CONSÓRCIO Santa Quitéria

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

VOLUME II

Projeto Santa Quitéria (PSQ)

Santa Quitéria/CE
Novembro/2021

QUALIFICAÇÃO

Cliente: Consórcio Santa Quitéria

Produto: Estudo de Impacto Ambiental (EIA)
Volume II

Objeto: Projeto Santa Quitéria (PSQ)

Data: Novembro/2021

NÚMERO:	ELABORADO POR:	APROVADO POR:	DATA:
20_605_Vol.2_rev00	Elcio Terron Carla Conde	Bióll. Ricardo Lieutaud	Novembro/21

+55 (11) 2638-6664 / 3071-2721
ESCRITÓRIO SÃO PAULO
Rua Jerônimo da Veiga, 164, 16° andar
São Paulo, SP CEP 04536-900

SIGA A TETRA+
www.tetramais.com.br

SUMÁRIO

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 43

8.1. Meio Físico 44

8.1.1. Clima 44

8.1.1.1. Considerações Metodológicas 44

8.1.1.2. Contexto Regional 47

8.1.1.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA). 49

8.1.1.4. Considerações Finais 71

8.1.2. Qualidade do Ar 72

8.1.2.1. Considerações Metodológicas 72

8.1.2.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) 79

8.1.2.3. Considerações Finais 88

8.1.3. Ruído e Vibração 88

8.1.3.1. Considerações Metodológicas 88

8.1.3.2. Legislação Aplicável 92

8.1.3.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) 96

8.1.3.4. Considerações Finais 114

8.1.4. Geomorfologia 116

8.1.4.1. Considerações Metodológicas 116

8.1.4.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 116

8.1.4.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 122

8.1.4.4. Considerações Finais 134

8.1.5. Pedologia 135

8.1.5.1. Considerações Metodológicas 135

8.1.5.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 137

8.1.5.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 142

8.1.5.4. Considerações Finais 159

8.1.6. Geotecnia 161

8.1.6.1. Considerações Metodológicas 161

8.1.6.2. Caracterização Geotécnica dos Solos 162

8.1.6.3. Ensaios granulométricos 165

8.1.6.4. Análises de Raio-X (DRX) 167

8.1.6.5. Ensaio de compactação de Proctor Normal 171

8.1.6.6. Ensaios de Limites de Atterberg Índice de Atividade das argilas (IA) 172

8.1.6.7. Ensaio CBR 172

8.1.6.8. Parâmetros Físico-Químicos do solo 173

8.1.6.9. Ensaios com Infiltrômetro de parede dupla 175

8.1.6.10. Unidades Geotécnicas 176

8.1.6.11. Estabilidade da Área da Jazida 181

8.1.6.12. Considerações Finais 188

8.1.7. Geologia 190

8.1.7.1. Considerações Metodológicas 190

8.1.7.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 199

8.1.7.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 205

8.1.7.4. Considerações Finais 266

8.1.8. Hidrologia 268

8.1.8.1. Considerações Metodológicas 268

8.1.8.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 269

8.1.8.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) 280

8.1.8.4. Considerações Finais 283

8.1.9. Qualidade dos Corpos d'Água 284

8.1.9.1. Considerações Metodológicas 284

8.1.9.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 284

8.1.9.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) 292

8.1.9.4. Considerações Finais 363

8.1.10. Usos das Águas Superficiais e/ou Subterrâneas 365

8.1.10.1. Considerações Metodológicas 365

8.1.10.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 365

8.1.10.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) 369

8.1.11. Hidrogeologia 370

8.1.11.1. Considerações Metodológicas 370

8.1.11.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 373

8.1.11.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 381

8.1.11.4. Considerações Finais 425

8.1.12. Qualidade das Águas Subterrâneas 427

8.1.12.1. Considerações Metodológicas 427

8.1.12.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII) 430

8.1.12.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 431

8.1.12.4. Considerações Finais 449

8.1.13. Patrimônio Espeleológico 450

8.1.13.1. Introdução 451

8.1.13.2. Metodologia 452

8.1.13.3. Resultados e Considerações Finais 478

8.1.14. Recursos Minerários 480

8.1.14.1. Considerações Metodológicas 480

8.1.14.2. Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) 480

8.1.14.3. Considerações Finais 487

8.1.15. Conclusão – Meio Físico 487

8.2. Meio Biótico 494

8.2.1. Ecossistemas Terrestres 495

8.2.1.1. Fauna 495

8.2.1.2. Covariáveis Ambientais..... 855

8.2.1.3. Receptores Ecológicos 878

8.2.1.4. Flora..... 880

8.2.1.5. Caracterização da vegetação e estágio sucessional (via sensoriamento remoto)..... 939

8.2.1.6. Análise da Paisagem 949

8.2.2. Ecossistema Aquático 968

8.2.2.1. Ictiofauna..... 968

8.2.2.2. Biota Aquática 1017

8.2.3. Áreas Protegidas..... 1147

8.2.3.1. Unidades de Conservação 1147

8.2.3.2. Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.....1148

8.2.3.3. Áreas de Preservação Permanente 1151

8.2.3.4. Reservas Legais 1153

8.2.4. Conclusão – Meio Biótico 1156

LISTA DE FIGURAS

Figura 8.1-1 - Total pluviométrico anual nas estações meteorológicas e postos pluviométricos analisados..... 50

Figura 8.1-2 - Distribuição da precipitação das estações e postos pluviométricos analisados 52

Figura 8.1-3 - Temperaturas máxima, média e mínima da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) - linhas contínuas e da estação Quixeramobim (Normais Climatológicas – 1981 – 2010) - linhas tracejadas 55

Figura 8.1-4 - Climatograma da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) 56

Figura 8.1-5 - Climatograma da estação Quixeramobim (Normais 1981-2010) 56

Figura 8.1-6 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) 59

Figura 8.1-7 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Santa Quitéria (2004 a 2006 / 2009 a 2013)..... 60

Figura 8.1-8 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010)..... 60

Figura 8.1-9 - Relação entre evaporação, umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010). 63

Figura 8.1-10 - Relação entre evapotranspiração, umidade relativa e temperatura do ar na Quixeramobim (Normais 1981-2010). 63

Figura 8.1-11 - Balanço Hídrico Normal Mensal – Quixeramobim (Normais 1981-2010). 64

Figura 8.1-12 - Extrato do Balanço Hídrico Normal Mensal (Déficits e Excedentes) – Quixeramobim (Normais 1981-2010). 65

Figura 8.1-13 - Distribuição da radiação solar global diária (média anual). 66

Figura 8.1-14 - Radiação solar acumulada mensal da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015). 67

Figura 8.1-15 - Distribuição da radiação solar diária da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015). 67

Figura 8.1-16 - Distribuição da insolação total na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010)..... 68

Figura 8.1-17 - Distribuição da velocidade do vento ao longo do ano na estação Itataia considerando os dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015..... 70

Figura 8.1-18 - Rosa dos ventos – Estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015). 71

Figura 8.1-19 - Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar. 76

Figura 8.1-20 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha) 76

Figura 8.1-21 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha) 76

Figura 8.1-22 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha) 76

Figura 8.1-23 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha) 76

Figura 8.1-24 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha) 77

Figura 8.1-25 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha) 77

Figura 8.1-26 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha) 77

Figura 8.1-27 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha) 77

Figura 8.1-28 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha) 77

Figura 8.1-29 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha) 77
Figura 8.1-30 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha) 78
Figura 8.1-31 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha) 78
Figura 8.1-32 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha) 78
Figura 8.1-33 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha) 78
Figura 8.1-34 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha) 78
Figura 8.1-35 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha) 78
Figura 8.1-36 - Resultados da amostragem de PTS..... 84
Figura 8.1-37 - Resultados da amostragem de MP10..... 85
Figura 8.1-38 - Resultados da amostragem de $MP_{2,5}$..... 85
Figura 8.1-39 - Resultados da amostragem de CO..... 86
Figura 8.1-40 - Resultados da amostragem de O_3. 86
Figura 8.1-41 - Resultados da amostragem de NO_2. 87
Figura 8.1-42 - Resultados da amostragem de SO_2..... 87
Figura 8.1-43 - Comparação do Lres com o RLAeq – diurno..... 112
Figura 8.1-44 - Comparação do Lres com o RLAeq - noturno..... 112
Figura 8.1-45 - Perfis topográficos da ADA. 131
Figura 8.1-46 - Vista do açude Quixaba à esquerda e Depressão Sertaneja em primeiro plano, exibindo ao fundo a Serra da Mata Fome, Planalto Residual Sertanejo 132
Figura 8.1-47 - Detalhe da Serra da Mata Fome ao fundo, com formato alongado e topo pouco aplainado. Relevo aplainado da Depressão Sertaneja em primeiro plano..... 132
Figura 8.1-48 - Vista para norte, exibindo colinas e serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu ao fundo 132
Figura 8.1-49 - Detalhe da porção centro-sul da AID, com vista para NW, exibindo ao fundo o Serrote da Igreja, pertencente à unidade de morros isolados da Depressão Sertaneja 132
Figura 8.1-50 - Vista para norte, evidenciando serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu do Planalto Residual Sertanejo ao fundo 133
Figura 8.1-51 - Vista para norte da Serra do Céu, que delimita a porção norte da AID..... 133
Figura 8.1-52 - Detalhe da porção topograficamente mais elevada da Serra do Céu 133
Figura 8.1-53 - Foto a partir do Serrote da Igreja, com vista para sul, exibindo ao fundo morros isolados da Depressão Sertaneja 133
Figura 8.1-54 – Foto a partir do Serrote da Igreja com vista para noroeste exibindo, em primeiro plano, a Depressão Sertaneja. As elevações ao fundo correspondem ao Planalto Residual Sertanejo, sendo que à direita se encontra a extremidade NW da AID e à esquerda as elevações externas ao limite da AID. 133
Figura 8.1-55 - Aspecto de Neossolo Litólico com delgado horizonte A precedido pelo horizonte C, que corresponde a saprolito de gnaisse..... 145
Figura 8.1-56 - Detalhe de Neossolo Litólico sem horizontes bem definidos contendo muitos blocos de rocha de litologias diversas (depósito coluvial) 145
Figura 8.1-57 - Perfil de Neossolo Litólico com horizonte A decimétrico (escuro) sobre saprolito de gnaisse – Horizonte C (alaranjado) 145
Figura 8.1-58 - Aspecto de trincheira aberta no alto do Serrote da Igreja, expondo integralmente Neossolo Litólico em área de ocorrência de colofanito 145

Figura 8.1-59 - Vista da entrada do alojamento da INB com ocorrência de Neossolos Litólicos marcados pela presença de grande número de blocos de rocha. 146

Figura 8.1-60 - Perfil de Neossolo Litólico aparentemente sem horizonte A e com espesso horizonte C de alteração do mármore. 146

Figura 8.1-61 - Cambissolo Vermelho presença de blocos de rocha na ADA 146

Figura 8.1-62 - Cambissolo Vermelho na AII..... 146

Figura 8.1-63 - Exposição de Cambissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A ligeiramente mais escuro seguido do horizonte B e C de alteração de gnaisse 146

Figura 8.1-64 - Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo. O intervalo entre as marcações laranja e amarela corresponde ao horizonte B 146

Figura 8.1-65 - Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo caracterizado por estrutura prismática, subordinadamente em blocos angulosos 147

Figura 8.1-66 - Detalhe de blocos subangulosos acumulados na base do perfil de Cambissolo 147

Figura 8.1-67 - Detalhe de Chernossolo Rêndzico (Horizonte A Chernozênico imediatamente sobre horizonte D de mármore) 148

Figura 8.1-68 - Aspecto de Chernossolo Rêndzico com horizonte A diretamente sobre afloramento de mármore – Horizonte D 148

Figura 8.1-69 - Perfil de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozênico escuro decimétrico sobre horizonte C (saprolito de mármore) 148

Figura 8.1-70 - Detalhe de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozênico (cinza) seguido de horizonte B incipiente (porção alaranjada inferior) e horizonte C branco de alteração de mármore 148

Figura 8.1-71 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 01. 151

Figura 8.1-72 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 02. 151

Figura 8.1-73 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 03. 152

Figura 8.1-74 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 04. 152

Figura 8.1-75 - A) e B) Perfuração da Sondagem e Ensaio de Rebaixamento 1- Neossolo Flúvico. C) e D) Perfuração da Sondagem Ensaio de Rebaixamento 3- Neossolo Litólico. E) Ensaio de Rebaixamento 4- Cambissolos Vermelhos. F) Ensaio de Rebaixamento 2 - Chernossolo Rêndzico. 153

Figura 8.1-76 - Escavação no horizonte chernozênico para coleta de amostras para análise química 154

Figura 8.1-77 - Escavação em horizonte A (mineral/orgânico) de Neossolo Litólico para coleta de amostra 154

Figura 8.1-78 - Curvas granulométricas dos solos de alteração da Formação Alcantil 165

Figura 8.1-79 - Curvas granulométricas dos solos de alteração da Formação Barrigas..... 166

Figura 8.1-80 - Pontos de amostragem do solo para análise DRX..... 168

Figura 8.1-81 - Difratograma de raio-x da amostra D12 contendo caulinita 170

Figura 8.1-82 - Difratograma de raio-x da amostra D8 contendo montmorilonita 170

Figura 8.1-83 - Difratograma de raio-x da amostra D30 contendo vermiculita..... 170

Figura 8.1-84 - Curvas de compactação dos ensaios de Proctor Normal..... 171

Figura 8.1-85 – Projeção estereográfica (Diagrama Schimit-Lambert)..... 182

Figura 8.1-86 - Projeção ciclográfica das principais descontinuidades mapeadas. 183

Figura 8.1-87 - Seções geotécnicas e distribuição das classes de maciço. 185

Figura 8.1-88 - Cobertura da área por cartas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). 192

Figura 8.1-89 - Imagens do Relevo Sombreado nas direções NE (A), NW (B), NS (C) e EW (D). 193

Figura 8.1-90 - Lineamentos extraídos a partir das imagens de relevo sombreado..... 194

Figura 8.1-91 - Localização da área de recorte dos dados em relação ao Projeto Norte do Ceará e a AII. 195

Figura 8.1-92 - Mapas gamaespectrométricos: A) Mapa do potássio, B) Mapa do Tório, C) Mapa do Urânio e D) Mapa da composição ternária RGB. 196

Figura 8.1-93 - Composição ternária RGB sobreposto ao MDE, com os contatos geológicos da Folha Quixadá e o Limite da AII 197

Figura 8.1-94 - Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (ISA) com os lineamentos magnético-estruturais interpretados e o Limite da AII (Branco) sobreposto ao MDE. 198

Figura 8.1-95 - Localização da Província Borborema no Brasil. 201

Figura 8.1-96 -Subdivisão da Província Borborema. 202

Figura 8.1-97 -Domínios da Província Borborema Setentrional. 203

Figura 8.1-98 - Localização dos levantamentos geofísicos realizados na ADA. 206

Figura 8.1-99 - Resultados da pesquisa de Alcantara e Silva (2003). 208

Figura 8.1-100 - Resultados da pesquisa de 2016. 211

Figura 8.1-101 - Resultados da pesquisa geofísica de 2021. 212

Figura 8.1-102 – Contatos resultantes da integração das Folhas Geológicas Quixadá, Taperuaba e Itatira sobrepostos ao mapa da composição ternária RGB. 215

Figura 8.1-103 - Fontes de dados compiladas confecção do mapa geológico - (A) Principais fontes na região da AID. (B) Principais fontes na região da ADA. 217

Figura 8.1-104a – Amostra Santa Quitéria, tal qual. Características da associação mineral. Apatita (cinza claro), calcita (cinza médio) e plagioclásio (cinza escuro). 223

Figura 8.1-105b – Imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes. 224

Figura 8.1-106c - Difratograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15ª, mica e plagioclásio. 225

Figura 8.1-107 - Arcabouço geológico e a localização dos perfis geológicos em planta. 226

Figura 8.1-108 – Perfil Geológico A – B: intercalações de Rocas da Formação Barrigas 228

Figura 8.1-109 – Perfil Geológico CD. 229

Figura 8.1-110 – Perfil Geológico EFG. 230

Figura 8.1-111 – Perfil Geológico HI. 231

Figura 8.1-112 – Perfil Geológico JKLM. 232

Figura 8.1-113 - (A, B e C) Vista para norte da Serra do Céu, evidenciando afloramentos naturais de rochas quartzíticas da Formação Laranjeiras no topo e Formação Serra do Céu na base. (D) Afloramento de quartzitos e micaxistos da Formação Laranjeiras na estrada que liga a área do empreendimento a Lagoa do Mato. 234

Figura 8.1-114 - (A) Quartzo-biotita-granada-gnaisse; (B) Detalhe de gnaisse apresentando granadas milimétricas a centimétricas em afloramento localizado nas proximidades da galeria G2; (C) Fotomicrografia de paragnaisse destacando as alteração (saussuritização) dos plagioclásios; (D) Fotomicrografia de paragnaisse mostrando zona de concentração de cristais de silimanita (fibrolita) e de micas (muscovita e biotita); (E) Fotomicrografia de paragnaisse destacando cristal de plagioclásio fraturado e alterado (sericitização) e circundado por finas lamelas de biotita; (F) Fotomicrografia de

paragnaisse em porção dominada por biotitas variando de tons castanho- claro para tons mais escuros, parcialmente envolvendo cristal de granada fraturado. 235

Figura 8.1-115 - (A) Afloramento muito alterado de biotita gnaisse de granulação fina, coloração cinza escura, intercalado com porções pegmatíticas de composição quartzo-feldspática; (B) Detalhe de planos limonitizados concordantes à foliação (40/40) exposta no plano de fratura 315/80. Plano de fratura de direção 150/77; 122/82; 125/80; 135/82 (Notação Clar); (C) Gnaisse apresentando porfiroblastos centimétricos de granada; (D) Granada poiquiloblastica com formato parcial de sigmóide-boudin e com diversas fraturas e inclusões (quartzo e biotita, dominantes); (E) Poiquiloblasto de granada muito fraturado incluso numa matriz de quartzo, plagioclásio e biotita. 236

Figura 8.1-116 - (A) Detalhe de veios e bolsões pegmatíticos em biotita-gnaisse; (B) Detalhes de contato entre porções paleo/melanossomáticas e neo/leucossomáticas em migmatito da Formação Barrigas; (C) Outros detalhes de estruturas migmatíticas. 237

Figura 8.1-117 - (A) Afloramento em laje de intercalações de mármore com rocha calciossilitcática e gnáissica; (B) Detalhe de amostra de mármore apresentando níveis ricos em granada; (C e D) Contato entre xisto e rocha calciossilicática. 238

Figura 8.1-118 - (A) Mármore bandado; (B) Detalhe de amostra de mármore com grafita apresentando granulação grossa e textura granoblástica; (C e D) Microfotografia de rocha calciossilicática com cristais de condrodita (chn), escapolita (scp), epidoto (ep) e quartzo (qz); (E e F) Microfotografia de rocha calciossilicática mostrando modificações texturais marcadas pela presença da vesuvianita (ves) alterada para epidoto. 239

Figura 8.1-119 - (A) Vista para nordeste com Serra do Céu ao fundo e em primeiro plano extenso lajedo de mármore da Formação Alcantil; (B) Aspecto de lajedos em mármore da Formação Alcantil; (C) Paredão de mármore no Serrote da Igreja; (D) Detalhe de depósito de tálus na encosta do Serrote do Canudo; (E) Detalhe de afloramentos de mármores em paredões no Serrote do Canudo. 240

Figura 8.1-120 - (A) Dissolução ao longo de fratura N-S subvertical, afetando mármores da Formação Alcantil; (B) Vista de abismo localizado na porção W do Serrote da Igreja. A feição apresenta orientação N-S associada ao padrão de faturamento; (C) Afloramento de mármore da Formação Alcantil mostrando intercalação de camadas puras e impuras. A dissolução é mais efetiva nas camadas de mármore puro. 241

Figura 8.1-121 - (A e B) Minério preenchendo vazios formados devido a lixiviação de quartzo; (C) Cristais de apatita bem formados; (D) Cristais de apatita não deformados (Ap1) preenchendo vazios em rochas calciossilicáticas, com presença da foliação principal (Sn) definida por cristais de biotita (Bt). 242

Figura 8.1-122 - (A) Colofanito associado a brechas carbonáticas, onde os clastos são compostos por por rochas feldspáticas, mármores (Mb), rochas calciossilicáticas (Cc) e colofanita (Col). A matriz da brecha é composta por carbonatos bem cristalizados (Cal) ou rochas carbonáticas cinza escuras; (B) Veios de colofanito tipo stockwork em mármores; (C) Fraturas e falhas nos mármores da Formação Alcantil com brechas preenchidas por colofanito; (D) Brecha com colofanito e megacristais de calcita (Cal1) em mármores carstificados da Formação Alcantil; (E) Apatita coloforme (Ap2) preenchendo vazios com cristais de calcita (Cal) em mármore da Formação Alcantil; (F) Apatita associada com zeólita (Zeo) e carbonato (Cal); (G) Apatita associada com clorita; (H) Feldspato alterado (Fsp) contendo inclusões de quartzo (Qz) e fraturas preenchidas por clorita (Chl). 242

Figura 8.1-123 - (A) Colofanito residual (Ap3) com textura botrioidal cobrindo e preenchendo vazios em cristais de calcita hidrotermal, incluindo megacristais de calcita hidrotermais (Cal1) e cristais menores de calcita preenchendo vazios gerados pela dissolução de megacristais (Cal2); (B) Colofanita residual no topo do depósito de Itataia, com estrutura semelhante a perfis lateríticos gerados por lixiviação química: níveis de colofanita maciça (Col) e alguns fragmentos de mármore (Mb) em solo marrom-amarelado; (C) Minério de colofanita maciças com textura botrioidal; (D) Colofanita maciça contendo apatita microcristalina e minerais de argila, com cavidades (setas pretas) que podem ser preenchidas com calcita, quartzo, feldspato, minerais de grafite ou argila; (E e F) Fotomicrografias que ilustram a fase de apatita mais recente (Ap3) associada a outra fase de fosfato microcristalino (Phs). 243

Figura 8.1-124 - –Sulfetos mais comuns e seus produtos de oxidação. 245

Figura 8.1-125 - (A) Afloramento existente na entrada da galeria G2, com detalhe para o colofanito rosado na porção superior da foto; (B) Detalhe de colofanito preenchendo fraturas dos mármores da Formação Alcantil; (C) Detalhe de amostra de brecha de colofanito afetada por cisalhamento, observada na galeria G2; (D) Detalhe de amostra de colofanito observado no Serrote da Igreja... 246

Figura 8.1-126 - (A) Amostra de diabásio; (B) Blocos e calhaus em leito de rio intermitente; (C) Aluvião arenoso de cerca de 1 m de espessura..... 247

Figura 8.1-127 - (A) Foliação principal em mármores bandados; (B) Foliação principal em gnaisse; (c) Foliação ortogonal a galeria com mergulho de aproximadamente 50º para fora da galeria G1; (D) Mármores da formação Alcantil, com a foliação principal levemente dobrada. 248

Figura 8.1-128 - (A) Detalhe de dobras isoclinais apresentando padrão em Chevron; (B) Detalhe da dobra apresentando planos nos flancos com presença de estiramento mineral; (C) Dobra com eixo verticalizado em contato entre xistos e calciossilicáticas. 249

Figura 8.1-129 - (A) Detalhe de família de fraturas com direções 295/80, 294/75, 290/72 e 292/70 (Notação Clar), apresentando 3 cm de abertura e preenchidas por solo; (B) Detalhe de família de juntas com direção 295/80; 294/75; 290/72 e 292/70, apresentando abertura da ordem de 3 cm; (C) Fratura no quartzito de direção 265/88, plana, lisa a rugosa, com espaçamento centimétrico, abertura superior a 1 mm, seca, com persistência de 1 m a 3 m; (D) Afloramento de quartzito fraturado; (E) Detalhe das lineações presentes em plano de falha normal e estrias slinkensides indicando movimentação normal em plano de falha com atitude 170/70 (Notação Clar). 251

Figura 8.1-130 - Mapa local mostrando as principais estruturas existentes e levantamentos realizados para coleta de dados sobre MDE. 252

Figura 8.1-131 - (A) Mapa geológico do depósito de fosfato-urânio de Itataia, ilustrando o corpo principal de minério e sua associação com planos de falha; (B) Seção transversal através da zona mineralizada com curvas de isovalores de Al2O3. A seção AB está desenhada em (A) e mostra as principais estruturas dúcteis e rúpteis; (C) Mapa geológico e estrutural detalhado da galeria G-3, ilustrando a relação do minério de colofanita com a tectônica ruptil. Nota-se um aumento gradual no volume do minério de sul para norte, acompanhado de brechação e carstificação de mármores. . 253

Figura 8.1-132 - Valores de resistividade verdadeiras obtidas na modelagem 3D, para diferentes profundidades (8 m, 14 m, 21 m, 29 m, 38 m, 49 m, 62 m e 76 m)..... 255

Figura 8.1-133 - Modelagem 2D das Linhas 1 a 6, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. 256

Figura 8.1-134 - Modelagem 2D das Linhas 7 a 10, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. 257

Figura 8.1-135 - Modelagem 2D das Linhas 11 a 14, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. 258

Figura 8.1-136 - Mapas com a identificação das posições das feições estruturais identificadas ao longo dos perfis geoelétricos da área de estudo. Destacar as correlações estruturais entre os perfis 02, 03 e 04 (retângulo em cor preta) e dos perfis com a interseção com a drenagem (riacho Guaribas). ... 260

Figura 8.1-137 - Seções de resistividade modeladas para os perfis 01 a 05 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de descontinuidades/feições identificadas. 261

Figura 8.1-138 - Seções de resistividade modeladas para os perfis 06 a 10 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de descontinuidades/feições identificadas. 262

Figura 8.1-139 - Correlação entre as descontinuidades estruturais presente na modelagem dos perfis 02, 03 e 04 (retângulo tracejado na cor azul). Destaque para este intervalo bastante fraturado vistos em ambos os perfis, associado a presença do riacho Guaribas. 264

Figura 8.1-140 - Correlação entre as descontinuidades estruturais presente na modelagem do perfil 09 (retângulo tracejado na cor azul). Destaque para este intervalo (traçado em cor branca) bastante fraturado visto no perfil, associado a presença da Zona de Cisalhamento e riacho Guaribas. 265
Figura 8.1-141 – Regiões hidrográficas do estado do Ceará 270
Figura 8.1-142 - Rede de drenagem da bacia do rio Acaraú..... 272
Figura 8.1-143 - Estado trófico do açude Edson Queiroz entre os anos de 2008 e de 2020. 287
Figura 8.1-144 -Porcentagem de Não Conformidades nas Águas nas Amostragens Realizadas em 2011. 290
Figura 8.1-145 - Porcentagem de Não Conformidades nos Sedimentos nas Amostragens Realizadas em 2011. 291
Figura 8.1-146 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem), na 1ªcampanha. 298
Figura 8.1-147 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem), na 2ªcampanha. 298
Figura 8.1-148 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso), na 1ªcampanha. 299
Figura 8.1-149 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso), na 2ªcampanha. 299
Figura 8.1-150 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco, na 1ª campanha. 299
Figura 8.1-151 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco, na 2ª campanha. 299
Figura 8.1-152 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco, na 1ªcampanha..... 299
Figura 8.1-153 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco, na 2ªcampanha..... 299
Figura 8.1-154 - Ponto P05 – Riacho Cunha- Moti: seco, na 1ª campanha. 300
Figura 8.1-155 - Ponto P05 – Riacho Cunha- Moti: seco, na 2ª campanha. 300
Figura 8.1-156 - Ponto P06 - Riacho Alcantil Guaribas: seco, na 1ªcampanha..... 300
Figura 8.1-157 - Ponto P06 - Riacho Alcantil : seco, na 2ªcampanha. 300
Figura 8.1-158 - Ponto P07 - Riacho Cunha – Moti: seco, na 1ªcampanha. 300
Figura 8.1-159 - Ponto P07 - Riacho Cunha – Moti: seco, na 2ªcampanha. 300
Figura 8.1-160 - P08 - Açude Morrinhos (seco), na 1ª campanha. 301
Figura 8.1-161 - P08 - Açude Morrinhos (seco), na 2ª campanha. 301
Figura 8.1-162 - Ponto P09- Açude da Laís, na 1ª campanha. 301
Figura 8.1-163 - Ponto P09- Açude da Laís, na 2ª campanha. 301
Figura 8.1-164 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz, na 1ª campanha. 302
Figura 8.1-165 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz, na 2ª campanha. 302
Figura 8.1-166 - Ponto P11: Açude João Silva Guerra, na 1ªcampanha. 302
Figura 8.1-167 - Ponto P11: Açude João Silva Guerra, na 2ªcampanha. 302
Figura 8.1-168 - Sonda multiparâmetros usada para as medições in situ. 307
Figura 8.1-169 - Garrafa de Van Dorn utilizada na amostragem de água..... 307
Figura 8.1-170 - Coleta de sedimentos com amostrador de fundo. 311
Figura 8.1-171 - Cloreto nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 329
Figura 8.1-172 - Cor Verdadeira nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 330
Figura 8.1-173 - Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 331

Figura 8.1-174- Demanda Química de Oxigênio – DQO nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 332
Figura 8.1-175 - Fluoreto Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 333
Figura 8.1-176 - Fósforo Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 334
Figura 8.1-177 - Nitrato nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 336
Figura 8.1-178 - Oxigênio Dissolvido nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 337
Figura 8.1-179 - Potencial Hidrogeniônico (pH) nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 338
Figura 8.1-180 - Sólidos Dissolvidos Totais nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 339
Figura 8.1-181 - Sulfato nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 340
Figura 8.1-182 - Turbidez nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 341
Figura 8.1-183 - Clorofila-a nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 342
Figura 8.1-184 - Coliformes Totais nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 344
Figura 8.1-185 - Manganês Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 346
Figura 8.1-186 - Zinco Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 346
Figura 8.1-187 - Alumínio dissolvido nas águas superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 347
Figura 8.1-188 - Ferro Dissolvido nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 348
Figura 8.1-189 - Surfactantes nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC) 350
Figura 8.1-190 - Índice de Estado Trófico (IET) - PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 352
Figura 8.1-191 - Carbono Orgânico nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 357
Figura 8.1-192 - Nitrogênio Kjeldahl Total nos Sedimentos– PSQ -novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 358
Figura 8.1-193 - Fósforo Total nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 359
Figura 8.1-194 - Cromo nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 360
Figura 8.1-195 - Níquel nos Sedimentos – PSQ - Novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 361
Figura 8.1-196 - Porcentagem da Composição Granulométrica nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 363
Figura 8.1-197 - Evolução do volume armazenado e vazão alocada no Açude Edson Queiroz – 2012 a 2021. 368

Figura 8.1-198 – Situação dos poços da AII. 380
Figura 8.1-199 – Curvas de variação do nível d'água nos slugs tests 388
Figura 8.1-200 – Curvas de variação nos ensaios de perda d'água em poços. 390
Figura 8.1-201 – Variação do N.A. de abril a agosto de 2011 393
Figura 8.1-202 – Variação do índice pluviométrico entre abril e julho de 2011. 394
Figura 8.1-203 – Mapa potenciométrico 398
Figura 8.1-204 – Mapa topográfico 398
Figura 8.1-205 – (A) Mapa geológico do depósito de fosfato-urânio de Itataia, ilustrando o corpo principal de minério e sua associação com planos de falha; (B) Seção transversal através da zona mineralizada com curvas de isovalores de Al2O3. A seção AB está desenhada em (A) e mostra as principais estruturas dúcteis e rúpteis em (B); (linha vermelha) seção da Galeria G1 na cota 480m. (linha verde) Cota 459 de fundo no PM-08 sem água subterrânea. (linha preta) Cota 400 referente ao nível de base da cava 399
Figura 8.1-206 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do meio poroso 411
Figura 8.1-207 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade da unidade Aquífera MS1 (F. Barrigas) 412
Figura 8.1-208 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade da Unidade Aquífera MC1 (F. Alcantil) 413
Figura 8.1-209 – Perfil Hidrogeológico C-D da Jazida, com níveis d'água medidos em 2002 e estimados em 2021, e indicação da cota 400m (pit final) 422
Figura 8.1-210 – Perfil Hidrogeológico NO na área das instalações industriais 423
Figura 8.1-211 – Perfil Hidrogeológico na área da pilha de fosfogesso e cal 424
Figura 8.1-212 - Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas de acordo com a litologia, segundo Jansen et al. (2012). 455
Figura 8.1-213 - Convenção para se determinar o início da cavidade, segundo CECAV/ICMBIO. 457
Figura 8.1-214 - Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade. .. 459
Figura 8.1-215 - Medição do desnível da caverna (A); medição da área da caverna desconsiderando as áreas dos pilares (B). 460
Figura 8.1-216 - Cálculo do volume de uma caverna a partir da altura média das seções verticais. 461
Figura 8.1-217 - Avaliação das lapiás junto aos afloramentos da área, para interpretação do direcionamento das águas meteóricas junto aos maciços residuais. 465
Figura 8.1-218 - Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 - Estação Meteorológica - Lagoa do Mato. 467
Figura 8.1-219 - Datas de inventário de fauna nas cavidades estudadas. 468
Figura 8.1-220 - Características da vegetação da Caatinga durante as oportunidades de amostragem. Vegetação seca nos meses de dezembro de 2020, janeiro e agosto de 2021. Vegetação verdejante nos meses de março e junho de 2021. 469
Figura 8.1-221 - Classificação de importância relativa aos atributos da cavidade natural subterrânea avaliados sob os enfoques local e regional. 477
Figura 8.1-222 - Fluxograma de classificação de relevância conforme IN MMA n.º 02/2017. 477
Figura 8.1-223 - Distribuição das ocorrências minerais e localização em relação às áreas de influência: AII (polígono vermelho), AID (polígono amarelo) e ADA (polígono magenta). 481
Figura 8.1-224 – Distribuição total das substâncias das ocorrências minerais 482

Figura 8.1-225 - Mapa dos títulos minerários da área de estudo classificados pela situação do processo cadastrado. 484
Figura 8.1-226 – Distribuição dos títulos por substância de interesse 485
Figura 8.1-227 – Distribuição dos títulos por fase do processo 486
Figura 8.2-1 – Vista geral do ponto amostral 1 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 496
Figura 8.2-2 – Vista geral do ponto amostral 1 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 496
Figura 8.2-3 – Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 497
Figura 8.2-4 – Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 497
Figura 8.2-5 – Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha. 497
Figura 8.2-6 – Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha. 497
Figura 8.2-7 – Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha. 497
Figura 8.2-8 – Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha. 497
Figura 8.2-9 – Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 498
Figura 8.2-10 – Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 498
Figura 8.2-11 – Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 498
Figura 8.2-12 – Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 498
Figura 8.2-13 – Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 498
Figura 8.2-14 – Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 498
Figura 8.2-15 – Vista geral do ponto amostral 8 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 499
Figura 8.2-16 – Vista geral do ponto amostral 8 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 499
Figura 8.2-17 – Vista geral do ponto amostral 9 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 499
Figura 8.2-18 – Vista geral do ponto amostral 9 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 499
Figura 8.2-19 – Vista geral do ponto amostral 10 – Área de influência direta, durante a primeira campanha. 499
Figura 8.2-20 – Vista geral do ponto amostral 10 – Área de influência direta, durante a segunda campanha. 499
Figura 8.2-21 – geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha. 500

Figura 8.2-22 – Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 500

Figura 8.2-23 – Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 500

Figura 8.2-24 – Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 500

Figura 8.2-25 – Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha..... 500

Figura 8.2-26 – Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 500

Figura 8.2-27 – Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a primeira campanha. . 501

Figura 8.2-28 – Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a segunda campanha... 501

Figura 8.2-29 – Precipitação média na área do projeto nos últimos onze anos 504

Figura 8.2-30. Armadilhas de Interceptação e queda (AIQ), instaladas para a amostragem da herpetofauna para o diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 412895, S 9494847)..... 509

Figura 8.2-31 – Método de busca ativa utilizado para diagnostico para herpetofauna do Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 414221, S 9496666; UTM 24M: E 415426, S 9495743) 509

Figura 8.2-32 – Abundância de espécies da herpetofauna encontrada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria..... 514

Figura 8.2-33 – Curvas de acumulação para espécies da herpetofauna e separadamente para os grupos (lagartos, anfíbios e serpentes) e para lagartos registrados nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. A linha azul clara representa a rarefação dos dados originais (com 1000 randomizações), a linha tracejada cinza representa o estimador de diversidade Chao 2 e a linha tracejada azul representa o estimador de diversidade Jakknife 1..... 516

Figura 8.2-34 - Espécie endêmica *Tropidurus semitaeniatus* registrada no Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 412895, S 9494847)..... 518

Figura 8.2-35 - Dendrogramas gerados pela análise de agrupamento do Projeto Santa Quitéria. A esquerda com dados de abundância e a direita com dados de composição de espécies. Pontos escritos em azul indicam pontos na ADA, pontos escritos em preto indicam pontos da AID e o ponto preto em destaque é o ponto controle. 521

Figura 8.2-36 - Condição da vegetação e do solo durante a campanha realizada na estação chuvosa do Projeto de Santa Quitéria. Fotos tiradas em 04/02/2021 (UTM 24M: E 415202, S 9494322; UTM 24M: E 415298, S 9496179)..... 523

Figura 8.2-37 - Condição da vegetação e do solo durante a campanha realizada na estação chuvosa do Projeto de Santa Quitéria. Fotos tiradas em 04/02/2021 (UTM 24M: E 415202, S 9494322; UTM 24M: E 415298, S 9496179)..... 523

Figura 8.2-38 - Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a segunda campanha de amostragem. 536

Figura 8.2-39 - Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha de amostragem. 536

Figura 8.2-40 - Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a segunda campanha de amostragem. 536

Figura 8.2-41 - Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a segunda campanha de amostragem. 536

Figura 8.2-42 - Vista geral do ponto amostral 1 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 538

Figura 8.2-43 - Vista geral do ponto amostral 1 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 538
Figura 8.2-44 - Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 538
Figura 8.2-45 - Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 538
Figura 8.2-46 - Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha..... 538
Figura 8.2-47 - Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 538
Figura 8.2-48 - Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha..... 539
Figura 8.2-49 - Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 539
Figura 8.2-50 - Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 539
Figura 8.2-51 - Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 539
Figura 8.2-52 - Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a primeiraa campanha..... 539
Figura 8.2-53 - Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 539
Figura 8.2-54 - Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 540
Figura 8.2-55 - Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 540
Figura 8.2-56 - Vista geral do ponto amostral 8 – AID, durante a primeira campanha. 540
Figura 8.2-57 - Vista geral do ponto amostral 8 – AID, durante a segunda campanha..... 540
Figura 8.2-58 - Vista geral do ponto amostral 9 – AID, durante a primeira campanha. 540
Figura 8.2-59 - Vista geral do ponto amostral 9 – AID, durante a segunda campanha..... 540
Figura 8.2-60 - Vista geral do ponto amostral 10 – AID, durante a primeira campanha..... 541
Figura 8.2-61 - Vista geral do ponto amostral 10 – AID, durante a segunda campanha 541
Figura 8.2-62 - Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha..... 541
Figura 8.2-63 - Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 541
Figura 8.2-64 - Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a primeira campanha..... 541
Figura 8.2-65 - Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a segunda campanha..... 541
Figura 8.2-66 - Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha..... 542
Figura 8.2-67 - Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha..... 542
Figura 8.2-68 - Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a primeira campanha. . 542

Figura 8.2-69 - Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a segunda campanha... 542

Figura 8.2-70 - Famílias mais representativas quanto ao número de espécies de aves catalogadas a partir dos dados primários na área influência do Projeto Santa Quitéria. 566

Figura 8.2-71 - Espécime de *Camptostoma obsoletum* (risadinha) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria 566

Figura 8.2-72 - Espécime de *Casionis fuscus* (caneleiro-enxofre) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 566

Figura 8.2-73 - Espécime de *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 573

Figura 8.2-74 - Espécime de *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro) registrado durante a construção do ninho no decorrer do levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 573

Figura 8.2-75 - Espécime de *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado 574

Figura 8.2-76 - Espécime de *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza)..... 574

Figura 8.2-77 - Espécime de *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira) 574

Figura 8.2-78 - Espécime de *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste)..... 574

Figura 8.2-79 - Curva de rarefação obtida para a avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 576

Figura 8.2-80 - Espécime de *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã), registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 580

Figura 8.2-81 - Espécime de *Icterus pyrrhopterus* (inhapim), registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 581

Figura 8.2-82 - Espécime de *Icterus jamacaii* (corrupião) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 581

Figura 8.2-83 - Armadilha para caça de animais selvagens do tipo espera localizada no ponto amostral 4 durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 582

Figura 8.2-84 - Espécime de *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 583

Figura 8.2-85 - Espécime de *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 583

Figura 8.2-86 - Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com o uso de habitat (SILVA *et al.*, 2003). 592

Figura 8.2-87 - Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com sensitividade a distúrbios ambientais (PARKER III *et al.*, 1996). ... 592

Figura 8.2-88 - Riqueza de espécies de aves registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria de acordo com o hábito alimentar, segundo (SILVA *et al*, 2003; WILMAN *et al*, 2014). 593

Figura 8.2-89 - Estimativa de diversidade de acordo com o índice de *Shannon-Wienner* (*Shannon*_H) por área de influência calculados a partir dos dados obtidos o levantamento da avifauna realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. 595

Figura 8.2-90 - Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de aves registradas ao longo do levantamento da avifauna nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. 596

Figura 8.2-91 - *Penelope jacucaca* (jacucaca) – Foto retirada por armadilha fotográfica instalada no Ponto amostral 9 620

Figura 8.2-92 - Ardea cocoi (garça-moura) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ..... 620

Figura 8.2-93 - *Cathartes aura* (urubu-de-cabeça-vermelha. 620

Figura 8.2-94 - *Cathartes burrovianus* (urubu-de-cabeça-amarela)..... 620

Figura 8.2-95 - Sarcoramphus papa (urubu-rei – jovem) 621

Figura 8.2-96 - Rupornis magnirostris (gavião-carijó). 621

Figura 8.2-97 - *Columbina picui* (rolinha-picuí) 621

Figura 8.2-98 - *Zenaida auriculata* (avoante) 621

Figura 8.2-99 - Piaya cayana (alma-de-gato) 622

Figura 8.2-100 - *Glaucidium brasilianum (*caburé)..... 622

Figura 8.2-101 - Nannochordeiles pusillus (bacurauzinho)..... 622

Figura 8.2-102 - Chlorostilbon lucidus (besourinho-de-bico-vermelho)..... 622

Figura 8.2-103 - Amazilia fimbriata (beija-flor-de-garganta-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ. 623

Figura 8.2-104 - Nystalus maculatus (rapazinho-dos-velhos) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ..... 623

Figura 8.2-105 - Picumnus limae (picapauzinho-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ. 623

Figura 8.2-106 - Melanerpes candidus (pica-pau-branco) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ..... 623

Figura 8.2-107 - *Veniliornis passerinus* (pica-pau-pequeno). 624

Figura 8.2-108 - *Piculus chrysochloros* (pica-pau-dourado-escuro)..... 624

Figura 8.2-109 - *Colaptes melanochloros* (pica-pau-verde-barrado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 624

Figura 8.2-110 - *Campephilus melanoleucos* (pica-pau-de-topete-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 624

Figura 8.2-111 - *Primolius maracanã (maracanã-verdadeira)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 625

Figura 8.2-112 - *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 625

Figura 8.2-113 - *Formicivora melanogaster (*formigueiro-de-barriga-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 625

Figura 8.2-114 - *Thamnophilus capistratus* (choca-barrada-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 625

Figura 8.2-115 - *Thamnophilus pelzelni (*choca-do-planalto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 626

Figura 8.2-116 - *Taraba major (choró-boi)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 626

Figura 8.2-117 - *Sittasomus griseicapillus* (arapaçu-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 626

Figura 8.2-118 - *Lepidocolaptes angustirostris* (arapaçu-de-cerrado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 626

Figura 8.2-119 - *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 627

Figura 8.2-120 - *Furnarius leucopus* (casaca-de-couro-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 627

Figura 8.2-121 - *Synallaxis frontalis (petrim)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 627

Figura 8.2-122 - *Synallaxis scutata (*estrelinha-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 627

Figura 8.2-123 - *Tolmomyias flaviventris* (bico-chato-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 628

Figura 8.2-124 - *Todirostrum cinereum* (ferreirinho-relógio) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 628

Figura 8.2-125 - *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 628

Figura 8.2-126 - *Hirundinea ferrugínea* (gibão-de-couro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 628

Figura 8.2-127 - *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 629

Figura 8.2-128 - *Megarynchus pitangua (*neinei) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 629

Figura 8.2-129 - *Cyclarhis gujanensis* (pitiguari) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 629

Figura 8.2-130 - *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 629

Figura 8.2-131 - *Cantorchilus longirostris* (garrinchão-de-bico-grande) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 630

Figura 8.2-132 - *Polioptila plumbea* (balança-rabo-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência *do Projeto Santa Quitéria*. 630

Figura 8.2-133 - *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 630

Figura 8.2-134 - *Ammodramus humeralis* (tico-tico-do-campo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 630

Figura 8.2-135 - *Arremon taciturnus* (tico-tico-de-bico-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 631

Figura 8.2-136 - *Icterus pyrrhopterus* (encontro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 631

Figura 8.2-137 - *Icterus jamacaii* (corrupião) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 631

Figura 8.2-138 - *Tangara sayaca* (sanhaço-cinzento) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 631

Figura 8.2-139 - *Compsothraupis* loricata (tiê-caburé) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 632

Figura 8.2-140 - *Volatinia jacarina* (tiziu) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 632

Figura 8.2-141 - *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 632

Figura 8.2-142 - *Sporophila albogularis (golinho)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 632

Figura 8.2-143 - *Cyanoloxia brissonii* (azulão) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 633

Figura 8.2-144 - Armadilhas de contenção viva do tipo Sherman (esquerda) e Tomahawk (direita), instaladas para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 638

Figura 8.2-145 - Armadilha de interceptação e queda (*pitfall*) instalada para a amostragem de mamíferos terrestres na primeira campanha do diagnóstico de fauna na área influência PSQ. 640

Figura 8.2-146 - Exemplo de vestígio (fezes de *Cerdocyon thous*) encontrado durante realização de busca ativa para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 641

Figura 8.2-147 - Armadilha fotográfica instalada para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 643

Figura 8.2-148 - Frequência (número de registros) e frequência relativa (% de registros) para as ordens de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 650

Figura 8.2-149 - Frequência (número de registros) e frequência relativa (% de registros) para as famílias de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 650

Figura 8.2-150 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do PSQ. 652

Figura 8.2-151 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres de médio e grande porte amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 653

Figura 8.2-152 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres de pequeno porte amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 655

Figura 8.2-153 - Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 657

Figura 8.2-154 - Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE, segundo EIA anterior (ARCADIS, 2014). 657

Figura 8.2-155 - Comparação entre a riqueza (número de espécies) de mamíferos terrestres registrada durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ. 665

Figura 8.2-156 - Comparação entre a abundância (número de registros) de mamíferos terrestres registrada durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ. 666

Figura 8.2-157 - Comparação entre a riqueza e abundância (número de registros) de mamíferos terrestres de médio e grande porte registrada na primeira e na segunda campanha de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ. 667

Figura 8.2-158 - Comparação entre a riqueza e abundância (número de registros) de mamíferos terrestres de pequeno porte registrada na primeira e na segunda campanha de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ. 667

Figura 8.2-159 - Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de mamíferos terrestres registradas nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 671

Figura 8.2-160 - Instalação de armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 679

Figura 8.2-161 - Revisão de armadilha de interceptação e queda no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 679

Figura 8.2-162 - Contenção de espécime capturado em armadilha de interceptação e queda no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 679

Figura 8.2-163 - Revisão armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 679

Figura 8.2-164 - Vista de armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 680

Figura 8.2-165 - Iscagem em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.... 680

Figura 8.2-166 - *Didelphis albiventris* em armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 680

Figura 8.2-167 - Contenção manual de *Didelphis albiventris* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 680

Figura 8.2-168 - *Monodelphis domestica* capturado em armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 680

Figura 8.2-169 - *Monodelphis domestica* no empreendimento de Santa Quitéria, CE..... 680

Figura 8.2-170 - Indivíduos de *Gracilinanus agilis* capturados em armadilha do tipo Sherman no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 681

Figura 8.2-171 - *Gracilinanus agilis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE..... 681

Figura 8.2-172 - Contenção manual de *Gracilinanus agilis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 681

Figura 8.2-173 - *Gracilinanus agilis* marcado com brinco (*eartag*) no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 681

Figura 8.2-174 - Marcação (eartag) de *Wiedomys cerradensis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 681

Figura 8.2-175 - *Wiedomys cerradensis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 681

Figura 8.2-176 - *Thrichomys laurentius* capturado em armadilha do tipo Tomahawk no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-177 - *Thrichomys laurentius* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-178 - *Thrichomys laurentius* marcado com brinco (eartag) no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-179 - *Conepatus semistriatus* capturado em armadilha do tipo Tomahawk no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-180 - Pegada de *Cerdocyon thous* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-181 - Fezes de *Cerdocyon thous* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 682

Figura 8.2-182 - Pegada de *Puma concolor* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 683

Figura 8.2-183 - Toca de *Euphractus sexcinctus* no empreendimento de Santa Quitéria, CE..... 683

Figura 8.2-184 - Fezes de *Galea spixii* no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 683

Figura 8.2-185 - *Kerodon rupestres* no empreendimento de Santa Quitéria, CE..... 683

Figura 8.2-186 - Fêmea de *Sapajus libidinosus* com filhote nas costas no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 683

Figura 8.2-187 - Registro diurno de *Leopardus emiliae* em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 683

Figura 8.2-188 - Registro noturno de *Leopardus emiliae* em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-189 - *Cerdocyon thous* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-190 - *Mazama gouazoubira* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-191 - *Galea spixii* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-192 - *Dasypus novemcinctus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-193 - *Euphractus sexcinctus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 684

Figura 8.2-194 - *Didelphis albiventris* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 685

Figura 8.2-195 - *Capra aegagrus hircus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE. 685

Figura 8.2-196 - Ilustração dos métodos de Redes de neblina (A-B) e Buscas ativas (C-D) utilizados durante as duas campanhas do diagnóstico de morcegos na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. C: grupo de *Furipterus horrens* encontrado em duto de drenagem de estrada; D: grupo de *Trachops cirrhosus* encontrado no galpão do alojamento da Fazenda Itataia. 689

Figura 8.2-197 - Ilustração da instalação dos gravadores de ultrassom (AudioMoth 1.1) durante as duas campanhas do diagnóstico de morcegos na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 690

Figura 8.2-198 - Ilustração dos parâmetros avaliados nos pulsos de ecolocalização de morcegos no diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria-CE. 691

Figura 8.2-199 - Ordenação do número de registros (redes de neblina) de espécies de morcegos nas áreas de amostragem durante duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 693

Figura 8.2-200 - Riqueza de espécies de morcegos (Bioacústica) por família, registrada durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 696

Figura 8.2-201 - Ordenação do número de registros (bioacústica) de espécies de morcegos nas áreas de amostragem durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 696

Figura 8.2-202 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (redes de neblina) para morcegos nas duas campanhas do levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 698

Figura 8.2-203 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (bioacústica) para morcegos no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 699

Figura 8.2-204 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (bioacústica) para morcegos no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 700

Figura 8.2-205 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida para morcegos no levantamento de dados primários para o primeiro EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 701

Figura 8.2-206 - Análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) das espécies de morcegos registradas (bioacústica) na ADA AID e área Controle durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 702

Figura 8.2-207 – Método de armadilhas de atração (Van Someren-Rydon – VSR) utilizado nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 717

Figura 8.2-208 – Método de busca ativa utilizado nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE 718

Figura 8.2-209 - Curvas de rarefação (1000 randomizações) para borboletas registradas pelo método de armadilhas de atração na campanha da estação seca e na campanha da estação chuvos na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 724

Figura 8.2-210 - Curvas de rarefação (1000 randomizações) para borboletas registradas no EIA anterior pelo método de armadilhas de atração na área de influência do do Projeto Santa Quitéria, no estudo realizado em 2011 (ARADIS LOGOS, 2014). 725

Figura 8.2-211 - Rarefação individual dos pontos amostrais, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE..... 727

Figura 8.2-212 - Rarefação individual das áreas de influência, pelo método de armadilhas de atração, nas duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Itatira, CE. 729

Figura 8.2-213 - Análise da composição de espécies (NMDS, índice de similaridade de Bray-Curtis), pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 730

Figura 8.2-214 - *Hesperiidae sp*.1, vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE. 738

Figura 8.2-215 - *Pyrgus orcus* (Hesperiidae), vista dorsal. Ponto 3. Santa Quitéria, CE. 738

Figura 8.2-216 - *Zopyrion evenor thania* (Hesperiidae), vista ventral. Ponto 2. Santa Quitéria, CE. 738

Figura 8.2-217 - *Callicore sorana* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE. 738

Figura 8.2-218 -: *Eunica macris* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-219 - *Eunica tatila* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-220 - *Fountainea halice moretta* (Nymphalidae) macho, vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-221 -:*Fountainea halice moretta* (Nymphalidae) fêmea, vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-222 - *Fountainea halice moretta* (Nymphalidae), vista ventral. Ponro 3. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-223 - *Pharneuptychia aff*. Phares (Nymphalidae), vista ventral. Ponto Controle. Santa Quitéria, CE. 739

Figura 8.2-224 - *Hamadryas februa* (Nymphalidae), vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE..... 740

Figura 8.2-225 - *Prepona laertes* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE. 740

Figura 8.2-226 - *Historis acheronta* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 1. Santa Quitéria, CE. ... 740

Figura 8.2-227 - *Mestra dorcas* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 2. Santa Quitéria, CE..... 740

Figura 8.2-228 - *Junonia evarete* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE. 740

Figura 8.2-229 - *Taygetis laches* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE. 740

Figura 8.2-230 - *Ascia monuste* (Pieridae), vista ventral. Ponto 3. Santa Quitéria, CE. 741

Figura 8.2-231 - *Aricoris campestres* (Riodinidae). Ponto 1. Santa Quitéria, CE. 741

Figura 8.2-232 - *Aricoris propitia* (Riodinidae). Ponto 3. Santa Quitéria, CE. 741

Figura 8.2-233 - Vista geral dos pontos de amostragem de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, em novembro de 2020, estação seca. A- Ponto 1; B- Ponto 2; C- Ponto 3; D- Ponto 4; E- Ponto 5; F- Ponto 6. 746

Figura 8.2-234 - Vista geral dos pontos de amostragem de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, em fevereiro de 2021, estação chuvosa. A- Ponto 1; B- Ponto 2; C- Ponto 3; D- Ponto 4; E- Ponto 5; F- Ponto 6; G – Controle 1; H- Controle 2. 747

Figura 8.2-235 - Garrafa-armadilhas confeccionadas com PET, contendo iscas de cheiro para coleta de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria. 748

Figura 8.2-236 - Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem, em novembro de 20 na área do Projeto Santa Quitéria nas duas campanhas. Linha vermelha – limite da Área diretamente afetada. 754

Figura 8.2-237 - Ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Angico, no Ponto 6, na área do Projeto Santa Quitéria..... 755

Figura 8.2-238 - Entrada do ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Umburana, no Ponto 2 na área do Projeto Santa Quitéria..... 756

Figura 8.2-239 - Ninho de *Trigona* sp. (lado superior direto) no Ponto 4, na área do Projeto Santa Quitéria. 756

Figura 8.2-240 - Estimativa da riqueza de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na amostragem em Santa Quitéria-CE em novembro de 2020 e fevereiro de 2021, excetuando *Apis melífera* e *Florilegus* sp. 757

Figura 8.2-241 - Comparação da estimativa da riqueza de abelhas (Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS 2014) gráfico à esquerda, e no presente estudo (gráfico à direita), excetuando Apis melífera e Florilegus sp. 758

Figura 8.2-242 - Similaridade de Jaccard para abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa, (excetuando *Apis melífera)*. ... 760

Figura 8.2-243 - Coleta de formigas (Formicidae) na Fazenda Itataia, Santa Quitéria-CE, em novembro de 2020 e fevereiro de 2021. a – Amostra de 1m^2 de serapilheira; b – Peneiramento da amostra de serapilheira; c- Amostras dispostas em extratores do tipo mini-Winkler; d – Visão geral do ponto amostral 2. 788

Figura 8.2-244 - Riqueza relativa das morfoespécies de formigas (Formicidae) por subfamília registradas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*. 793

Figura 8.2-245 - Frequência relativa das subfamílias de formigas (Formicidae) registradas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e pitfall. S = riqueza de espécies. 793

Figura 8.2-246 - Frequência relativa dos gêneros de formigas (Formicidae) registrados na área do Projeto Santa Quitéria-CE, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*. 796

Figura 8.2-247 - Frequência relativa dos gêneros de formigas (Formicidae), por ponto amostral, registrados na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*. 796

Figura 8.2-248 - Estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) pela amostragem realizadas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. 800

Figura 8.2-249 - Estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) em sete pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. 801

Figura 8.2-250 - Comparação da estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) nas amostragens do presente estudo (gráfico à direita) e no estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (gráfico à esquerda). 802

Figura 8.2-251 - Análise de Variância comparando a riqueza de espécies de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas duas campanhas (seca e chuvosa) e em sete pontos de amostragem, utilizando o método *pitfall*. EP - Erro Padrão. 807

Figura 8.2-252 - Similaridade de Jaccard para formigas (Formicidae) entre os pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. A – Ponto amostral. Coeficiente de correlação cofenética= 0,8 808

Figura 8.2-253 - Proporção (%) das espécies capturadas na forma adulta durante o período seco na área do Projeto Santa Quitéria..... 825

Figura 8.2-254 - Proporção (%) das espécies capturadas na forma adulta durante o período chuvoso na área do Projeto Santa Quitéria..... 826

Figura 8.2-255 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1 e CHAO 2) para Phlebotominae no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria 828

Figura 8.2-256 - Mapa temático com a distribuição em porcentagem das espécies capturadas em cada ponto amostral da Área de Influência Indireta do empreendimento de Santa Quitéria. 835

Figura 8.2-257 - Mapa temático com a distribuição em porcentagem das espécies capturadas em cada ponto amostral da Área de Influência Direta do empreendimento de Santa Quitéria..... 837

Figura 8.2-258 - Estimador de riqueza Chao 2 para o período seco, apontando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 3 na área do Projeto Santa Quitéria. 839

Figura 8.2-259 Estimador de riqueza Jack 1 para o período seco, confirmando a maior riqueza node espécies no ponto amostral 3 da área do Projeto Santa Quitéria. 839

Figura 8.2-260 Estimador de riqueza Chao 2 para o período chuvoso, apontando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 7 da área do Projeto Santa Quitéria. 840

Figura 8.2-261 -Estimador de riqueza Jack 1 para o período chuvoso, confirmando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 7 da área do Projeto Santa Quitéria. 840

Figura 8.2-262 - Índice de diversidade de Shannon-Winner para o período seco, apontando a maior diversidade no ponto amostral 6 do empreendimento de Santa Quitéria. 841

Figura 8.2-263 Índice de diversidade de Simpson para o período chuvoso, apontando a maior diversidade no ponto amostral 12. Do empreendimento de Santa Quitéria. 841

Figura 8.2-264 - Índice de dominância de Simpson para o período seco, apontando a maior dominância no ponto amostral 5 do empreendimento de Santa Quitéria. 842

Figura 8.2-265 - Índice de dominância de Simpson para o período chuvoso, apontando a maior dominância no ponto amostral 5 e estatisticamente igual aos pontos amostrais 1, 2, 3 e 4do empreendimento de Santa Quitéria. 842

Figura 8.2-266 - Índice de equitabilidade de Pielou para o período seco, apontando a maior equitabilidade no ponto amostral 5 do empreendimento de Santa Quitéria. 843

Figura 8.2-267 - Índice de equitabilidade de Pielou para o período chuvoso, apontando a maior equitabilidade no ponto amostral 6 do empreendimento de Santa Quitéria. 843

Figura 8.2-268 - Exemplo da medição de dados do microclima realizada com multisensor ambiental e sensor do solo. 858

Figura 8.2-269 - Exemplo da estimativa de obstrução da serrapilheira com auxílio de gabarito de 1m². 859

Figura 8.2-270 - Exemplo da estimativa de obstrução do subbosque com auxílio de gabarito de 1m² disposto verticalmente. 859

Figura 8.2-271 - Histogramas de distribuição das 18 covariáveis ambientais, valores padronizados para melhor comparação e visualização. 866

Figura 8.2-272 - Matriz de correlação mista, exibindo coeficientes de correlação de Pearson na diagonal inferior e representação visual dos mesmos na diagonal superior. Apresentando a relação das 18 variáveis, respectivamente: umidade relativa do ar, temperatura do ar, intensidade luminosa, umidade relativa do solo, temperatura do solo, contagem de herbáceas num raio de 3m, altura da vegetação herbácea, área de cobertura da camada de serrapilheira, contagem de herbáceas na parcela, densidade vegetação herbácea, contagem de árvores, riqueza de árvores na parcela, diversidade de árvores, área basal, média do DAP, altura média das árvores, e número e diversidade de famílias botânicas. 867

Figura 8.2-273 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre riqueza de lepidoptera e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 868

Figura 8.2-274 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de lepidoptera e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 869

Figura 8.2-275 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre riqueza de abelhas e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”)..... 870

Figura 8.2-276 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de formigas e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 870

Figura 8.2-277 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de anfíbios e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 871

Figura 8.2-278 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de serpentes e as18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 872

Figura 8.2-279 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de largatos e as18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 872

Figura 8.2-280 - Regressões lineares mostrando a relação entre riqueza de mamíferos primatas (azul), pequenos (verde) e de médio a grande porte (vermelho) e as 18 covariáveis ambientais. 873

Figura 8.2-281 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre abundância de pequenos mamíferos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 874

Figura 8.2-282 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de morcegos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 875

Figura 8.2-283 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de morcegos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 876

Figura 8.2-284 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de aves e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”)..... 877

Figura 8.2-285 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de aves e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância (“P”) e a variação explicada pela variável independente estação (“R2”). 877

Figura 8.2-286 - Montagem das parcelas do levantamento fitossociológico 886

Figura 8.2-287 -Amostragem de dados no campo. 886

Figura 8.2-288 – Áreas susceptíveis a desertificação (IPECE, 2007) (modificada)..... 897

Figura 8.2-289 - Aspecto geral da Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) na área de estudo. 910

Figura 8.2-290- Aspecto geral da Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) na área de estudo. 911

Figura 8.2-291 - Aspecto de Área Antrópica. 912

Figura 8.2-292 - Indivíduo de carnaúba (*Copernicia prunifera*) 918

Figura 8.2-293 - Aspecto do tronco de Imburana (*Commiphora leptophloeos*). 918

Figura 8.2-294- Distribuição das classes de diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea). 929

Figura 8.2-295 - Distribuição das classes de altura diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea). 930

Figura 8.2-296 - Distribuição das classes de diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva). 932

Figura 8.2-297 - Distribuição das classes de altura diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva). 933

Figura 8.2-298 - Curva do coletor da amostragem fitossociológica realizada na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) 936

Figura 8.2-299 - Curva do coletor da amostragem fitossociológica realizada na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) 937

Figura 8.2-300– Distribuição da área em hectares de cada classe de vegetação encontrada na AID. 946

Figura 8.2-301 – Distribuição da área em hectares de cada classe de vegetação encontrada na ADA. 948

Figura 8.2-302– Esquema dos principais itens que compõem uma paisagem. 952

Figura 8.2-303– Índice de proximidade para os pontos impactados pela perda de conectividade para cada raio de busca (100, 300, 1000 e 2000 metros). 965

Figura 8.2-304 - Poça na estrada entre os povoados de Lagoa do Mato e Itataia, bacia do Rio Jaguaribe, Itatira – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 974

Figura 8.2-305 - Riacho Quati, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 975

Figura 8.2-306 - Açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, pov. Itataia, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 975

Figura 8.2-307 - Rio Curimatã, jusante do Açude Quixaba, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 975

Figura 8.2-308 - Riacho Guaribas, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 976

Figura 8.2-309 - Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 976

Figura 8.2-310 - Açude Morrinhos, bacia do Rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria – CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 976

Figura 8.2-311 - Riacho Bitu, bacia do rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria – CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 977

Figura 8.2-312 - Riacho dos Caibos, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 977

Figura 8.2-313 - Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 977

Figura 8.2-314 - Riacho Tapera, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 978

Figura 8.2-315 - Riacho Mulungu, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 978

Figura 8.2-316 - Riacho Corrente, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 978

Figura 8.2-317 - Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 979

Figura 8.2-318 - Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Fazenda Sapucaia, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 979

Figura 8.2-319 - Açude Laís, bacia do Rio Jaguaribe, distrito de Lagoa do Mato, Itatira – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos)..... 979

Figura 8.2-320 - Açude Edson Queiroz, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos). 980

Figura 8.2-321- Uso do arrasto 10 m, açude Edson Queiroz, Santa Quitéria – CE (Foto: Julia Falkenberg)..... 981

Figura 8.2-322 - Uso de Tarrafa, açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Silvia Costa). 981

Figura 8.2-323 - Rede de Espera, Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Silvia Costa). 981

Figura 8.2-324 - Uso da Peneira, Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Telton Ramos). 981

Figura 8.2-325 - Número de espécies, por ordem, registrada na campanha de amostragem (seca) para o levantamento ictiofaunístico do EIA do Projeto Santa Quitéria, CE. 989

Figura 8.2-326 - Número de espécies, por família, registrada na campanha de amostragem (seca) para o levantamento ictiofaunístico do EIA Projeto Santa Quitéria, CE. 990

Figura 8.2-327 - Proporção relativa de espécimes por espécies registrada durante a amostragem de seca no Projeto Santa Quitéria, CE..... 991

Figura 8.2-328 - Abundância das espécies registradas durante o período seco no Projeto de Santa Quitéria, CE. 991

Figura 8.2-329 - Número de espécies da ictiofauna registrado por ponto amostral (Período Seco). 994

Figura 8.2-330 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, amostragem de seca, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE..... 995

Figura 8.2-331 - Número de espécies, por ordem, registrada na campanha de Amostragem da Estação Chuvosa para o levantamento ictiofaunístico do EIA do Projeto Santa Quitéria, CE. 998

Figura 8.2-332 - Número de espécies, por família, registrada na campanha de Amostragem da Estação Chuvosa para o levantamento ictiofaunístico do EIA Projeto Santa Quitéria, CE. 999

Figura 8.2-333 - Proporção relativa de espécimes por espécies registradas durante a Amostragem da Estação Chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE. 1000

Figura 8.2-334 - Abundância das espécies registradas durante a estação chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE. 1000

Figura 8.2-335 - Número de espécies da ictiofauna registrado por ponto amostral na Amostragem da Estação Chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE. 1003

Figura 8.2-336 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, Amostragem da Estação Chuvosa, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE. 1004

Figura 8.2-337 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, Amostragem da Estação Chuvosa, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE. 1012

Figura 8.2-338 - *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus 1758). Foto: Telton Ramos. 1014

8.2-339 - *Astyanax fasciatus* (Cuvier 1819). Foto: Telton Ramos..... 1014

8.2-340 - *Serrapinnus heterodon* (Eigenmann 1915) Foto: Telton Ramos. 1014

8.2-341 - *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro 1937). Foto: Telton Ramos. 1014

8.2-342 - *Hoplias malabaricus* (Bloch 1794). Foto: Telton Ramos. 1014
8.2-343 - *Prochilodus brevis* Steindachner 1875. Foto: Telton Ramos. 1014
8.2-344 - *Triportheus signatus* (Garman 1890). Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-345 - *Leporinus piau* Fowler 1941 Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-346 - *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider 1801. Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-347 - *Cichlasoma orientale* Kullander 1983. Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-348 - *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-349 - *Hypostomus pusarum* (Starks, 1913). Foto: Telton Ramos. 1015
8.2-350 - *Parotocinclus cearensis* Garavello 1977. Foto: Telton Ramos. 1016
8.2-351 - *Parotocinclus sp*. Foto: Telton Ramos. 1016
8.2-352 - *Pimelodella sp*. Foto: Telton Ramos. 1016
8.2-353 - *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus 1766) Foto: Telton Ramos. 1016
8.2-354 - *Poecilia vivipara* Bloch & Schneider 1801. Foto: Telton Ramos. 1016
Figura 8.2-355 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem). Coordenadas: 9.493.297/413.664 1028
Figura 8.2-356 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem). Coordenadas: 9.493.297/413.664 1028
Figura 8.2-357 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso). Coordenadas: 9.493.246/414.142 1028
Figura 8.2-358 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142 1028
Figura 8.2-359 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco. Coordenadas: 9.493.941/ 413.189 1028
Figura 8.2-360 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco. Coordenadas: 9.493.942/ 413.185 1028
Figura 8.2-361 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.494.072/ 413.101 1029
Figura 8.2-362 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.494.054/413.091 1029
Figura 8.2-363 - Ponto P05 – Riacho Cunha- Moti: seco. Coordenadas: 9.494.026/ 412.479 1029
Figura 8.2-364 - Ponto P05 – Riacho Cunha- Moti: seco. Coordenadas: 9.494.029/ 412.481 1029
Figura 8.2-365 - Ponto P06 - Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.495.510/ 414.916 1029
Figura 8.2-366 - Ponto P06 - Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.495.527/ 414.906 1029
Figura 8.2-367 - Ponto P07 - Riacho Cunha – Moti: seco. Coordenadas: 9.492.212/ 409.366 1030
Figura 8.2-368 - Ponto P07 - Riacho Cunha – Moti: seco. Coordenadas: 9.492.216/ 409.364 1030
Figura 8.2-369 - Ponto P08 - Açude Morrinhos (seco). Coordenadas: 9.496.134/ 409.691 1030
Figura 8.2-370 - Ponto P08 - Açude Morrinhos (seco). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689 1030
Figura 8.2-371 - Ponto P09 - Açude da Laís. Coordenadas: 9.482.905/ 423.077 1030
Figura 8.2-372 - Ponto P09- Açude da Laís. Coordenadas: 9.482.855/ 423.014 1030
Figura 8.2-373 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz. Coordenadas: 9.529.266/ 382.315 1031
Figura 8.2-374- Ponto P10: Açude Edson Queiroz. Coordenadas: 9.529.183/382.295 1031
Figura 8.2-375 - Rede de 20 µm usada na amostragem qualitativa do fitoplâncton. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664 1034
Figura 8.2-376 - Acondicionamento da amostra quantitativa do fitoplâncton. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664 1034
Figura 8.2-377 - Amostra na câmara de sedimentação de Utermöhl 1034

Figura 8.2-378 - Contagem do fitoplâncton em microscópio invertido 1034

Figura 8.2-379 - Arrasto da rede de 68 µm usada na amostragem do zooplâncton. Coordenadas: 9.482.905/ 423.077 1035

Figura 8.2-380- Amostragem quantitativa de zooplâncton. Coordenadas: 9.529.183/ 382.295. ... 1035

Figura 8.2-381 - Preparo da amostra de zooplâncton. 1036

Figura 8.2-382 - Identificação do zooplâncton em microscópio óptico 1036

Figura 8.2-383 - Lavagem dos sedimentos com rede de 250 µm. Coordenadas: 9.482.855/ 423.014. 1036

Figura 8.2-384 - Amostragem com rede D. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664. 1036

Figura 8.2-385 - Triagem dos organismos bentônicos em laboratório. 1037

Figura 8.2-386 - Identificação dos organismos bentônicos. 1037

Figura 8.2-387 - Formas Biológicas de Macrófitas Aquáticas. 1038

Figura 8.2-388 - Coleta de macrófitas anfíbias na margem do açude Quixaba. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664. 1038

Figura 8.2-389 - Coleta de macrófitas anfíbias na margem do açude Quixaba. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664. 1038

Figura 8.2-390 - Riqueza relativa total do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1044

Figura 8.2-391 - Riqueza taxonômica do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1047

Figura 8.2-392 - Cianobactéria - *Microcystis* spp. 1048

Figura 8.2-393 - Cianobactéria – *Pseudanabaena* spp. 1048

Figura 8.2-394 - Densidade numérica do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1055

Figura 8.2-395 - Profundidade da zona eufótica (Z_{eu}) e densidade do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1056

Figura 8.2-396 - Abundância relativa do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1056

Figura 8.2-397 - Densidade de células de cianobactérias – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1061

Figura 8.2-398 - Índice de diversidade e equitabilidade do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1063

Figura 8.2-399 - Similaridade do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1064

Figura 8.2-400 - Similaridade do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1065

Figura 8.2-401 - Riqueza relativa do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro (2ªC). 1066

Figura 8.2-402 - Riqueza taxonômica do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1069

Figura 8.2-403 - Rotífero *Conochilus unicornis*. 1070

Figura 8.2-404 - Cladócero *Moina* sp. 1070

Figura 8.2-405 - Densidade do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria -Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). P Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1080

Figura 8.2-406 - Abundância relativa do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ª) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1081

Figura 8.2-407 - Diversidade e equitabilidade do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1091

Figura 8.2-408 - Análise de similaridade do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1092

Figura 8.2-409 - Análise de similaridade do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1093

Figura 8.2-410 - Riqueza relativa dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1094

Figura 8.2-411 - Riqueza dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1097

Figura 8.2-412 - Chironomidae do gênero Coelotanypus. 1098

Figura 8.2-413 - Chaoboride do gênero Chaoborus. 1098

Figura 8.2-414 - Família Chironomidae 1099

Figura 8.2-415 - Díptero da família Ceratopogonidae 1099

Figura 8.2-416 - Densidade de invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1105

Figura 8.2-417 - Abundância relativa de invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1106

Figura 8.2-418 - Diversidade e equitabilidade de invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1113

Figura 8.2-419 - Similaridade de invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1114

Figura 8.2-420 - Similaridade de invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1115

Figura 8.2-421 - Riqueza de táxons de macrófitas aquáticas por família - Projeto de Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1125

Figura 8.2-422 - Riqueza de táxons de macrófitas aquáticas por forma biológica – Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1130

Figura 8.2-423 - Frequência de ocorrência dos táxons de macrófitas aquáticas – Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1132

Figura 8.2-424 - Leito do açude Quixaba (P02) no período seco (novembro/20). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142. 1133

Figura 8.2-425 - Banco de *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) no leito do açude Quixaba (P02) no período chuvoso (fevereiro/21). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142. 1133

Figura 8.2-426 - *Sidastrum micranthum* (malva-preta) no açude Quixaba (P01). Coordenadas: 9.493.297/ 413.664. 1134

Figura 8.2-427 - *Sida cf cordifolia* (malva-branca) no açude Quixaba (P01). Coordenadas: 9.493.278/ 413.649..... 1134

Figura 8.2-428 - *Calotropis procera* (ciúme) no açude Quixaba (P02). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142..... 1134

Figura 8.2-429 - *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre) no açude Quixaba (P02). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142. 1134

Figura 8.2-430 - *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) no açude Morrinhos (P08). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689..... 1134

Figura 8.2-431 - *Glinus radiatus* no açude Morrinhos (P08). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689. .. 1134

Figura 8.2-432 - *Stemodia maritima* (melosa) no açude da Laís (P09). Coordenadas: 9.482.905/ 423.077..... 1135

Figura 8.2-433 - *Alternanthera paronichyoides* no açude da Laís (P09). Coordenadas: 9.482.905/ 423.077..... 1135

Figura 8.2-434 - *Indigofera* cf *microcarpa* (caachira) no açude Edson Queiroz (P10). Coordenadas: 9.529.266/ 382.315. 1135

Figura 8.2-435 - *Salvinia auriculata* (pasta) no açude Edson Queiroz (P10). Coordenadas: 9.529.183/ 382.295..... 1135

Figura 8.2-436 - Similaridade de macrófitas aquáticas – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional..... 1139

Figura 8.2-437 - Similaridade de macrófitas aquáticas – Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional..... 1140

LISTA DE MAPAS

Mapa 8.1-1 – Localização das estações e postos pluviométricos 46

Mapa 8.1-2 - Classificação climática na região de inserção do empreendimento..... 48

Mapa 8.1-3 - Localização dos pontos de medição de ruído e vibração 89

Mapa 8.1-4 – Mapa Geomorfológico da AII 118

Mapa 8.1-5 - Mapa Hipsométrico da AII. 120

Mapa 8.1-6 - Mapa de declividade da AII. 121

Mapa 8.1-7 - Geomorfológico da AID/ADA. 124
Mapa 8.1-8 - Hipsométrico AID/ADA. 128
Mapa 8.1-9 - Declividade AID/ADA. 129
Mapa 8.1-10 – Mapa Pedológico da AII. 138
Mapa 8.1-11 - Mapa Pedológico AID/ADA. 143
Mapa 8.1-12 - Fragilidade a Erosão AID/ADA. 158
Mapa 8.1-13– Localização das Amostras Geotécnicas 164
Mapa 8.1-14 – Mapa Geotécnico da AID. 178
Mapa 8.1-15 – Mapa Geotécnico da ADA. 179
Mapa 8.1-16 - Mapa geológico da AII. 200
Mapa 8.1-17 - Mapa geológico da AID/ADA. 218
Mapa 8.1-18 - Delimitação da AII do PSQ na bacia do rio Groaíras. 274
Mapa 8.1-19 - Localização dos Postos Pluviométricos. 279
Mapa 8.1-20 - Rede Hidrográfica do PSQ. 282
Mapa 8.1-21 - Rede de Amostragem de Qualidade da Água e de Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 296
Mapa 8.1-22 – Unidade Aquíferas da AII. 375
Mapa 8.1-23 – Unidades Aquíferas na da AID- ADA. 383
Mapa 8.1-24 – Mapa Potenciométrico e de Direções de Fluxo da Água Subterrânea na AID. 403
Mapa 8.1-25 – Zona de Recarda da AID. 408
Mapa 8.1-26 – Zona de Recarga da ADA. 409
Mapa 8.1-27 – Mapa dos títulos minerários da área de estudo classificados pela substância de interesse. 483
Mapa 8.2-1 – Unidades Amostrais de Fauna Terrestre-Vertebrados. 503
Mapa 8.2-2 – Pontos de amostragem de vetores nas áreas do empreendimento de Santa Quitéria. 821
Mapa 8.2-3 - Unidades amostrais de flora campanhas out/nov 2020 e fevereiro de 2021 892
Mapa 8.2-4 - Unidades Amostrais do levantamento realizado pela Arcadis em 2011 893
Mapa 8.2-5 - Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará (IPECE, 2007- modificada) 895
Mapa 8.2-6 - Mapa de Fitofisionomias (IBGE) em na AID e ADA do Projeto Santa Quitéria 898
Mapa 8.2-7 - Mapa de Fitofisionomias identificadas em campo na AID e ADA do Projeto Santa Quitéria 899
Mapa 8.2-8 – Vegetação NDVI 945
Mapa 8.2-9 – Maior Fragmento 963
Mapa 8.2-10 - Mapa com os pontos de amostragens da Ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 972
Mapa 8.2-11 - Rede de amostragem da biota aquática – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1027
Mapa 8.2-12 –Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. 1150
Mapa 8.2-13 – Áreas de Preservação Permanente (APP) na ADA do empreendimento. 1152
Mapa 8.2-14 – Áreas de Reserva Legal (RL) na AID do empreendimento. 1155

LISTA DE QUADROS

Quadro 8.1-1 - Resumo dos Limites dos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA nº 491/2018 73
Quadro 8.1-2 - Descrição dos equipamentos utilizados 74
Quadro 8.1-3 - Identificação dos locais das medições 75
Quadro 8.1-4 - Limites de Ruído conforme NBR 10.151/2019 92
Quadro 8.1-5 - Níveis Recomendáveis de Vibrações 94
Quadro 8.1-6 - Limites de Velocidade de Vibração do Solo – Pico (mm/s) 95
Quadro 8.1-7 - Nível de ruído por tipo de equipamento 115
Quadro 8.1-8 - Domínios geomorfológicos e elementos de relevo da AID/ADA 122
Quadro 8.1-9 - Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) e 2021 154
Quadro 8.1-10 -Erodibilidade dos solos presentes na AID 157
Quadro 8.1-11 - Amostras Geotécnicas 163
Quadro 8.1-12 - Porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Alcantil 166
Quadro 8.1-13 - Porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Barrigas 167
Quadro 8.1-14 - Constituintes mineralógicos predominantes nos solos da Formação Alcantil 169
Quadro 8.1-15 - Índice de Suporte Califórnia para amostras ensaiadas 173
Quadro 8.1-16 - Resultados de densidade, porosidade, condutividade e permeabilidade 173
Quadro 8.1-17 - Resultados de pH, F.O.C, M.O. e C.E no solo 174
Quadro 8.1-18 - Análise dos solos: umidade natural (%), conteúdo de água (%) e água disponível (%) 174
Quadro 8.1-19 - Os ensaios com infiltrômetro de parede dupla em solos 175
Quadro 8.1-20 - Associação das unidades geotécnicas, geológicas e pedológicas 177
Quadro 8.1-21 - Escorregamentos Planares Potenciais 186
Quadro 8.1-22 - Escorregamentos Biplanares Potenciais 186
Quadro 8.1-23 - Escorregamentos em Cunha Potenciais 187
Quadro 8.1-24 - Etapas de coletas de dados primários 190
Quadro 8.1-25 - Parâmetros de aquisição do levantamento 194
Quadro 8.1-26 - Principais características observadas durante as sondagens 213
Quadro 8.1-27 - Correlações entre as diferentes classificações geológicas 216
Quadro 8.1-28 - Reservatórios Monitorados pela Cogerh na Região Hidrográfica do Acaraú 270
Quadro 8.1-29 – Unidades Hidrogeológicas 374
Quadro 8.1-30 - Relação dos poços de captação de água subterrânea locados dentro dos limites da AII 378
Quadro 8.1-31 – Características dos poços de monitoramento instalados em 2011 385
Quadro 8.1-32 – Manto de alteração, fraturas e entradas de água 387
Quadro 8.1-33 – Referencias metodológicas adotadas – Análises de 2020 e 2021 429

Quadro 8.1-34 – Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha 431
Quadro 8.1-35 – Parâmetros não Quantificados no PM-INB 435
Quadro 8.1-36 - Responsáveis pelas identificações apresentadas no estudo 473
Quadro 8.1-37 – Ocorrências minerais registradas por área de influência (AID/ADA) 480
Quadro 8.1-38 – Relação entre substâncias e número de títulos 484
Quadro 8.1-39 – Relação entre a fase do processo e número de títulos 486
Quadro 8.2-1 - Lista de espécies na área de influência indireta (AII) obtida a partir de dados secundários para o Projeto Santa Quitéria. 732
Quadro 8.2-2 - Receptores ecológicos da fauna silvestre na área do Projeto Santa Quitéria 879
Quadro 8.2-3 - Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade existente na região do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria-CE 1149
Quadro 8.2-4 – Áreas de Reserva Legal cadastradas na Área de Influência Direta (AID) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria-CE. 1153

LISTA DE TABELAS

Tabela 8.1-1 - Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados 51
Tabela 8.1-2 - Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados 54
Tabela 8.1-3 – Distribuição anual da umidade relativa do ar (%) na estação Itataia, Santa Quitéria e Quixeramobim. 58
Tabela 8.1-4 - Evaporação total e evapotranspiração potencial da estação Quixeramobim – Normais 1981-2010 62
Tabela 8.1-5 – Velocidade média e direção predominante dos ventos na estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) 69
Tabela 8.1-6 - Resultados da amostragem de Dióxido de Enxofre (SO_2), Material Particulado ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) e Partículas Totais em Suspensão (PTS) 80
Tabela 8.1-7 - Resultados da amostragem de Monóxido de Carbono (CO) 80
Tabela 8.1-8 - Resultados da amostragem de Ozônio (O3) 81
Tabela 8.1-9 - Resultados da amostragem de Dióxido de Nitrogênio (NO2) 82
Tabela 8.1-10 - Localização dos pontos de medição de ruído e vibração 90
Tabela 8.1-11 - Níveis de pressão sonora do ambiente acústico do PSQ 96
Tabela 8.1-12 – Medições de vibração - Velocidade Pico (mm/s) 97
Tabela 8.1-13 - Comparação do Lres (dB) medido com o RLAeq (dB) 111
Tabela 8.1-14 – Padrão aplicável de ruído nos pontos receptores 113
Tabela 8.1-15 - Especificações dos ensaios de rebaixamento – junho/2021 149
Tabela 8.1-16 - Coordenadas dos pontos dos ensaios de rebaixamento – Junho/2021 150
Tabela 8.1-17 - Ano de realização, empresa executora, materiais e métodos aplicados na coleta de dados geofísicos primários 207
Tabela 8.1-18 - Sondagens e cargas hidráulicas calculadas na área da jazida por Alcantara e Silva (2003) 219

Tabela 8.1-19 - Estações Pluviométricas no município de Santa Quitéria. Destacados em negrito os postos na AII (Boa Vista) e AID (Itataia)..... 276

Tabela 8.1-20 - Resultados da qualidade das águas do açude Edson Queiroz (2016 a 2020)..... 288

Tabela 8.1-21 - Rede de amostragem de qualidade da água e de sedimentos– PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 295

Tabela 8.1-22 - Descritivo dos pontos de amostragem de qualidade da água e de sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 297

Tabela 8.1-23 - Parâmetros analisados na caracterização da qualidade das águas superficiais – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 303

Tabela 8.1-24 - Parâmetros analisados na caracterização da qualidade dos sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 309

Tabela 8.1-25 – Resultados das análises da qualidade das águas superficiais na AID – PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 313

Tabela 8.1-26 - Resultados das análises da qualidade das águas superficiais em pontos fora dos limites das áreas de influência - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 320

Tabela 8.1-27 - Registros de campo da Área de Influência Direta (AID) – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 327

Tabela 8.1-28 - Registros de campo em pontos dos açudes localizados fora dos limites das áreas de influência – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 327

Tabela 8.1-29 - Índice do Estado Trófico (IET) na AID - PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC) 351

Tabela 8.1-30 - Índice do Estado Trófico (IET) dos Pontos Fora dos Limites das Áreas de Influência - PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC) 351

Tabela 8.1-31 - Resultado das Análises da Qualidade dos Sedimentos na AID- PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)..... 352

Tabela 8.1-32 – Resultado das Análises da Qualidade dos Sedimentos dos Pontos Fora dos Limites das Áreas de Influência – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC). 354

Tabela 8.1-33 - Principais características do açude Edson Queiroz 367

Tabela 8.1-34 – Condutividade Hidráulica e Transmissividade – Slug Test em Poços..... 389

Tabela 8.1-35 – Condutividade hidráulica a partir do ensaio de perda d'água em poços..... 391

Tabela 8.1-36 – Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo 391

Tabela 8.1-37 – Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos 396

Tabela 8.1-38 Critérios técnicos para definição das zonas favoráveis a recarga..... 405

Tabela 8.1-39 – Índice de Vulnerabilidade GOD por Unidade Aquífera e Meio Poroso..... 410

Tabela 8.1-40 – Características do meio poroso na AID/ADA 415

Tabela 8.1-41 – Características do meio fraturado na AID/ADA 418

Tabela 8.1-42 – Características do meio cárstico na AID/ADA 419

Tabela 8.1-43 – Leituras dos parâmetros físicos medidos in situ nos PMs da Unidade MC1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025..... 432

Tabela 8.1-44 – Leituras dos parâmetros físicos medidos in situ nos PMs da Unidade MS1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025..... 433

Tabela 8.1-45 – Parâmetros In Situ Poço INB (novembro/2020 e fevereiro/2021) 434

Tabela 8.1-46- Substâncias detectadas acima do VR CONAMA 396 – Poço INB 436

Tabela 8.1-47 – Parâmetros não quantificados nas Água Subterrâneas – Poços de Monitoramento . 437

Tabela 8.1-48 – Parâmetros Inorgânicos Acima dos VRs na Água Subterrânea (µg/L) – Unidade MS1 440

Tabela 8.1-49 – Parâmetros Inorgânicos Acima dos VRs na Água Subterrânea (µg/L) –Unidade MC1 440

Tabela 8.1-50 – Resultados Analíticos em NMP/100mL – Microrganismos na Água Subterrânea – PMs 441

Tabela 8.2-1 – Pontos de amostragem durante o levantamento dos vertebrados na área de influência do Consórcio Santa Quitéria. 502

Tabela 8.2-2 -Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas de interceptação e queda durante o levantamento da herpetofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 508

Tabela 8.2-3 - Espécies da herpetofauna registradas na área do empreendimento durante o levantamento de dados primários na área do Projeto Santa Quitéria. 511

Tabela 8.2-4 - Indicadores ecológicos por grupo e área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da herpetofauna, realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. 519

Tabela 8.2-5 - Espécies identificadas e consideradas de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria de acordo com os dados secundários 523

Tabela 8.2-6- Relação dos pontos amostrados onde foram confeccionadas as Listas de *Mackinnon* durante o levantamento da avifauna na área de influência do empreendimento. 537

Tabela 8.2-7 - Lista de espécies de aves registradas na área influência do Projeto Santa Quitéria no levantamento de dados primários da avifauna. 548

Tabela 8.2-8 - Índice de frequência nas listas (IFL) e categoria de Frequência de ocorrência (FO) com base nos IFls das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, em ordem decrescente..... 568

Tabela 8.2-9 - Espécies de aves registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria categorizadas como ameaçadas de extinção segundo a IUCN (2021), o MMA (2014) e CITES (2021) com indicação do número de indivíduos por sítio amostral. 579

Tabela 8.2-10 – Espécies com menores valores de IFL. 585

Tabela 8.2-11 - Espécies de aves endêmicas registradas durante o inventário de avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. 588

Tabela 8.2-12 - Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da avifauna realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. 594

Tabela 8.2-13 – Comparação de dados secundários com dados Primários do Projeto Santa Quitéria. 596

Tabela 8.2-14 - Relação dos pontos amostrados onde foram instalados os transectos de armadilhas de contenção viva (tipo *Sherman* e *Tomahawk*) durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ. 637

Tabela 8.2-15 - Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*) durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ. 638

Tabela 8.2-16 - Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas fotográficas durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ. 642

Tabela 8.2-17 - Lista de espécies de mamíferos terrestres registradas na área influência no decorrer da 1ª e 2ª campanha de diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria 646

Tabela 8.2-18 - Espécies de mamíferos terrestres incluídas em categorias de ameaça segundo lista nacional (MMA, 2014), internacional (IUCN, 2021) e da CITES (2021), registradas durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ. 659

Tabela 8.2-19 - Lista das espécies de mamíferos terrestres cinegéticas registradas durante o diagnóstico ambiental na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 663

Tabela 8.2-20 - Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da mastofauna terrestre realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 669

Tabela 8.2-21 - Levantamento de espécies registradas e de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários 674

Tabela 8.2-22- Relação dos pontos amostrais, ao redor dos quais foram instalados os detectores de ultrassom a redes de neblina durante o levantamento da quiropterofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. 687

Tabela 8.2-23 - Lista de espécies de morcegos registradas por redes de neblina e busca ativa durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. (c1= campanha da estação seca; c2= campanha da estação chuvosa)..... 693

Tabela 8.2-24 - Lista de espécies de morcegos registradas por bioacústica durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. (c1= campanha da estação seca; c2= campanha da estação chuvosa). 697

Tabela 8.2-25 – Localização dos registros de espécies ameaçadas nas campanhas da estação seca e estação chuvosa na área do Projeto Santa Quitéria. 703

Tabela 8.2-26 - Lista de espécies de morcegos (dados secundários) com provável ocorrência nas áreas área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. *Espécies registradas no primeiro diagnóstico realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) 706

Tabela 8.2-27 - Lista geral das espécies de morcegos registradas por diferentes nos métodos durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. 710

Tabela 8.2-28 - Localização e áreas de influência dos pontos amostrais das duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 716

Tabela 8.2-29 - Composição taxonômica da fauna de borboletas das duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria. 719

Tabela 8.2-30 - Lista de espécies e suas abundâncias, status de conservação, particularidades ecológicas, método de captura e ocorrências nas áreas de influência das duas primeiras campanhas (estação seca e chuvosa) do Projeto Santa Quitéria. 721

Tabela 8.2-31 - Abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por ponto amostral, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 726

Tabela 8.2-32 - Esforço amostral, abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por área de influência, pelo método de armadilhas de atração, nas duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Itatira, CE. 728

Tabela 8.2-33 - Estação, abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por campanha, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. 731

Tabela 8.2-34 - Pontos de amostragem de abelhas (*Hymenoptera: Apidae*) na área do Projeto Santa Quitéria, na estação seca e na estação chuvosa. 744

Tabela 8.2-35 - Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na estação seca e na estação chuvosa. (PC= Ponto controle) 752

Tabela 8.2-36 - Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, por campanha (1°CAMPANHA = estação seca; 2°CAMPANHA= segunda campanha; AC= Área Controle). 752

Tabela 8.2-37– Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) de acordo com os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e na campnha da estação chuvosa. 755

Tabela 8.2-38 - Parâmetros de diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa (excetuando *Apis melífera*). 759

Tabela 8.2-39 - Coeficiente de similaridade de Jaccard para abelhas (Hymenoptera: Apidae) entre os pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa, excetuando *Apis melifera*. 760

Tabela 8.2-40 - Lista de espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) registrados para a Caatinga a partir e comparação com as espécies encontradas no presente estudo e no estudo realizado e 2011 (ARCADIS LOGOS,2014). 761

Tabela 8.2-41 - Pontos de amostragem de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas campanhas da estação seca e da estação chuvosa. 787

Tabela 8.2-42. Riqueza de espécies e frequência de ocorrência de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria-CE, novembro de 2020 e fevereiro de 2021, coletados na serapilheira e com uso de *pitfalls*..... 790

Tabela 8.2-43 - Ocorrência de espécies de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria. Dados coletados na campanha da estação seca e da estação chuvosa, em 20 amostras de serapilheira, no ponto de amostragem P2. 792

Tabela 8.2-44 - Riqueza de espécies e frequência de ocorrência de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, por campanha, coletados de serapilheira e *pitfall*. (1°CAMPANHA= estação seca; 2°CAMPANHA= estação chuvosa). 794

Tabela 8.2-45 - Suficiência amostral das coletas de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria-CE, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. ... 799

Tabela 8.2-46 - Classificação das formigas registradas na área do Projeto Santa Quitéria, quanto as suas características ambientais e econômicas. 804

Tabela 8.2-47 - Parâmetros de diversidade dos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. 807

Tabela 8.2-48 - Coeficiente de similaridade de Jaccard para formigas (Formicidae) entre os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. 808

Tabela 8.2-49 - Lista de gêneros registrados para a Caatinga a partir de estudos realizados nos estados de Alagoas, Sergipe, Bahia e Ceará; e comparação com os gêneros encontrados no presente estudo, na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e na campanha da estação chuvosa. 809

Tabela 8.2-50 - Trabalhos acadêmicos utilizados para o levantamento de espécies para o banco de dados secundário do estudo com indicação de distância para o Projeto Santa Quitéria. *Fonte: Google Earth..... 816

Tabela 8.2-51 - Pontos de amostragem de Vetores na área do Projeto Santa Quitéria. 819

Tabela 8.2-52 - Número e proporção (%) de flebotomíneos capturados durante a campanha de campo do período seco na área do Projeto Santa Quitéria. 826

Tabela 8.2-53 - Número e proporção (%) de flebotomíneos capturados durante a campanha de campo do período chuvoso na área do Projeto Santa Quitéria. 827

Tabela 8.2-54 - Casos confirmados de Leishmaniose Visceral Notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação no município de Santa Quitéria – Ceará no período de 2007 a 2019 (DATASUS, 2020). 829

Tabela 8.2-55 - Caracterização das espécies de insetos de interesse à saúde pública capturadas nas regiões do PSQ no período de novembro de 2020 e fevereiro de 2021. 833

Tabela 8.2-56 - Distribuição dos flebotomíneos capturados no período seco, distribuídos entre os pontos amostrais de captura na área do empreendimento de Santa Quitéria. 834

Tabela 8.2-57 - Distribuição dos flebotomíneos capturados no período chuvoso, distribuídos entre os pontos amostrais de captura. 836

Tabela 8.2-58 - Lista de espécies de insetos de interesse à saúde pública registrados para a Caatinga a partir de estudos realizados próximo ao empreendimento do Consorcio Santa Quitéria e no presente estudo, nas campanhas de novembro de 2020 e fevereiro de 2021. 846

Tabela 8.2-59 - Valores brutos de cada uma das 18 variáveis ambientais medidas por ponto de coleta em cada campanha referente às estações seca e chuvosa, campanhas 1 e 2, respectivamente. ... 862

Tabela 8.2-60- Pontos de Levantamento Florístico e Fitofisionômico. 884

Tabela 8.2-61 - Pontos amostrais e parcelas amostradas por fitofisionomia na AID/ADA 887

Tabela 8.2-62 - Listagem de espécies da flora encontradas nas Áreas de Influências no levantamento realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). 901

Tabela 8.2-63 – Dados de estudo fitossociológico realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) nas áreas de Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva. 909

Tabela 8.2-64 - Características ambientais das parcelas utilizadas na amostragem da AID/ADA do empreendimento. 913

Tabela 8.2-65 - Vegetação (em ha) presente na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área Diretamente Afetada (AID) e nas Áreas de Preservação Permanente (APPs). 916

Tabela 8.2-66 - Proporção de Vegetação (em %) na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área Diretamente Afetada (AID) e nas Áreas de Preservação Permanente (APPs). 916

Tabela 8.2-67 - Espécies de interesse extrativista encontradas na amostragem fitossociológica ... 918

Tabela 8.2-68 - Listagem de espécies da flora encontrada nas Áreas de Influência Indireta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Santa Quitéria 920

Tabela 8.2-69 - Dados fitossociológicos da amostragem. 930

Tabela 8.2-70 - Dados fitossociológicos da amostragem. 933

Tabela 8.2-71 - Dados comparativos entre as amostragens fitossociológicas de Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) do presente estudo e do estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). 935

Tabela 8.2-72 – Classes de vegetação e valores de NDVI 943

Tabela 8.2-73 – Classes de vegetação e área (hectares) na Área de Influência direta (AID) do Projeto Santa Quitéria 944

Tabela 8.2-74 – Classes de vegetação e área (hectares) na Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Santa Quitéria 947

Tabela 8.2-75– Espécies ameaçadas utilizadas na análise de conectividade, respectivo raio de busca considerado e considerações sobre as referências utilizadas. 959

Tabela 8.2-76 – Métricas de fragmentação da paisagem considerando os efeitos do empreendimento na AID. 962

Tabela 8.2-77 – Métricas de efeito de borda considerando os efeitos do empreendimento na AID. 964

Tabela 8.2-78 - Lista de pontos de amostragens da ictiofauna da área de influência com suas respectivas coordenadas do Projeto de Santa Quitéria, CE. 973

Tabela 8.2-79 - Ictiofauna de água doce de potencial ocorrência definida a partir de dados secundários levantados na região de inserção do projeto Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais globais (IUCN, 2021) e nacional (MMA, 2014). 983

Tabela 8.2-80 - Lista de espécies de peixes registradas na campanha (seca) a partir de dados primários levantados do projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014). 986

Tabela 8.2-81 - Número de espécimes e espécies por unidade amostral, coletados durante a amostragem da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, CE. Amostragem de Seca. 992

Tabela 8.2-82 - Lista de espécies de peixes registradas na campanha chuvosa a partir de dados primários levantados no Projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014). 996

Tabela 8.2-83 - 1001

Tabela 8.2-84 - Hábito alimentar das espécies de peixes registradas durante o levantamento primário da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, CE. 1005

Tabela 8.2-85 - Lista de espécies de peixes registradas nas Amostragens de Seca e Chuvosa a partir de dados primários levantados do Projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014). LC = Menos preocupante. 1009

Tabela 8.2-86 - Rede de amostragem da biota aquática - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1026

Tabela 8.2-87 -Registros de campo– Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. ... 1032

Tabela 8.2-88 - Índice de cobertura de macrófitas aquáticas. 1039

Tabela 8.2-89 - Distribuição espacial e frequência do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1048

Tabela 8.2-90 - Densidade e abundância relativa do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20(1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1057

Tabela 8.2-91 - Distribuição espacial e frequência do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1071

Tabela 8.2-92 - Densidade e abundância relativa do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20(1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1082

Tabela 8.2-93 - Distribuição espacial e frequência de ocorrência dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1099

Tabela 8.2-94 - Densidade e abundância relativa dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1107

Tabela 8.2-95 - Riqueza e quantidade absoluta de indivíduos da comunidade bentônica - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional 1116

Tabela 8.2-96 - Composição taxonômica de macrófitas aquáticas - Projeto Santa Quitéria – Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). 1119

Tabela 8.2-97 - Riqueza e frequência de táxons de macrófitas aquáticas por forma biológica– Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1129

Tabela 8.2-98 - Índice de cobertura por ponto de coleta e frequência de ocorrência – Projeto Santa Quitéria -Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional. 1136

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Em atendimento ao Termo de Referência (TR) do PSQ o presente capítulo contém a descrição e análise dos fatores ambientais e das interações socioambientais, bióticas e abióticas que ocorrem em toda a área de influência, visando a identificação e avaliação das alterações provocadas nestes compartimentos.

Os estudos tiveram como objetivo identificar de maneira quantitativa a variabilidade espacial e temporal de parâmetros avaliados na situação atual (linha base), possibilitando a comparação dos dados a serem monitorados nas fases de instalação e operação do empreendimento. As análises dos dados obtidos consideraram análises estatísticas, sempre que possível, o que possibilitará a realização de análises qualitativa e/ou quantitativa com os dados coletados.

O levantamento de dados primários e secundários para o diagnóstico dos meios foram realizados por equipe multidisciplinar e interdisciplinar e consideraram os planos, programas e projetos governamentais e suas eventuais interrelações.

De forma geral, para a AID do empreendimento foram considerados dados primários e, quando cabível, complementados e, eventualmente, confrontados/comparados com dados secundários levantados para caracterização da AII. Cabe ressaltar que todos os dados secundários utilizados foram baseados em publicações científicas, teses acadêmicas, fontes oficiais do Poder Público (municipais, estaduais e federais).

Além disso, foram considerados diretrizes das políticas setoriais em vigor, especialmente às voltadas para as questões socioeconômicas, bem como as potencialidades, fragilidades e restrições ambientais (incluindo o zoneamento ecológico econômico – ZEE), especialmente da área de influência direta, visando caracterizar o equilíbrio do ecossistema e da bacia hidrográfica, como um todo.

Quanto aos diagnósticos ambientais da qualidade do ar, qualidade da água, ecossistema terrestre (fauna e flora) e ecossistema aquático (ictiofauna e limnologia) as amostragens contemplaram a sazonalidade e foram realizadas em período seco (novembro de 2020) e em período chuvoso (fevereiro de 2021).

Considerando o exposto acima, e detalhado ao longo deste capítulo, além da caracterização atual das condições socioambientais das Áreas de Influência do PSQ, o presente capítulo buscou mapear eventuais atividades ou obras que possuem interface com o PSQ e/ou sinergia ou cumulatividade de seus impactos. Cabe ressaltar que este tema é tratado em capítulo específico (Capítulo 10) deste EIA.

O Diagnóstico Ambiental está dividido em três blocos sendo: Meio Físico, Meio Biótico e Meio Socioeconômico. Cada meio apresenta suas especificidades metodológicas e de análise de dados e são apresentados a seguir.

8.1. Meio Físico

O diagnóstico do meio físico está estruturado de acordo com o Termo de Referência (TR), e apresenta os principais aspectos de clima, qualidade do ar, ruído e vibração, geomorfologia, pedologia, geotecnia, geologia, hidrologia, qualidade dos corpos d'água, usos das águas superficiais e/ou subterrâneas, hidrogeologia, qualidade das águas subterrâneas, patrimônio espeleológico e recursos minerários, com foco na avaliação das eventuais influências da implantação e operação do Projeto Santa Quitéria (PSQ).

Os temas supracitados são avaliados, de modo geral, em três diferentes escalas: regional, para a caracterização da área de influência dentro de um contexto mais abrangente dos aspectos avaliados; semirregional, para levantamento compatível com a abrangência da AII; e local, para a caracterização em escala de detalhe compatível com a extensão da ADA e da AID. Assim, são apresentadas informações pertinentes às áreas de influência previamente identificadas, conforme a existência e disponibilidade desses dados em estudos anteriormente realizados e em fontes de pesquisa oficiais.

Quanto ao tema Patrimônio Espeleológico, cabe destacar que o item 8.1.13 apresenta as atividades, estudos e os resultados obtidos visando o processo de licenciamento ambiental de forma resumida. O relatório completo, com o detalhamento dos procedimentos e análises realizadas encontra-se no Anexo 8.1-I.

8.1.1. Clima

8.1.1.1. Considerações Metodológicas

A caracterização do clima e das condições meteorológicas foi realizada considerando as escalas de análise regional e local, apoiando-se em dados secundários de institutos e órgãos públicos, além de consultas bibliográficas específicas.

Para a compreensão do contexto climático regional, referente à localização do empreendimento no Estado do Ceará, foram utilizadas as classificações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002), além de consultas em bibliografias específicas, como livros, artigos e/ou mapas.

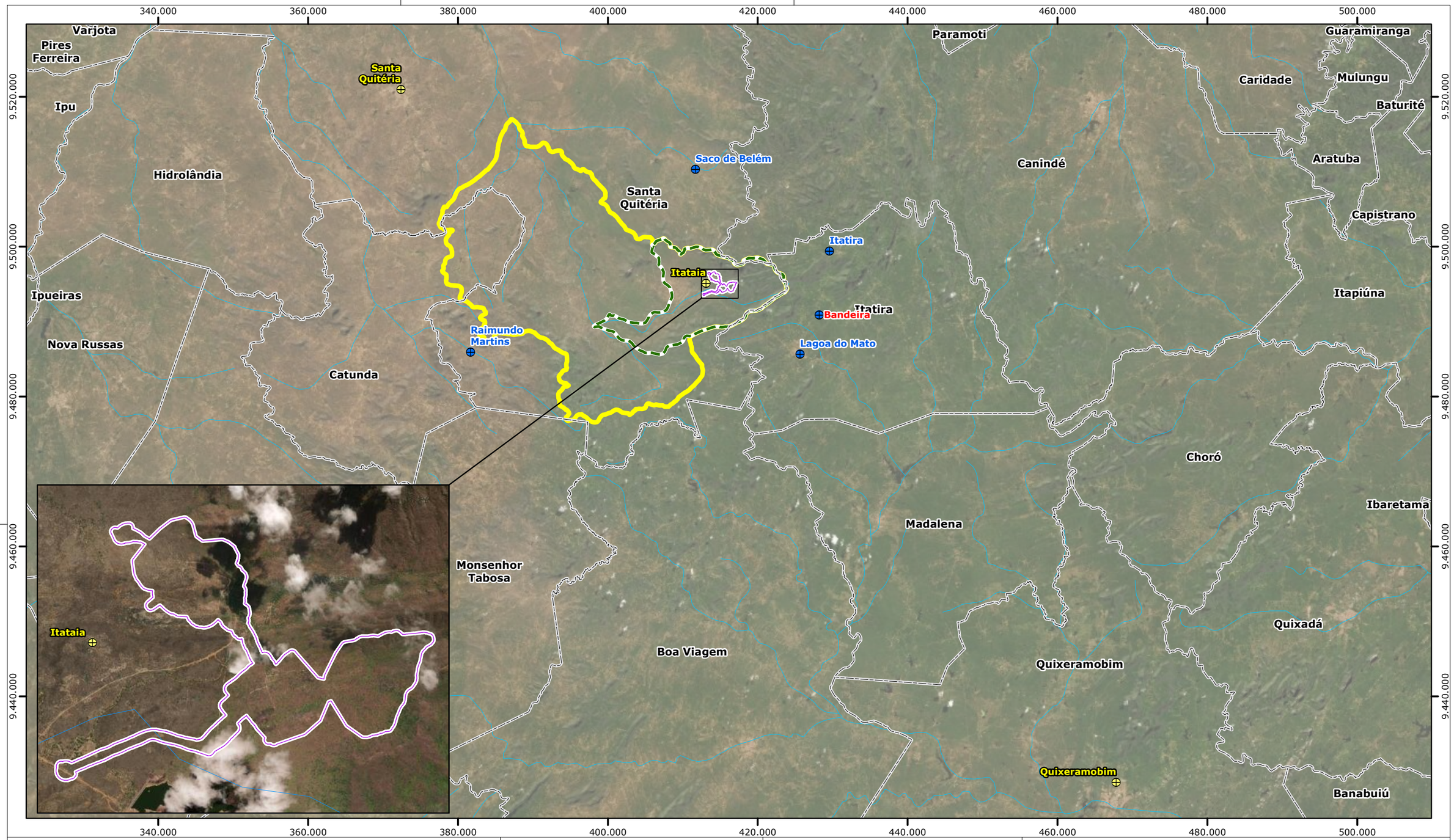
Para a caracterização em escala local foram utilizados os dados das normais climatológicas (1981 – 2010) referentes à estação climatológica convencional de Quixeramobim (82586), ativa desde 1985, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distante cerca de 85 km do empreendimento, além dos dados das estações Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) e Santa Quitéria (2005, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013), ambas operadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

A escolha das estações levou em consideração a distância para o empreendimento e o período de dados disponíveis. Desta forma, as estações Santa Quitéria e Itataia foram escolhidas por estarem mais próximas do empreendimento; julgou-se pertinente utilizar também os dados da estação Quixeramobim por ser a mais próxima do empreendimento com dados oficiais de normais climatológicas publicados. Vale ressaltar que, as estações adotadas pertencem a um contexto similar, permitindo uma comparação de variáveis em escala regional. Exceção é representada pelos dados de direção e velocidade do vento que estão sujeitos a interferências de fatores como relevo e especificidades locais, para este dado foi utilizado apenas as informações da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB.

Para a análise da precipitação, além das estações citadas foram utilizados dados de postos pluviométricos do período de 2000 a 2020, operados pela Funceme localizados no entorno do empreendimento: Bandeira, Lagoa do Mato, Saco de Belém, Itatira e Raimundo Martins.

As variáveis climáticas consideradas para a caracterização foram: temperatura, precipitação, umidade relativa, evaporação, evapotranspiração, balanço hídrico, insolação, radiação, direção predominante e velocidade média dos ventos.

No Mapa 8.1-1, a seguir, é apresentado a localização das estações e postos pluviométricos utilizados.



Legenda

- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Estações

- Estação Climatológica
- Postos Pluviométricos

Fonte:
- Base Cartográfica Contínua (IBGE, 2019).
- Base Hidrográfia (COGERH, 2018).
- Imagem - Basemap (ESRI, 2016).

0 5 10 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Localização das Estações Pluviométricas

Mapa	Escala	Localização	
8.1-1	1:500.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	08/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

8.1.1.2. Contexto Regional

A região do empreendimento, localizada na porção central do Estado do Ceará, está inserida na área compreendida pelo semiárido nordestino. A região é caracterizada pela irregularidade temporo-espacial e escassez pluviométrica em determinados períodos do ano, apresentando altas taxas de evaporação/evapotranspiração.

O comportamento irregular das chuvas, tanto na sua intensidade como na sua distribuição, resulta em eventos de secas prolongadas. De acordo com o Ministério da Integração Nacional (MI, 2005), o semiárido nordestino ou polígono das secas é delimitado externamente pela isoieta de 800 mm anuais e apresenta índice de aridez de 0,5%.

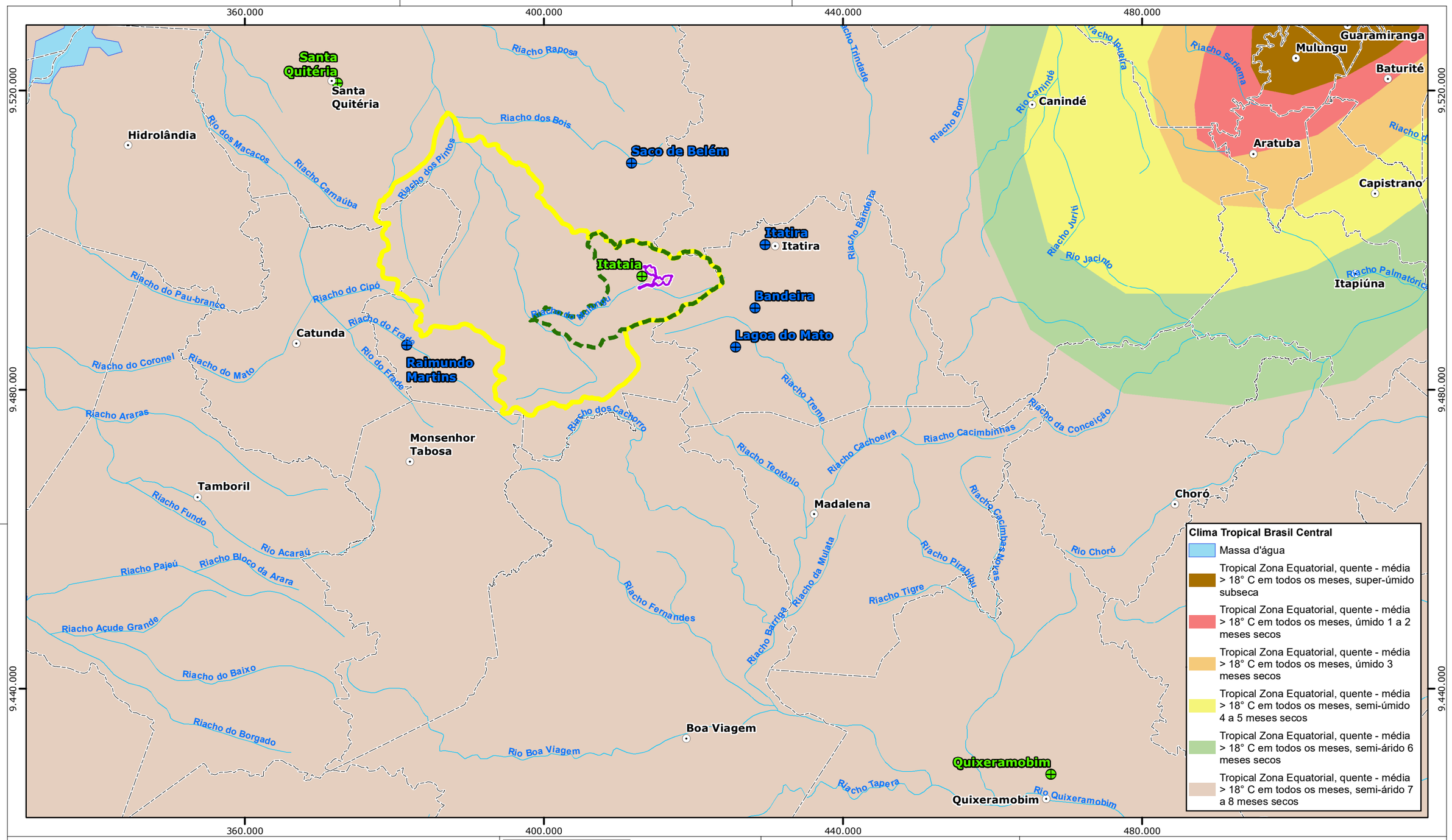
De acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), elaborada em 2002 (IBGE, 2002), com enfoque na escala regional do Brasil, a região do empreendimento é caracterizada pelo Clima Tropical Zona Equatorial, abrangido pela categoria quente e semiárido, com 7 a 8 meses secos e média de temperatura acima de 18°C em todos os meses do ano.

O Mapa 8.1-2, demonstra a classificação climática na região de inserção do empreendimento.

No que diz respeito à circulação atmosférica, merece destaque o comportamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos Oceanos Pacífico e Atlântico, cuja variabilidade impulsiona a variação espacial e flutuações nos acumulados de precipitação.

O comportamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) influência a posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que de acordo com a Funceme é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil, onde a região de estudo encontra-se inserida. De modo geral, as anomalias mais quentes no Atlântico Tropical Norte do que no Atlântico Tropical Sul, mantêm a ZCIT ancorada durante a estação úmida do Nordeste – fevereiro, março, abril e maio - produzindo condições de seca para a região. Por outro lado, gradiente de anomalia de TSM negativa provoca incursões mais ao sul da ZCIT, levando a anos, em geral, com acumulados acima da média histórica (MARTINS & JUNIOR, 2017).

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) também influência a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, caracterizados pelo menor ou maior favorecimento à ocorrência de chuvas.



Legenda

- Sede Municipal
- Estação Climatológica
- Postos Pluviométricos
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa de Clima (IBGE, 2002).
- FUNCEME, 2020.
- INMET, 2020.

0 5 10 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Classificação Climática na Região de Inserção do Empreendimento

Mapa	Escala	Localização	
8.1-2	1:500.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	03/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

No que se refere a atuação das massas de ar, a região recebe atuação da massa equatorial atlântica (mEa) e, em menor quantidade, da massa equatorial continental (mEc), ambas úmidas e quentes. Ressalta-se que, apesar das características quente e úmida das massas de ar citadas, muitas vezes chegam à região sem umidade.

Adicionalmente, atuam na região os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que se formam no oceano Atlântico e penetram na região Nordeste do Brasil entre os meses de novembro e março. Os VCANs caracterizam-se como sistema com tempo de vida que varia de 7 a 10 dias. Possui forma aproximada de círculo, onde há formação de nuvens causadoras de chuva na periferia e movimentos de ar de cima para baixo (subsidência) no centro aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

8.1.1.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.1.3.1. Pluviosidade

Para análise da distribuição da chuva na região do empreendimento foram utilizados os dados das normais climatológicas (1981-2010) da estação Quixeramobim; dados dos anos 2004, 2005, 2006, 2009 a 2013 da estação Santa Quitéria e; dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015 da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB.

Adicionalmente, foram considerados os dados do período de 2000 a 2020 dos postos pluviométricos de Bandeira, Lagoa do Mato, Itatira, Saco de Belém e Raimundo Martins, localizados no entorno do empreendimento.

Conforme apresentado no Figura 8.1-1 e na Tabela 8.1-1 as precipitações na região apresentam valores anuais abaixo de 800 mm, o que corrobora com a inserção da região no polígono das secas. Nas estações e postos pluviométricos analisados verifica-se que os totais pluviométricos anuais variaram entre 355,7 mm registrado na estação Itataia e 712,8 mm registrado na estação Quixeramobim.

As precipitações são influenciadas, por alguns sistemas atmosféricos, com destaque para a ZCIT, que intensifica a ocorrência de chuvas na região entre março e abril, meses nos quais a ZCIT atua de forma mais sistemática (MELO, 1997).

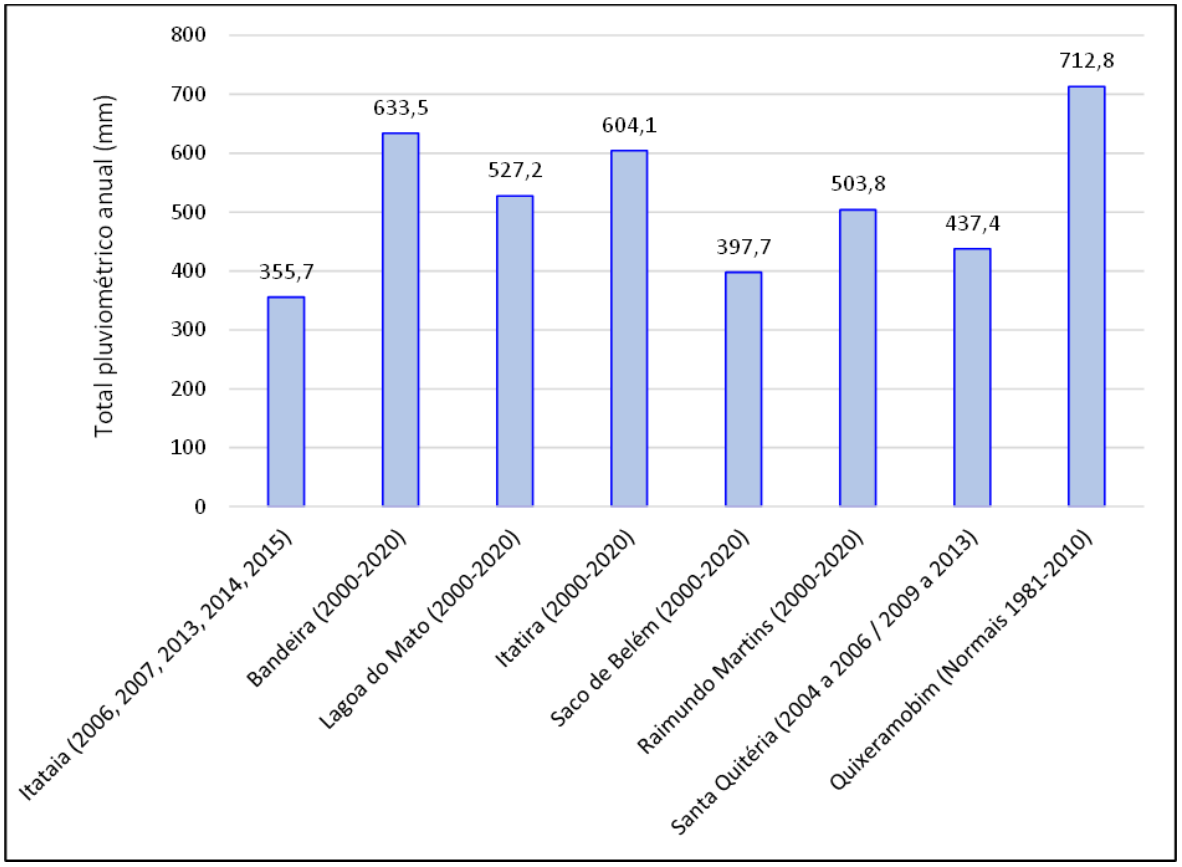


Figura 8.1-1 - Total pluviométrico anual nas estações meteorológicas e postos pluviométricos analisados

Fonte: INMET, 2021 / Funceme, 2021 / Consórcio Santa Quitéria.
Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Tabela 8.1-1 - Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados

TIPO	NOME / PERÍODO DADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
Postos Pluviométricos	Bandeira (2000-2020)	82,4	74,5	150,2	133,6	112,5	48,9	16,1	7,5	0,0	0,0	1,7	6,1	633,5
	Lagoa do Mato (2000-2020)	65,8	60,2	121,9	123,8	71,5	49,3	20,1	4,6	1,0	0,0	1,8	7,2	527,2
	Itatira (2000-2020)	69,1	110,9	72,8	97,1	138,8	83,0	24,3	0,1	2,0	0,2	0,4	5,4	604,1
	Saco de Belém (2000-2020)	70,0	60,2	103,2	87,3	53,3	8,7	4,2	0,0	0,0	0,4	2,7	7,7	397,7
	Raimundo Martins (2000-2020)	114,5	75,8	122,0	112,8	47,7	9,4	4,5	0,0	0,0	0,0	1,3	15,8	503,8
Estações	Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)	14,6	59,7	71,4	82,6	47,6	32,1	20,5	2,9	3,5	0,7	9,5	10,8	355,7
	Santa Quitéria (2004 a 2006 / 2009 a 2013)	102,4	43,0	111,6	93,7	50,4	16,3	5,6	4,1	2,0	2,8	0,9	4,6	437,4
	Quixeramobim (Normais 1981-2010)	87,7	77,8	146,2	173,1	105,2	55,3	23,4	16,3	2,3	1,3	3,3	20,9	712,8

Fonte: INMET, 2021 / Funceme, 2021 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Apesar dos totais pluviométricos das estações e postos avaliados possuírem diferença entre si, todos os locais analisados possuem o mesmo comportamento no que se refere a distribuição das chuvas ao longo do ano, verificando-se a concentração de chuvas entre os meses de janeiro a junho e queda dos índices pluviométricas entre os meses de julho a dezembro. Exceção é representada pela estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB, onde os índices de chuva em janeiro são bem próximos aos observados nos meses de seca, com aumento das precipitações a partir do mês de fevereiro.

Vale destacar que a estação Itataia apresenta um curto e irregular período de dados disponíveis, o que pode influenciar nas médias apresentadas, notando-se que os postos de Bandeira, Saco de Belém e Lagoa do Mato, cujas distâncias para o empreendimento são de cerca de 15 km, apresentam comportamentos semelhantes à estação Quixeramobim (Figura 8.1-2).

Em todas as estações e postos pluviométricos analisados nos meses de março e abril são registrados os maiores índices pluviométricos, onde os totais mensais oscilam entre 173,1 mm (estação Quixeramobim) e 71,4 mm (estação Itataia). Tal cenário é influenciado por alguns sistemas atmosféricos, com destaque para a ZCIT, que neste período intensifica a atuação sobre a região e favorece o aumento da precipitação.

Com o recuo da atuação da ZCIT, os menores índices pluviométricos são registrados entre os meses de setembro e outubro, quando os totais mensais ficam abaixo de 5 mm.

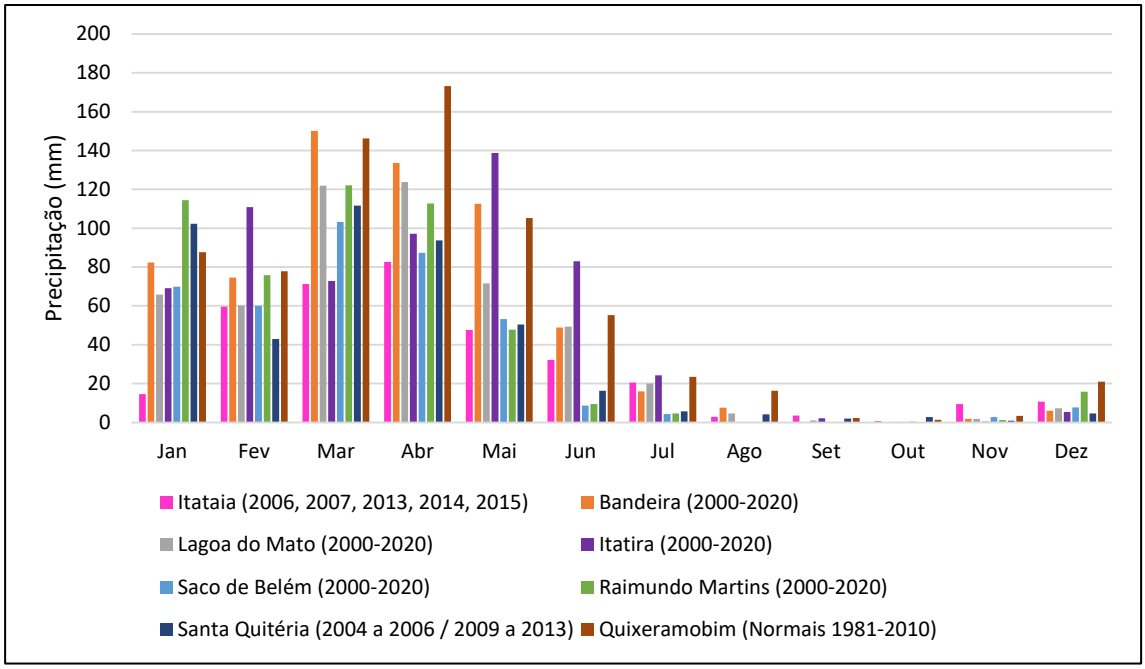


Figura 8.1-2 - Distribuição da precipitação das estações e postos pluviométricos analisados

Fonte: INMET, 2021 / Funceme, 2021 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.1.3.2. Temperatura do ar

A temperatura pode ser definida como grau de calor que um corpo possui, sendo a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra (Ayoade, 1996). O calor desloca-se de superfícies com maiores temperaturas (alta pressão) para as de menor temperatura (baixa pressão).

Dentre os fatores que influenciam a distribuição e variação da temperatura destacam-se a localização geográfica (latitude), a natureza da superfície, a distância a partir dos corpos hídricos, o relevo, a natureza dos ventos predominantes e as correntes oceânicas.

Na região de estudo, as temperaturas são influências principalmente pelo seu posicionamento geográfico, próximo ao equador (baixa latitude), o que submete a região a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do Sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor ele for e este varia na proporção inversa da latitude (NIMER, 1989).

A caracterização das temperaturas máximas, mínimas e médias foi realizada com base nos dados das normais climatológicas (1981 – 2010) da estação Quixeramobim e nos dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015 da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB. Para estação Santa Quitéria foi considerado apenas os dados de temperatura média, disponibilizado pela Funceme, dos anos 2004 a 2006 / 2009 a 2013.

Na Tabela 8.1-2 e na Figura 8.1-3 são apresentadas a distribuição da temperatura ao longo do ano e a média anual.

Tabela 8.1-2 - Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados

ESTAÇÃO	VARIÁVEL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Quixeramobim (Normais 1981-2010)	Máxima	33,9	33,3	32,4	31,4	31	31,1	32,1	33,4	34,8	35,4	35,5	35,1	33,3
	Mínima	23,8	23,6	23,2	22,9	22,5	21,8	21,8	22,2	22,9	23,4	23,8	24	23
	Média (compensada - bulbo seco)	27,8	27,5	26,8	26,4	26	25,7	26,2	27,1	27,9	28,2	28,5	28,5	27,2
Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)	Média Máximas	35,8	35,2	34,4	33,9	32,8	32,7	33,8	36,5	38,0	36,1	35,6	35,0	35,0
	Média mínimas	20,7	20,1	20,2	19,9	19,4	18,7	18,8	20,8	20,9	21,0	20,9	20,7	20,2
	Média	27,8	26,7	26,1	25,7	25,6	25,5	25,9	28,1	28,8	28,0	27,8	27,5	27,0
Santa Quitéria (2004 a 2006 / 2009 a 2013)	Média	27,7	28,2	27,4	26,6	27,5	27,4	27,6	28,5	29,5	29,6	30,0	30,2	28,4

Fonte: INMET, 2021 / Funceme, 2021 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

A análise dos dados apresentados acima mostra que a temperatura média anual da estação Quixeramobim e Itataia no período analisado é cerca de 27°C, com variação média anual de temperatura de 2,8°C na estação Quixeramobim e de 3,3°C na estação Itataia. Na estação Santa Quitéria a média anual é 28,4°C, com variação média anual de 3,4°C.

A média térmica elevada e a baixa variação anual da temperatura na área de estudo é típica de regiões localizadas próximas ao equador onde a incidência solar o longo do ano é alta.

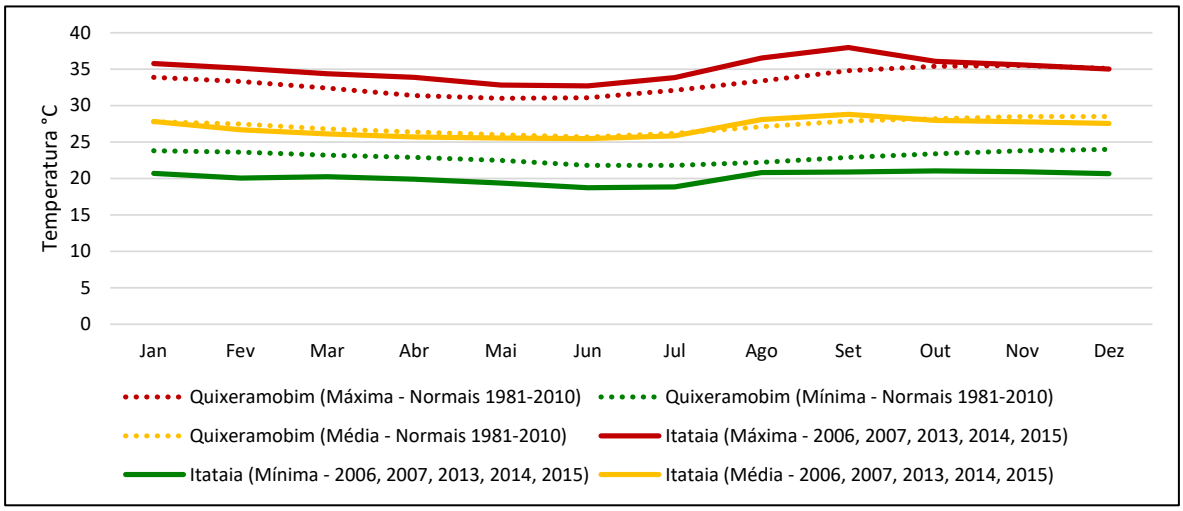


Figura 8.1-3 - Temperaturas máxima, média e mínima da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015) - linhas contínuas e da estação Quixeramobim (Normais Climatológicas - 1981 - 2010) - linhas tracejadas

Fonte: INMET, 2021 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Apesar da baixa variação de temperatura, observa-se que as médias térmicas/de temperatura são ligeiramente maiores nos meses de agosto a fevereiro (Figura 8.1-3), com máxima de 38°C registrada na estação Itataia no mês de setembro. Entre os meses de março a julho são registradas as menores temperaturas, com mínima de 18,7°C registrada no mês de junho, na estação Itataia.

A distribuição da temperatura ao longo do ano nas estações Itataia e Quixeramobim apresenta correlação com a distribuição das chuvas (Figura 8.1-4 e Figura 8.1-5). No primeiro semestre, quando os totais de precipitação são maiores, nota-se temperaturas menores, situação invertida no segundo semestre quando a estação seca é marcada por baixos índices pluviométricos e altas temperaturas.

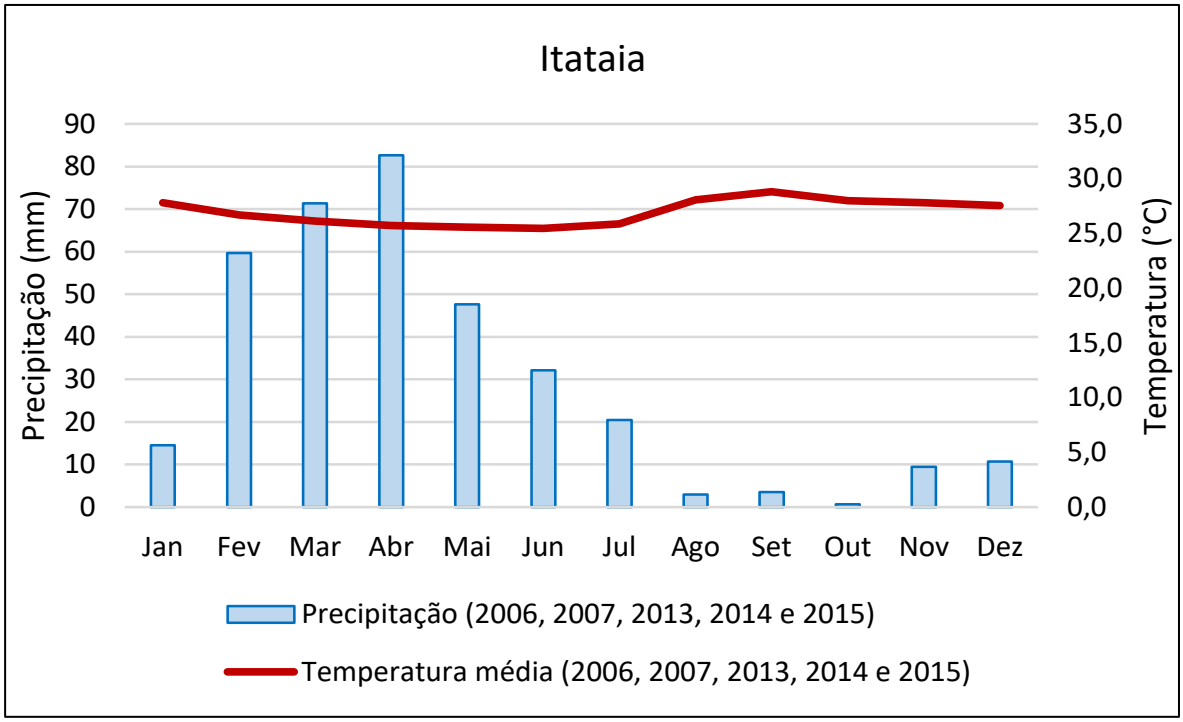


Figura 8.1-4 - Climatograma da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021

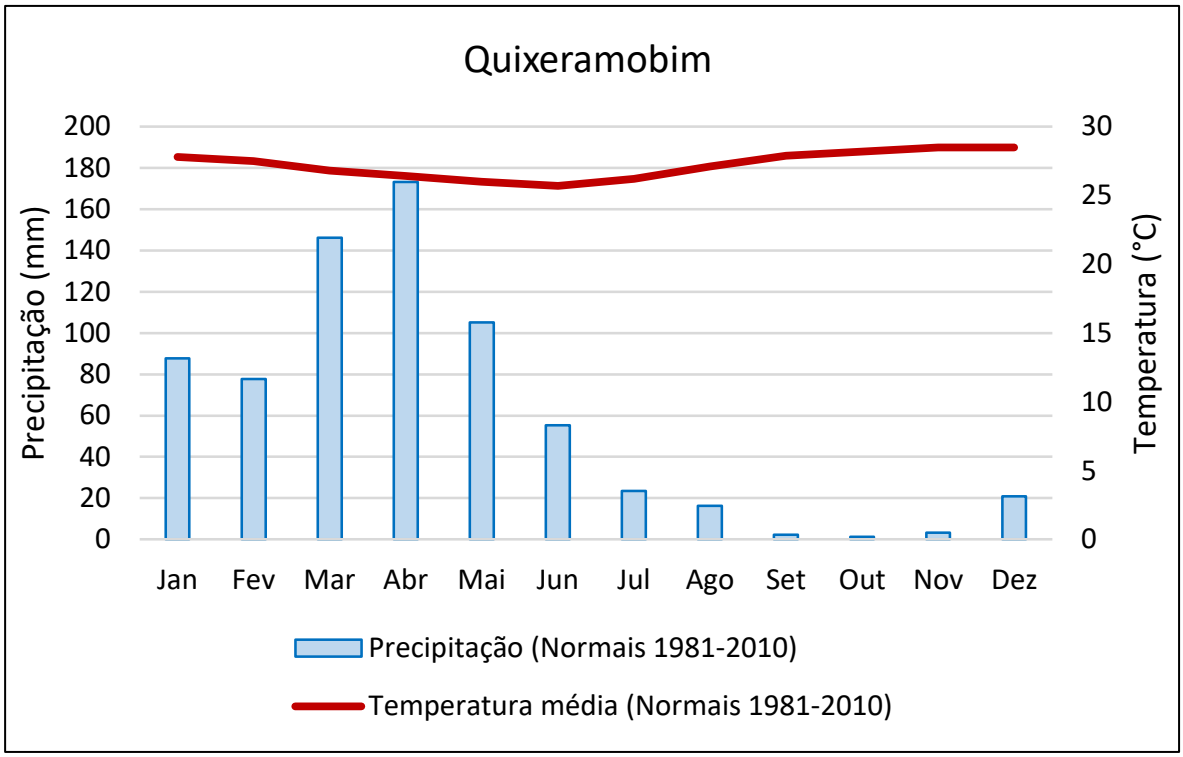


Figura 8.1-5 - Climatograma da estação Quixeramobim (Normais 1981-2010)

Fonte: INMET, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021

8.1.1.3.3. Umidade relativa

A caracterização da umidade relativa do ar foi realizada com base nos dados das normais climatológicas (1981 – 2010) da estação Quixeramobim, e nos dados dos anos de 2004 a 2006 / 2009 a 2013 da estação Santa Quitéria e dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015 da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB.

A umidade relativa do ar expressa a relação de proporção entre o vapor existente no ar e seu ponto de saturação. Dentre os fatores que a controlam destaca-se a temperatura, insolação, nebulosidade, precipitação pluviométrica e direção e velocidade dos ventos.

Conforme apresentado na Tabela 8.1-3 a média anual de umidade relativa do ar nas estações analisadas ficou abaixo de 66%, com menor média apresentada pela estação Santa Quitéria (60,5%) e maior média apresentada pela estação Itataia (65,9%).

Tabela 8.1-3 – Distribuição anual da umidade relativa do ar (%) na estação Itataia, Santa Quitéria e Quixeramobim.

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)	59,5	69,9	76,8	79,9	78,2	72,3	67,1	59,8	54,7	55,4	59,2	57,4	65,9
Santa Quitéria (2004 a 2006 / 2009 a 2013)	61,8	63,6	74,6	80,7	83,3	65,0	55,7	49,7	46,0	49,0	48,1	48,7	60,5
Quixeramobim (Normais 1981-2010)	63,0	66,4	71,9	73,3	72,9	66,8	59,3	53,4	52,0	53,1	54,8	58,1	62,1

Fonte: INMET, 2021 / Funceme, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Ao longo do ano a umidade relativa do ar tende a ser menor de julho a dezembro e maior no primeiro semestre entre janeiro a junho. Tal variação está relacionada a distribuição da temperatura do ar ao longo do ano e influência nas ocorrências de precipitação.

Desta forma, tendo em vista que o comportamento da umidade relativa do ar é inversamente proporcional aos registros de temperatura, no segundo semestre quando as temperaturas são ligeiramente mais elevadas, verifica-se a diminuição da umidade relativa do ar. A partir do mês de fevereiro, quando as temperaturas são menores verifica-se a inversão da curva temperatura/umidade relativa (Figura 8.1-6, Figura 8.1-7 e Figura 8.1-8).

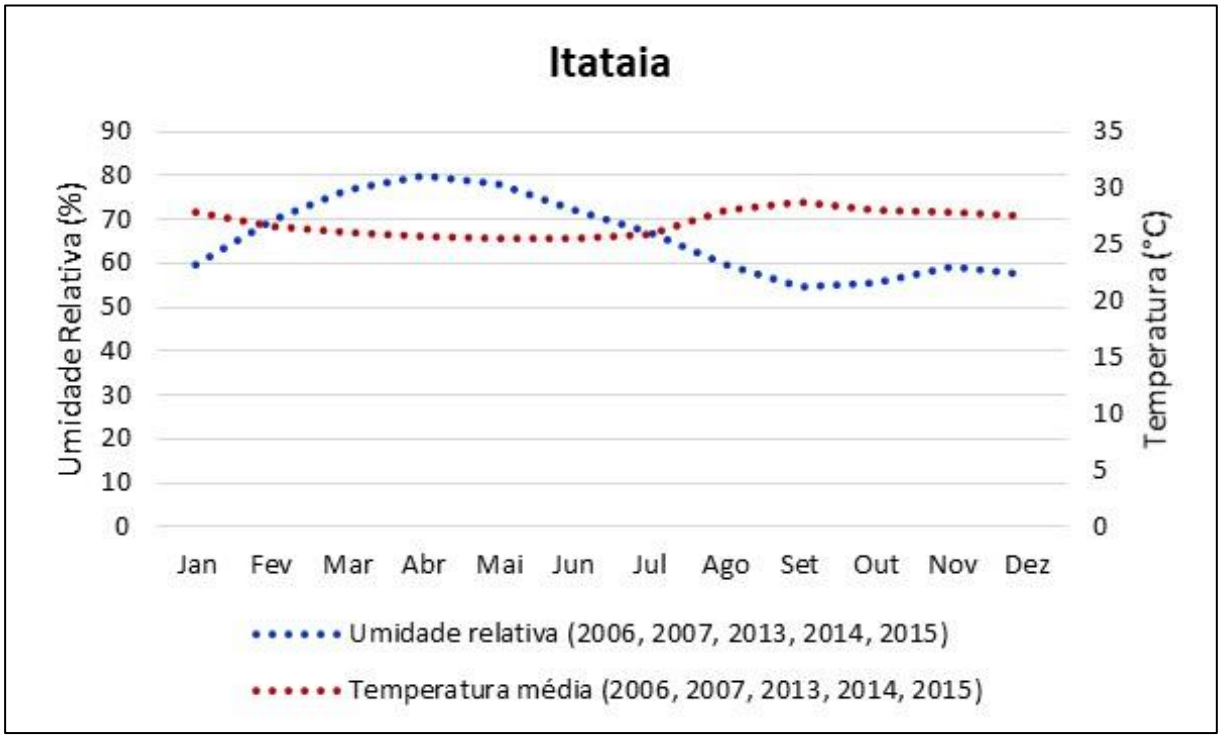


Figura 8.1-6 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)

Fonte: Funceme, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021

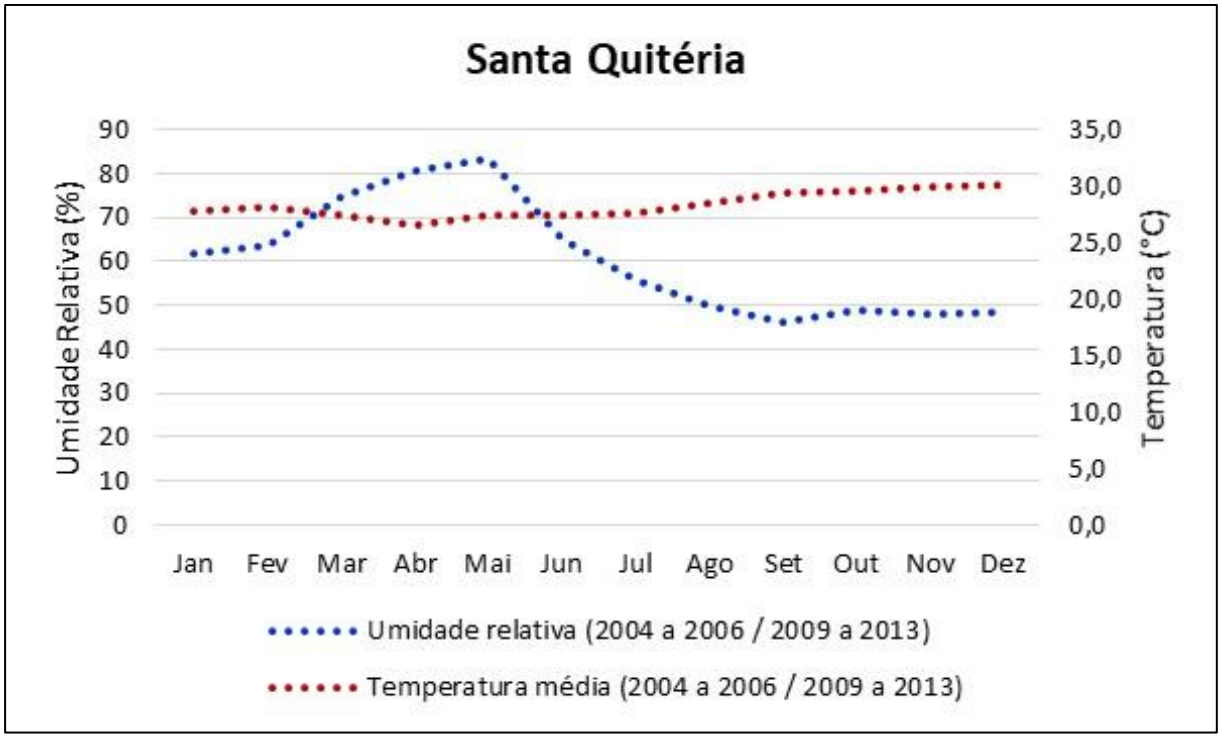


Figura 8.1-7 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Santa Quitéria (2004 a 2006 / 2009 a 2013)

Fonte: Funceme, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021

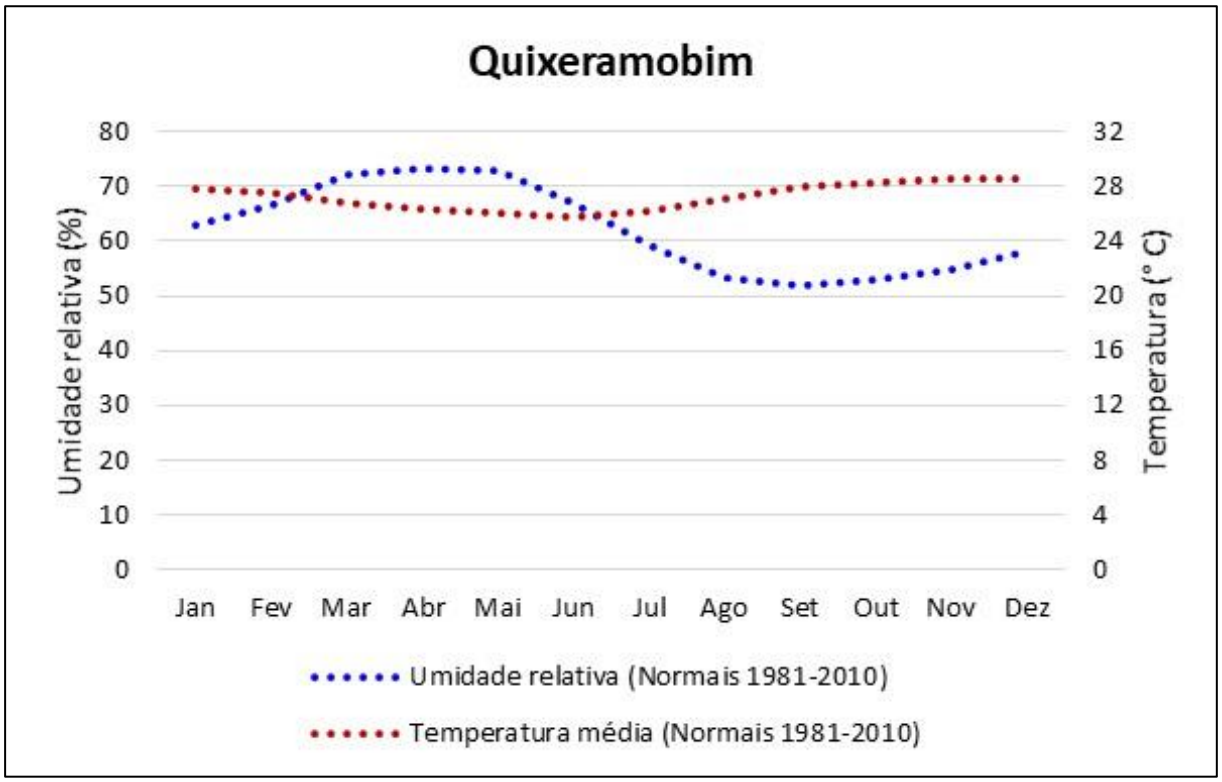


Figura 8.1-8 - Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010)

Fonte: INMET, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021

8.1.1.3.4. Evaporação e Evapotranspiração

A evaporação e evapotranspiração podem ser entendidas como a transferência de água para a atmosfera sobre a forma de vapor, sendo que a primeira é utilizada para descrever as perdas de água que ocorrem através de superfícies aquáticas e solo nu e a segunda para descrever a perda de água de superfícies com vegetação.

A taxa de evaporação de uma determinada área é determinada por dois fatores principais ligados à disponibilidade de umidade na superfície onde há a evaporação e à capacidade da atmosfera de vaporizar a água.

Outros fatores que controlam a evaporação e evapotranspiração são a insolação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos.

O conhecimento de tais variáveis é importante para o entendimento das perdas hídricas e em regiões semiáridas, tais como a região onde o empreendimento encontra-se inserido, cuja disponibilidade hídrica é um fator limitante, o seu conhecimento se torna ainda mais relevante, facilitando o estabelecimento de políticas públicas visando o uso racional da água (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Conforme apresentado na Tabela 8.1-4, considerando os dados das normais climatológicas, o total anual de evaporação da estação Quixeramobim foi de 2.529,7 mm, ao passo que a evaporação potencial anual foi de 2.179,1 mm.

Tabela 8.1-4 - Evaporação total e evapotranspiração potencial da estação Quixeramobim – Normais 1981-2010

VARIÁVEL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
Evaporação Total (Evaporímetro Piche) (mm) – Normais 1981-2010	224,3	183,3	144,2	125,9	120,6	149,5	197,6	239,3	307,1	292,9	278,8	266,2	2529,7
Evapotranspiração Potencial (mm) - Normais 1981-2010	214,0	186,2	184,1	160,1	151,4	137,6	158,1	177,0	182,9	201,1	205,2	221,4	2179,1

Fonte: INMET, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Ao longo do ano os totais de evaporação e evapotranspiração apresentam comportamento sazonal. Entre o mês de janeiro e maio ocorre uma redução gradativa dos totais de evaporação, com mínima de 120,6 mm registrada no mês de maio. A partir de junho nota-se o comportamento inverso com aumento gradativo dos totais de evaporação, com máxima de 307,1 mm no mês setembro. A evapotranspiração apresenta comportamento semelhante com mínima registrada no mês de junho (137,6) e máxima no mês de dezembro (221,4).

Tal situação é influenciada pela variação da temperatura e da umidade relativa do ar. No primeiro semestre a redução da evaporação é influenciada pela redução das temperaturas e da umidade relativa do ar (Figura 8.1-9 e Figura 8.1-10), ao passo que no segundo semestre o aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar, resultam em uma maior capacidade da atmosfera de vaporizar a água, e consequentemente no aumento da evaporação.

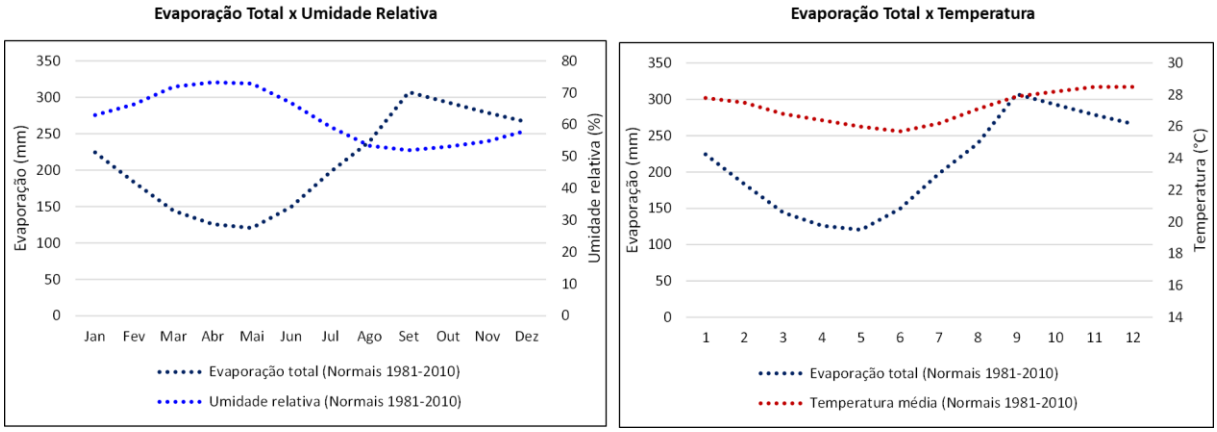


Figura 8.1-9 - Relação entre evaporação, umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010).

Fonte: INMET, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

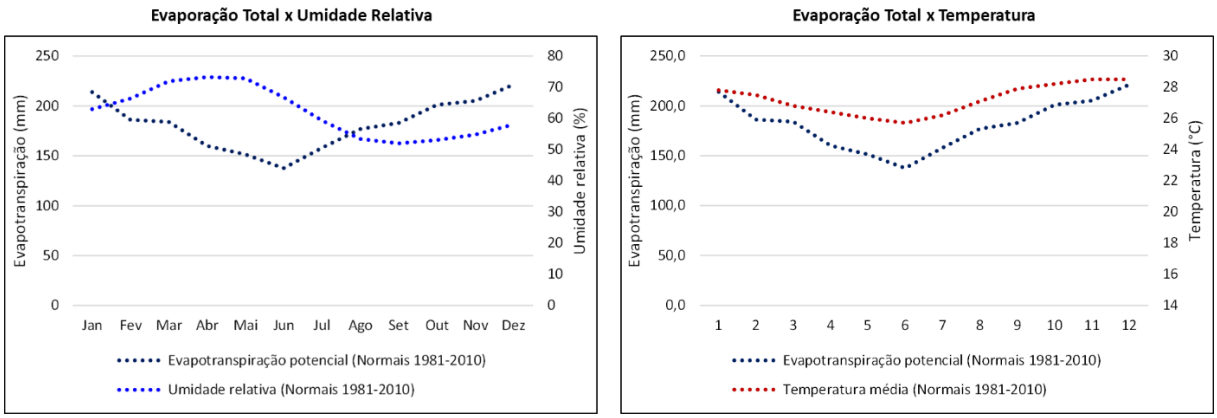


Figura 8.1-10 - Relação entre evapotranspiração, umidade relativa e temperatura do ar na Quixeramobim (Normais 1981-2010).

Fonte: INMET, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.1.3.5. Balanço Hídrico

Os dados relativos ao balanço hídrico foram calculados a partir das planilhas disponibilizadas pelo Núcleo de Monitoramento Agroclimático (NURMA) do Departamento de Ciências Exatas da USP, onde foram inseridos os dados das Normais Climatológicas (1981-2010) da estação Quixeramobim.

Conforme pode ser observado nos gráficos a seguir a região caracteriza-se por balanço hídrico significantemente negativo, típico do semiárido brasileiro, cuja evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP) ultrapassam a pluviosidade na maior parte do ano (Figura 8.1-11).

Mesmo nos meses de março, abril e maio, quando os valores de pluviosidade são maiores do que a evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), não é observado excedente hídrico na região, notando-se a equalização entre as perdas e ganhos nesse período (Figura 8.1-12).

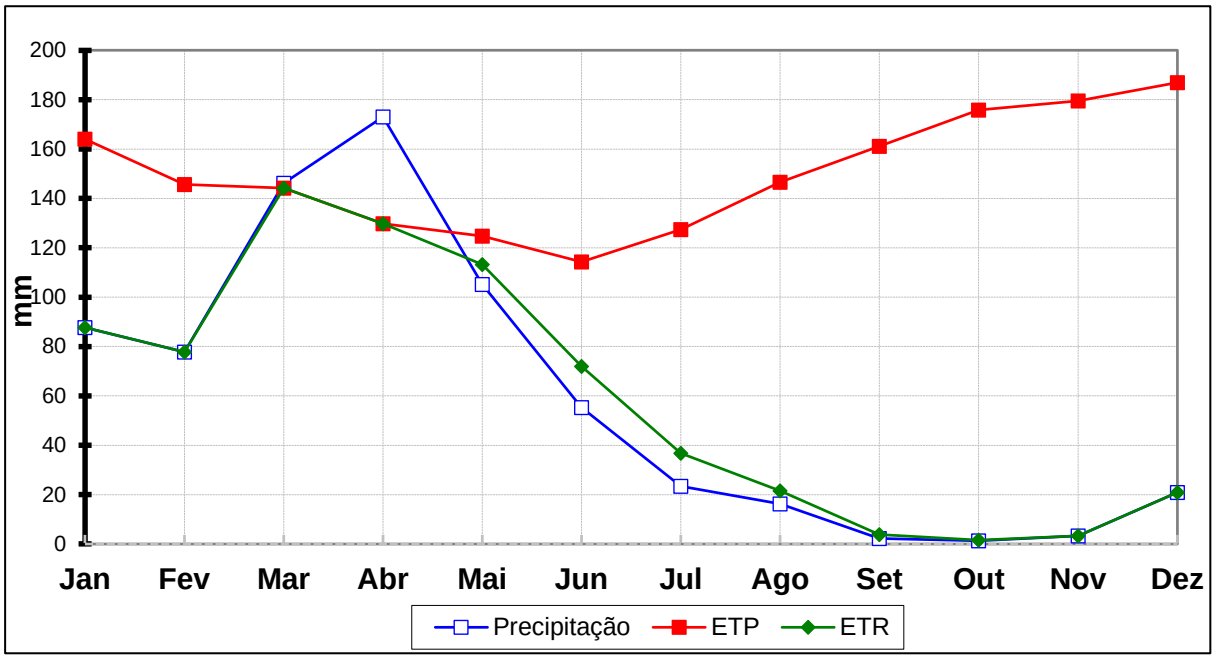


Figura 8.1-11 - Balanço Hídrico Normal Mensal - Quixeramobim (Normais 1981-2010).

Fonte: INMET,2021 / Nurma, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

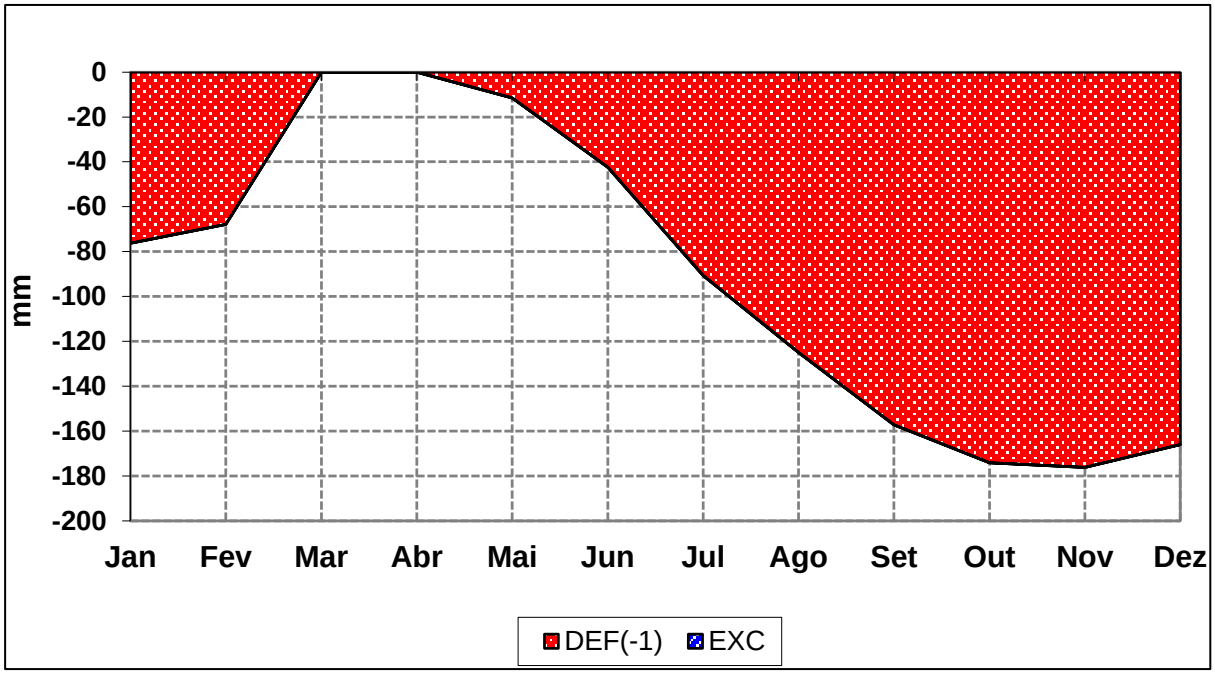


Figura 8.1-12 - Extrato do Balanço Hídrico Normal Mensal (Déficits e Excedentes) - Quixeramobim (Normais 1981-2010).

Fonte: INMET,2021 / Nurma, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.1.3.6. Insolação e Radiação Solar

Para observar o comportamento da insolação total, foram analisados os dados das normais climatológicas (1981-2010) da estação Quixeramobim.

Adicionalmente, foram analisados os dados de radiação solar da estação Itataia, considerando os dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015.

De acordo com dados do Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, C. et al, 2000), a o empreendimento está inserido na faixa de uma média anual de radiação solar global diária 18 e 20 MJ/m^2 (Figura 8.1-13).

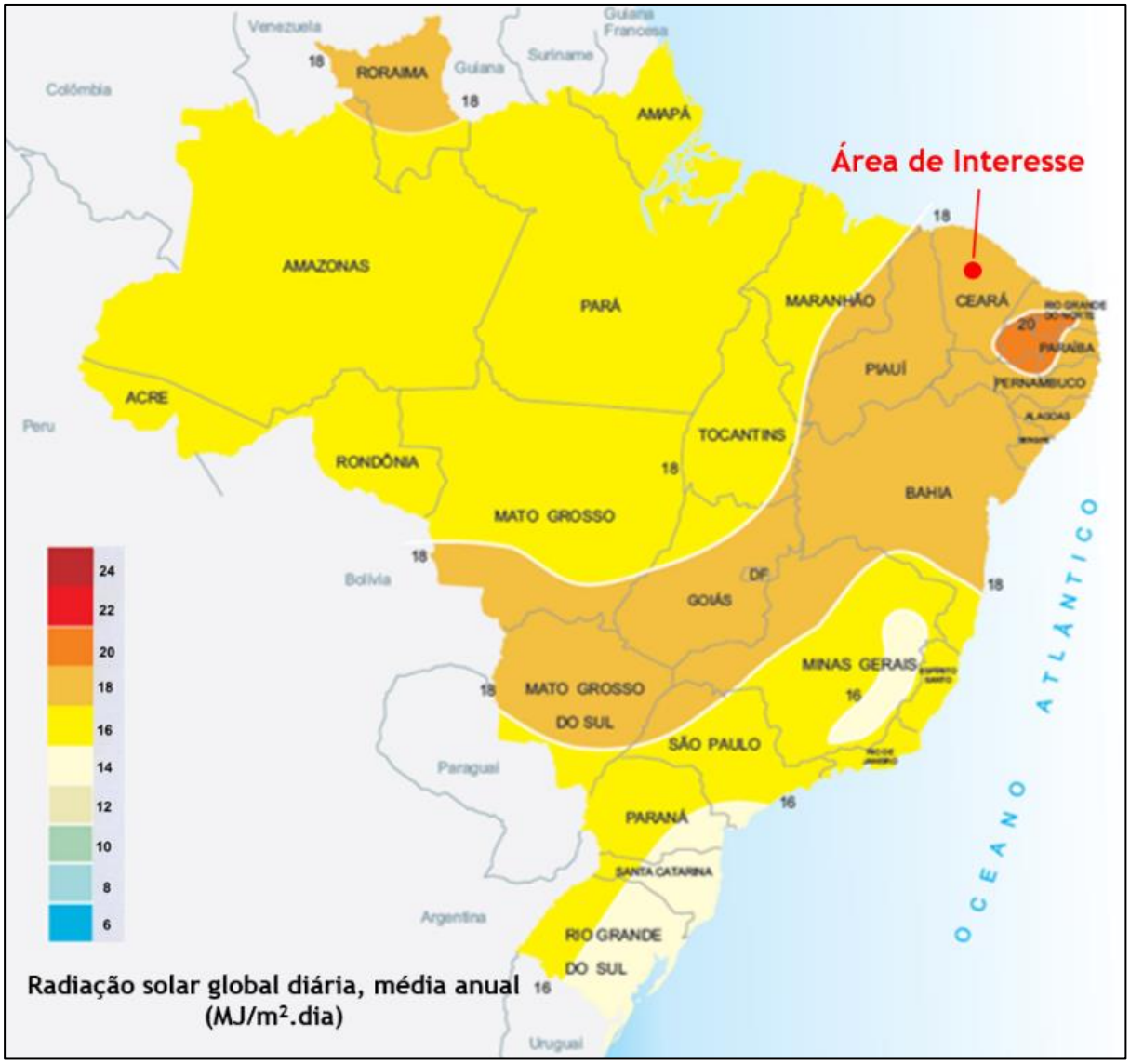


Figura 8.1-13 - Distribuição da radiação solar global diária (média anual).

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, C. et al, 2000). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Conforme dados da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015) da Funceme, localizada na propriedade da INB, os valores diários médios de radiação solar é 19.627,93 kJ/m^2 (19,63 MJ/m^2) por dia. Tal valor está de acordo com os valores encontrados no Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, C. et al, 2000).

Considerando a média de radiação solar acumulada por mês para o período analisado (Figura 8.1-14), é possível observar maiores valores de radiação nos meses de julho a novembro, coincidindo com o período de menor pluviosidade.

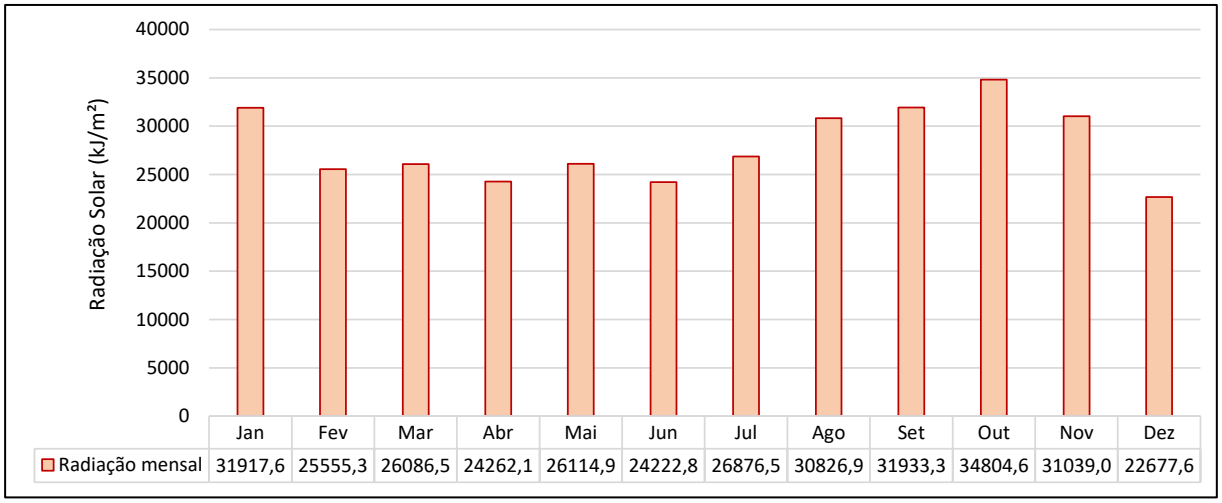


Figura 8.1-14 - Radiação solar acumulada mensal da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015).

Fonte: Consórcio Santa Quitéria, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

No que se refere a distribuição diária de radiação solar, nota-se que os picos ocorrem entre as 11 e 13h (Figura 8.1-15), quando os valores de radiação ficam acima de 2.500 kJ/m².

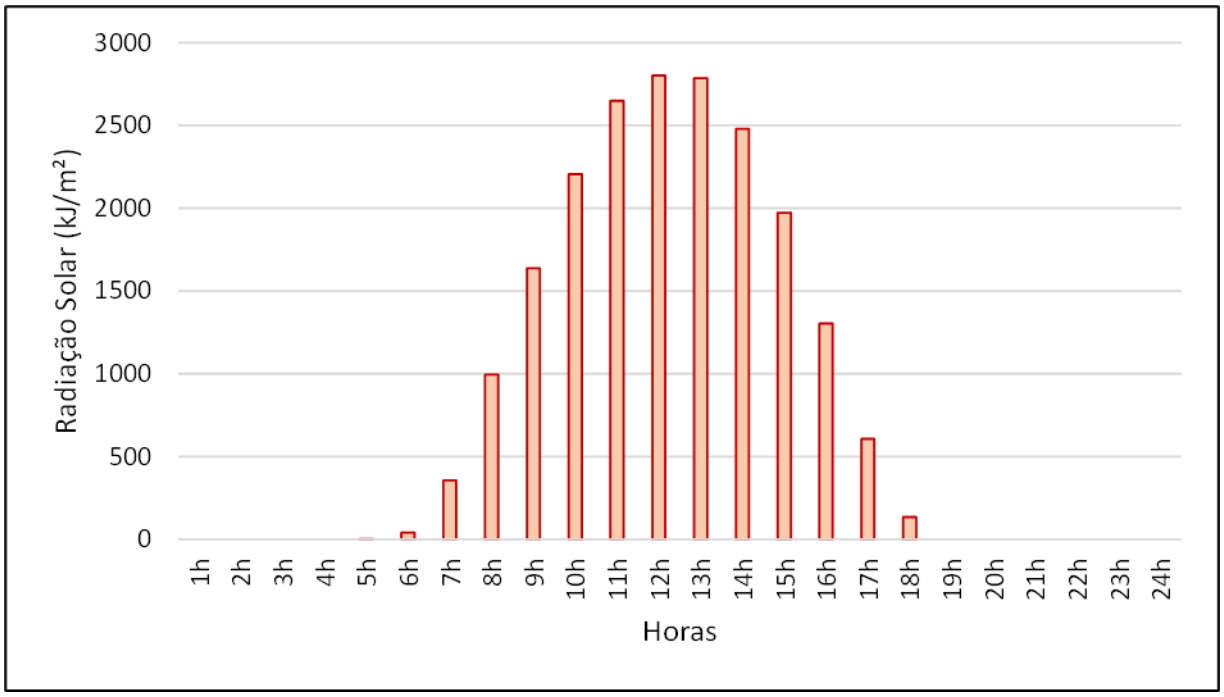


Figura 8.1-15 - Distribuição da radiação solar diária da estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015).

Fonte: Consórcio Santa Quitéria, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Considerando os dados de insolação das normais climatológicas da estação Quixeramobim, nota-se que a distribuição anual possui padrão semelhante ao apresentado pela radiação solar da estação Itataia, com totais de insolação mais elevados nos meses de julho a novembro (Figura 8.1-16), coincidindo com o período de menor pluviosidade.

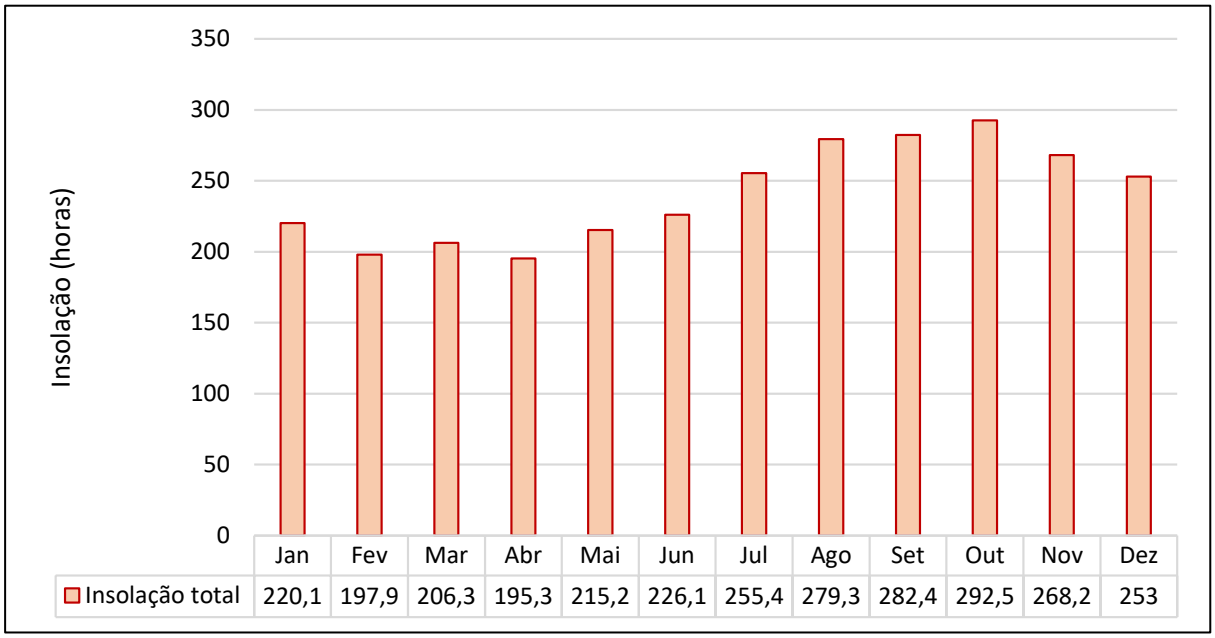


Figura 8.1-16 - Distribuição da insolação total na estação Quixeramobim (Normais 1981-2010).

Fonte: Inmet, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.1.3.7. Ventos

Tendo em vista que a velocidade do vento pode variar significativamente em curtas distâncias (algumas centenas de metros), devido as características topográficas, presença de vegetação e edificações, entre outros, para análise da velocidade e direção dos ventos foi utilizado apenas os dados locais da estação Itataia, considerando o período de dados disponível (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015).

Conforme pode ser observado na Tabela 8.1-5 a seguir, a velocidade média anual no período foi de 3,72 m/s, de acordo com a Escala de Beaufort classificado como vento fraco, onde as folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.

Tabela 8.1-5 – Velocidade média e direção predominante dos ventos na estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014, 2015)

PERÍODO/ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Velocidade média	3,84	3,04	2,78	2,51	3,04	3,49	3,89	4,43	4,73	4,78	4,34	3,82	3,72
Direção predominante	E	E	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	E	E	-

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

No Figura 8.1-17 abaixo é possível observar o comportamento da velocidade do vento durante o ano.

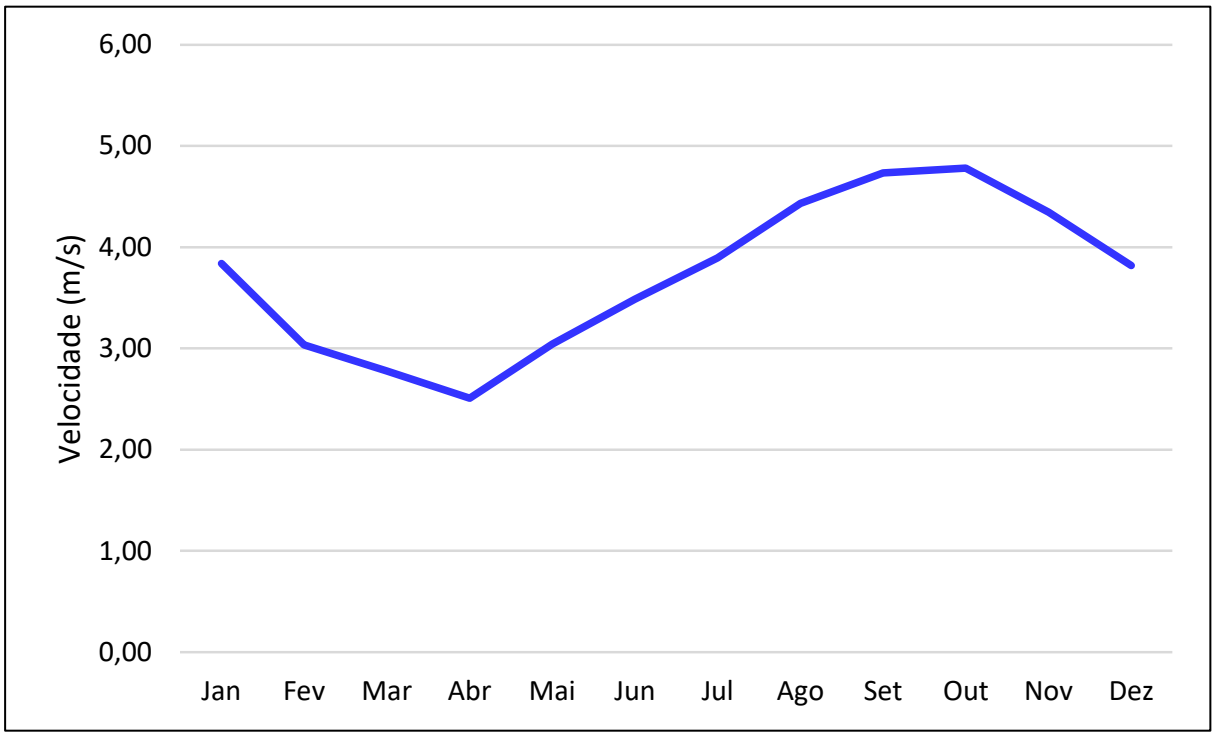


Figura 8.1-17 - Distribuição da velocidade do vento ao longo do ano na estação Itataia considerando os dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015.

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Nota-se através do gráfico acima que a velocidade dos ventos na região do empreendimento é maior durante o segundo semestre, com máxima de 4,78 m/s, registrada no mês de outubro. O aumento da velocidade dos ventos durante o segundo semestre é influenciado pelo aumento das temperaturas que intensifica o gradiente de pressão e ocasiona o maior deslocamento do ar.

No que se refere a direção do vento, nota-se que entre os meses de outubro a fevereiro predominam ventos de leste e entre os meses de março a setembro a predominância é de ventos provenientes de leste/sudeste.

Conforme apresentado na Figura 8.1-18 a seguir, considerando a características gerais dos ventos da área de estudo, pode-se dizer que a velocidade média do vento predominante está na faixa de 3,6 a 5,7 m/s, notando-se a predominância dos ventos provenientes de leste/sudeste.

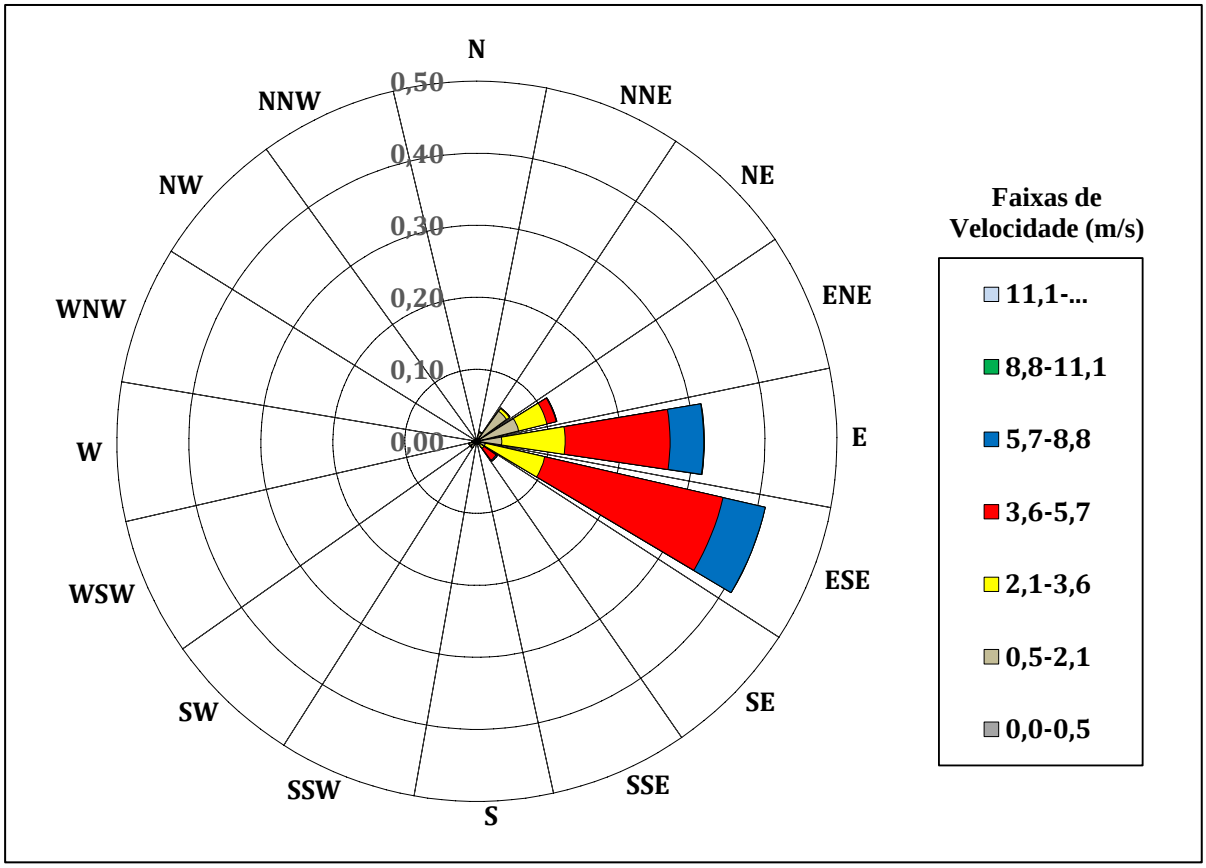


Figura 8.1-18 - Rosa dos ventos - Estação Itataia (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015).

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2021

8.1.1.4. Considerações Finais

As variáveis climáticas consideradas para a caracterização foram: temperatura, precipitação, umidade relativa, evaporação, evapotranspiração, balanço hídrico, insolação, radiação, direção predominante e velocidade média dos ventos.

As precipitações na região apresentam valores anuais abaixo de 800 mm, corroborando com a sua inserção no polígono das secas. Nas estações e postos pluviométricos analisados verificou-se que os totais pluviométricos anuais variaram entre 355,7 mm e 712,8 mm.

Quanto as temperaturas, estas recebem influências principalmente pelo seu posicionamento geográfico, próximo ao equador (baixa latitude), submetendo a região a forte radiação solar. As temperaturas médias anuais é de 27°C, com variação média anual de temperatura de 2,8°C na estação Quixeramobim e de 3,3°C na estação Itataia. Na estação Santa Quitéria a média anual é 28,4°C, com variação média anual de 3,4°C.

A média térmica elevada e a baixa variação anual da temperatura na área de estudo é típica de regiões localizadas próximas ao equador onde a incidência solar o longo do ano é alta.

Quanto evaporação e evapotranspiração observa-se comportamento sazonal, sendo que entre o mês de janeiro e maio ocorre uma redução gradativa dos totais de evaporação, com mínima de 120,6 mm registrada no mês de maio. Da mesma forma, a partir de junho, nota-se o comportamento inverso com aumento gradativo dos totais de evaporação, com máxima de 307,1 mm no mês setembro.

Os ventos na região do PSQ são maiores durante o segundo semestre, com máxima de 4,78 m/s, registrada no mês de outubro. O aumento da velocidade dos ventos durante o segundo semestre é influenciado pelo aumento das temperaturas que intensifica o gradiente de pressão e ocasiona o maior deslocamento do ar. Quanto a sua direção, nota-se que entre os meses de outubro a fevereiro predominam ventos de leste e entre os meses de março a setembro a predominância é de ventos provenientes de leste/sudeste.

8.1.2. Qualidade do Ar

8.1.2.1. Considerações Metodológicas

A poluição do ar pode ser definida como o resultado da alteração das características físicas, químicas e biológicas normais da atmosfera, e pode causar danos ao ser humano, à fauna, à flora, aos materiais, restringir o pleno uso e gozo da propriedade e/ou afetar negativamente o bem-estar da população.

Dentro desse conceito, pressupõe-se a existência de níveis de referência para diferenciar a atmosfera poluída da atmosfera não poluída. O nível de referência sob o aspecto legal é denominado Padrão de Qualidade do Ar. Na Resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018 estão descritos os padrões para os poluentes emitidos em todo o território nacional.

Os padrões de qualidade do ar foram fixados pela legislação com base em estudos científicos acerca dos efeitos produzidos pelos poluentes denominados regulados, isto é, poluentes cuja alta concentração na atmosfera seja capaz de gerar danos à saúde e ao bem-estar.

Neste sentido, são considerados poluentes regulados: monóxido de carbono (CO); dióxido de enxofre (SO_2); dióxido de nitrogênio (NO_2); ozônio (O_3); material particulado

inalável (MP_{10} e $MP_{2,5}$), partículas totais em suspensão (PTS), partículas totais em suspensão na forma de fumaça (FMC) e chumbo (Pb).

A Resolução CONAMA nº 491/2018, define os padrões de qualidade do ar, que conforme determinações deverão ser adotados sequencialmente em quatro etapas (PI-1, PI-2, PI-3 e PF). A primeira etapa, denominada Padrão Intermediário PI – 1, entrou em vigor a partir da publicação da Resolução CONAMA nº 491/2018 e estabeleceu o valor limite referencial dos parâmetros SO_2, NO_2, O_3, MP_{10}, $MP_{2,5}$. Os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-2, PI-3) e Final (PF) serão adotados, cada um, de forma subsequente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente, conforme os artigos 5º e 6º, respectivamente. Caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalece o padrão já adotado. Para os poluentes CO, Pb e PTS, o valor limite adotado é o Padrão Final, já a partir da publicação da Resolução CONAMA nº 491/2018.

Os valores limites para os parâmetros de qualidade do ar avaliados no presente estudo são apresentados no Quadro 8.1-1.

Quadro 8.1-1 - Resumo dos Limites dos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA nº 491/2018

PARÂMETROS	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO INTERMEDIÁRIO PI - 1	PADRÃO FINAL
SO_2	24 h (média diária)	125 (µg/m³)	-
NO_2	24 h (média horária)	260 (µg/m³)	-
O_3	24 h (média octorária)	140 (µg/m³)	-
MP_{10}	24 h (média diária)	120 (µg/m³)	-
$MP_{2,5}$	24 h (média diária)	60 (µg/m³)	-
CO	24 h (média octorária)	-	9 (ppm)
PTS	24 h (média diária)	-	240 (µg/m³)

Fonte: Resolução CONAMA nº 491, 2018.

Esclarece-se que, segundo os parágrafos 1º e 2º do art. 3 da Resolução CONAMA nº 491 de 2018, os parâmetros Pb, PTS, e FMC, possuem conceituações de obrigatoriedade de monitoramento diferenciadas dos demais parâmetros apresentados, conforme descrito a seguir:

> § 1º. O Chumbo no material particulado é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e a critério do órgão ambiental competente.

> § 2º. As Partículas Totais em Suspensão (PTS) e o Material Particulado em Suspensão na forma de Fumaça (FMC) são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente.

Cabe ressaltar que para o estudo de modelagem local foi aplicado o modelo matemático AERMOD, recomendado pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), no local da bacia área. Este conceito tem em consideração a delimitação de uma área considerando as principais características de relevo que interferem com a dispersão dos poluentes atmosféricos.

8.1.2.1.1. Parâmetros Amostrados e Materiais

Para o diagnóstico da qualidade do ar foram consideradas as medições dos seguintes parâmetros: SO_2, NO_2, O_3, MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, PTS.

Os gases SO_2, NO_2, O_3 e CO foram medidos em contínuo por meio de sensores eletroquímicos de detecção automática, e as Partículas Inaláveis MP_{10} e $MP_{2,5}$, assim como as PTS foram contadas também em contínuo, por meio de sensores ópticos, todos embarcados numa estação automática compacta de qualidade do ar.

A análise dos resultados foi realizada por comparação com os padrões de Qualidade do Ar definidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018.

Os materiais (instrumentos) utilizados nas medições de qualidade do ar estão apresentados Quadro 8.1-2 e os respectivos certificados de calibração estão apresentados no Anexo 8.1-II.

Quadro 8.1-2 - Descrição dos equipamentos utilizados

EQUIPAMENTO	FABRICANTE	MODELO	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	DATA CALIBRAÇÃO	VALIDADE CALIBRAÇÃO
Estação de Qualidade do Ar	Environmental Instruments	AQMesh	AQM31/2020	09/08/2020	18 meses
			AQM25/2020	06/07/2020	18 meses
Barômetro	Vectus	WS110	1352/2019	04/07/2019	24 meses
GPS	Garmin	62	-	-	-
Câmera	Nikon	S33	-	-	-

Elaboração: Q3A, 2021.

Ressalte-se que a caracterização da qualidade do ar teve aspecto local. O conceito de bacia aérea foi utilizado de forma regional na avaliação de impacto apresentada no Capítulo 10 do Volume IV deste EIA, através da modelagem de dispersão de poluentes atmosféricos.

8.1.2.1.2. Malha Amostral e Periodicidade Amostragem

Foram selecionados quatro locais buscando uma distribuição espacial que contemplasse a inserção dos pontos de medição entre o PSQ e potenciais receptores do seu entorno. Para a modelagem local foi aplicado o modelo matemático AERMOD, recomendado pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), no local da bacia área. Este conceito tem em consideração a delimitação de uma área considerando as principais características de relevo e que interferem com a dispersão dos poluentes atmosféricos

As medições foram realizadas entre os dias 17 e 21 novembro 2020 (primeira campanha) e 22 e 26 de fevereiro de 2021 (segunda campanha), respeitando a sazonalidade local.

A identificação dos pontos amostrados está apresentada no Quadro 8.1-3.

Quadro 8.1-3 - Identificação dos locais das medições

PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS UTM 24 - M	DESCRIÇÃO
P1	Longitude: 414929 Latitude: 9492773	Ponto localizado nas proximidades da entrada da fazenda Itataia, estrada vicinal, s/nº, zona rural de Santa Quitéria – CE.
P2	Longitude: 414652 Latitude: 9495775	Ponto localizado nas proximidades da Galeria, entrada da Mina de Itataia, zona rural de Santa Quitéria – CE.
P3	Longitude: 411672 Latitude: 9494239	Ponto localizado nas dependências da Sede da Fazenda Itataia (alojamento principal), estrada vicinal, s/nº, zona rural de Santa Quitéria – CE.
P4	Longitude: 408281 Latitude: 9494739	Ponto localizado no Assentamento Morrinhos, estrada vicinal, s/nº, zona rural de Santa Quitéria – CE.

Elaboração: Q3A, 2021

A seguir, são apresentados na Figura 8.1-19 a localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar e os registros fotográficos estão apresentados entre a Figura 8.1-20 e a Figura 8.1-35, indicando o posicionamento dos equipamentos de medição nos pontos amostrados.

Figura 8.1-19 - Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

Figura 8.1-20 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha)

Figura 8.1-21 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha)

Figura 8.1-22 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha)

Figura 8.1-23 - Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha)

Figura 8.1-24 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha)

Figura 8.1-25 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha)

Figura 8.1-26 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha)

Figura 8.1-27 - Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha)

Figura 8.1-28 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha)

Figura 8.1-29 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha)

Figura 8.1-30 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha)

Figura 8.1-31 - Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha)

Figura 8.1-32 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha)

Figura 8.1-33 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha)

Figura 8.1-34 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha)

Figura 8.1-35 - Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha)

8.1.2.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.2.2.1. Dados Obtidos

Conforme apontado anteriormente, entre os dias 17 e 21 novembro 2020 e 22 e 26 de fevereiro de 2021, foram realizadas duas campanhas de monitoramento, as quais tiveram por objetivo diagnosticar a qualidade do ar da área de estudo e determinar os valores de "background" para posterior avaliação da contribuição das emissões atmosféricas a serem geradas pelo empreendimento. Para o diagnóstico da qualidade do ar foram consideradas as medições dos seguintes parâmetros: SO_2, NO_2, O_3, MP_{10}, $MP_{2,5}$, CO, PTS.

O entorno do PSQ apresenta amplo predomínio de cobertura vegetal típica de Caatinga, baixa densidade demográfica, notando-se a presença de residências dispersas e uso predominantemente rural, sendo os Assentamentos de Morrinhos e Queimadas os mais próximos. A presença de maquinário é escassa, sendo utilizado, quando aplicável, na prática da agricultura em pequena escala.

As principais fontes de emissões atmosféricas identificadas estão relacionadas ao tráfego rodoviário, ocorrências eventuais de queimadas e a suspensão de poeiras pelo vento nas estradas e terrenos sem cobertura vegetal.

Os resultados quantitativos das medições referentes às duas campanhas estão apresentados na Tabela 8.1-6 até Tabela 8.1-9.

Tabela 8.1-6 - Resultados da amostragem de Dióxido de Enxofre (SO_2), Material Particulado ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) e Partículas Totais em Suspensão (PTS)

HORA	MÉDIA DIÁRIA (µg/m³)								LIMITE DO PADRÃO DE QUALIDADE DO AR (µg/m³)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/21	
SO_2	11	12	11	10	10	11	11	10	125*
$MP_{2,5}$	19	19	18	18	19	19	17	20	60*
MP_{10}	31	27	26	32	30	27	28	25	120*
PTS	72	57	49	49	65	45	67	64	240**

Fonte: Q3A, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Tabela 8.1-7 - Resultados da amostragem de Monóxido de Carbono (CO)

HORA	MÁXIMA MÉDIA OCTOHORÁRIA DO DIA (PPM) - MONÓXIDO DE CARBONO - CO								LIMITE DO PADRÃO FINAL MÉDIA OCTOHORÁRIA (PPM)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/21	
12:00 - 20:00	0,53	0,43	0,47	0,44	0,45	0,39	0,45	0,45	9
20:00 - 04:00	0,29	0,32	0,52	0,37	0,37	0,28	0,32	0,31	
04:00 - 12:00	0,44	0,37	0,61	0,3	0,28	0,37	0,35	0,35	

HORA	MÁXIMA MÉDIA OCTOHORÁRIA DO DIA (PPM) - MONÓXIDO DE CARBONO - CO								LIMITE DO PADRÃO FINAL MÉDIA OCTOHORÁRIA (PPM)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/21	
Média	0,42	0,37	0,53	0,37	0,37	0,35	0,37	0,37	

Fonte: Q3A, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Tabela 8.1-8 - Resultados da amostragem de Ozônio (O3)

HORA	MÁXIMA MÉDIA OCTOHORÁRIA DO DIA (µG/M³) - OZÔNIO (O_3)								LIMITE DO PADRÃO INTERMEDIÁRIO MÉDIA OCTOHORÁRIA (µG/M³)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/21	
12:00 - 20:00	55	59	45	76	71	78	73	68	140
20:00 - 04:00	108	50	74	64	64	73	65	42	
04:00 - 12:00	79	36	56	49	36	54	47	49	
Média	80,67	48,33	58,33	63,00	57,00	68,33	61,67	53,00	

Fonte: Q3A, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Tabela 8.1-9 - Resultados da amostragem de Dióxido de Nitrogênio (NO2)

HORA	MÉDIA HORÁRIA (µG/M³) - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO_2)								PADRÃO INTERMEDIÁRIO MÉDIA HORÁRIA (µG/M³)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/2021	
12:00	89	84	66	69	86	70	75	78	260
13:00	76	82	67	67	79	65	73	75	260
14:00	70	97	66	68	110	65	76	70	260
15:00	75	69	71	67	79	62	95	73	260
16:00	75	70	68	66	73	59	67	68	260
17:00	74	71	72	64	74	61	65	68	260
18:00	63	51	63	55	60	54	59	62	260
19:00	35	31	43	31	35	47	33	53	260
20:00	30	33	31	32	32	40	33	46	260
21:00	37	35	31	34	36	41	36	39	260
22:00	35	38	38	38	49	39	33	38	260
23:00	35	35	53	36	62	48	33	36	260
00:00	52	34	51	46	55	53	32	44	260
01:00	51	61	42	42	47	52	37	49	260

HORA	MÉDIA HORÁRIA (µG/M³) - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO_2)								PADRÃO INTERMEDIÁRIO MÉDIA HORÁRIA (µG/M³)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 E 18/11/20	22 E 23/02/21	18 E 19/11/20	23 E 24/02/21	19 E 20/11/20	24 E 25/02/21	20 E 21/11/20	25 E 26/02/2021	
02:00	42	73	39	43	50	48	42	47	260
03:00	51	81	54	49	53	57	53	55	260
04:00	82	93	66	64	63	64	90	58	260
05:00	105	112	88	101	86	75	101	63	260
06:00	97	96	89	97	88	79	111	65	260
07:00	84	75	84	89	94	80	106	78	260
08:00	76	76	87	85	83	77	97	81	260
09:00	71	70	87	87	88	79	82	83	260
10:00	69	74	85	75	83	74	73	77	260
11:00	65	71	90	67	73	63	85	76	260
Média	**64,13**	**67,17**	**63,79**	**61,33**	**68,25**	**60,50**	**66,13**	**61,75**	**260**

Fonte: Q3A, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.2.2.2. Análise dos Dados

A caracterização da qualidade do ar demonstrou que as concentrações de todos os poluentes atmosféricos analisados não ultrapassaram os limites de emissão da legislação de proteção ambiental, durante os dois períodos amostrados.

Conforme apresentado no Figura 8.1-36, durante as duas campanhas as concentrações de PTS nos pontos amostrados variaram entre 45 µg/m³ e 72 µg/m³. Na primeira campanha o maior valor encontrado foi de 72 µg/m³ ocorrido no ponto P1, sendo que esse valor corresponde a 30% do valor máximo permitido pela legislação. Já na segunda campanha o maior valor encontrado foi de 64 µg/m³ no ponto P4, o que correspondente a 26% do valor máximo permitido. Assim, as concentrações de PTS das amostragens realizadas nas duas campanhas atendem ao padrão de qualidade do ar determinado pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (240 µg/m³).

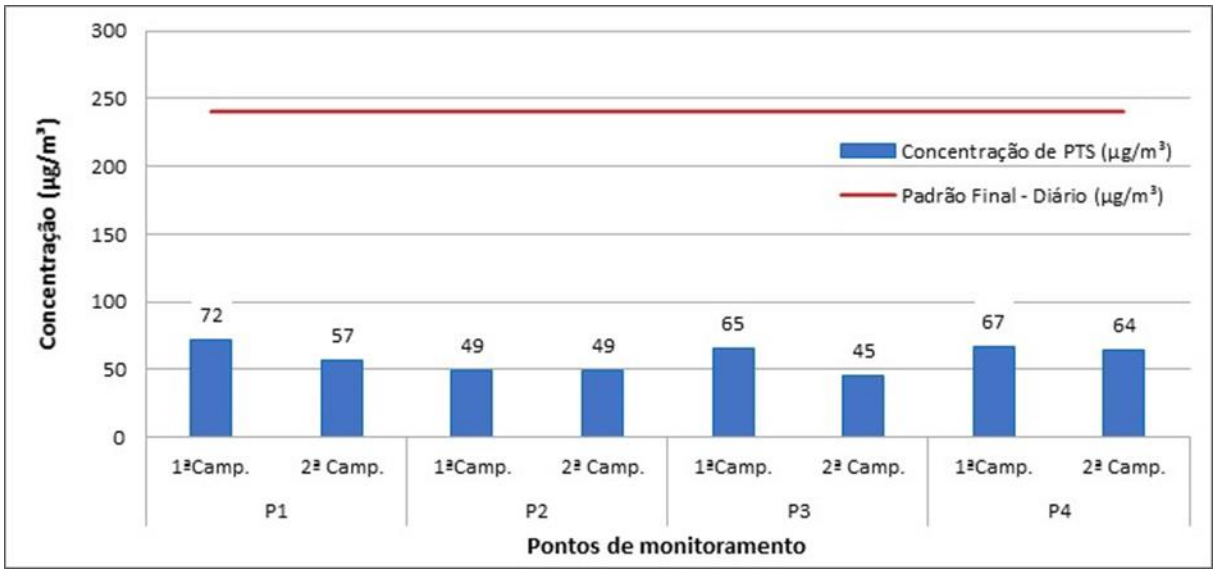


Figura 8.1-36 - Resultados da amostragem de PTS.

No que se refere as concentrações de Material Particulado MP_{10} e $MP_{2,5}$ verifica-se que os valores registrados nas duas campanhas de amostragem não ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (Figura 8.1-37 e Figura 8.1-38) e apresentaram baixa variação entre os pontos de amostragem, devido à ausência de chuvas durante os dias de amostragem nas campanhas. A concentração máxima de MP_{10} (32 µg/m³) foi registrada durante a segunda campanha no ponto P3 localizado nas dependências da Sede da Fazenda Itatiaia e o seu valor corresponde a 26% do valor máximo permitido pela legislação. Já na primeira campanha o valor mais alto aferido foi de 31 µg/m³, que corresponde a 25% do valor máximo. Da mesma forma, a concentração máxima de $MP_{2,5}$ (20 µg/m³) também foi registrada na segunda campanha, contudo, com ocorrência no ponto P4

localizado no Assentamento de Morrinhos e seu valor corresponde a 34% do valor total permitido. Na primeira campanha o maior valor amostrado foi de 19 µg/m³, representando 31% do valor total permitido pela Resolução CONAMA nº 491/2018.

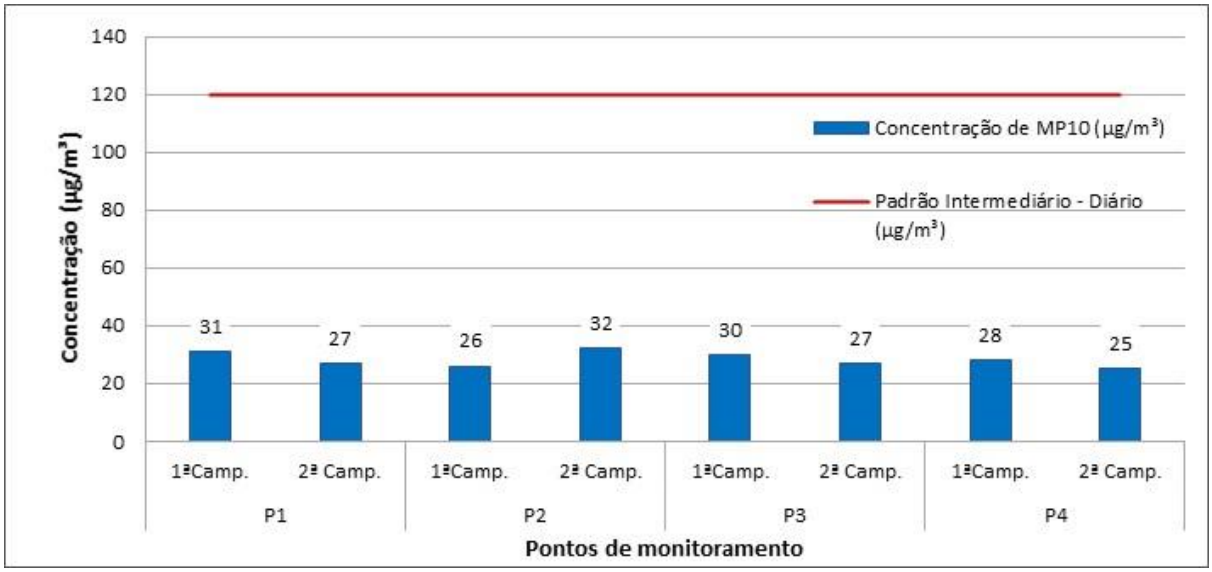


Figura 8.1-37 - Resultados da amostragem de MP10.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

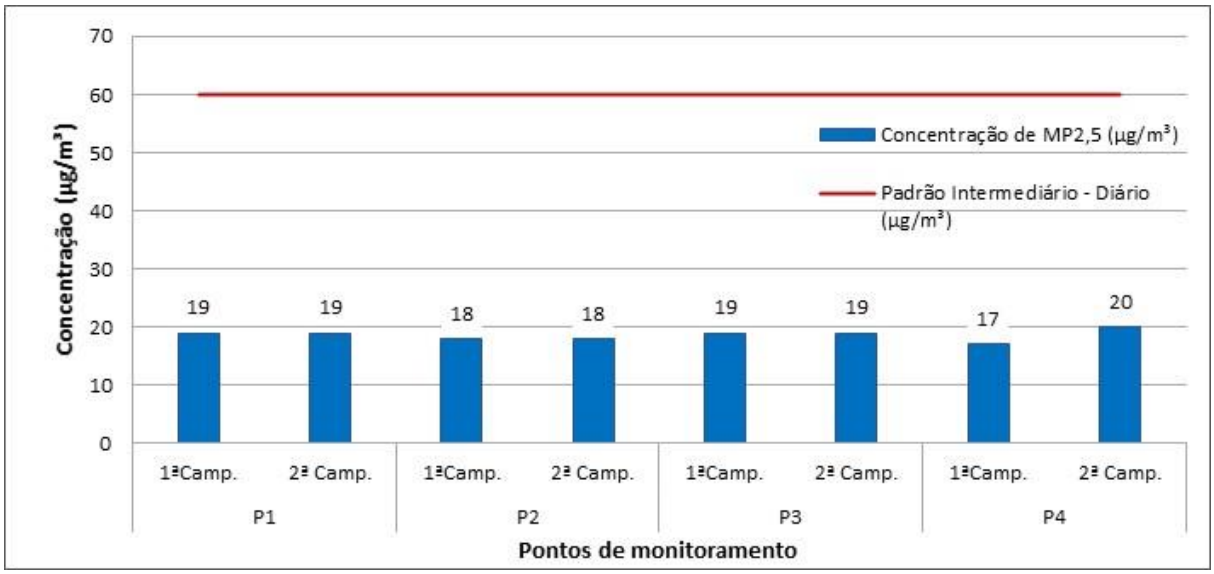


Figura 8.1-38 - Resultados da amostragem de $MP_{2,5}$.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As concentrações dos gases CO, O_3, SO_2 e NO_2 (Figura 8.1-39 a Figura 8.1-42) foram inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018. De modo geral as concentrações apresentaram baixa variação entre as campanhas e pontos de amostragem, devido à ausência de chuvas nos dias de amostragem das campanhas.

Para o CO, os maiores valores de concentrações foram de 0,53 ppm (primeira campanha) e 0,37 ppm (segunda campanha), que representam 5,8% e 4,1%, respectivamente, do valor total permitido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (9 ppm).

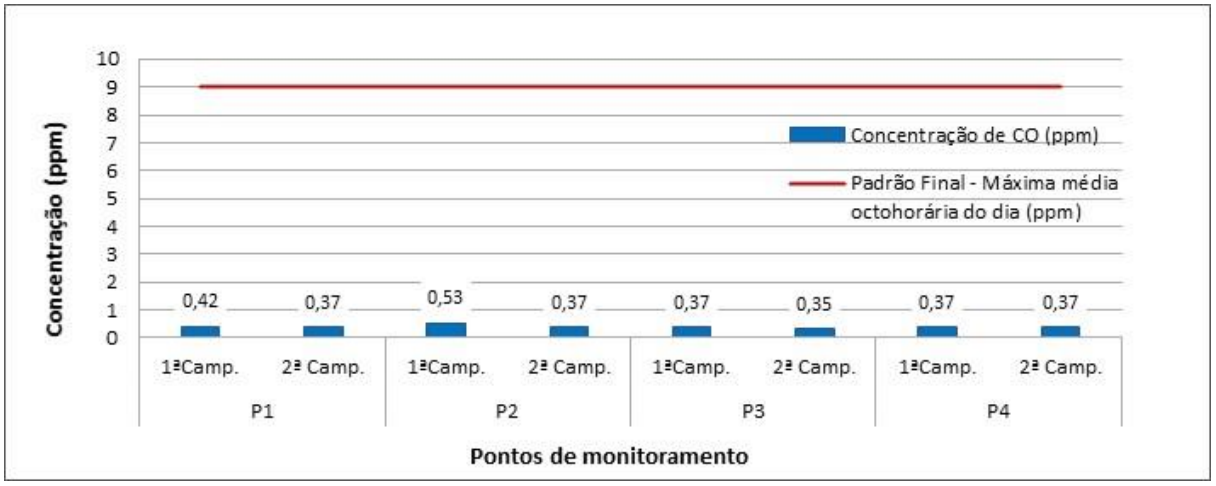


Figura 8.1-39 - Resultados da amostragem de CO.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

O poluente O_3 apresentou variações irrelevantes entres os pontos amostrados nas duas campanhas. O maior valor amostrado foi de 81 µg/m³ na primeira campanha que ocorreu no ponto P1 e de 68 µg/m³ na segunda campanha que aconteceu no P3. Esses valores representam 57,8% e 48,5% respectivamente, do limite permitido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (140 µg/m³).

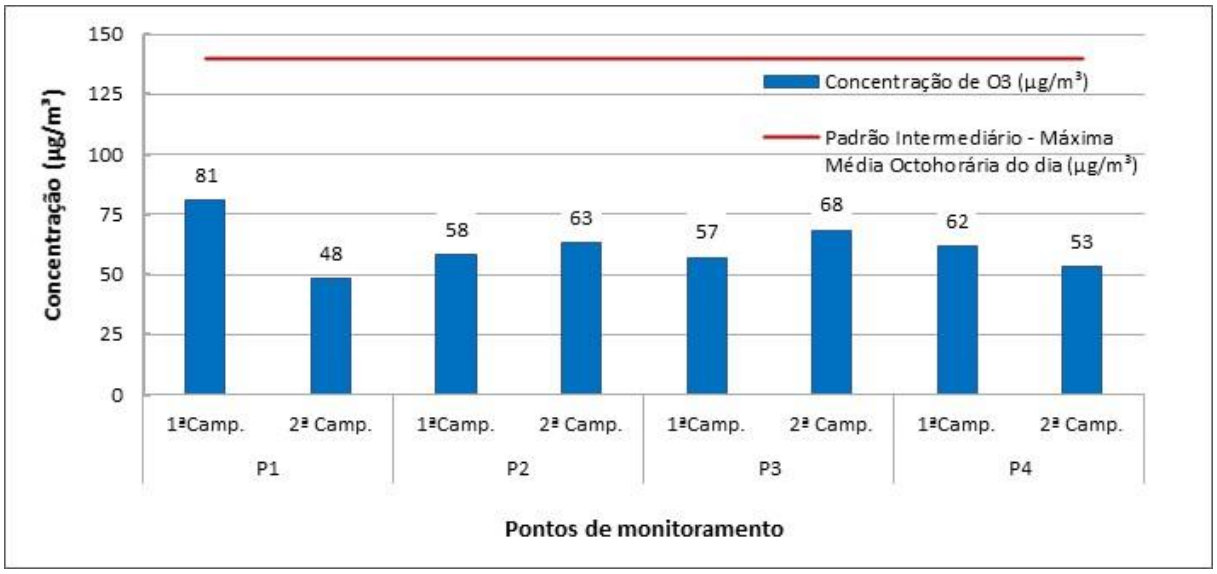


Figura 8.1-40 - Resultados da amostragem de O_3.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As maiores concentrações apresentadas pelo NO_2 foram 68 µg/m³ (primeira campanha) e 67 µg/m³ (segunda campanha) nos pontos P3 e P1 respectivamente, que representam 26% na primeira campanha e 25,7% na segunda campanha, do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (260 µg/m³).

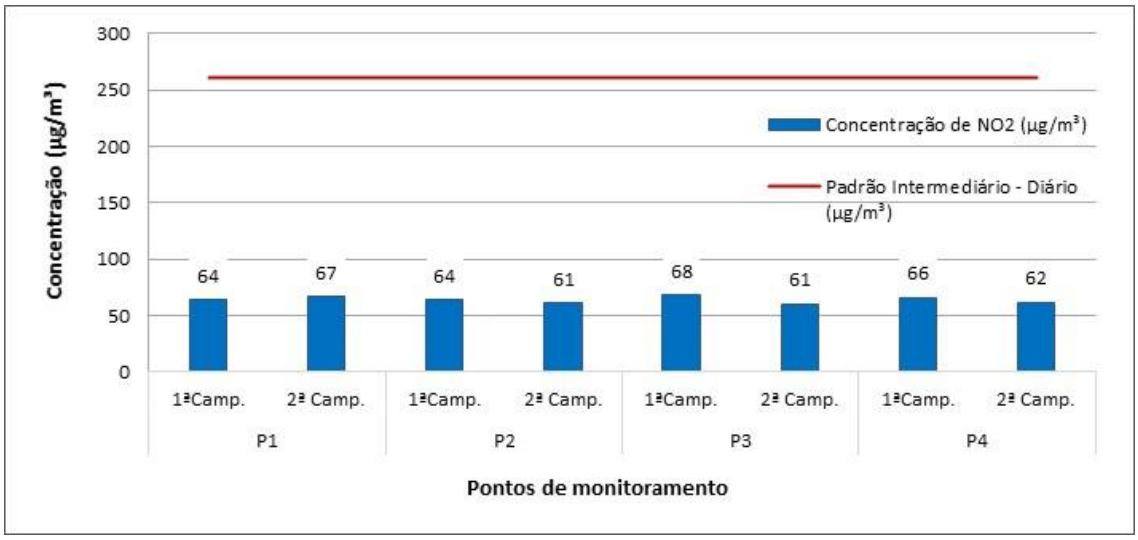


Figura 8.1-41 - Resultados da amostragem de NO_2.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As maiores concentrações de SO_2 foram de 11 µg/m³ (primeira campanha) e 12 µg/m³ (segunda campanha). Esses valores que representam 8,8% na primeira campanha e 9,6% na segunda campanha, do valor total permitido pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (125 µg/m³). Devido à ausência de chuvas nos dias de amostragens das campanhas não houve variações relevantes nos valores das concentrações registrados nas duas campanhas.

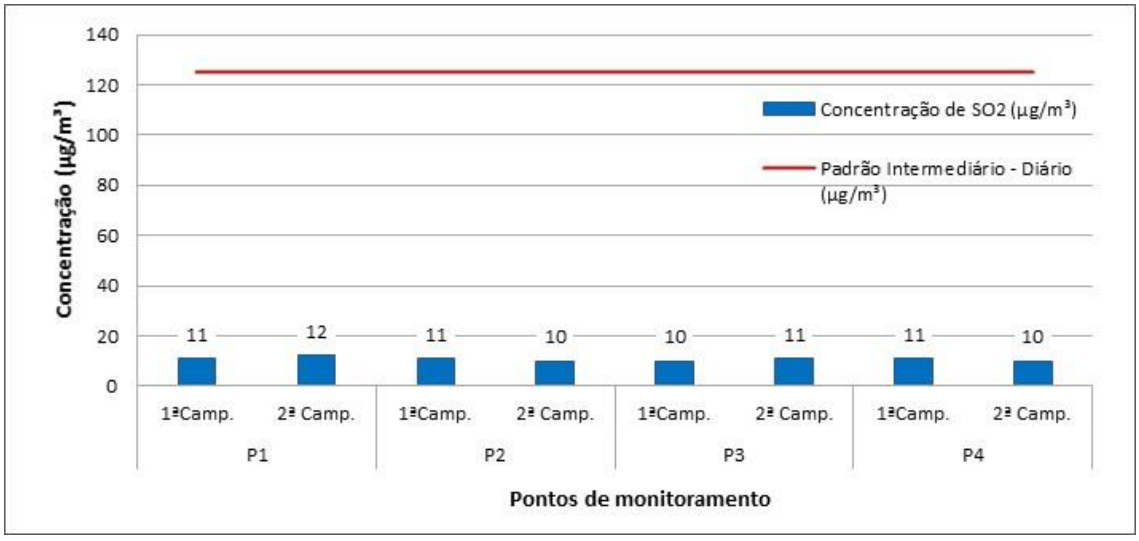


Figura 8.1-42 - Resultados da amostragem de SO_2.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

8.1.2.3. Considerações Finais

Os resultados obtidos durante as campanhas de qualidade do ar indicam que os receptores do entorno do PSQ não estarão expostos a concentrações de partículas e gases em níveis prejudiciais à saúde, e que as emissões registradas durante as campanhas realizadas não constituem potencial incômodo aos residentes, nem ofereceram risco de danos à fauna, flora e materiais, uma vez que os valores amostrados para todos os poluentes não alcançaram 60% do limite máximo permitido para cada um deles segundo a Resolução Conama 491/18.

Esses resultados permitiram a caracterização das fontes de emissões atmosféricas e a determinação do atual nível de concentração de gases e partículas das localidades amostradas, estabelecendo memória de valores base da qualidade do ar para o futuro acompanhamento dos potenciais impactos gerados pelas obras de implantação e pela fase de operação do PSQ.

8.1.3. Ruído e Vibração

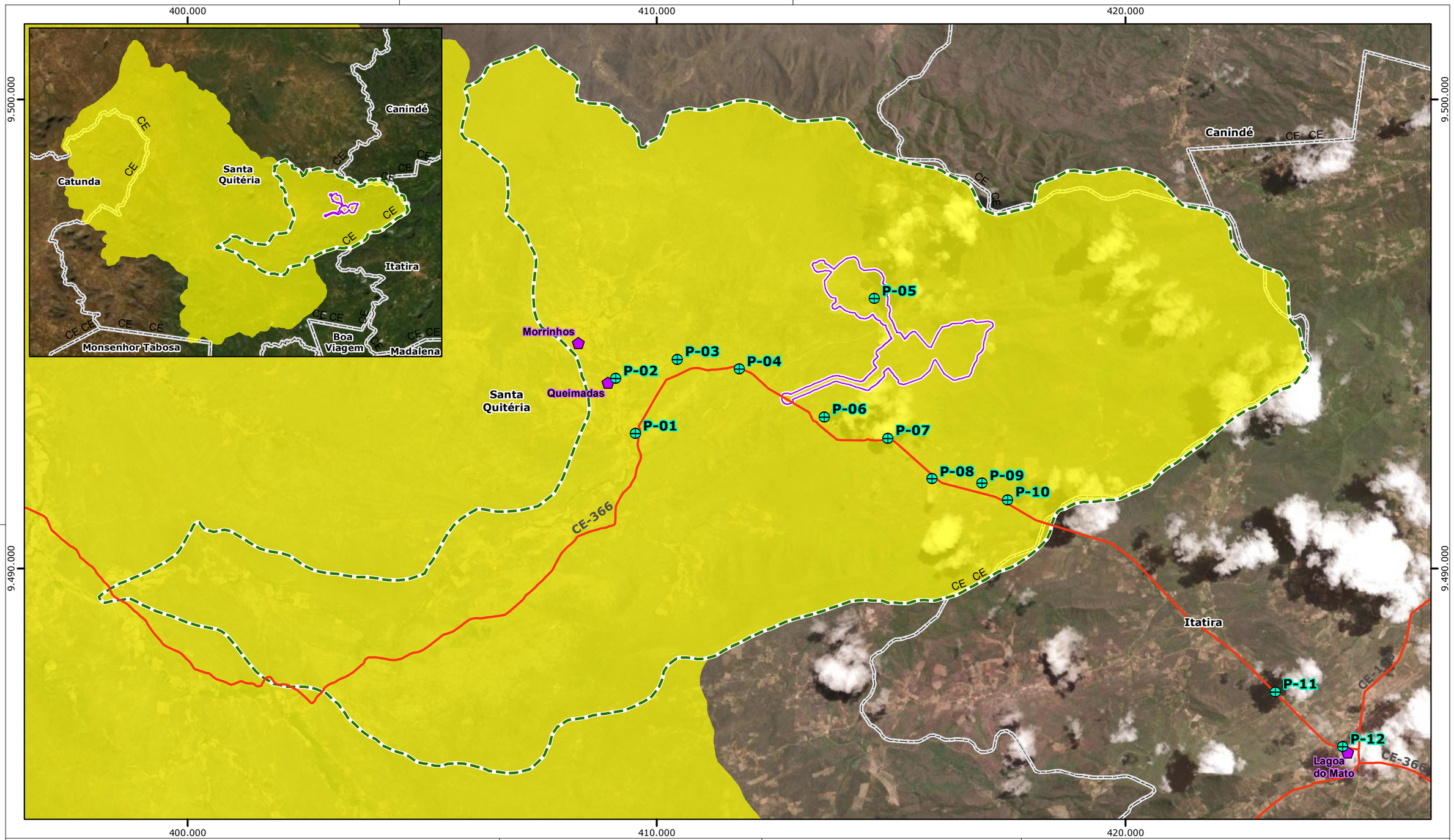
8.1.3.1. Considerações Metodológicas

8.1.3.1.1. Pontos de Amostragem

A seleção dos pontos de medição de ruído e vibração foi realizada em função da localização do PSQ, buscando-se preferencialmente receptores sensíveis potencialmente mais expostos aos potenciais ruídos e vibrações das fases de obras e operação, de modo a serem representativos das áreas receptoras de ruído e vibração, sendo os locais em princípio mais críticos da ADA e AID.

Foram selecionados 12 pontos de medição localizados no entorno do empreendimento (Mapa 8.1-3), considerando distâncias com potencial influência do ruído e vibração que poderão ser gerados durante as fases de implantação ou operação e em nos principais potenciais receptores ao longo da rota de acesso ao empreendimento, onde o incremento do fluxo de veículos pode constituir um potencial agente de alteração das condições de ruídos e/ou vibrações.

As medições foram realizadas em 10 de novembro de 2020 nos períodos diurno e noturno. Na Tabela 8.1-10 é apresentada a localização georreferenciada dos pontos de medição.



Legenda

- Pontos de Medição de Ruídos e Vibrações
- Localidades
- Rodovia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Localidades e Pontos de Ruídos e Vibrações (Tetra Mais, 2020).
_IPECE, 2021.
- Imagem - Basemap (ESRI, 2016).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Localização dos pontos de medição de ruído e vibração

Mapa	Escala	Localização	
8.1-3	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	03/11/2021	Ruy Monteiro	Daniela Lavignatti

Tabela 8.1-10 - Localização dos pontos de medição de ruído e vibração

PONTO	COORDENADAS UTM (24) DATUM - SIRGAS 2000 / ZONA 24M	
	E	N
P-01	409.548,929	9.492.880,516
P-02	409.127,938	9.494.048,793
P-03	410.443,848	9.494.456,720
P-04	411.768,225	9.494.255,355
P-05	414.647,509	9.495.753,228
P-06	413.582,974	9.493.231,405
P-07	414.934,784	9.492.775,440
P-08	415.878,122	9.491.907,291
P-09	416.942,381	9.491.823,889
P-10	417.489,589	9.491.461,339
P-11	423.203,887	9.487.372,440
P-12	424.638,891	9.486.197,186

Elaboração: Murgel Engenharia, 2021

8.1.3.1.2. Procedimentos de Medição

O diagnóstico de ruído e vibração do PSQ foi realizado por medições diretas na AID e ADA considerando, para tal, locais com ocupação sensível – áreas com residências – a distâncias com potencial de influência do ruído e vibração das fases de implantação e operação do empreendimento e áreas ocupadas ao longo da rota de acesso ao empreendimento, onde o incremento do fluxo de veículos pode constituir um potencial agente de alteração das condições de ruído e/ou vibração.

Em cada ponto selecionado foram feitas medições de nível sonoro, com um período de amostragem mínimo de cinco minutos, desde que o valor do LAeq nível de pressão sonora equivalente e (contínuo por um determinado período de tempo) estivesse estabilizado. A avaliação de vibrações foi feita concomitantemente também em amostragens de pelo menos cinco minutos, em cada ponto, tendo sido anotados, entre outros parâmetros, a velocidade RMS (valor eficaz da pressão sonora expresso pela raiz quadrada da média dos quadrados) e pico, com utilização de acelerômetro triaxial, permitindo a análise da resultante dos eixos horizontais e do eixo vertical, separadamente. Essa metodologia está de acordo com a ABNT

NBR 10151:2019 - *Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral*.

As medições de ruído foram feitas com análise estatística dos dados, sendo anotado, entre outros parâmetros, o LAeq, que é o índice de referência legal para o caso em análise, o L90 e o L10. O LAeq representa o nível de ruído que, emitido de forma constante, apresenta a mesma energia da fonte medida na prática. Pode, portanto, ser considerado como o "ruído médio". Já o L90 é o nível de ruído que é ultrapassado 90 % do tempo, sendo denominado "ruído de fundo". Finalmente, o L10, é o ruído que é ultrapassado em 10 % do tempo sendo, portanto, o nível sonoro máximo, se forem desconsiderados os picos isolados.

A avaliação de velocidade de partícula em vibração indica o movimento vibratório, de forma linear, de mais simples compreensão sendo um indicador bastante abrangente para médias frequências (de 10 a 1000 Hz, RMS). Dá, portanto, uma boa indicação da severidade, motivo pelo qual é utilizada a velocidade como parâmetro de avaliação em padrões ambientais e legais.

O resultado em RMS representa a energia média do fenômeno vibratório, considerando o histórico do movimento de vibração, sendo um parâmetro representativo do potencial efeito danoso.

A medição do pico vibratório indica o máximo movimento, a maior amplitude do fenômeno vibratório e, por não considerar o histórico da vibração, indica os choques de curta duração, sendo esta a referência para os padrões normativos. Em uma análise detalhada devem ser considerados os dois parâmetros conjuntamente, sendo que nos laudos também se apresenta o segundo maior pico de vibração, que dá uma melhor indicação de se tratar ou não de evento isolado.

8.1.3.1.3. Equipamentos Utilizados

Para a realização das medições foram utilizados os seguintes equipamentos:

+ **Medidor de Ruído e Vibrações**: Marca Svantek, modelo 958, nº de série 15813, com análise estatística de dados. O certificado de calibração nº 114.180, emitido em 12/05/2020, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento nº 256, emitido pelo Cgre/Inmetro), está apresentado no Anexo 8.1-II do Volume V deste EIA;
+ **Microfone Capacitativo:** Marca Svantek, modelo SV22, nº de série 4013418. O certificado de calibração nº 113.952, emitido em 30/04/2020, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme

credenciamento nº 256, emitido pelo Cgre/Inmetro), está apresentado no Anexo 8.1-II do Volume V deste EIA;

+ **Acelerômetro Triaxial**: Marca Dytran, modelo 3233A, nº de série 620. Com certificado de calibração 114.300, emitido em 15/05/2020, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento nº 256, emitido pelo Cgre/Inmetro), está apresentado Anexo 8.1-II do Volume V deste EIA;
+ **Calibrador Acústico**: Marca Svantek, modelo Svan SV 30A, nº de série 10532. Com certificado de calibração no 113.945, emitido em 30/04/2020, pelo laboratório da Chrompack (pertencente à RBC – Rede Brasileira de Calibração, conforme credenciamento no 256, emitido pelo Cgre/Inmetro); está apresentado no Anexo 8.1-II do Volume V deste EIA; e
+ **GPS:** Marca Garmim, modelo GPSmap CSx60, com altímetro barométrico.

Todas as avaliações de ruído seguiram os procedimentos da norma ABNT NBR 10151:2019, sendo os equipamentos classificados como de tipo I, de precisão.

8.1.3.2. Legislação Aplicável

8.1.3.2.1. Ruído

No Brasil a legislação pertinente aos níveis de ruído é a Resolução CONAMA nº 1/90, que determina que sejam atendidos os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma técnica ABNT NBR 10151:2019.

A NBR-10.151 (revisão de 2019) – "Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral", é aplicável para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, e considera recomendável, para conforto acústico, os padrões de ruído apresentados no Quadro 8.1-4, a seguir.

Quadro 8.1-4 - Limites de Ruído conforme NBR 10.151/2019

TIPOS DE ÁREA	PERÍODO DO DIA	
	DIURNO	NOTURNO
Áreas de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividade comercial e/ou administrativa	60	55

TIPOS DE ÁREA	PERÍODO DO DIA	
	DIURNO	NOTURNO
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151/2019.
Obs.: Caso o nível de ruído preexistente no local seja superior aos relacionados nesta tabela, será o limite.

Conforme requerido pela norma ABNT NBR 10151:2019, a classificação do tipo de uso e ocupação do solo nos pontos receptores medidos deve ser realizada por observação local imediata durante as medições dos níveis de ruído.

Desta forma, a classificação de uso e ocupação nos pontos receptores não representa, necessariamente, o zoneamento oficial do município, pois frequentemente a ocupação real não corresponde a este. Por outro lado, os padrões de ruído são estabelecidos em função da sensibilidade dos agentes receptores, que estão intrinsecamente relacionados com o tipo de ocupação existente.

No contexto deste estudo, admitiu-se preliminarmente que os pontos P-01, P-02, P-03, P-04, P-07, P-08, P-09, P-10 e P-11 podem ser classificados como localizados em áreas de residências rurais, onde são recomendados pela NBR 10.151 o nível de ruído de 40 dB(A) para o período diurno e 35 dB(A) para o noturno. O ponto P-12 foi classificado como localizado em área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa, onde são recomendados pela NBR 10.151 o nível de ruído de 60 dB(A) para o período diurno e 55 dB(A) para o noturno. Os pontos P-05 e P-06 estão localizados dentro da ADA onde não há receptores, não sendo aplicável o padrão ambiental.

Vale destacar que, na última revisão da NBR 10.151, publicada em 31 de maio de 2019, foi modificado o critério de comparação do nível de ruído medido com os padrões estabelecidos.

Na aplicação dos padrões, a NBR 10.151:2019 determina que, na avaliação do ruído das obras, caso o nível medido (chamado som total) estiver abaixo dos padrões da tabela, estará de acordo com a norma.

Já, se houver ultrapassagem destes valores, deverá ser feito o cálculo do ruído específico da fonte sonora em análise (o ruído das obras, sem considerar o ruído ambiente), com base nos valores da avaliação prévia, sem as obras, chamado ruído residual.

Desta forma, o ruído específico (só obras), é calculado pela seguinte expressão:

$$Lesp = 10 . log10 (10 Ltot/10 - 10 Lres/10)$$

onde:

- **Lesp:** é o nível de pressão sonora do som específico;
- **Ltot:** é o nível de pressão sonora do som total;
- **Lres:** é o nível de pressão sonora do som residual.

O Lesp deverá ser comparado com os padrões normatizados. Por exemplo, o limite diurno de 55 dB(A) e noturno de 50 dB(A), para áreas mistas com predominância residencial.

O Lres é o som residual: nível de ruído ambiente prévio, sem as obras. O Ltot é o som total: nível sonoro medido, que engloba tanto o ruído ambiente quanto o eventual ruído das obras.

Por fim, segundo a NBR 10.151:2019 – item 9.2.3, Nota 2, acréscimos de níveis de ruído em até 3 dB(A) sobre o som ambiente (residual) em um dado local, não caracterizam que a fonte sonora em avaliação seja predominante.

8.1.3.2.2. Vibração

Não há legislação federal brasileira específica para avaliação de vibração. Entretanto, existem diversos estudos internacionais que visam determinar o grau de incômodo de vibrações sobre o ser humano e em construções. Dentre estes, adotou-se neste estudo o critério de avaliação das possíveis interferências a serem causadas no meio ambiente pelos eventos de vibração, conforme apresentados no Quadro 8.1-5 a seguir.

Quadro 8.1-5 - Níveis Recomendáveis de Vibrações

VELOCIDADE DE PARTÍCULA - PICO (MM/S)	REAÇÃO HUMANA	EFEITOS SOBRE AS CONSTRUÇÕES
0 - 0,15	Imperceptível pela população, não incomoda	Não causam danos de nenhum tipo
0,15 a 0,30	Limiar de percepção – possibilidade de incômodo	Não causam danos de nenhum tipo
2,0	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas para ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas produzem incômodo na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de dano às construções

VELOCIDADE DE PARTÍCULA - PICO (MM/S)	REAÇÃO HUMANA	EFEITOS SOBRE AS CONSTRUÇÕES
10 – 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências

Observações:
- Os valores de velocidade referem-se ao componente vertical da vibração.
- A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde se localiza.
- Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.
- Considera-se, na aplicação destes parâmetros, os movimentos vibratórios com frequência acima de 3 Hz.
- As recomendações de níveis de vibração realçadas em azul são adotadas por agências de controle ambiental para avaliações de vibração induzidas à vizinhança.
Fonte: Whiffin A. C. and D.R. Leonard – 1971

Com base nestes e outros critérios, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) instituiu a sua norma específica, conforme DD nº 215/2007/E (Quadro 8.1-6), que determina os seguintes padrões de vibrações, aplicáveis no Estado de São Paulo, que constitui a única regulamentação ambiental brasileira de vibrações.

Quadro 8.1-6 - Limites de Velocidade de Vibração do Solo - Pico (mm/s)

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO (7:00 ÀS 20:00)	NOTURNO (20:00 ÀS 7:00)
Áreas de hospitais, casas de saúde, creches e escolas	0,3	0,3
Área predominantemente residencial	0,3	0,3
Área mista, com vocação comercial e administrativa	0,4	0,3
Área predominantemente industrial	0,5	0,5

Obs.: Estes limites devem ser verificados diferenciadamente nos planos horizontal e vertical.

Para a avaliação de condições ambientais de vibração no solo, onde os fenômenos geradores destas são aleatórios e dispersos, podendo se originar em qualquer sentido do plano horizontal e, considerando, também, que a norma CETESB determina que a avaliação deverá ser feita diferenciadamente para os planos horizontal e vertical, é recomendável que a medição seja feita com um acelerômetro triaxial, de modo a se obter, concomitantemente, os níveis de vibração no eixo vertical e em dois eixos horizontais.

Com esta metodologia, os níveis obtidos nos dois eixos horizontais devem ser somados vetorialmente, segundo a segundo, determinando o valor máximo de vibração neste eixo, a cada instante e, assim, obtendo-se o máximo pico horizontal, como preconiza a norma CETESB.

8.1.3.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.3.3.1. Dados Obtidos

Foram avaliados 12 pontos na área em estudo, representativos dos pontos receptores vizinhos à ADA do PSQ e sua rota de acesso. As medições de ruído ocorreram nos períodos diurno e noturno, conforme os procedimentos da norma NBR 10.151:2019.

O Tabela 8.1-11, a seguir, apresenta os níveis de pressão sonora diurno e noturno medidos nos pontos amostrados, assim como a indicação das fontes sonoras predominantes identificadas.

Tabela 8.1-11 - Níveis de pressão sonora do ambiente acústico do PSQ

PONTO	NÍVEL DE RUÍDO - LAEQ (DB(A))		FONTE SONORA PREDOMINANTE
	DIURNO	NOTURNO	
P-01	42,4	33,1	Diurno: Fauna. Noturno: Fauna.
P-02	45,9	38,6	Diurno: Fauna e animais domésticos (galinhas). Noturno: Fauna
P-03	42,7	35,4	Diurno: Fauna e vento na vegetação. Noturno: Fauna e tráfego na região.
P-04	43,9	31,5	Diurno: Vento na vegetação. Noturno: Fauna.
P-05	36,8	31,9	Diurno: Fauna e vento na vegetação. Noturno: Fauna.
P-06	49,7	33,8	Diurno: Fauna e vento na vegetação. Noturno: Fauna.
P-07	49,2	34,9	Diurno: Fauna e vento na vegetação. Noturno: Fauna.
P-08	41,4	35,1	Diurno: Vento na vegetação. Noturno: Fauna, cachorros e tráfego de veículos.
P-09	37,3	30,3	Diurno: Vento na vegetação e vozes. Noturno: Fauna.
P-10	42,3	30,5	Diurno: Fauna e vento na vegetação. Noturno: Fauna.

PONTO	NÍVEL DE RUÍDO - LAEQ (DB(A))		FONTE SONORA PREDOMINANTE
	DIURNO	NOTURNO	
P-11	46,3	29,7	Diurno: Fauna, vento na vegetação e tráfego de veículos. Noturno: Fauna.
P-12	61,6	52,1	Diurno: Tráfego de veículos. Noturno: Fauna e tráfego de veículos.

Elaboração: Tetra Mais, 2020.

Conforme apresentado na Tabela 8.1-11 anterior, as principais fontes sonoras observadas nos pontos amostrados durante o período diurno foram os sons de fauna e de vento na vegetação, sendo identificado em pontos isolados sons de tráfego de veículos (P-11 e P-12), de vozes (P-09) e de animais domésticos (P-02). No período noturno a principal fonte sonora identificada foram os sons de fauna, com identificação pontual de sons de tráfego de veículos nos pontos P-03, P-08 e P-12.

O ponto com maior nível de ruído amostrado foi o ponto P-12, localizado no distrito de Lagoa do Mato, cujas fontes sonoras registradas foram sons de fauna, vento na vegetação e tráfego de veículos.

No que se refere a vibração foram verificados picos perceptíveis em todos os pontos avaliados, mas em níveis sem o potencial de danos à saúde ou às edificações (Tabela 8.1-12).

Tabela 8.1-12 – Medições de vibração - Velocidade Pico (mm/s)

PONTOS	VERTICAL		HORIZONTAL		OBSERVAÇÃO
	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	
P-01	0,376	0,363	0,385	0,305	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-02	0,610	0,589	0,379	0,374	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-03	1,059	0,813	1,016	0,669	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-04	0,525	0,519	0,472	0,443	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde

PONTOS	VERTICAL		HORIZONTAL		OBSERVAÇÃO
	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	
P-05	0,484	0,447	0,306	0,278	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-06	0,589	0,490	0,700	0,519	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-07	0,794	0,750	0,367	0,318	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-08	0,575	0,562	0,386	0,356	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-09	0,447	0,385	0,346	0,304	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-10	0,841	0,724	0,560	0,528	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-11	0,485	0,451	0,741	0,692	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde
P-12	0,427	0,407	0,662	0,577	Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde

Elaboração: Murgel Engenharia,2021.

As informações detalhadas de cada ponto de amostragem estão apresentadas na Ficha 1 até Ficha 12.

Ficha 1 – Ponto de medição (P-01)

PONTO P-01
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona 24M Easting 409549 Northing 9492881

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	42,4	33,1	0,376	0,363	0,385	0,305

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

+ Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna.
  - Noturno: Fauna.

+ Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 2 – Ponto de medição (P-02)

PONTO P-02
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 409128 9494049

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	45,9	38,6	**0,610**	0,589	**0,379**	0,374

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e animais domésticos (galinhas).
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 3 – Ponto de medição (P-03)

PONTO P-03
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 410444 9494457

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	42,7	35,4	**1,059**	0,813	**1,016**	0,669

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna e tráfego na região.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 4 – Ponto de medição (P-04)

PONTO P-04
Localização: Sede da Fazenda Itataia Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona 24M Easting 411768 Northing 9494255

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	43,9	31,5	**0,525**	0,519	**0,472**	0,443

Ponto em frente a Sede da Fazenda da INB

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 5 – Ponto de medição (P-05)

PONTO P-05
Localização: Entrada da galeria Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona 24M Easting 414648 Northing 9495753

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	36,8	31,9	**0,484**	0,447	**0,306**	0,278

Ponto dentro da ADA, próximo à entrada da galeria de amostragem G3, não aplicável padrão ambiental, ausência de receptores.

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 6 – Ponto de medição (P-06)

PONTO P-06
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 413583 9493231

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	49,7	33,8	**0,589**	0,490	**0,700**	0,519

Ponto junto à Açude Quixaba, ausência de receptores, portanto não aplicáveis padrões.

+ Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna.
+ Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 7 – Ponto de medição (P-07)

PONTO P-07
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona 24M Easting 414935 Northing 9492775

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	49,2	34,9	**0,794**	0,750	**0,367**	0,318

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 8 – Ponto de medição (P-08)

PONTO P-08
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 415878 9491907

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	41,4	35,1	**0,575**	0,562	**0,386**	0,356

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna, cachorros e tráfego de veículos.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 9 – Ponto de medição (P-09)

PONTO P-09
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 416942 9491824

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	37,3	30,3	**0,447**	0,385	**0,346**	0,304

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Vento na vegetação e vozes.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 10 – Ponto de medição (P-10)

PONTO P-10
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 417490 9491461

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	42,3	30,5	**0,841**	0,724	**0,560**	0,528

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna e vento na vegetação.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 11 – Ponto de medição (P-11)

PONTO P-11
Localização: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona 24M — Easting 423204 — Northing 9487372

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	46,3	29,7	**0,485**	0,451	**0,741**	0,692

Área de residências rurais (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 40 dB(A) e noturno 35 dB(A).

- Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Fauna, vento na vegetação e tráfego de veículos.
  - Noturno: Fauna.
- Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

Ficha 12 – Ponto de medição (P-12)

PONTO P-12
Localização: PA Morrinhos Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000) Zona Easting Northing 24M 424639 9486197

CAMPANHA	NÍVEL DE RUÍDO - L_{AEQ} (DB(A))		VELOCIDADE PICO (MM/S)			
	DIURNO	NOTURNO	VERTICAL		HORIZONTAL	
			1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
Avaliação Prévia novembro/2020	61,6	52,1	**0,427**	0,407	**0,662**	0,577

Área mista com predominância de atividade comercial e/ou administrativa (NBR-10.151): padrão de ruído diurno 60 dB(A) e noturno 55 dB(A).

+ Fonte sonora predominante:
  - Diurno: Tráfego de veículos.
  - Noturno: Fauna e tráfego de veículos.

+ Picos de vibração perceptíveis, sem potencial de danos às edificações e à saúde.

8.1.3.3.2. Análise do Dados

A maior parte dos receptores estão localizados em área de residências rurais, onde são recomendados pela NBR 10.151:2019 o nível de ruído de 40 dB(A) para o período diurno e 35 dB(A) para o noturno. As exceções são representadas pelo ponto P-12, localizado em área mista com predominância de atividade comercial e/ou administrativa, onde são recomendados pela NBR 10.151:2019 o nível de ruído de 60 dB(A) para o período diurno e 55 dB(A) para o noturno, e pelos pontos P-05 e P-06, localizados dentro da área do empreendimento, onde não há receptores.

A comparação do Lres medido com o padrão (RLAeq) indicado na NBR 10.151:2019 está apresentado na Tabela 8.1-13 e na Figura 8.1-43 e Figura 8.1-44 a seguir.

Tabela 8.1-13 - Comparação do Lres (dB) medido com o RLAeq (dB)

PONTO	NÍVEL DE RUÍDO (DB(A))			
	PADRÃO		MEDIDO PRÉVIO (LRES)	
	DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
1	40,0	35,0	42,4	33,1
2	40,0	35,0	45,9	38,6
3	40,0	35,0	42,7	35,4
4	40,0	35,0	43,9	31,5
5	n.a.	n.a.	36,8	31,9
6	n.a.	n.a.	49,7	33,8
7	40,0	35,0	49,2	34,9
8	40,0	35,0	41,4	35,1
9	40,0	35,0	37,3	30,3
10	40,0	35,0	42,3	30,5
11	40,0	35,0	46,3	29,7
12	60,0	55,0	61,6	52,1

Elaboração: Murgel Engenharia, 2020

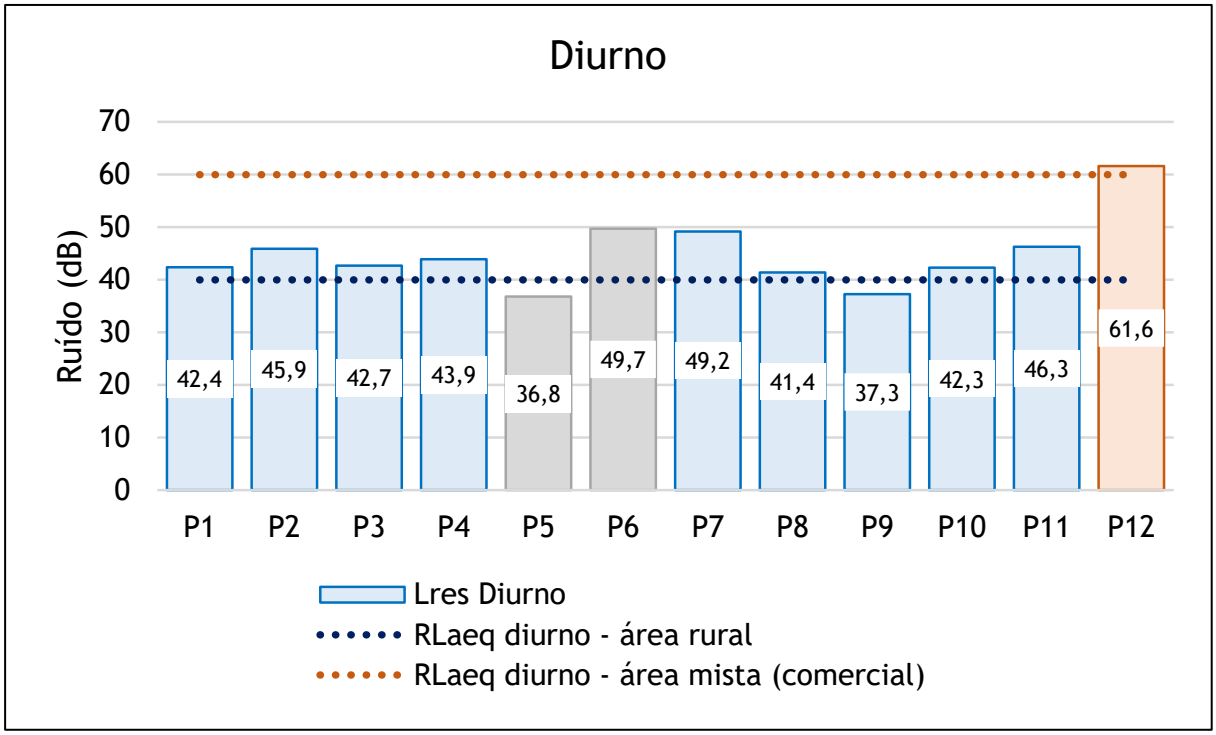


Figura 8.1-43 - Comparação do Lres com o RLAeq – diurno.

Elaboração: Murgel Engenharias, 2020

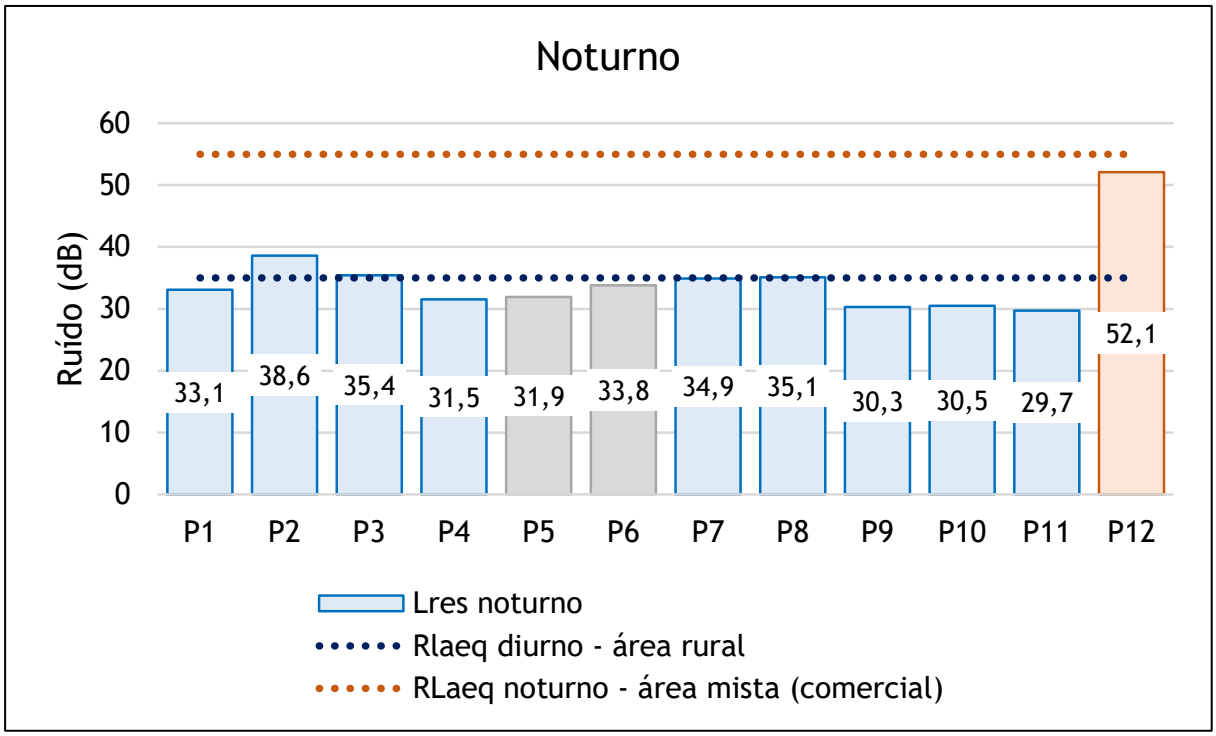


Figura 8.1-44 - Comparação do Lres com o RLAeq - noturno.

Elaboração: Murgel Engenharia, 2020

Apesar de se tratar de área predominantemente rural, sem fontes sonoras significativas além do ruído de fauna, em vários pontos verificou-se ultrapassagem dos padrões estipulados pela ABNT para este tipo de área.

Os resultados das medições indicaram que o atual nível de pressão sonora residual - Lres das localidades amostradas ultrapassam o limite de emissão sonora determinado pela NBR 10.151:2019, no período diurno, em 9, dos 10 pontos com receptores avaliados, demonstrando que atualmente já se verifica a alteração dos padrões acústicos. No período noturno, a ultrapassagem ocorre em apenas 3 pontos (P-2, P-3 e P-8), dos 10 pontos com receptores avaliados

Destaca-se que os valores obtidos nesta campanha serão referência para futuras avaliações durante o período de obras e operação do empreendimento, conforme os critérios da NBR-10151:2019.

Como já apresentado na descrição da NBR-10.151:2019, o Som Específico (apenas do empreendimento) – Lesp – não deve ultrapassar os padrões da norma, e é calculado pela diferença, logarítmica, do som total (Ltot) que é o nível efetivamente medido, que incluirá o ruído ambiente e do empreendimento, subtraído do som residual (Lres), o ruído ambiente, o nível sonoro medido neste diagnóstico, pré-existente ao empreendimento. Fazendo o cálculo ao contrário, determina-se o máximo Som Total que poderá ocorrer na fase de obras ou operação do empreendimento, de forma que o Som Específico resultante não ultrapasse o respectivo padrão aplicável em cada ponto e período.

A Tabela 8.1-14 a seguir apresenta o padrão aplicável de ruído em cada ponto receptor, os resultados medidos durante a campanha prévia, nos dois períodos, e os valores máximos, calculados conforme a metodologia descrita na NBR 10.151/2019, que deverão servir como referência no futuro monitoramento, durante as fases de obras e operação.

Tabela 8.1-14 - Padrão aplicável de ruído nos pontos receptores

PONTO	NÍVEL DE RUÍDO (DB(A))					
	PADRÃO		MEDIDO PRÉVIO (LRES)		LIMITE FASE OBRAS/OPERAÇÃO (LTOT)	
	DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
1	40,0	35,0	42,4	33,1	44,4	37,2
2	40,0	35,0	45,9	38,6	46,9	40,2
3	40,0	35,0	42,7	35,4	44,6	38,2
4	40,0	35,0	43,9	31,5	45,4	36,6

PONTO	NÍVEL DE RUÍDO (DB(A))					
	PADRÃO		MEDIDO PRÉVIO (LRES)		LIMITE FASE OBRAS/OPERAÇÃO (LTOT)	
	DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
5	n.a.	n.a.	36,8	31,9	n.a.	n.a.
6	n.a.	n.a.	49,7	33,8	n.a.	n.a.
7	40,0	35,0	49,2	34,9	49,7	38,0
8	40,0	35,0	41,4	35,1	43,8	38,1
9	40,0	35,0	37,3	30,3	41,9	36,3
10	40,0	35,0	42,3	30,5	44,3	36,3
11	40,0	35,0	46,3	29,7	47,2	36,1
12	60,0	55,0	61,6	52,1	63,9	56,8

Elaboração: Murgel Engenharia, 2021.

Com relação às vibrações, também foram verificados picos perceptíveis em todos os pontos avaliados, mas em níveis sem o potencial de danos à saúde ou às edificações, o que também é um indicativo de que ocorrem, naturalmente, picos vibratórios acima do que os padrões normativos determinam como ideais.

8.1.3.4. Considerações Finais

Conforme apresentado o nível de pressão sonora residual - Lres nas localidades amostradas ultrapassam o limite de emissão sonora determinado pela NBR 10.151:2019, no período diurno, em 9, dos 10 pontos com receptores avaliados. Esse resultado aponta que já ocorre alteração dos padrões acústicos durante o período diurno. No período noturno, esta alteração foi registrada em três dos 10 pontos avaliados. Apesar dos registros de picos de vibrações, os níveis registrados não possuem potencial de danos à saúde ou às edificações.

Conforme apresentado anteriormente, a locação dos pontos de medição considerou a proximidade dos eventuais receptores com relação ao empreendimento. No Capítulo 3 – Caracterização do Empreendimento (Item 3.7 – Operações Unitárias de Controle Ambiental), as principais fontes de ruído durante a fase de implantação do empreendimento serão decorrentes das atividades construtivas, sendo as máquinas e equipamentos de grande porte os principais geradores de ruído, situação intrínseca, mas passível de controle.

O principal controle para a minimização dos ruídos neste período será a aplicação da manutenção preventiva e corretiva dos veículos e máquinas/equipamentos, evitando que

estes operem fora das especificações técnicas e favoreçam a geração de ruídos acima do estipulado pelo fabricante.

Já para a fase de operação, a principal fonte de ruído e vibração será representada pelas detonações por explosivos, movimentação de máquinas e veículos e operação dos equipamentos industriais.

A vibração no solo causada pela energia liberada na detonação de explosivos para o desmonte de rocha na área da mina tem origem na fração desta energia não absorvida na fragmentação dela. Assim, quanto mais eficiente for a operação de desmonte, menor a vibração transmitida ao solo.

Os principais controles visando à minimização de impactos negativos aos potenciais receptores serão estabelecidos pelo Plano de Fogo, o qual estabelecerá o adequado planejamento e execução das explosões. No PSQ esta atividade será desempenhada por empresa especializada e habilitada pelo exército, sendo designados como *blasters* para execução dessa atividade.

Para a questão de ruído, a principal medida para se atenuar o barulho provocado pela detonação será a utilização da amarração da carga a ser detonada, com acessórios de tubo de choque (linha silenciosa), que atenua o barulho da detonação em mais de 50% para um raio de 500 m do foco da detonação.

Com relação ao processo produtivo, praticamente todos os equipamentos do processo industrial emitirão ruídos. Os equipamentos serão selecionados para compra visando reduzir a emissão externa. O Quadro 8.1-7 abaixo lista com alguns tipos de equipamentos considerados no projeto e o nível de ruído informado pelos fabricantes.

Quadro 8.1-7 - Nível de ruído por tipo de equipamento

TIPO DE EQUIPAMENTO	RUÍDO
Bombas e Ventiladores	máx 85 dB a 1,0m da fonte
Sopradores de ar para Unidade de ácido sulfúrico	máx 84 dB a 1,0m da fonte e sem isolamento
Gerador da Unidade de cogeração	85 dBA
Britador	< 85 dB

Fonte: Fosnor, 2021

No capítulo 10 – Avaliação de Impactos Ambientais e no Capítulo 11 – Planos e Programas Ambientais são apresentadas informações mais detalhadas de eventuais impactos e das medidas de controle e monitoramento dos níveis de ruído e vibração.

8.1.4. Geomorfologia

8.1.4.1. Considerações Metodológicas

Os estudos geomorfológicos realizados na área de estudo do PSQ tiveram por objetivo caracterizar os tipos de relevos, considerando-se as características litológicas, estruturais e geotectônicas responsáveis pelos aspectos da morfoestrutura, e as características morfológicas responsáveis pela morfoescultura do relevo.

Os estudos foram realizados com base na compilação e análise de dados bibliográficos e cartográficos pré-existentes e estudos ambientais anteriores.

O Mapa Geomorfológico da AII foi elaborado com base no mapa geomorfológico produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019 na escala 1:250.000. O mapa hipsométrico e de declividade foram produzidos a partir Modelo Digital de Elevação (MDE) adquiridos da base de dados do projeto Topodata[1], um banco de dados geomorfométricos do Brasil elaborados e refinados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que disponibiliza o MDE e suas derivações em cobertura nacional com células de 30 metros de resolução, elaborados a partir dos dados do programa *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM,* da Agência Aeroespacial dos Estados Unidos - NASA.

Para a AID e ADA foi adotado o detalhamento das unidades de relevo proposta pela ARCADIS LOGOS (2014), cujos critérios utilizados correspondem a uma adaptação da proposta original de Ponçano et al. (1979).

Para caracterização da área de estudo também foram considerados os dados primários obtidos no levantamento topográfico georreferenciado atualizado em 2021 (AKISE, 2021) e inspeções técnicas ao longo das etapas de campo, realizadas em novembro de 2020 e junho de 2021 pela Tetra Mais.

8.1.4.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

A região de estudo se encontra inserida no domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos caracterizado por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas elaborados em terrenos dobrados e falhados, incluindo principalmente metamorfitos e granitóides associados (IBGE, 2009).

Na região destacam-se duas macrounidades geomorfológicas, correspondentes ao Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo) e à Depressão Sertaneja. Tais unidades são caracterizadas, geneticamente, por formas de relevo de degradação desenvolvidas sobre

1 http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php

rochas pré-cambrianas, com a ocorrência predominante de relevo de colinas e morrotes, nas áreas de depressão, e montanhoso nas áreas do planalto.

Os Maciços Residuais Sertanejos (IBGE, 2019) ou Planalto Sertanejo (RADAM, 1981) recobrem cerca de 25% da AII e se caracterizam por um conjunto de sistemas de relevos dissecados, de altitudes relativamente elevadas, variando entre máximos e mínimos de 650 m e 1.000 m.

Configuram-se como relevos residuais que se sobressaem na paisagem e normalmente associam-se a terrenos pré-cambrianos que apresentam intenso padrão de dobramento e falhamentos o que que se refletem no relevo através de alinhamentos de cristas de morros e morrotes.

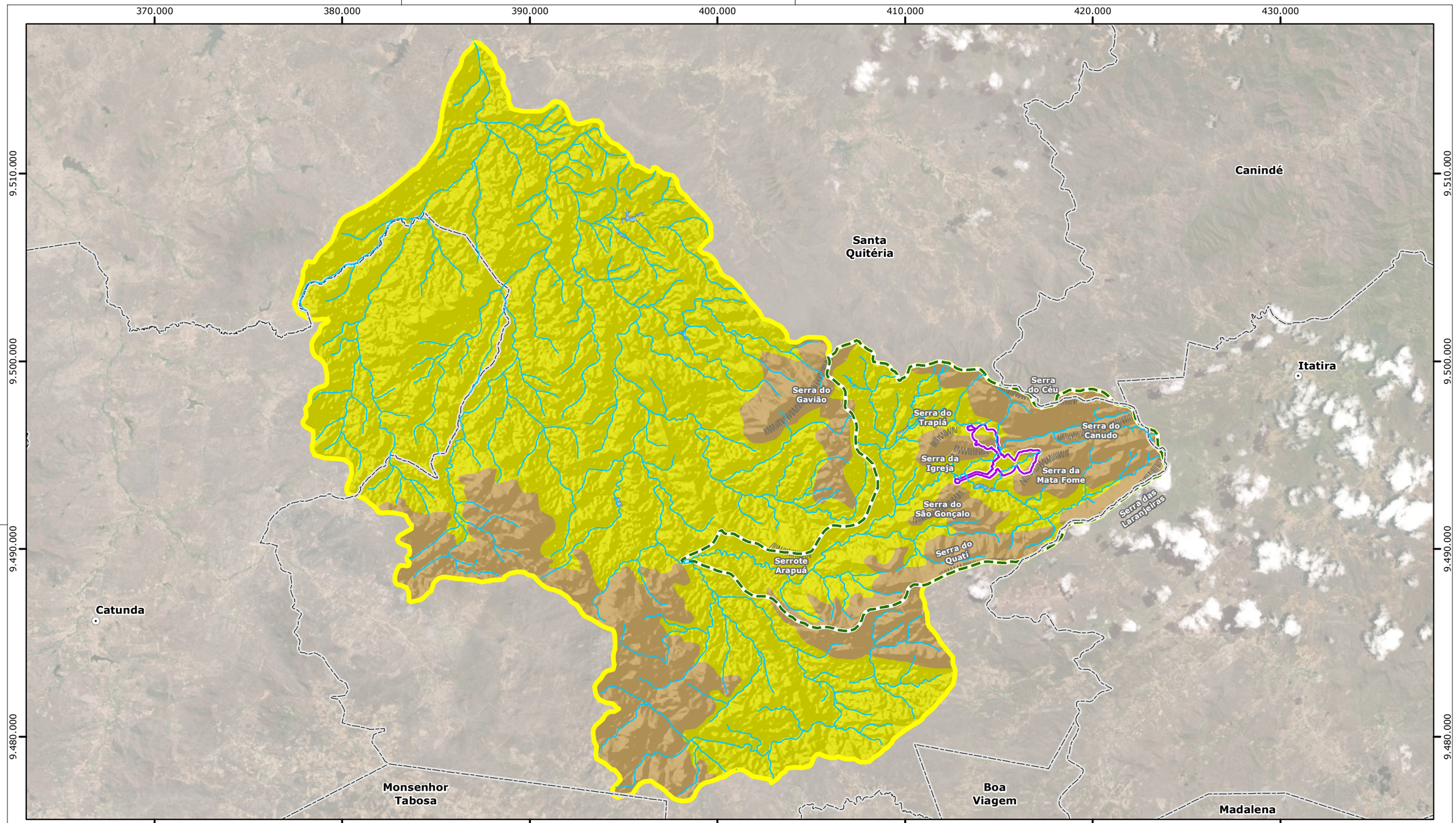
Na região de estudo correspondem a importantes acidentes topográficos, como a Serra do Céu, Serra das Cacimbas, Serra da Mata Fome, Serra das Laranjeiras e Serra Trapiá, que constituem grandes divisores de águas da região.

A Depressão Sertaneja é caracterizada por relevo relativamente plano com superfície dissecada, suavemente ondulada. Esta unidade ocupa cerca de 75% da AII e é representada por um pediplano desenvolvido sobre rochas pré-cambrianas expostas a um intenso processo erosivo associado à regressão de escarpas.

Em geral, apresenta relevo predominantemente constituído por colinas e morrotes rebaixados. Entretanto, destacam-se na paisagem algumas elevações de testemunhos reliquiares (inselbergs), que formam conjuntos de pequenos morros com altitudes entre 180 m e 650 m.

As feições de dissecação comumente observadas nessa unidade correspondem a formas convexas e tabulares com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem. As principais formas correspondem a relevos de topo convexo, limitados por vales em “V” ou, eventualmente, por vales apresentando fundo plano. As feições tabulares correspondem a relevos de topo plano separados, geralmente, por vales também apresentando fundo aplainado (RADAM, 1981).

O Mapa 8.1-4 apresenta as grandes unidades geomorfológicas que ocorrem na região de estudo.



Legenda

- Sede Municipal
- Serra
- Limite Municipal
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico
- Corpo d'água

Unidades Geomorfológicas

Cinturões Móveis Neoproterozóicos

- Depressão Sertaneja Setentrional
- Serra do Machado e das Matas

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Geomorfológico 1:250.000 (IBGE, 2019).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Geomorfológico da Área de Influência Indireta (AII)

Mapa	Escala	Localização	
8.1-4	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V03	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

Conforme apresentado no Mapa 8.1-5, o relevo associado a Depressão Sertaneja ocorre em todas as áreas da AII, com destaque para as porções central e leste. Tais áreas correspondem às regiões topograficamente rebaixadas da área de estudo, com altitudes variando entre 214,8 m e 578,9 m (Mapa 8.1-2). Dentro dos limites da AII, esta unidade é caracterizada por relevo pouco movimentado caracterizado por predominância de áreas planas a onduladas onde a declividade normalmente é inferior a 20% (Mapa 8.1-3).

Associado a essa unidade também ocorrem colinas e morrotes com morros esparsos, constituindo típicos inselbergs. Tais elevações apresentam declividades mais acentuadas, podendo exceder 75%, e constituem formas locais com cristas alinhadas, orientadas segundo as principais direções estruturais da área (preferencialmente NW-SE).

Na região de estudo, a Depressão Sertaneja se desenvolve, principalmente, sobre rochas de composição granítica pertencentes ao Complexo Tamboril/Santa Quitéria e, de maneira subordinada, aos metassedimentos do Grupo Itataia. A maior parte da área apresenta relevo com topos tabulares notando-se também a ocorrência de topo convexo e aguçado.

O Planalto Residual Sertanejo ocorre, principalmente, nas porções centro-leste e centro sul da AII. Dentro dos limites da AII esta unidade apresenta, predominantemente, relevo montanhoso, constituindo os terrenos mais altos e declivosos, com altitudes variando entre 326,3 m e 1.084,1 m (Mapa 8.1-2) e declividades normalmente superior a 20% (Mapa 8.1-6).

As áreas topograficamente mais elevadas, com amplitudes acima de 300 m, apresentam relevo tipicamente montanhoso, de topo pouco aplainado, vertentes íngremes e ravinadas, localmente desfeitas em anfiteatros.

De acordo com Alcântara e Silva (2003), a Serra do Céu, presente na porção noroeste da AII, com 1.085 m de altura, é o ponto culminante na região, sendo o segundo mais alto do estado do Ceará, constituindo o importante divisor de águas das Bacias dos rios Curú e Acaraú. Tal morfologia ocorre associada rochas metassedimentares paleoproterozóicas do Grupo Itataia e apresenta afinidades com relevo de “cuestas”, com mergulho suave para norte e escarpas íngremes, localmente verticalizadas.

370.000 380.000 390.000 400.000 410.000 420.000 430.000

9.510.000 9.500.000 9.490.000 9.480.000

Canindé
Santa Quitéria
Itatira
Catunda
Monsenhor Tabosa
Boa Viagem
Madalena

Serra do Gavião
Serra do Céu
Serra do Canudo
Serra do Trapiá
Serra da Igreja
Serra da Mata Fome
Serra do São Gonçalo
Serra das Laranjeiras
Serrote Arapuá
Serra do Quati

Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Altitude (metros)

- 214,8 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1000
- 1000 - 1084

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Hipsométrico da AII

Mapa	Escala	Localização	
8.1-5	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

370.000 380.000 390.000 400.000 410.000 420.000 430.000

9.510.000 9.500.000 9.490.000 9.480.000

Santa Quitéria
Canindé
Itatira
Catunda
Monsenhor Tabosa
Boa Viagem
Madalena

Serra do Gavião
Serra do Céu
Serra do Canudo
Serra do Trapiá
Serra da Igreja
Serra da Mata Fome
Serra do São Gonçalo
Serra das Laranjeiras
Serrote Arapuá
Serra do Quati

Legenda

- Limite Municipal
- Sede Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Declividade (graus)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- 30 - 45
- 45 - 62

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa de declividade da AII

Mapa	Escala	Localização	
8.1-6	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	03/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

8.1.4.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

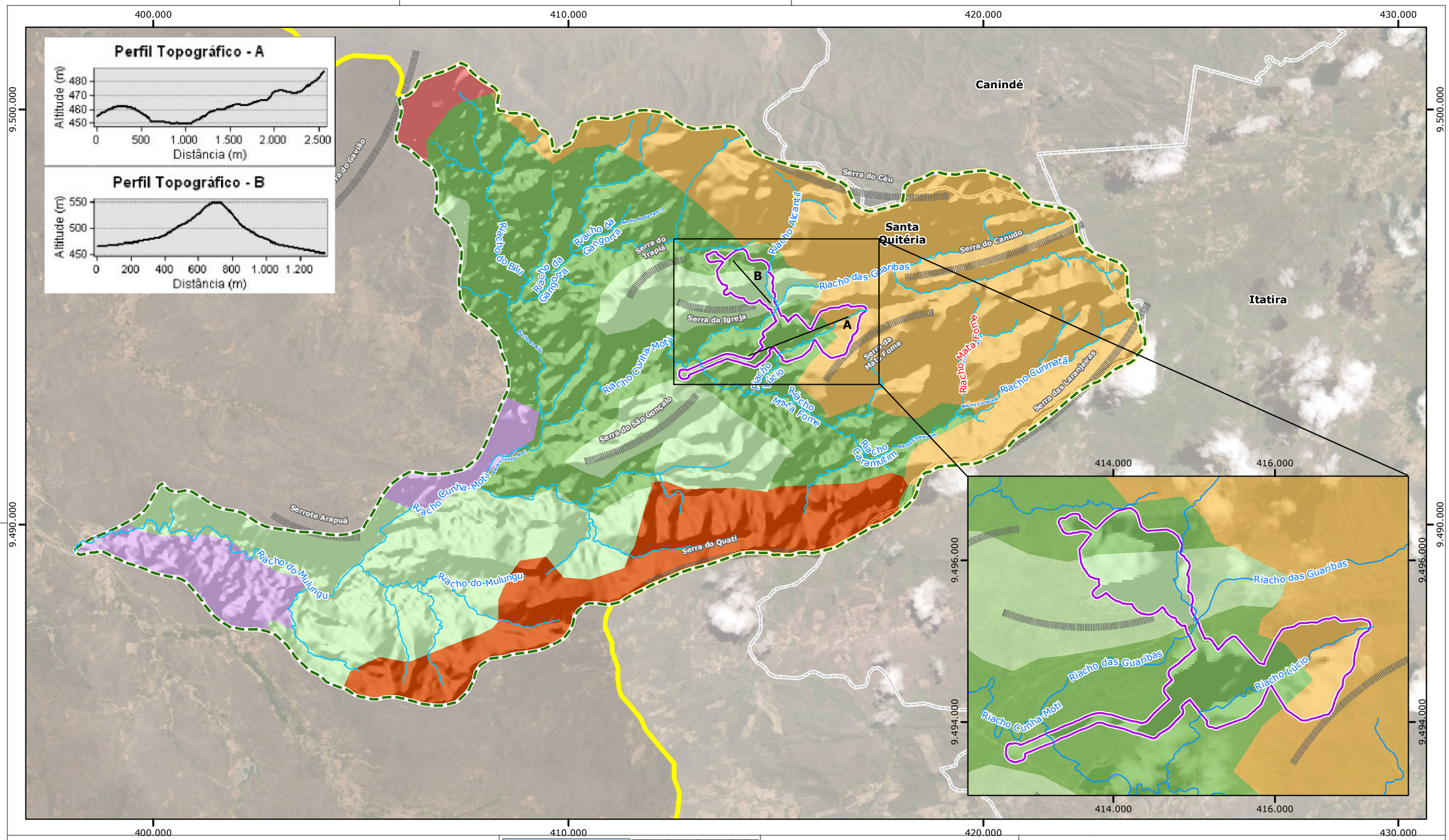
Conforme destacado anteriormente para a AID e ADA foi adotado o detalhamento das unidades de relevo proposta pela ARCADIS LOGOS (2014), cujos critérios utilizados correspondem a uma adaptação da proposta original de Ponçano et al. (1979). No Quadro 8.1-8 estão detalhados os domínios geomorfológicos e elementos de relevo adotados e no Mapa 8.1-7 é ilustrado a área de ocorrência e apresentados os perfis topográficos.

Quadro 8.1-8 - Domínios geomorfológicos e elementos de relevo da AID/ADA

A. Depressão Sertaneja	A.1. Relevo de Colinas e Morrotes: Padrão de drenagem subdendrítica a subparalela; altitudes entre 180 m e 400 m; declividade predominantemente inferior a 15°.	A.1.1. Relevo de colinas alongadas: Amplitude de até 100 m; declividade predominantemente inferior a 5°, com pontos dispersos e localizados com declividade entre 5° e 15°; comprimento de onda entre 2000 m e 6000 m; vertentes predominantemente retilíneas em níveis intermediários, próximo à rede de drenagens as vertentes tendem a ser côncavas e nos interflúvios convexas; a elongação média dos interflúvios é de 25%.
	A.2. Relevo de Morros e colinas: Padrão de drenagem subdentritica; altitudes entre 180 m e 600 m; declividade entre 5° e 45°.	A.2.1. Relevo de Morros Isolados: Amplitude acima de 100 m; declividade predominantemente entre 10° e 45°; comprimento de onda entre 1600 m e 7000 m; vertentes predominantemente côncavas próximo à rede de drenagens e convexas próximo aos interflúvios, com pequenas porções retilíneas em níveis intermediários; a elongação média dos interflúvios é de 25%.
		A.2.2. Relevo de Colinas: Amplitude de até 100 m; declividade de até 15°, comprimento de onda entre 1600 m e 7600 m; vertentes predominantemente retilíneas em níveis intermediários. Próximo à rede de drenagens, as vertentes tendem a ser côncavas e nos interflúvios convexas; a elongação média dos interflúvios é de 40%.
B. Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Residual Sertanejo)	B.1. Relevo de Morros e Montanhas Baixas: Padrão de drenagem subdendrítica; altitudes entre 500 m a 850 m; declividade de até 45°.	B.1.1. Relevo de Morros: Amplitude de até 300 m; declividade de até 30°; comprimento de onda entre 3000 m e 8000 m; vertentes predominantemente côncavas próximo à rede de drenagens e convexas e retilíneas próximo aos interflúvios; a elongação média dos interflúvios é de 45%, com padrão alongado.
		B.1.2. Relevo de Montanhas Baixas: Amplitude acima de 300 m; declividade entre 15° e 30°; comprimento de onda entre 3000 m e 5000 m; vertentes predominantemente côncavas próximo à rede de drenagens e convexas

		próximo aos interflúvios; a elongação média dos interflúvios é de 50%.
	B.2. Relevo de Montanhas e Serras alongadas: Padrão de drenagem subdendrítica e retangular; altitudes entre 400 m e 1083 m; declividade de até 58°.	B.2.2. Relevo de Serras alongadas: Amplitude acima de 300 m; declividade predominantemente entre 15° e 45°; comprimento de onda entre 3000 m e 7000 m; vertentes predominantemente côncavas próximo à rede de drenagens e convexas próximo aos interflúvios; a elongação média dos interflúvios é de 45%.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014. Adaptado por: Tetra Mais, 2021



Legenda

- Serra
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico

Elementos do Relevo

Depressão Sertaneja

- A.1.1 - Relevo de colinas e morrotes com predomínio de colinas alongadas
- A.2.1 - Relevo de morros e colinas com predomínio de morros isolados
- A.2.2 - Relevo de morros e colinas com predomínio de colinas

Planalto Residual Sertanejo

- B.2.2 - Relevo de montanhas e serras alongadas com predomínio de serras alongadas
- B.1.2 - Relevo de morros e montanhas baixas com predomínio de montanhas baixas
- B.1.1 - Relevo de morros e montanhas baixas com predomínio de morros montanhas baixas

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Elementos do Relevo (BDG Arcadis Logos, 2013).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Geomorfológico da AID/ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-7	1:90.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

Conforme apresentado no Mapa 8.1-7, assim como a AII, a AID e ADA estão inseridas em duas unidades de relevo regionais, designadas Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Residual Sertanejo) e Depressão Sertaneja.

A Depressão Sertaneja ocorre na maior parte da AID/ADA e caracteriza-se pela presença de unidades de relevo ligadas a Colinas e Morrotes (A.1) e de Morros e Colinas (A.2). Em linhas gerais, a Depressão Sertaneja é constituída por formas de relevo de degradação em planaltos dissecados, associada à ocorrência de rochas gnáissicas da Formação Barrigas e litotipos calciossilicáticos pertencentes à Formação Alcantil. Tais unidades geológicas se encontram intensamente deformadas e ocorrem intercaladas, formando corpos lenticulares alongados segundo a estruturação regional. Planícies aluviais formadas por sedimentos quaternários inconsolidados ocorrem junto às principais drenagens da região central da área, como o riacho Cunha-Moti, no qual predominam terrenos baixos topograficamente aplainados (Figura 8.1-51 e Figura 8.1-54).

O relevo de Colinas e Morrotes (A.1) ocupam a porção sudoeste e pequena área da borda centro oeste da AID, sendo representada pela microunidade de Relevo de colinas e morrotes com predomínio de colinas alongadas (A.1.1). Esta compartimentação geomorfológica é caracterizada pela predominância de formas de topo arredondado com perfis predominantemente retilíneos nas porções intermediárias, côncavos próximos às drenagens e convexos nos interflúvios. De modo geral, a rede de drenagem apresenta densidade baixa, com padrão subdendrítico. O relevo se caracteriza por declividades abaixo de 5°, podendo atingir 14° nas encostas de algumas colinas (Mapa 8.1-9). As altitudes máximas podem atingir 423 m, ao passo que as áreas mais rebaixadas, próximas ao riacho Cunha-Moti, apresentam altitude entre 319 m e 380 m (Mapa 8.1-8). As amplitudes predominantes observadas nesta compartimentação apresentam valores inferiores a 100 m. Dentro dos limites da área, esta compartimentação do relevo está relacionada às rochas gnáissicas da Formação Barrigas e aos migmatitos do Complexo Tamboril.

O relevo de Morros e Colinas (A.2) se distribui pela porção centro sul e norte da AID e é representado por duas microunidades: Relevo de morros e colinas com predomínio de morros isolados (A.2.1) e Relevo de morros e colinas com predomínio de colinas (A.2.2).

A microunidade de relevo de morros e colinas com predomínio de morros isolados (A.2.1) (caracteriza-se pela presença de elevações topográficas solitárias com amplitudes entre 100 m e 300 m. Os morros, em geral, apresentam topos arredondados com perfis côncavos próximo às drenagens, convexos nos interflúvios e vertentes retilíneas nas porções intermediárias. De modo geral, a rede de drenagem apresenta densidade relativamente baixa, com padrão subdendrítico. O relevo se caracteriza por declividades entre 5° e 15°,

podendo atingir 30° nas encostas dos morros isolados. As declividades abaixo de 15° comumente estão restritas aos topos de alguns morros e à planície do riacho Cunha-Moti encontra-se desenvolvida sobre rochas metassedimentares do Grupo Itataia, especificamente sobre os litotipos gnáissicos pertencentes à Formação Barrigas e calciossilicáticas da Formação Alcantil. Nesta unidade destaca-se o Serrote da Igreja, na qual se encontra a Jazida Itataia (Figura 8.1-49 e Figura 8.1-53).

A microunidade de relevo de morros e colinas com predomínio de colinas (A.2.2) é caracterizada por um relevo relativamente plano, predominantemente constituído por colinas baixas, com interflúvios sem orientação preferencial e topos arredondados. Os perfis das vertentes apresentam forma côncava próximo às drenagens e convexa nos interflúvios, nos quais as porções intermediárias tendem a ser retilíneas, com declividades normalmente inferiores a 5°. De modo geral, pode-se afirmar que a rede de drenagem apresenta densidade média a alta, com padrão subdendrítico. Esta compartimentação do relevo se caracteriza por declividades predominantemente inferiores a 5°, podendo, pontualmente, atingir 10° nas encostas das colinas topograficamente mais elevadas (Mapa 8.1-9).

Os Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Residual Sertanejo) ocorrem nas bordas leste e norte da AID e caracteriza-se pelo Relevo de Morros e Montanhas Baixas (B.1) e pelo Relevo de Montanhas e Serras alongadas (B.2).

O Relevo de Morros e Montanhas Baixas (B.1) se concentra na borda leste e no extremo noroeste da AID e é representado por duas microunidades: morros e montanhas baixas com predomínio de morros (B.1.1) e morros e montanhas baixas com predomínio de montanhas baixas (B.1.2).

A microunidade de morros e montanhas baixas com predomínio de morros (B.1.1) se caracteriza por apresentar predomínio de declividades entre 15° e 25°, podendo localmente atingir 30°. As declividades com valores acima de 15° ocorrem de forma restrita às vertentes dos morros (Mapa 8.1-9). As altitudes máximas podem atingir 730 m, enquanto no vale do riacho Cunha-Moti, as altitudes oscilam entre 350 m e 400 m (Mapa 8.1-8). A Serra do Quati compõe a principal elevação topográfica deste compartimento geomorfológico. Esta serra ocorre, de maneira geral, condicionada à estruturação geológica regional, apresentando direção preferencial ENE-WSW. Os quartzitos da Formação Laranjeiras perfazem as encostas destas serras, enquanto suas cristas são constituídas por gnaisses migmatizados da Formação Serra do Céu. O vale do rio Cunha-Moti foi entalhado em rochas calciossilicáticas e mármores da Formação Alcantil.

A microunidade de morros e montanhas baixas com predomínio de montanhas baixas (B.1.2) caracteriza-se pelo relevo de degradação formado por montanhas baixas de

amplitude acima de 300m e declividades máximas de 30º. Nesta área, as serras com amplitudes acima de 300 m apresentam, em geral, cristas alongadas com topos pouco aplainados, perfis côncavos próximos às drenagens e convexos nos interflúvios, sendo que as altitudes máximas podem atingir 760 m (Mapa 8.1-8). As Serras do Gavião e das Cacimbas compõem as principais elevações topográficas deste compartimento geomorfológico. Os quartzitos da Formação Laranjeiras perfazem as cristas destas serras, ao passo que suas encostas são constituídas por gnaisses migmatizados da Formação Serra do Céu e da Formação Barrigas.

O Relevo de Montanhas e Serras alongadas (B.2) ocorre na porção norte da AID e na porção nordeste da ADA. É representado pela microunidade das montanhas e serras alongadas com predomínio de serras alongadas (B.2.2), caracterizada pelo relevo de degradação com serras com amplitudes acima de 300 m, que apresentam cristas alongadas com topos pouco aplainados, perfis côncavos próximos às drenagens e convexos nos interflúvios. A declividade varia entre 15° e 35°, e pontualmente até 47° (Mapa 8.1-6). As declividades abaixo de 15° estão restritas aos topos de alguns morros e à base das encostas (Mapa 8.1-6). As altitudes máximas podem atingir 1.085 m (Mapa 8.1-5), enquanto no vale do riacho das Guaribas, a principal drenagem deste compartimento de relevo, as altitudes oscilam em torno de 440 m a 500 m e estão associadas a amplitudes médias de 500 m. A Serra do Céu (Figura 8.1-48, Figura 8.1-50, Figura 8.1-51 e Figura 8.1-52), Serra da Mata Fome (Figura 8.1-46 e Figura 8.1-47) e Serra das Laranjeiras, que compõem as principais elevações topográficas deste compartimento geomorfológico, estão condicionadas à estruturação geológica regional, apresentando direção preferencial NE-SW. Os quartzitos da Formação Laranjeiras perfazem as cristas destas serras, ao passo que suas encostas são constituídas por gnaisses migmatizados da Formação Serra do Céu e da Formação Barrigas. Os vales dos principais rios e riachos dessa região foram entalhados em rochas calciossilicáticas e mármores da Formação Alcantil.

Os Mapa 8.1-8 e o Mapa 8.1-9 apresentam a hipsometria e declividade da AID e ADA.

400.000 410.000 420.000

9.500.000

9.490.000

Santa Quitéria

Canindé

Itatira

Serra do Gavião

Serra do Céu

Serra do Trapiá

Serra da Igreja

Serra do Canudo

Serra da Mata Fome

Serra das Laranjeiras

Serra do São Gonçalo

Serrote Arapuá

Serra do Quati

Legenda

- Limite Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Altitude (metros)

- 214,8 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1000
- 1000 - 1084

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Hipsométrico AID/ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-8	1:80.301	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	03/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Santa Quitéria
Canindé
Monsenhor Tabosa
Boa Viagem
Madalena

Serra do Gavião
Serra do Céu
Serra do Trapiá
Serra da Igreja
Serra do Canudo
Serra da Mata Fome
Serra das Laranjeiras
Serra do São Gonçalo
Serrote Arapuá
Serra do Quati

Legenda

- Limite Municipal
- Sede Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Declividade (graus)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- 30 - 45
- 45 - 62

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Declividade AID/ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-9	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	03/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

Conforme apresentado no Mapa 8.1-8, as características do relevo variam consideravelmente dentro dos limites da área de estudo, apresentando altitudes entre 320 m e 1.075 m, e declividades oscilando entre 0° e 47° (Mapa 8.1-9). As cotas e declividades mais altas ocorrem na região nordeste da área e correspondem às serras do Céu, da Mata Fome e das Laranjeiras, ao passo que as cotas e declividades mais baixas ocorrem na região sudoeste da área, acompanhando a planície do riacho Cunha-Moti.

Dentro dos limites estipulados para a AID, a quebra no relevo entre o planalto e a depressão é marcada pela transição entre as duas unidades de relevo regionais em direção à Bacia do rio Groaíras, a oeste da AID. Sedimentos recentes e inconsolidados compõem a planície aluvial do riacho Cunha-Moti e do riacho Caramutim, nos quais predominam terrenos baixos e aplainados.

A ADA é caracterizada por relevo de degradação associado às ocorrências gnáissicas da Formação Barrigas e calciossilicáticas da Formação Alcantil. Nesta área predomina relevo de dissecação constituído por morros e serras restritas isoladas em meio ao relevo plano da Depressão Sertaneja. As elevações mais significativas exibem um controle estrutural regional de direção predominantemente NE-SW, resultante da variação litológica presente nas zonas de charneiras de dobramentos associados a falhas de empurrão.

Conforme já mencionado, o Serrote da Igreja é umas das feições geomorfológicas de maior relevância da área, pois é onde se localiza a Jazida de Itataia. Esta elevação corresponde a uma forma de relevo isolada (inselberg), com amplitude pouco superior a 100 m e declividade entre 10 e 20º. Sua morfologia apresenta interflúvios côncavos e encostas convexas, com baixa densidade de drenagem apresentando padrão subdendrítico.

O vale do riacho das Guaribas, importante curso d´água intermitente localizado na base da Serra do Céu, conforma um vale encaixado delimitado por encostas íngremes, com declividades entre 20º e 30º e altitude variando de 470 m a 580 m.

Nas adjacências da margem esquerda do rio Groaíras ocorre à unidade de relevo dissecado relativamente plano da Depressão Sertaneja, na qual predominam colinas e morrotes baixos. Nesta área, o relevo apresenta amplitudes menores que 100 m (comumente abaixo de 20 m) e declividades predominantemente inferiores a 5º, localmente atingindo 10º.

Quanto a favorabilidade a inundações, a AID e a ADA, não são favoráveis a eventos de cheia, frente aos baixos índices pluviométricos do clima semiárido da região, e nos casos de ocorrência de alta densidade de precipitações pluviométricas, os corpos hídricos ficam restritos aos canais de drenagem bem definidos e escavados no relevo de morros e serras,

configurando redes de drenagem encaixadas em planos de fraquezas decorrentes das estruturas resultantes dos processos reológicos da rocha, em fundos de vales escavados pela própria ação intempérica dos escoamentos superficiais.

A Figura 8.1-45, a seguir, apresenta três perfis topográficos da área, cujas localizações se encontram no Mapa Geomorfológico da AID e ADA (Mapa 8.1-7).

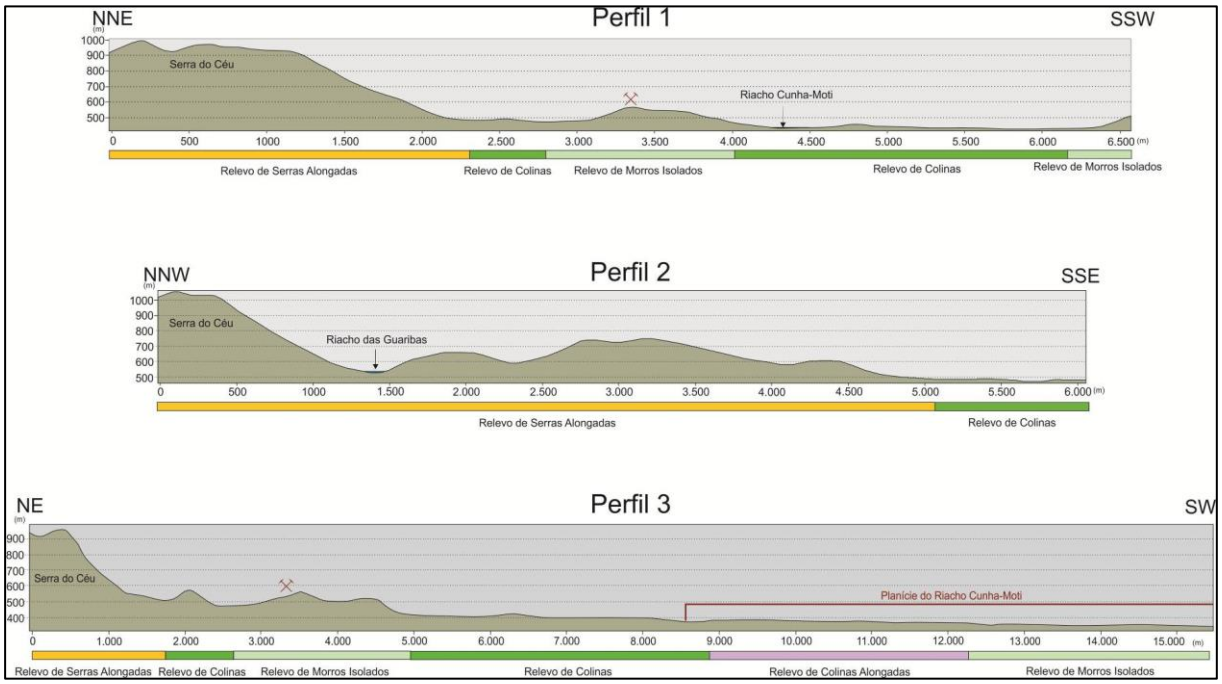


Figura 8.1-45 - Perfis topográficos da ADA.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

A análise das seções Figura 8.1-45 demonstra a predominância de relevo montanhoso na região nordeste, com altas declividades e amplitudes, e relevo aplainado nas regiões sul e sudoeste da área, com baixas declividades e amplitudes.

As figuras a seguir ilustram as características geomorfológicas observadas nas áreas de influência do empreendimento.

Figura 8.1-46 - Vista do açude Quixaba à esquerda e Depressão Sertaneja em primeiro plano, exibindo ao fundo a Serra da Mata Fome, Planalto Residual Sertanejo

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-47 - Detalhe da Serra da Mata Fome ao fundo, com formato alongado e topo pouco aplainado. Relevo aplainado da Depressão Sertaneja em primeiro plano

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-48 - Vista para norte, exibindo colinas e serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu ao fundo

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-49 - Detalhe da porção centro-sul da AID, com vista para NW, exibindo ao fundo o Serrote da Igreja, pertencente à unidade de morros isolados da Depressão Sertaneja

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-50 - Vista para norte, evidenciando serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu do Planalto Residual Sertanejo ao fundo

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-51 - Vista para norte da Serra do Céu, que delimita a porção norte da AID

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-52 - Detalhe da porção topograficamente mais elevada da Serra do Céu

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-53 - Foto a partir do Serrote da Igreja, com vista para sul, exibindo ao fundo morros isolados da Depressão Sertaneja

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Figura 8.1-54 – Foto a partir do Serrote da Igreja com vista para noroeste exibindo, em primeiro plano, a Depressão Sertaneja. As elevações ao fundo correspondem ao Planalto Residual Sertanejo, sendo que à direita se encontra a extremidade NW da AID e à esquerda as elevações externas ao limite da AID.

8.1.4.4. Considerações Finais

A área de estudo (AII, AID e ADA) está inserida no domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos caracterizado por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas, onde se destacam duas macrounidades geomorfológicas. Os Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo) representados por relevo montanhoso na região nordeste; e à Depressão Sertaneja representada por relevo aplainado nas regiões sul e sudoeste da área.

Os Maciços Residuais Sertanejos como a Serra do Céu, Serra das Cacimbas, Serra da Mata Fome, Serra das Laranjeiras e Serra Trapiá constituem grandes divisores de águas da região, que representam barreiras naturais de proteção ambiental.

As elevações mais significativas exibem um controle estrutural regional de direção predominantemente NE-SW, resultante da variação litológica presente nas zonas de charneiras de dobramentos associados a falhas de empurrão.

A Depressão Sertaneja ocupa cerca de 75% da área de estudo (AII) e é caracterizada por relevo relativamente plano com superfície dissecada, suavemente ondulada. A Jazida de Itataia está localizada no Serrote da Igreja. Esta elevação corresponde a uma forma de relevo isolada (inselberg), com amplitude pouco superior a 100 m e declividade entre 10 e 20º. Sua morfologia apresenta interflúvios côncavos e encostas convexas, com baixa densidade de drenagem.

O vale do riacho das Guaribas, importante curso d´água intermitente localizado na base da Serra do Céu, conforma um vale encaixado delimitado por encostas íngremes, com declividades entre 20º e 30º e altitude variando de 470 m a 580 m.

Nas adjacências da margem esquerda do rio Groaíras ocorre à unidade de relevo dissecado relativamente plano da Depressão Sertaneja, na qual predominam colinas e morrotes baixos. Nesta área, o relevo apresenta amplitudes menores que 100 m (comumente abaixo de 20 m) e declividades predominantemente inferiores a 5º, localmente atingindo 10º.

A AID e a ADA, não são favoráveis a eventos de cheia, frente aos baixos índices pluviométricos do clima semiárido da região. Nos casos de ocorrência de alta densidade de precipitações pluviométricas, os corpos hídricos ficam restritos aos canais de drenagem bem definidos e escavados no relevo de morros e serras. A rede de drenagem é encaixada em planos de fraquezas decorrentes das estruturas resultantes dos processos reológicos da rocha, formando fundos de vales escavados pela própria ação intempérica dos escoamentos superficiais.

8.1.5. Pedologia

8.1.5.1. Considerações Metodológicas

A caracterização pedológica da AII foi realizada a partir da compilação de dados secundários provenientes de mapeamentos regionais pré-existentes (IBGE, 2019), além dos dados de levantamentos realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). Esses levantamentos foram complementados e atualizados com dados primários obtidos em uma campanha de campo realizada nas áreas de influência do empreendimento em junho de 2021 e uma campanha de coleta de solo realizada em fevereiro de 2021.

As descrições das classes de solo foram realizadas com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

A caracterização considerou as descrições em campo de perfis de solo em taludes de corte das estradas, nos emboques das galerias de prospecção existentes sob a jazida, em antigas trincheiras abertas em vários pontos da área, em escavações associadas com a retirada de material de empréstimo, além de, pequenas escavações manuais executadas em encostas naturais, e da perfuração de sondagens rasas e ensaios de infiltração no solo superficial.

Os Valores de Referência de Qualidade (VRQs) adotados para o solo, se referem aos apresentados na Resolução CONAMA n°420/2009, a qual estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Referências Metodológicas dos ensaios analíticos para os solos são:

- VOC: Determinação: EPA 8260 D: 2018 / Preparo: EPA 5021 A: 2014;
- Porcentagem de Sólidos e Cinzas: SMWW, 23ª Edição, 2017 - Método 2540 G;
- SVOC: Determinação: EPA 8270 E-1:2018, POP PA 076/ Preparo: EPA 3550 C:2007;
- Mercúrio: Determinação: EPA 245.7: 2005 / Preparo: EPA 3051 A:2007;
- Metais (ICP-OES): Determinação: EPA 6010 D-1: 2018 / Preparo: EPA 3051 A: 2007;
- Ânions: EPA 300.0: 1993.

Para obter informações específicas da ADA sobre a velocidade de fluxo de água subterrânea, foram realizados 04 ensaios de rebaixamento (carga) em furo da sondagem em 02/06/2021, conforme preconizado pela ABGE (1996).

Para aplicação do método foram executadas as seguintes etapas:

- Preenchimento do furo de sondagem com água até a boca;
- Manutenção do nível d'água (n.a.) constante por 10 minutos, para saturação[2];
- Medição do volume de água introduzido;
- Interrupção do fornecimento de água, e início da contagem (instante zero);
- Medição do rebaixamento do n.a. em intervalos mais curtos no início;
- Aumento do intervalo de tempo das medições de n.a.;
- Conclusão do ensaio com rebaixamento de 20% em relação a carga inicial, ou em 30 minutos de ensaio.

A análise da fragilidade dos solos aos processos erosivos foi realizada com base nas avaliações realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), com base na modelagem matemática-computacional balizada pela Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS). A EUPS representa o modelo de erosão empírica resultante da compilação de dados experimentais, segundo o modelo original de Wischmeier & Smith (1978):

$$A = R \,.\, K \,.\, LS \,.\, C \,.\, P,$$

Onde,

- **A** é a perda anual média de solo (t/ha.ano);
- **R** é o fator erosividade da chuva, disponível para cada município (Mj.mm/ha.h.ano);
- **K** é o fator erodibilidade do solo (t.h/Mj.mm);
- **LS** é o fator relevo, considerando-se valores de declividade e comprimento das rampas (adimensional);
- **C** é o fator de uso do solo (adimensional); e
- **P** é o fator prática conservacionista (adimensional), sendo os dois últimos relacionados às formas de ocupação e uso do solo (ação antrópica).

A erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade de causar erosão em uma área sem proteção. Conforme apontado nos estudos apresentados em ARCADIS LOGOS, 2014, o fator erosividade (R) adotado foi determinado pelo software "Erosividade Brasil 1° versão" (SILVA, 2006), desenvolvido pelos departamentos de Engenharia Ambiental e de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Sorocaba. O software fornece índices de erosividade por município, a partir de um sistema de consulta a banco de dados obtidos através de cálculos de erosividade para o território brasileiro com base em diferentes equações. Os dados de chuvas utilizados

2 (*) em ensaios acima do nível d'água, na zona vadosa, é necessário saturar o solo com água por 10 minutos.

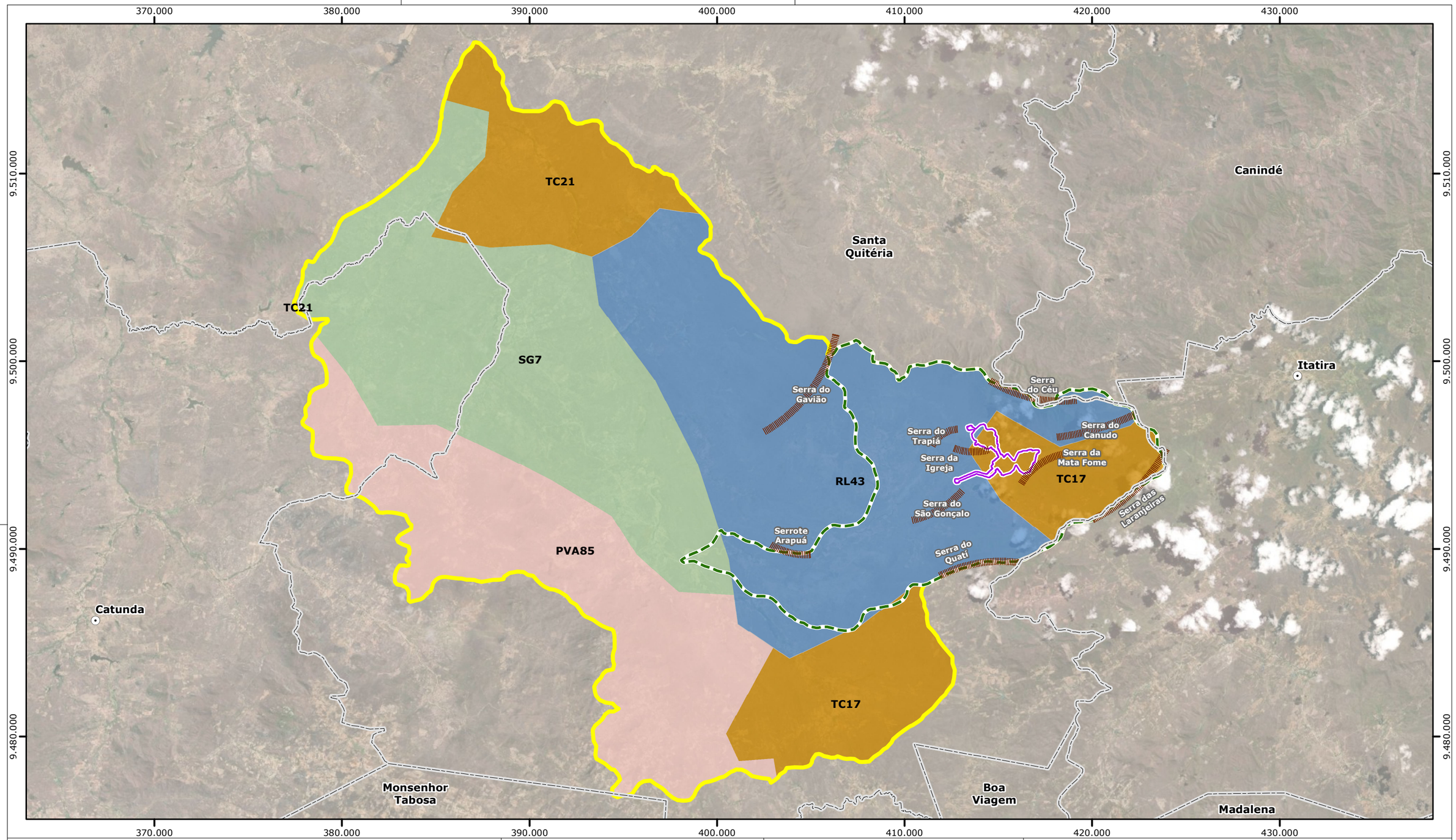
possuem diversas fontes, tais como o sistema Hidroweb e da Rede Nacional de Agrometeorologia, entre outros.

A erodibilidade do solo é definida como a quantidade de material que é removida por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes. O fator erodibilidade (K) foi obtido a partir da proporção relativa das frações granulométricas e do teor de matéria orgânica que formam o solo. O cálculo de erodibilidade do solo contou com auxílio do software livre "Erodibilidade", baseado no método de Mitchell & Bubenzer (1980).

8.1.5.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

De acordo com o mapeamento pedológico realizado pelo IBGE no âmbito do programa de Mapeamento de Recurso Naturais (MRN), na AII do empreendimento predominam cinco ordens principais de solo, a saber: Luvissolos Crômicos, Planossolos Háplico, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho e Chernossolo Rêndzico.

O Mapa 8.1-10, a seguir, apresenta as ordens principais de solo que ocorrem na região de estudo.



Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- Serra
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Solos

- PVA - Argilossolo Vermelho-Amarelo
- RL - Neossolo Litólico
- SG - Planossolo Hidromórfico
- TC - Luvissolo Crômico

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Reconhecimento de solos do Estado do Ceará 1:600.000 (Sudene, 1973).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Pedológico da AII

Mapa	Escala	Localização	
8.1-10	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	29/10/2021	Jéssica Costa	Elcion Terron

8.1.5.2.1. Planossolo Háplico

A classe dos Planossolos Háplicos ocorre, majoritariamente, na porção central e oeste da AII, associados ao relevo rebaixado da Depressão Sertaneja e as rochas do Complexo Tamboril- Santa Quitéria. Essa classe de solo totaliza uma área de cerca de 270 km^2 (30,1%).

Os Planossolos caracterizam-se como solos minerais pouco profundos com horizonte B plânico imediatamente subjacente ao horizonte A e/ou E. O horizonte B plânico apresenta-se adensado e exibe estruturas primáticas, colunares ou em blocos angulares e subangulares muito grandes a médios, e às vezes maciça, podendo apresentar elevado teor de argila dispersa em água, o que favorece a restrição à percolação de água e formação, por vezes, de lençol de água suspenso em períodos chuvosos (OLIVEIRA, 2011; EMBRAPA, 2013).

A ordem dos Planossolos é dividida em duas subordens: os Planossolos Nátricos e Planossolos Háplicos. Os Planossolos Nátricos apresentam horizonte B plânico com caráter sódico (PST ≥ 15%) imediatamente abaixo de um horizonte A ou E ou dentro de 120 cm a partir da superfície, desde que na parte superior do horizonte B tenha a soma de Mg +Na trocável seja maior que Ca + H, enquanto os Háplicos são aqueles que não se enquadram nos requisitos anteriores (EMBRAPA, 2013). Na região de estudo ocorre na forma de Planossolo Háplicos eutróficos, indicando saturação por bases ≥ 50% na maior parte do horizonte B.

A mudança textural abrupta, a pouca profundidade, assim como a presença de NA+ e baixos teores de matéria orgânica condicionam a alta susceptibilidade à erosão desse tipo de solo.

8.1.5.2.2. Luvissolo Crômico

Os Luvissolos Crômicos ocorrem, principalmente, na porção leste da AII, notando-se também fragmentos na porção norte e oeste, abarcando uma área total de cerca de 270,3 Km2 (cerca de 30,2%). Na porção oeste da região de estudo, os Luvissolos Crômicos estão associados a relevo topograficamente aplainado pertencente à Depressão Sertaneja. Esta unidade se desenvolve sobre litotipos pertencentes ao Complexo Tamboril Santa Quitéria, constituídos, predominantemente, por migmatitos entrecortados por intrusões graníticas.

Na porção norte e leste a ordem dos Luvissolos Crômicos também ocorre em relevo associado a Depressão Sertaneja, porém parte deste se encontra subordinadamente desenvolvida sobre rochas do Complexo Ceará.

Os Luvissolos Crômicos caracterizam-se por solos minerais não hidromórficos, definidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018) pela presença de horizonte B textural (Bt) com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte

B (inclusive BA), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (exceto A chernozêmico) ou sob horizonte E.

Em geral o horizonte B textural apresenta cores vivas (em matizes avermelhadas ou cromadas) e o horizonte A se apresenta fraco a moderado. Compõe perfis pouco profundos (60 cm a 120 cm), com clara distinção entre os horizontes A e B, marcada por contraste de textura ou cor. São solos moderadamente ácidos a alcalinos, que podem ou não apresentar pedregosidade em sua porção superficial e comumente apresentam estrutura em blocos ou prismática. Na região de estudo apresentam caráter órtico.

8.1.5.2.3. Neossolo Litólico

Os Neossolos Litólicos (Mapa 8.1-11) abarcam cerca de 197,5 Km^2 (22%) e ocorrem, predominantemente, nas porções centro norte e leste da AII, a leste da Falha de Groaíras. Localmente na porção oeste também é observado a ocorrência desta classe de solo.

Na porção leste da região de estudo, os Neossolos Litólicos estão associados a relevo dissecado dos Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo) pertencentes a Serra do Céu, Serra das Cacimbas, Serra da Mata Fome, Serra das Laranjeiras e Serra Trapiá.

Na porção norte e leste relaciona associados a Depressão Sertaneja onde apesar de predominar relevo plano com colinas e morrotes rebaixados, destacam-se na paisagem algumas elevações de testemunhos reliquiares (inselbergs), que formam conjuntos de pequenos morros

São solos minerais, pouco evoluídos, formados acima do substrato rochoso, do qual podem guardar características mineralógicas e estruturais. Em geral são solos que não apresentam horizontes bem desenvolvidos (B diagnóstico) e sua espessura é reduzida (menos de cm), estando associados normalmente a relevos mais declivosos.

Na região de estudo, o atributo eutrófico, indica a ocorrência de solos com saturação por bases ≥ 50%, o que caracteriza solos de alta fertilidade. No entanto as condições de relevo e a pouca profundidade limitam o seu uso.

8.1.5.2.4. Argissolo Vermelho

Os Argissolos Vermelho incidem, unicamente, na porção sul da AII, relacionados às áreas topograficamente elevadas dos Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo), que constituem as cabeceiras dos principais cursos d´água que drenam para o norte da área de influência. Estas áreas de relevo medianamente movimentado encontram-se desenvolvidas

sobre rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Os Argissolos Vermelho perfazem cerca 161,3 Km^2 da AII, os quais correspondem a 17% da sua área total.

Caracterizam-se como solos minerais, com horizonte B textural, medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com nítida diferenciação entre os horizontes, sobretudo no que diz respeito a textura, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial.

Apresentam cores com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Na região de estudo, o atributo eutrófico, indica a ocorrência de solos com saturação por bases ≥ 50%, o que caracteriza solos de alta fertilidade.

A relação textural presente nestes solos, com acúmulo de argila em profundidade, implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais, o que aumenta a sua susceptibilidade a erosão.

8.1.5.2.5. Chernossolo Rêndzico

Os Chernossolos Rêndzicos ocorrem pontualmente na área de estudo, e associa-se ao relevo movimentado do Serrote da Igreja, onde se encontra a Jazida Itataia.

Carcateriza-se como solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte A chernozêmico e alta saturação por bases, teores elevados de carbono orgânico e de carbonato de cálcio acima de um horizonte B textural.

Com relação às características físicas, variam de solos pouco profundos a profundos, podendo apresentar suscetibilidade aos processos erosivos sobretudo em áreas de relevo movimentado.

De acordo com as informações da Embrapa (SIBCS 2018), os Chernossolos Rêndzicos apresentam horizonte cálcico, petrocálcico ou caráter carbonático coincidindo com horizonte A chernozêmico e/ou com horizonte C, admitindo-se, entre os dois, horizonte Bi com espessura < 10 cm. Podem apresentar também contato lítico desde que o horizonte A chernozêmico contenha 150 g kg^{-1} de solo ou mais de carbonato de cálcio equivalente.

Na região de estudo apresentam caráter órtico o que indica que não apresentam restrição ao uso e manejo.

8.1.5.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Devido às particularidades climáticas da região, os processos pedogenéticos na AID podem ser classificados como praticamente incipientes. As significativas oscilações térmicas, principalmente as ocorridas ao longo do dia, contribuem para a ação de processos intempéricos físicos que provocam a fragmentação das rochas e a formação de blocos de rocha geralmente angulosos, mas pouco contribuem para a formação dos solos.

8.1.5.3.1. Caracterização Geral

Os baixos índices de pluviosidade anual não favorecem a atuação dos processos de intemperismo químico, de forma que mesmo os solos residuais de alteração de rocha são pouco expressivos na área. O processo de pedogênese, por sua vez, tem influência direta da geomorfologia e ainda mais do clima. Assim, de forma análoga, mesmo nos poucos locais onde ocorrem espessuras maiores de solo não se observa uma evolução pedogenética significativa.

Este contexto resulta em um arcabouço pedológico muito homogêneo e monótono, onde todo terreno é marcado por extensas ocorrências de Neossolos predominantemente Litólicos, e subordinadamente Flúvicos, com ocorrências conjuntas de Chernossolo Rêndzicos e Cambissolos Vermelhos, além de áreas com afloramentos rochosos.

Outro aspecto de interesse diagnosticado durante os levantamentos de campo diz respeito à notável correlação entre pedologia e geologia. Nos locais onde os Neossolos Litólicos dão lugar a solos mais evoluídos, observa-se a influência da rocha aflorante sobre os horizontes desenvolvidos. Esta correlação é embasada, principalmente, nas diferenças geoquímicas marcantes entre os principais litotipos, em especial entre os gnaisses e migmatitos, e os metacarbonatos (calcissilicáticas e mármores), que por serem ricos em cálcio, condicionam a formação dos horizontes chernozêmicos.

Assim, é possível afirmar que, quando não ocorrem Neossolos Litólicos, ocorrem Chernossolos Rêndzicos nas áreas onde afloram os mármores da Formação Alcantil e Cambissolos Vermelhos nas áreas onde afloram as rochas associadas a Formação Barrigas.

Exclusivamente nas escarpas das serras e morros da região ocorrem faixas de afloramentos rochosos que foram cartografadas com base nos levantamentos de campo e interpretação de imagem de satélite. O Mapa 8.1-11, ilustra, claramente, a compartimentação dos diversos pedotipos, cujas principais características são descritas a seguir.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Santa Quitéria

Canindé

Itatira

AF NF NL3 NL1 NL2

P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7

Legenda

- Amostragem de solo (2021)
- Ensaios de permeabilidade (2021)
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Tipos de solos

AR	Predominantemente afloramentos rochosos com eventuais ocorrências de Neossolos Litólicos.
RY	Neossolos Flúvicos consistindo de solos predominantemente arenosos associados aos principais cursos d'água intermitentes.
RL1	Predomínio de Neossolos Litólicos com afloramentos rochosos localizados.
RL2	Predomínio de Neossolos Litólicos, subordinadamente Chernossolos Rêndzicos com afloramentos rochosos isolados.
RL3	Predomínio de Neossolos Litólicos, subordinadamente Cambissolos Vermelhos com afloramentos rochosos isolados.

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Pedológico (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2020/2021)
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2020/2021)

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Pedologia na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA)

Mapa	Escala	Localização	
8.1-11	1:75.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	29/10/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

Conforme apresentado no Mapa 8.1-11, os Neossolos Litólicos se associam, principalmente, com as rochas das formações Laranjeiras e Serra do Céu nas regiões sudeste e norte da AID. Na ADA recobre a área da cava e o limite norte da pilha de fosfogesso e cal.

Esse pedotipo se apresenta bastante heterogêneo, sendo que na maior parte da AID se caracterizam pela ocorrência de horizontes superficiais ricos em blocos de dimensões, formas e litologias variadas. A matriz que envolve os blocos, comumente não apresenta diferenciação pedogenética evidente, nem mesmo do horizonte superficial. Localmente, se observa um horizonte A fraco ou moderado, sempre muito delgado. Nas áreas onde a quantidade de blocos diminui, esses solos passam a desenvolver horizontes A com espessura centimétrica a decimétrica (chegando a no máximo 40 cm) que, conforme citado anteriormente, apresentam relação direta com a rocha-mãe.

No caso específico em que os Neossolos Litólicos ocorrem associados as áreas de ocorrência de mármores, o horizonte A é de caráter chernozêmico com espessura inferior a 10 cm, situado diretamente sobre o horizonte C ou rocha (Figura 8.1-60). Nas áreas em que se associam à ocorrência de gnaisses e migmatitos, os horizontes A (moderados a proeminentes) tendem a ser mais espessos, apresentando matizes avermelhados e espessura superior a 6 cm.

Conforme destacado anteriormente, os Neossolos Litólicos ocorrem em praticamente toda a área, no entanto em algumas porções esses solos ocorrem em associação com Cambissolos e Chernossolos, respectivamente nas áreas de ocorrência de gnaisses e mármores. Nas porções SE e NE se encontram em relevos de serras do Planalto Residual Sertanejo e nas demais regiões ocorrem associados às áreas aplainadas da Depressão Sertaneja.

Os Cambissolos na área de estudo, podem ser caracterizados, principalmente, como Vermelhos (Figura 8.61 e Figura 8.62) e subordinadamente como Vermelho-Amarelos (Figura 8.63 a Figura 8.65). Estes se apresentam de forma subordinada aos Neossolos Litólicos, e normalmente ocorrem nas áreas de ocorrência dos gnaisses da Formação Barrigas, ocupando a maior parte da AID e ADA. Caracterizam-se pela existência de um horizonte B incipiente (centimétrico), pouco desenvolvido por definição, que se diferencia do horizonte A por um sutil aumento na quantidade de argila, certamente de origem eluvial (Figura 8.1-64).

Tendem a apresentar cores mais semelhantes aos horizontes C sotopostos do que aos horizontes superficiais, por sua vez mais escuros devido ao elevado teor de matéria orgânica dispersa na matriz mineral (Figura 8.1-63). Localmente, os Cambissolos apresentam estrutura prismática ou em blocos angulosos a subangulosos (Figura 8.1-65 e Figura 8.1-66).

Segundo a tabela Münsell, os horizontes A dos Cambissolos Vermelho-Amarelos apresentam cores com variação de matiz, valor e croma, respectivamente entre Y10 a YR7.5, 4 a 6 e 4 a 8. Para os horizontes B e C estes mesmos valores se situam entre Y10 a YR7,5, 5 a 7 e 8 a 10.

Os dados de campo de ensaios granulométricos realizados em amostras desta unidade (apresentados em detalhe no item Geotecnia) demonstram que, segundo o diagrama triangular de Atterbeg, todos os horizontes dos Cambissolos apresentam textura franco-arenosa.

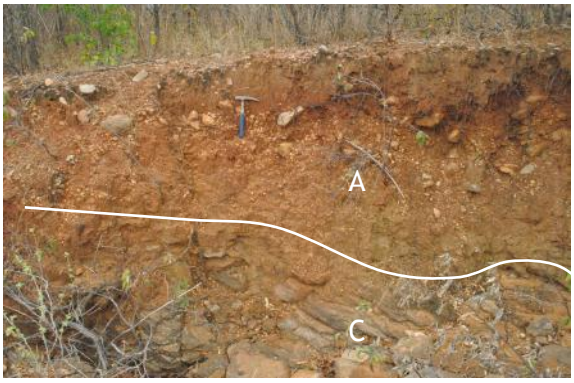


Figura 8.1-55 - Aspecto de Neossolo Litólico com delgado horizonte A precedido pelo horizonte C, que corresponde a saprolito de gnaisse

Fonte: (ARCADIS LOGOS, 2014).

Figura 8.1-56 - Detalhe de Neossolo Litólico sem horizontes bem definidos contendo muitos blocos de rocha de litologias diversas (depósito coluvial)

Fonte: (ARCADIS LOGOS, 2014).

Figura 8.1-57 - Perfil de Neossolo Litólico com horizonte A decimétrico (escuro) sobre saprolito de gnaisse - Horizonte C (alaranjado)

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-58 - Aspecto de trincheira aberta no alto do Serrote da Igreja, expondo integralmente Neossolo Litólico em área de ocorrência de colofanito

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-59 - Vista da entrada do alojamento da INB com ocorrência de Neossolos Litólicos marcados pela presença de grande número de blocos de rocha.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-60 - Perfil de Neossolo Litólico aparentemente sem horizonte A e com espesso horizonte C de alteração do mármore.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-61 - Cambissolo Vermelho presença de blocos de rocha na ADA

Fonte: BTB Explorers, 2021.

Figura 8.1-62 - Cambissolo Vermelho na AII

Fonte: BTB Explorers, 2020.

Figura 8.1-63 - Exposição de Cambissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A ligeiramente mais escuro seguido do horizonte B e C de alteração de gnaisse

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-64 - Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo. O intervalo entre as marcações laranja e amarela corresponde ao horizonte B

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-65 - Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo caracterizado por estrutura prismática, subordinadamente em blocos angulosos

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-66 - Detalhe de blocos subangulosos acumulados na base do perfil de Cambissolo

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Os Chernossolos Rêndzicos (antiga classe de solo Rendzima) se caracterizam pela existência de um horizonte A chernozêmico com espessura comumente superior a 20 cm. Os horizontes chernozêmicos apresentam, como aspectos principais, a coloração variando de cinza clara a escura, teor de bases superior a 65% e, geralmente, teores de carbono orgânico iguais ou superiores a 0,6%. O desenvolvimento destes horizontes apresenta nítida afinidade geoquímica com os mármores e rochas calcissilicáticas da Formação Alcantil.

Na AID e ADA os Chernossolos Rêndzicos, ocorrem de forma subordinada aos Neossolos Litólicos e associam-se as áreas sustentadas pelos mármores da Formação Alcantil, com destaque para a porção sul da AID e faixas da porção centro norte. Na ADA se sobressaem na porção noroeste, em parte da área da pilha de estéril e da cava.

Salvo em poucos pontos restritos, possuem o horizonte superficial diagnóstico posicionado sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha representativa do horizonte D (Figura 8.1-67 à Figura 8.1-69). Os horizontes B, raramente observados, são sempre incipientes e de difícil identificação. O único local onde foi observado um horizonte de transição mais bem definido se localiza a norte do Serrote da Igreja (Figura 8.1-70), embora, mesmo neste caso, se apresente como incipiente.

Com relação à textura, os horizontes chernozêmicos podem ser classificados como franco-argilo-arenosos. Em termos de cores, os Chernossolos apresentam diferenças marcantes entre seus horizontes, com os horizontes A apresentando matizes entre R7.5 e RP5, valor entre 5 e 7, e croma entre 3 e 4, enquanto os horizontes C apresentam matizes entre Y 2,5 a Y 7,5, valor entre 8 e 6, e croma entre 4 e 5.

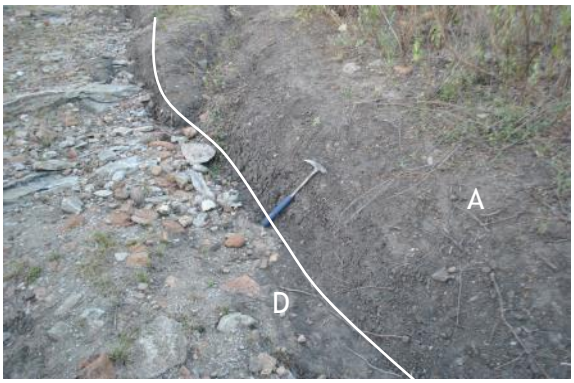


Figura 8.1-67 - Detalhe de Chernossolo Rêndzico (Horizonte A Chernozênico imediatamente sobre horizonte D de mármore)

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

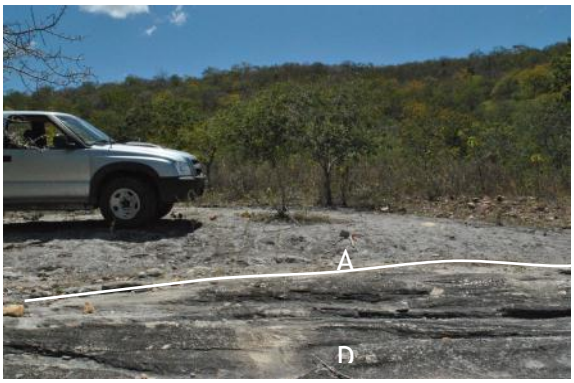


Figura 8.1-68 - Aspecto de Chernossolo Rêndzico com horizonte A diretamente sobre afloramento de mármore - Horizonte D

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-69 - Perfil de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozênico escuro decimétrico sobre horizonte C (saprolito de mármore)

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

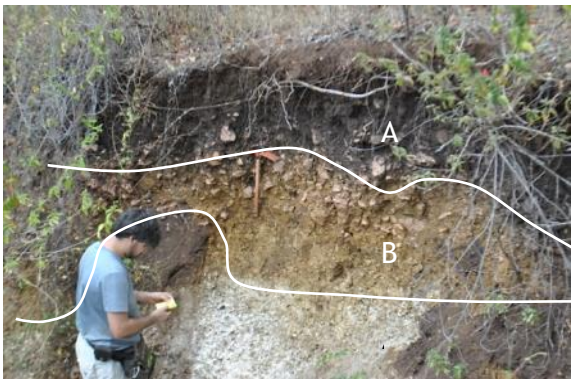


Figura 8.1-70 - Detalhe de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozênico (cinza) seguido de horizonte B incipiente (porção alaranjada inferior) e horizonte C branco de alteração de mármore

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Restritos aos leitos e adjacências das principais drenagens, ocorrem Neossolos Flúvicos associados aos depósitos aluvionares. Caracterizam-se pela heterogeneidade, apresentando quantidades variadas de blocos de rocha de litotipos e dimensões muito diversas. A matriz que envolve os blocos apresenta textura arenosa a franco-arenosa e cores com matizes amarelados, além de valores e cromas elevados.

Por fim os Afloramentos Rochosos ocorrem em porções esparsas a sudeste e norte da área, e expõem rochas das formações Serra do Céu e Laranjeiras. Esta unidade também ocorre em pequenas áreas no centro da AID, onde afloram litotipos da Formação Alcantil.

8.1.5.3.2. Ensaios de Rebaixamento d'água no Solo

Para obter informações específicas do site sobre a condutividade hidráulica nas diferentes classes pedológicas de solo da AID, foram realizados quatro ensaios de rebaixamento (carga) no furo da sondagem em 02/06/2021, conforme preconizado pela ABGE (1996).

Os resultados das medidas de rebaixamento e demais especificações técnicas dos ensaios, são apresentadas na Tabela 8.1-15. As coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de rebaixamento e os resultados destes ensaios, são apresentadas na Tabela 8.1-16. A localização dos pontos pode ser visualizada no Mapa 8.1-12, de unidades pedológicas da AID apresentado anteriormente. A Tabela 8.1-15, ilustra as perfurações das sondagens e a realização dos ensaios de rebaixamento em furos de sondagem.

Tabela 8.1-15 - Especificações dos ensaios de rebaixamento - junho/2021

PONTO DE ENSAIO	ENSAIO 01	ENSAIO 02	ENSAIO 03	ENSAIO 04
DATA DO ENSAIO	02/06/2021	02/06/2021	02/06/2021	02/06/2021
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Sem chuva	Sem chuva	Sem chuva	Sem chuva
VOLUME DE ÁGUA UTILIZADO (L)	3,40	12,90	12,27	9,95
PROFUNDIDADE DO SONDAGEM (M)	0,50	0,54	0,53	0,50
DIÂMETRO DA SONDAGEM (POL.)	4,00	4,00	4,00	4,00
RAIO DA SONDAGEM (M)	0,05	0,05	0,05	0,05
RAIO DE INFLUÊNCIA CALCULADO (M)	0,37	0,39	0,38	0,37
TEMPO (MIN)	N.A. (M)	N.A. (M)	N.A. (M)	N.A. (M)
0,00	0,000	0,017	0,025	0,015
0,25	0,010	0,025	0,035	0,025
0,50	0,013	0,035	0,042	0,025
1,00	0,018	0,055	0,050	0,035
2,00	0,020	0,070	0,072	0,050
3,00	0,030	0,088	0,095	0,066
4,00	0,033	0,110	0,105	0,083
5,00	0,035	0,118	0,130	0,093
10,00	0,047	0,165	0,190	0,100
15,00	0,055	0,195	0,230	0,114

20,00	0,060	0,225	0,265	0,125
25,00	0,067	0,240	-	0,140
30,00	0,073	0,250	-	0,145

Fonte: BTB Explorers, 2021.
n.a.: nível d'água
n.a.: nível d'água

Tabela 8.1-16 - Coordenadas dos pontos dos ensaios de rebaixamento – Junho/2021

ENSAIO	CLASSE PEDOLÓGICA		SOLO NA SONDAGEM	K* (CM/S)	COORDENADAS UTM	
01	NF	Neossolo Flúvico	Silto Arenoso Marrom Claro	1,22 x 10^{-04}	408473,46	9490653,66
02	NL2	Chernossolo Rêndzico	Silto Arenoso Marrom Escuro	5,08 x 10^{-04}	406201,78	9488748,68
03	NL1	Neossolo Litólico	Silto Arenoso Marrom Claro	5,57 x 10^{-04}	418162,87	9490949,32
04	NL3	Cambissolos Vermelhos	Silto Argiloso Marrom Claro	4,41 x 10^{-04}	411145,75	9491039,96

Fonte: BTB Explorers, 2021 (*) Descrição durante a sondagem.

Os resultados de condutividade hidráulica, todos na ordem de 10-04 cm/s, estão de acordo com as condutividades médias para solos contendo silte, areia fina, e argila segundo Fetter, C. W. (1994).

A condutividade hidráulica (K), foi calculada com base na seguinte equação de Ródio (1965) descrita abaixo.

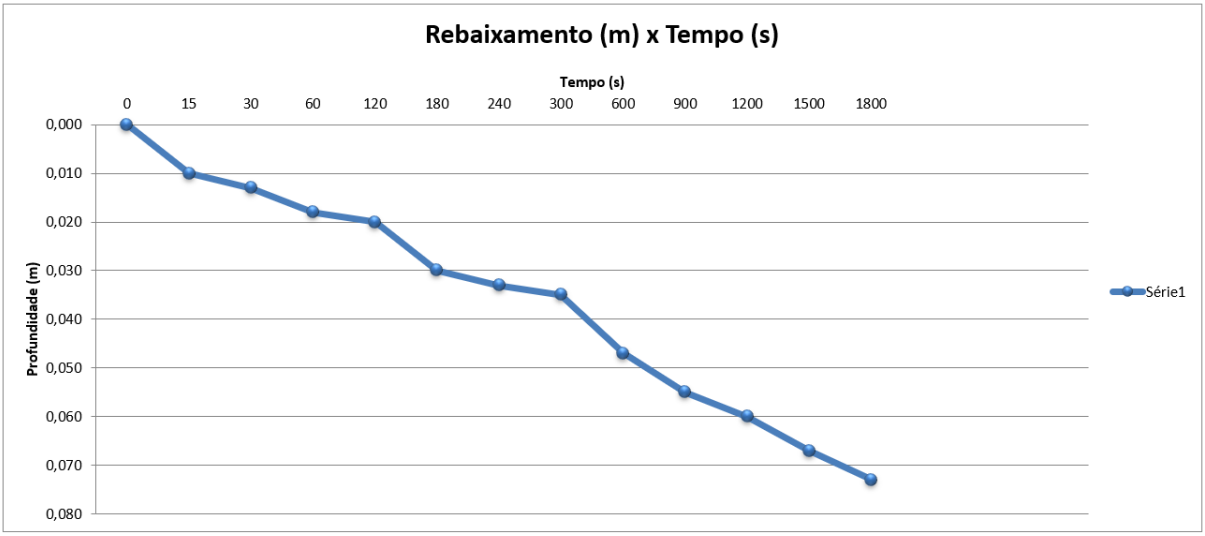
$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} \times \left(\frac{r}{R}\right)^2$$

Onde:

- K: Condutividade hidráulica
- Δh: diferença de carga hidráulica inicial e final
- Δt: diferença do tempo inicial e final
- r: raio da sondagem
- R: raio de influência calculado

Esta equação considera um raio de influência calculado (R) através de uma relação entre R e h, obtida supondo que o escoamento se faz segundo uma parábola, cujo vértice está no centro do furo, na altura do nível d'água inicial (t=10*).

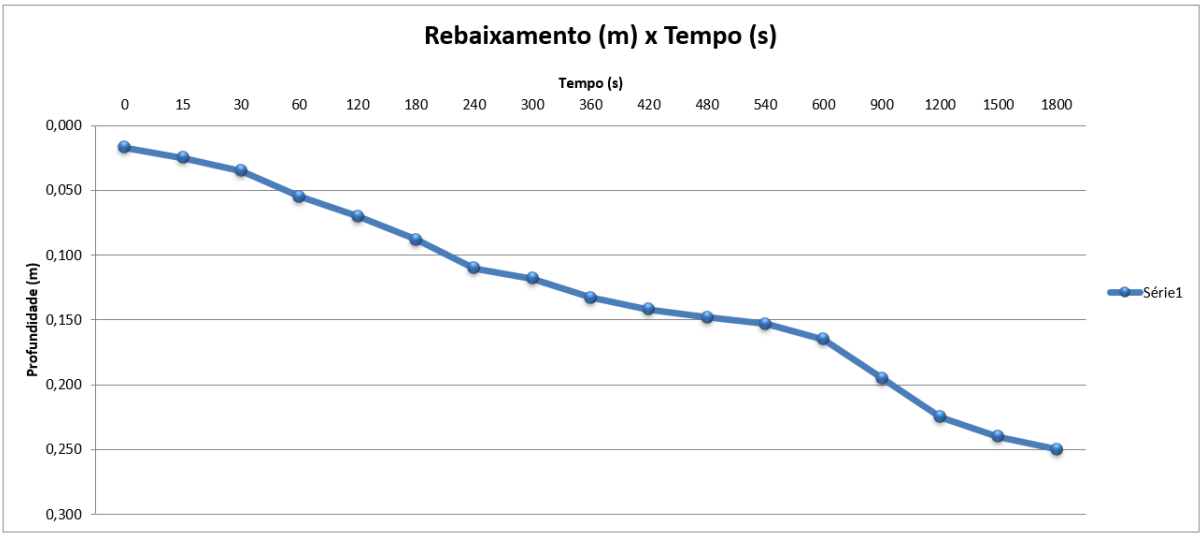
Os gráficos apresentados na Figura 8.1-71 até a Figura 8.1-74, a seguir, apresentam as curvas de rebaixamentos ao longo do tempo nos ensaios de infiltração.



Referência: Ensaios de Permeabilidade em Solos - Boletim nº 4 - ABGE, 1996

Figura 8.1-71 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 01.

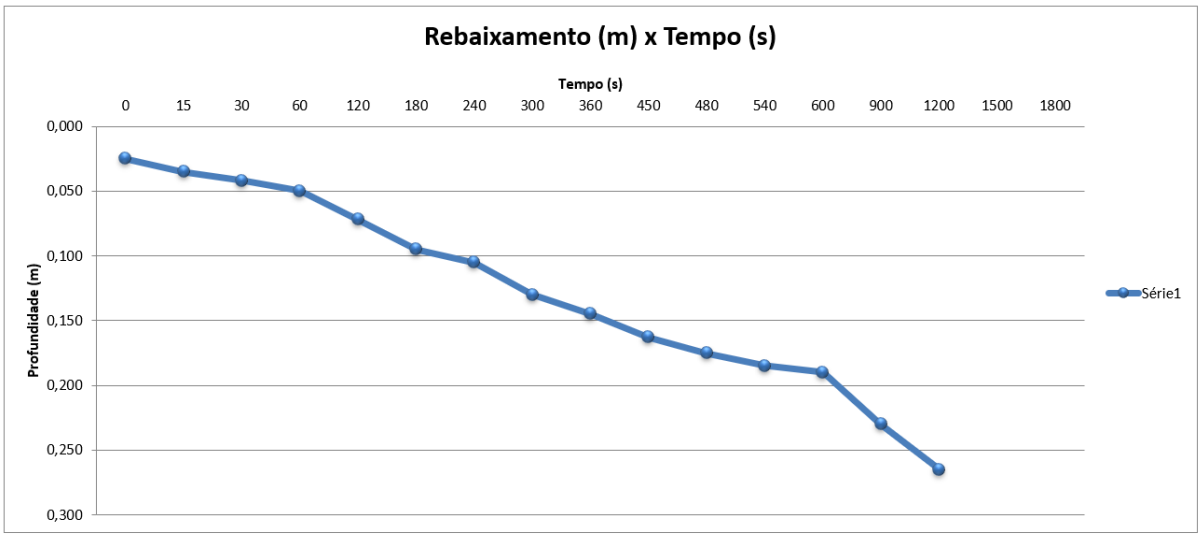
Fonte: BTB Explorers, 2021.



Referência: Ensaios de Permeabilidade em Solos - Boletim nº 4 - ABGE, 1996

Figura 8.1-72 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 02.

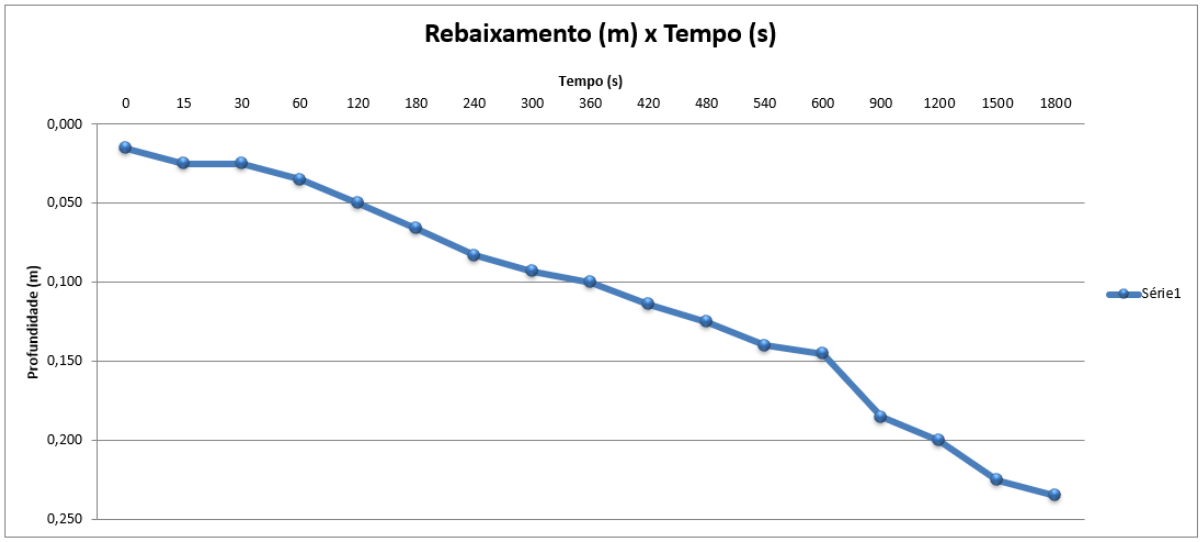
Fonte: BTB Explorers, 2021.



Referência: Ensaios de Permeabilidade em Solos - Boletim nº 4 - ABGE, 1996

Figura 8.1-73 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 03.

Fonte: BTB Explorers, 2021.



Referência: Ensaios de Permeabilidade em Solos - Boletim nº 4 - ABGE, 1996

Figura 8.1-74 - Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaio 04.

Fonte: BTB Explorers, 2021.

Figura 8.1-75 - A) e B) Perfuração da Sondagem e Ensaio de Rebaixamento 1- Neossolo Flúvico. C) e D) Perfuração da Sondagem Ensaio de Rebaixamento 3- Neossolo Litólico. E) Ensaio de Rebaixamento 4- Cambissolos Vermelhos. F) Ensaio de Rebaixamento 2 - Chernossolo Rêndzico.

Fonte: BTB Explorers (2021).

8.1.5.3.3. Caracterização Química dos Valores de Base para os Solos da ADA

A caracterização química dos solos da área de estudo foi realizada com base em quatorze amostras de solo, sete realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) e sete realizadas pela Tetra Mais em 2021, realizadas na ADA e entorno imediato. Tais análises tiveram por objetivo a caracterização química dos padrões de qualidade basais (antes da implantação do empreendimento).

A escolha dos pontos de amostragem do solo foi orientada, de forma a realizar ao menos uma coleta em cada tipo de solo. Dentro da área de ocorrência de cada unidade de solo, foram escolhidos pontos de acordo com os principais aspectos do empreendimento. Após a coleta e acondicionamento adequado, todas as amostras foram enviadas ao laboratório analítico (Bioagri Laboratórios Ltda.), visando à determinação dos parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 420/2009.

As amostras de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) foram coletadas através de pequenas escavações com 1 m x 1 m e 20 cm de profundidade (Figura 8.1-76 e Figura 8.1-77).

Figura 8.1-76 - Escavação no horizonte chernozênico para coleta de amostras para análise química

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Figura 8.1-77 - Escavação em horizonte A (mineral/orgânico) de Neossolo Litólico para coleta de amostra

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Levando-se em conta o arcabouço pedológico e geológico da área, os principais aspectos do empreendimento e o uso do solo na região, o qual não apresenta grandes influências antrópicas ou existência de fontes poluidoras potenciais ao longo de seu histórico de ocupação, considera-se que a malha amostral adotada é adequada aos propósitos deste diagnóstico.

No Quadro 8.1-9 são apresentadas as coordenadas dos pontos de amostragem, e no Mapa 8.1-10 – Mapa Pedológico da AII as unidades pedológicas mapeadas.

Quadro 8.1-9 - Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) e 2021

Ponto	Solo/Rocha	UTM X (m)	UTM Y (m)	Ano
P-05-C	Neossolo Litólico/ Gnaisse	415257	9494945	2011 (ARCADIS LOGOS, 2014)
P-07-C	Chernossolo Rêndzico/ Mármore	414991	9495523	
P-11-C	Neossolo Litólico/ Colofanito	414254	9495783	
P-01-C	Neossolo Litólico/ Gnaisse	414606	9493925	
P-06-C	Cambissolo Vermelho-Amarelo/Gnaisse	415029	9494595	
P-08-C	Neossolo Litólico/ Gnaisse	414213	9496052	
P-10-C	Chernossolo Rêndzico/ Mármore	413112	9494603	
P1	Chernossolo Rêndzico	414058	9496248	2021
P2	Neossolo Litólico	414389	9495453	
P3	Chernossolo Rêndzico	415437	9494314	
P4	Neossolo Litólico	416765	9494851	

Ponto	Solo/Rocha	UTM X (m)	UTM Y (m)	Ano
P5	Neossolo Litólico	414688	9494056	
P6	Neossolo Litólico	416144	9494601	
P7	Neossolo Litólico	413534	9496405	

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Os padrões de qualidade adotados para o solo, se referem aos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009.

Os resultados analíticos apresentados nas tabelas do Anexo 8.1-III e comparados aos valores de referência da Resolução CONAMA nº 420/2009, obtidos a partir dos laudos laboratoriais, também apresentados no Anexo 8.1-III, referentes à campanha de 2021 e compilados do estudo anterior para a campanha de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), indicam o seguinte:

Nenhum dos resultados apresentou concentração maior do que o Valor de Investigação (VI), mesmo considerando os valores mais restritivos associados a uso preponderante agrícola.

As únicas concentrações acima dos valores de prevenção (VPs), os mais restritivos da Resolução CONAMA nº 420/2009, se referem a Arsênio (amostra P-11C), Bário (amostras P-11C e P-1), e Níquel (amostra P-1).

As concentrações de Arsênio e Bário (22 e 174 mg/kg) na amostra P-11C, estão próximos aos valores de prevenção 15 e 150 mg/kg. Os resultados desta amostra também indicam as maiores concentrações de chumbo, alumínio, boro e ferro, todas dentro dos padrões de qualidade dos VPs, mas em concentração maior em relação às outras amostras.

Os compostos metálicos Alumínio, Ferro e Manganês, foram identificados em todas as amostras e representam as maiores concentrações. Por se tratar de compostos naturalmente presentes e abundantes nos solos brasileiros a Resolução CONAMA nº 420/2009, não estabelece valores orientadores estabelecidos para estas substâncias.

No caso do alumínio, estes teores podem ser justificados pelos litotipos que originaram o solo, basicamente gnaisses, caracteristicamente ricos neste elemento devido aos minerais micáceos e feldspatos. Estes, por sua vez, quando submetidos à ação do intemperismo podem liberar o metal proporcionando o enriquecimento dos respectivos solos.

A alta concentração de manganês e ferro pode estar associada com óxidos e hidróxidos, também de origem supérgena, igualmente elevando a concentração destes compostos.

Os hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos aromáticos indicativos de produtos derivados de petróleo, estão todos em concentrações abaixo dos VPs da Resolução CONAMA no 420/2009. Os compostos organoclorados, fenóis não clorados e ésteres ftálicos indicativos de substâncias químicas industriais, também estão todos em concentrações abaixo dos VPs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Os pesticidas organoclorados indicativos de eventual contaminação por conta de utilização agrícola do solo, também estão todos em concentrações abaixo dos VPs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Os resultados analíticos para análise de PCBs, que estão relacionados ao óleo ascarel antigamente utilizado em transformadores, não foi quantificado em nenhuma das amostras. Com a ressalva de que os limites de quantificação do método analítico, estão acima dos VPs, mas abaixo de todos os VIs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Com base nos resultados apresentados, é sugerido como valores de base para composição química dos solos da AID/ADA, os Valores de Prevenção da Resolução CONAMA nº 420/2009.

8.1.5.3.4. Fragilidade à Erosão

Para análise da fragilidade a erosão foi considerado o mapa de fragilidade apresentado em ARCADIS LOGOS, 2014, além dos levantamentos primários complementares realizados em 2020 e 2021.

O modelo preditivo empírico de perda de solo utilizado em ARCADIS LOGOS, 2014, teve como base a Equação Universal da Perda de Solo (EUPS), que possibilita classificar uma região em função da quantidade de solo perdida durante um ano por unidade de área (t/ha.ano), permitindo uma avaliação qualitativa da remoção de frações do solo devido à ação de processos erosivos laminares e concentrados. A utilização deste método se justifica por se basear em aspectos que, de fato, têm influência direta na deflagração e avanço dos processos, tais como: pluviometria, relevo, tipo e uso do solo.

Essa metodologia foi utilizada visando-se realizar apenas uma análise qualitativa, uma vez que valores maiores de perda de solo indicam terrenos com maior fragilidade à erosão. Conforme apresentado nas considerações metodológicas, a aplicação da equação se fundamenta em parâmetros como erosividade, erodibilidade, uso principal do solo e aspectos geomorfológicos.

No Mapa de Fragilidade à Erosão (Mapa 8.1-12), foram delimitados setores dentro da AID, cada qual, classificado com relação a sua fragilidade entre muito baixa a muito alta.

A fragilidade à erosão da AID está condicionada, principalmente, pelo fator relevo (LS), uma vez que os valores de erodibilidade (K) dos diferentes tipos de solos presentes na AID se mostraram pouco variáveis, conforme apresentado no Quadro 8.1-10. Os fatores erosividade da chuva (R) e ocupação do solo (C) também se mostraram constantes.

Quadro 8.1-10 -Erodibilidade dos solos presentes na AID

SOLO	ERODIBILIDADE ($T.HA.ANO.TM^{-1}.HA^{-1}.MM^{-1}$)	CLASSE GRANULOMÉTRICA	INTERPRETAÇÃO
Neossolos Litólicos e Chernossolos Rêndzicos	0,25	Franco-argilo arenosa	Erodibilidade média
Neossolos Litólicos	0,27	Franco-arenosa	Erodibilidade média
Neossolos Litólicos e Cambissolos Vermelhos	0,27	Franco-arenosa	Erodibilidade média
Neossolos Flúvicos	0,05	Areia	Erodibilidade fraca

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

A análise do mapa demonstra que a maior parte da AID e praticamente toda a ADA possui muito baixa a baixa fragilidade à erosão, o que coincide com as áreas mais suaves de todo o Sul e centro-oeste da área onde predominam o relevo da Depressão Sertaneja. Áreas de afloramento rochoso também apresentam muito baixa fragilidade à erosão, mesmo em áreas mais declivosas, visto que nestas áreas não predominam processos erosivos, mas sim instabilidade de blocos. As áreas de fragilidade média a alta, coincidem com as porções inferiores das encostas mais íngremes, principalmente das serras e serrotes localizados nas porções leste e nordeste da AID, onde predominam as formas de relevo do Planalto Residual Sertanejo e onde se encontra a Serra do Céu, cuja encosta corresponde ao local de maior fragilidade à erosão na AID. Isto se deve às altas declividades, significativo comprimento de rampa e presença de Neossolos Litólicos e Cambissolos Vermelho-Amarelos.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Canindé

Itatira

Santa Quitéria

Morrinhos

Queimadas

Lagoa do Mato

Serra do Céu

Serra do Canudo

Serra da Mata Fome

Serra das Laranjeiras

Serra do Trapiá

Serra da Igreja

Serra do São Gonçalo

Serra do Gavião

Serrote Arapuá

Serra do Quati

Legenda

- Localidades de Abordagem Direta
- Limite Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Fragilidade à Erosão

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Arcadis Logos (2013).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Fragilidade à Erosão na AID e ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-12	1:75.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	08/11/2021	Jéssica Costa de Jesus	Elcio Terron

8.1.5.4. Considerações Finais

De acordo com o mapeamento pedológico realizado pelo IBGE no âmbito do programa de Mapeamento de Recurso Naturais (MRN), na AII do empreendimento predominam cinco ordens principais de solo, a saber: Luvissolos Crômicos, Planossolos Háplico, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho e Chernossolo Rêndzico.

A classe dos Planossolos Háplicos ocorre, majoritariamente, na porção central e oeste da AII, associados ao relevo rebaixado da Depressão Sertaneja e as rochas do Complexo Tamboril- Santa Quitéria. Essa classe de solo totaliza uma área de cerca de 270 km^2 (30,1%).

Os Luvissolos Crômicos ocorrem, principalmente, na porção leste da AII, notando-se também fragmentos na porção norte e oeste, abarcando uma área total de cerca de 270,3 Km^2 (cerca de 30,2%).

Os Neossolos Litólicos abarcam cerca de 197,5 Km^2 (22%) e ocorrem, predominantemente, nas porções centro norte e leste da AII, a leste da Falha de Groaíras. Localmente na porção oeste também é observado a ocorrência desta classe de solo.

Os Argissolos Vermelho incidem, unicamente, na porção sul da AII, relacionados às áreas topograficamente elevadas dos Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo), e perfazem cerca 161,3 Km^2 da AII, os quais correspondem a 17% da sua área total.

Os Chernossolos Rêndzicos ocorrem pontualmente na área de estudo, e associa-se ao relevo movimentado do Serrote da Igreja, onde se encontra a Jazida Itataia e, variam de solos pouco profundos a profundos, podendo apresentar suscetibilidade aos processos erosivos sobretudo em áreas de relevo movimentado.

As significativas oscilações térmicas, principalmente as ocorridas ao longo do dia, contribuem para a ação de processos intempéricos físicos que provocam a fragmentação das rochas e a formação de blocos de rocha geralmente angulosos, mas pouco contribuem para a formação dos solos. Os baixos índices de pluviosidade anual não favorecem a atuação dos processos de intemperismo químico, de forma que mesmo os solos residuais de alteração de rocha são pouco expressivos na área.

Este contexto resulta em um arcabouço pedológico muito homogêneo e monótono, onde todo terreno é marcado por extensas ocorrências de Neossolos predominantemente Litólicos, e subordinadamente Flúvicos, com ocorrências conjuntas de Chernossolo Rêndzicos e Cambissolos Vermelhos, além de áreas com afloramentos rochosos.

Outro aspecto de interesse diagnosticado durante os levantamentos de campo diz respeito à notável correlação entre pedologia e geologia. Nos locais onde os Neossolos Litólicos dão lugar a solos mais evoluídos, observa-se a influência da rocha aflorante sobre os horizontes desenvolvidos. Esta correlação é embasada, principalmente, nas diferenças geoquímicas marcantes entre os principais litotipos, em especial entre os gnaisses e migmatitos, e os metacarbonatos (calcissilicáticas e mármores), que por serem ricos em cálcio, condicionam a formação dos horizontes chernozêmicos.

Os resultados de condutividade hidráulica, todos na ordem de 10^{-04} cm/s, estão de acordo com as condutividades médias para solos contendo silte, areia fina, e argila segundo Fetter, C. W. (1994).

Os padrões de qualidade adotados para o solo, se referem aos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009. Nenhum dos resultados analíticos laboratoriais de solo, apresentou concentração maior do que o Valor de Investigação (VI) da Resolução CONAMA nº 420/2009, mesmo considerando os valores mais restritivos associados a uso preponderante agrícola. As únicas concentrações acima dos valores de prevenção (VPs), os mais restritivos da Resolução CONAMA nº 420/2009, se referem a Arsênio (amostra P-11C), Bário (amostras P-11C e P-1), e Níquel (amostra P-1), próximas aos valores de prevenção 15 e 150 mg/kg.

Os compostos metálicos Alumínio, Ferro e Manganês, foram identificados em todas as amostras e representam as maiores concentrações. Por se tratar de compostos naturalmente presentes e abundantes nos solos brasileiros a Resolução CONAMA nº 420/2009, não estabelece valores orientadores estabelecidos para estas substâncias. No caso do alumínio, estes teores podem ser justificados pelos litotipos que originaram o solo, basicamente gnaisses, caracteristicamente ricos neste elemento devido aos minerais micáceos e feldspatos. Estes, por sua vez, quando submetidos à ação do intemperismo podem liberar o metal proporcionando o enriquecimento dos respectivos solos. A alta concentração de manganês e ferro pode estar associada com óxidos e hidróxidos, também de origem supérgena, igualmente elevando a concentração destes compostos.

Os hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos aromáticos indicativos de produtos derivados de petróleo; compostos organoclorados, fenóis não clorados e ésteres ftálicos indicativos de substâncias químicas industriais; pesticidas organoclorados indicativos de eventual contaminação por conta de utilização agrícola do solo; estão todos em concentrações abaixo dos VPs da Resolução CONAMA nº 420/2009. Os resultados analíticos para análise de PCBs, que estão relacionados ao óleo ascarel antigamente utilizado em transformadores, não foi quantificado em nenhuma das amostras. Com a ressalva de que os

limites de quantificação do método analítico, estão acima dos VPs, mas abaixo de todos os VIs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Com base nos resultados apresentados, é sugerido como valores de base para composição química dos solos da AID/ADA, os Valores de Prevenção da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Quanto a fragilidade a erosão, maior parte da AID e praticamente toda a ADA possui muito baixa a baixa fragilidade à erosão, o que coincide com as áreas mais suaves de todo o Sul e centro-oeste da área onde predominam o relevo da Depressão Sertaneja. As áreas de fragilidade média a alta, coincidem com as porções inferiores das encostas mais íngremes, principalmente das serras e serrotes localizados nas porções leste e nordeste da AID, onde predominam as formas de relevo do Planalto Residual Sertanejo e onde se encontra a Serra do Céu, cuja encosta corresponde ao local de maior fragilidade à erosão na AID. Isto se deve às altas declividades, significativo comprimento de rampa e presença de Neossolos Litólicos e Cambissolos Vermelho-Amarelos.

8.1.6. Geotecnia

8.1.6.1. Considerações Metodológicas

Os aspectos geotécnicos da AID/ADA foram caracterizados através de dados secundários por meio de pesquisa bibliográfica, e dados primários de mapeamento geológico geotécnico, geomorfológico, e pedológico, coleta de amostras de solo, análises laboratoriais, e ensaios executados *in loco*, analisadas utilizando ferramentas de geoprocessamento. As metodologias utilizadas para cada um dos ensaios geotécnicos são as seguintes:

Ensaio de Compactação de Proctor Normal: baseado na compactação mecânica de cinco camadas de solo em um molde cilíndrico a partir de golpes manuais com um soquete (norma NBR-7192/1986). As curvas de compactação resultantes foram construídas em função da umidade (%) e densidade (kg/m3) e analisadas segundo a ASTM (D-698).

Índice de Atividade das argilas (IA): obtido a partir da razão entre o índice de plasticidade (IP) e a porcentagem da fração argila (menor que 0,002 mm no ensaio de sedimentação da granulometria conjunta).

Ensaio de capacidade de suporte (ISC): utiliza a medida de resistência à penetração da amostra compactada segundo o método de Proctor Normal (NBR-7192 1986). O valor da

resistência à penetração é dado em porcentagem, onde 100% correspondem ao resultado de penetração obtido para amostra de brita de graduação elevada, e, percentuais menores de indicam resistências à penetração progressivamente menores.

Ensaio de granulometria: foi realizado de duas maneiras distintas para os dois grupos de amostras coletadas. Para um grupo foram determinadas sete frações granulométricas, incluindo a separação entre silte e argila e, para outro, foi realizado um ensaio simplificado com o uso exclusivo de peneiras, sem a separação das frações mais finas.

+ Os mapas geotécnicos da AID/ADA elaborados por ARCADIS LOGOS, 2014, foram gerados através da integração da análise de susceptibilidade a movimentos de massa integrada com o mapa de fragilidade a erosão. Foram consideraram aspectos de declividade do terreno, curvatura das encostas em planta e perfil, características da rocha aflorante e estimativa da espessura de solo, o qual foi aferido com os dados de campo.
+ A análise da estabilidade geotécnica da região onde se encontra a jazida, realizada por ARCADIS LOGOS, 2014, foi realizada com base na análise da orientação espacial de descontinuidades mapeadas durante o levantamento de campo, e tratadas estatisticamente com o uso de projeções estereográficas para determinação das principais famílias. Para caracterização geotécnica durante a operação da mina, foi realizada uma análise geométrica de estabilidade dos futuros taludes da cava. Dados secundários se referem principalmente a nota técnica sobre “Setorização estrutural do pit até a cota de 480 metros” (MENDONÇA, 1986).

Os litotipos representativos de meios porosos, ou zonas de condução de água em meio poroso, tiveram suas propriedades hidrogeológicas avaliadas por ensaios de infiltração através de um infiltrômetro de anel duplo.

Esse ensaio consiste em dois anéis metálicos concêntricos, que devem ser inseridos no solo e preenchidos com água. O anel externo exerce a função de forçar a verticalidade da percolação no anel interno. Durante o ensaio, podem ser medidos o rebaixamento do nível d’água ou a quantidade de água necessária para manter o seu nível constante. Os resultados são interpretados segundo a lei de Darcy e, assim, são obtidos dados de condutividade hidráulica do solo superficial avaliado.

8.1.6.2. Caracterização Geotécnica dos Solos

Na extremidade leste-sudeste da ADA, foram realizados 10 ensaios geotécnicos visando à caracterização das coberturas existentes (VA-1 a VA-10) e sondagens à percurssão (SP), objetivando, principalmente, a determinação do topo rochoso. Estas análises foram realizadas em janeiro de 2005 e os resultados foram fornecidos diretamente pela INB. As

amostras foram subdivididas e avaliadas em relação aos solos de alteração da Formação Alcantil e da Formação Barrigas. O Quadro 8.1-11 apresenta as informações das amostras e as referidas Formações e o Mapa 8.1-13 a localização das amostras.

Quadro 8.1-11 - Amostras Geotécnicas

AMOSTRA	TIPO	FORMAÇÃO	COORDENAS (SIRGAS 2000)	
P-07d	Deformada	Barrigas	414188	9496021
P-07i	Indeformada	Barrigas		
P-27d	Deformada	Alcantil	413329	9494883
P-27i	Indeformada	Alcantil		
P-49d	Deformada	Alcantil	415589	9495747
P-49i	Indeformada	Alcantil		
P-56d	Deformada	Barrigas	414963	9494609
P-56i	Indeformada	Barrigas		
VA-01	Deformada	Barrigas	415702	9494315
VA-02	Deformada	Alcantil	415702	9494214
VA-03	Deformada	Alcantil	415763	9494274
VA-04	Deformada	Alcantil	415823	9494314
VA-05	Deformada	Barrigas	415822	9494214
VA-06	Deformada	Barrigas	415942	9494274
VA-07	Deformada	Barrigas	416003	9494314
VA-08	Deformada	Alcantil	416003	9494174
VA-09	Deformada	Barrigas	416062	9494214
VA-10	Deformada	Alcantil	416123	9494274

Elaboração: BTB Explorers 2021 Adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014

413.000 414.000 415.000 416.000 417.000

9.496.200 9.495.600 9.495.000 9.494.400 9.493.800

Serra do Trapiá
Serra da Igreja
Serra da Mata Fome
Riacho Alcantil
Riacho das Guaribas
Riacho Lúcio
Riacho Cunha-Moi
Santa Quitéria

P-07d P-07i P-49d P-49i P-27d P-27i P-56i P-56d
VA-01 VA-02 VA-03 VA-04 VA-05 VA-06 VA-07 VA-08 VA-09 VA-10

Unidades Geotécnicas

Muito Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa

I.a *Muito baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa a baixa fragilidade à erosão.*

Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa

II.a *Baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa fragilidade à erosão.*

II.b *Baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a baixa fragilidade à erosão.*

Média Suscetibilidade à Movimentação de Massa

III.a *Média suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa fragilidade a erosão*

III.b *Média suscetibilidade a movimento de massa, associado a baixa fragilidade a erosão.*

Média a Alta Suscetibilidade à Movimentação de Massa

IV.a *Média a alta suscetibilidade a movimento de massa, essencialmente queda, tombamento e rolamento de blocos, associado a baixa fragilidade à erosão.*

Legenda

Hidrografia

Área Diretamente Afetada

Amostras Geotécnicas

Formação Alcantil

Formação Barrigas

Fonte:
- BDG Arcadis Logos (2013).

0 150 300 m

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Localização das Amostras Geotécnicas

Mapa	Escala	Localização	
8.1-13	1:15.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	10/11/2021	Jéssica Costa de Jesus	Daniela Lavignatti

Os ensaios de granulometria, compactação (ASTM D-698) por Proctor Normal, Índice de Atividade das Argilas (IA), capacidade de suporte (Índice de suporte Califórnia – ISC ou *California Bearing Ratio – CBR*), apresentados a seguir, foram utilizados para caracterização dos solos de alteração.

8.1.6.3. Ensaios granulométricos

Conforme informações disponibilizadas, as análises granulométricas em amostras de solo foram coletadas em junho e julho de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), totalizando cinco amostras deformadas (P-07d, P-27d, P-49d, P-54d, P-56d) e cinco indeformadas (P-07i, P-27i, P-49i, P-54i, P-56i).

A análise das amostras coletadas foi complementada com as análises realizadas pela INB (2005), em dez amostras (VA-1 a VA-10), as quais foram analisadas por peneiramento, apresentando os percentuais de silte e argilas somados, com as curvas de distribuição iniciando em 0,01mm.

Os resultados obtidos são apresentados na forma de curvas granulométricas, para os solos de alteração da Formação Alcantil (Figura 8.1-78), e outro para os solos de alteração da Formação Barrigas (Figura 8.1-79).

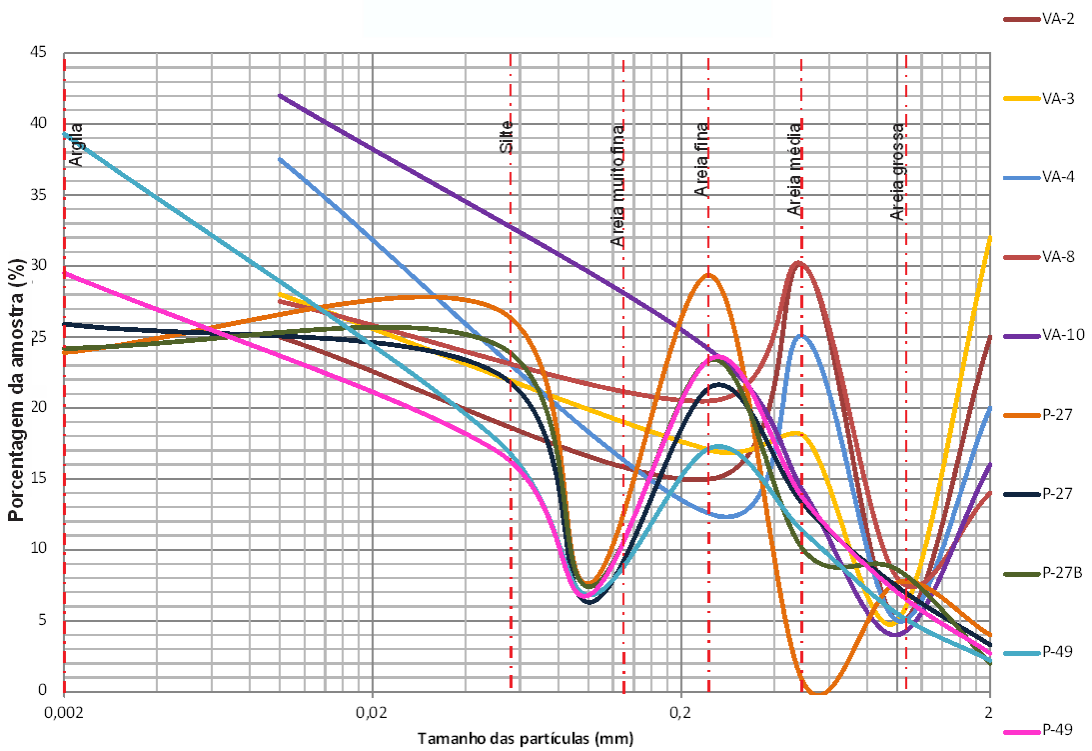


Figura 8.1-78 - Curvas granulométricas dos solos de alteração da Formação Alcantil

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

De acordo com os resultados apresentados pela ARCADIS LOGOS, 2014, as curvas de distribuição granulométrica das amostras de solo dos terrenos da Formação Alcantil (Figura 8.1-78), composta essencialmente por mármores, apresentam nas amostras VA-2, VA-3, VA-4, VA-8 e VA-10 (INB, 2005), percentuais elevados de frações grosseiras, uma vez que estas amostras foram coletadas incluindo seixos e calhaus. As amostras P-27-i, P-27-d, P-27B-d, P-49-i e P-49-d, foram filtradas durante a coleta. As porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Alcantil são apresentadas no Quadro 8.1-12.

Quadro 8.1-12 - Porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Alcantil

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	PORCENTAGEM
Argilas	23 a 39%
Silte	15 a 28%
Areias Finas, Médias e Grossas	10 a 30%
Areia Grossa	4 a 9 %

Elaborado por BTB Explorers Fonte: Arcadis Logos (2014).

As curvas de distribuição granulométrica das amostras de solo de alteração representativas da Formação Barrigas (Figura 8.1-79), composta essencialmente por gnaisses, iniciam nas frações argila e/ou silte, com proporção inicial variando entre 5% e 30%.

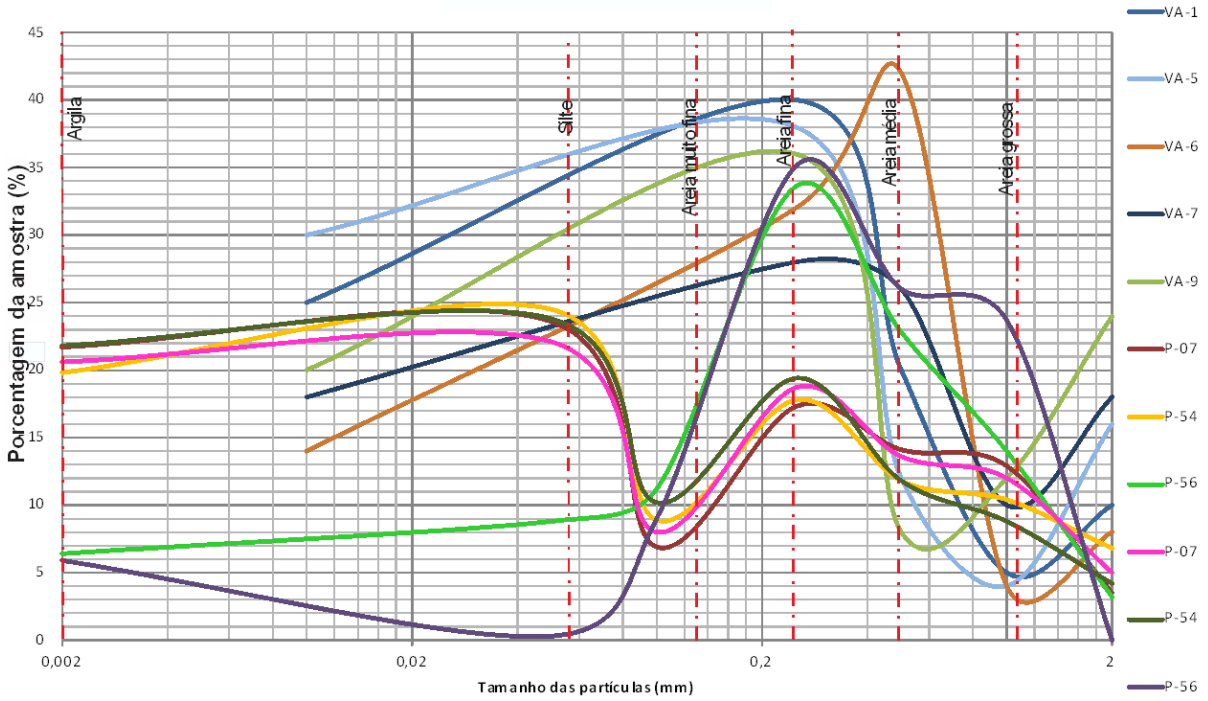


Figura 8.1-79 - Curvas granulométricas dos solos de alteração da Formação Barrigas

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

As porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Barrigas são apresentadas na Quadro 8.1-13.

Quadro 8.1-13 - Porcentagens de cada fração granulométrica para a Formação Barrigas

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	PORCENTAGEM
Argilas	6 a 22%
Silte	15 a 28%
Areias Finas, Médias e Grossas	7 a 42%
Areia Grossa	0 a 20 %

Elaborado por BTB Explorers Fonte: Arcadis Logos (2014)

8.1.6.4. Análises de Raio-X (DRX)

A análise de solos por raio-x (DRX) realizada por Lopes (2018), utilizou o método do pó, onde o comprimento de onda é mantido constante e o ângulo de difração é alterado.

Através dos resultados sob a forma de uma representação gráfica do arranjamento atômico no retículo cristalino, a intensidade dos picos de difração fornece uma estimativa da concentração dos minerais presentes na amostra.

Os levantamentos realizados por Lopes (2018) foram executados com base nas técnicas de amostragem de solos por distribuição aleatória estratificada dos pontos. Aa coleta das amostras se deu em intervalos regulares ao longo de linhas também regularmente espaçadas. Foram coletadas 42 amostras, distanciadas aproximadamente 200 m entre elas em uma área de 1,44 km² (Figura 8.1-80).

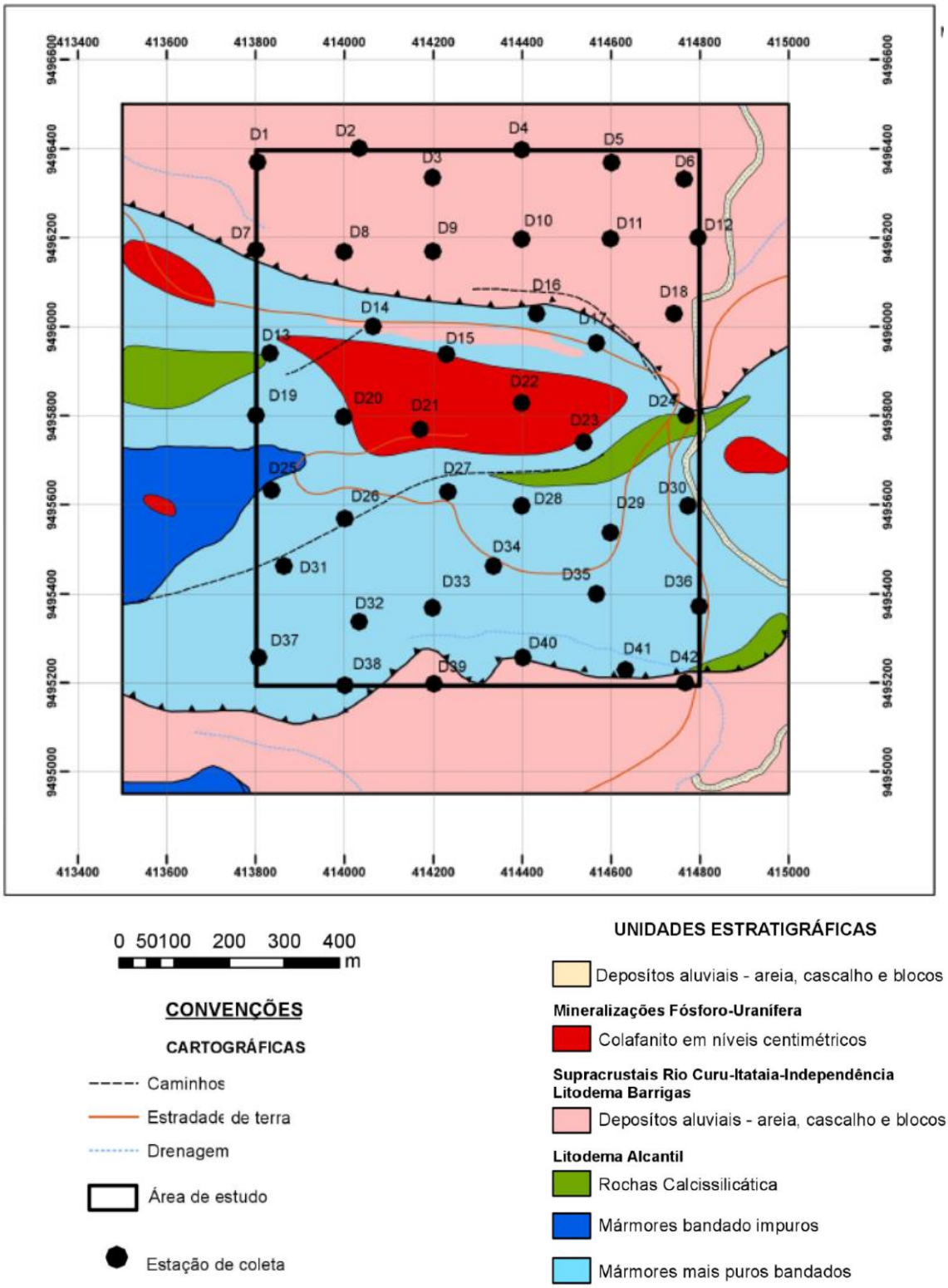


Figura 8.1-80 - Pontos de amostragem do solo para análise DRX

Fonte: Lopes 2018.

Com base nos picos de difratogramas de raios-X e nos dados obtidos observou-se que das 42 amostras coletadas, 100% possuem quartzo (SiO_2), 26,08% das amostras contêm fluorapatita ($Ca_5(PO_4)$ 3F), 13,04% têm a presença de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) além de 6,52% das amostras tem presença de uranio, referindo-se assim a uma anomalia (Quadro 8.1-14).

Quadro 8.1-14 - Constituintes mineralógicos predominantes nos solos da Formação Alcantil

COMPOSTO	FÓRMULA	OCORRÊNCIA
Quartzo	SiO_2	100%
Fluoropatita	$Ca_5(PO_4)_3F$	26,08%
Carbonato de Cálcio	$CaCO_3$	13,04%
Óxido de Urânio	UO_2	6,52%

Fonte: Lopes, 2018

Além da presença desses minerais, verificou-se a presença de argilominerais, característicos das argilas, onde quimicamente são representados por silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo outros tipos de elementos como ferro, potássio, lítio e outros (LOPES, 2018).

Os principais grupos de argilominerais são: caulinita, ilita e esmectitas ou montmorilonita. Foram registrados para a ADA, com base nos difratogramas de raios-X, apenas a caulinita (Figura 8.1-81), vermiculita (Figura 8.1-82) e montmorilonita (Figura 8.1-83) (LOPES, 2018).

O que diferencia estes argilominerais é basicamente o tipo de estrutura e as substituições que podem ocorrer dentro da estrutura, do alumínio por magnésio ou ferro, e do silício por alumínio ou ferro, principalmente, e consequente neutralização das cargas residuais geradas pelas diferenças de cargas elétricas dos íons por alguns cátions (LOPES, 2018).

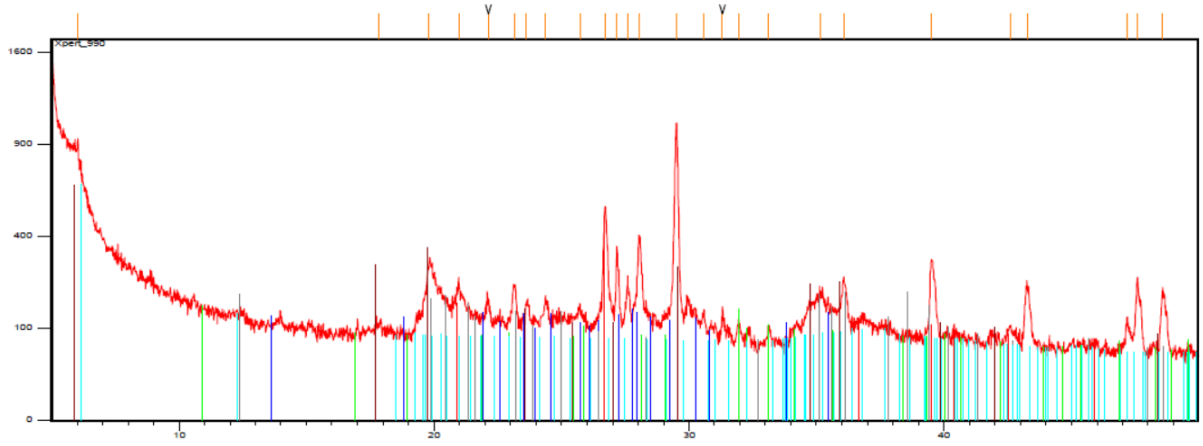


Figura 8.1-81 - Difratograma de raio-x da amostra D12 contendo caulinita

Fonte: Lopes 2018

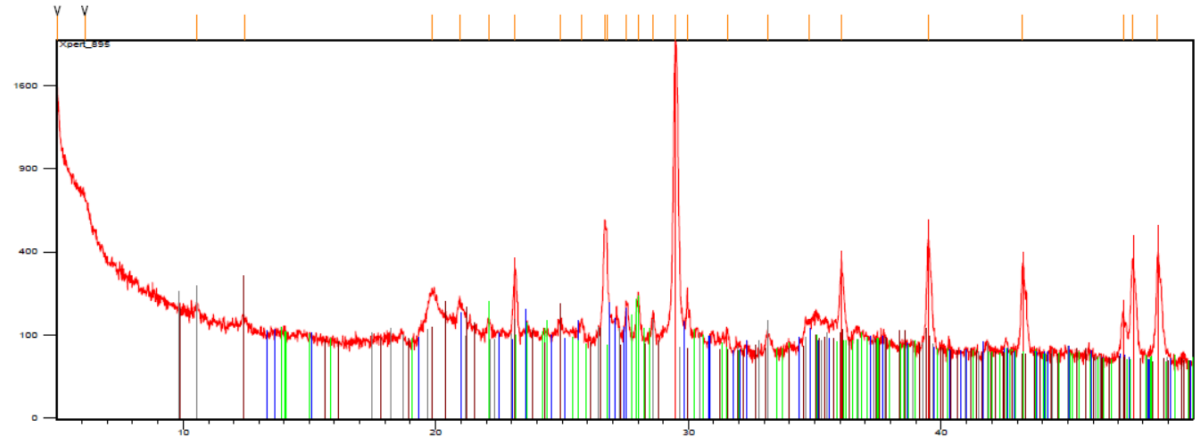


Figura 8.1-82 - Difratograma de raio-x da amostra D8 contendo montmorilonita

Fonte: Lopes 2018

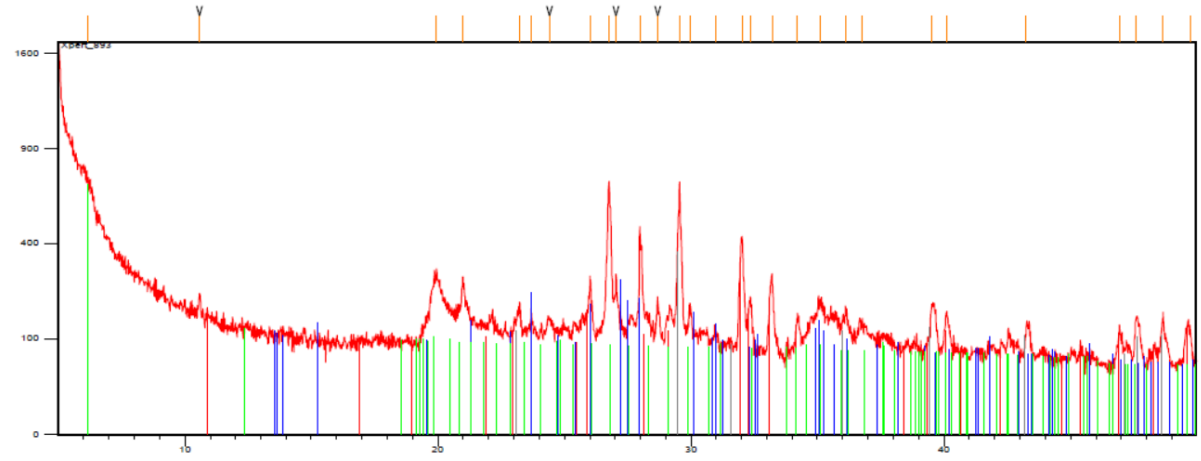


Figura 8.1-83 - Difratograma de raio-x da amostra D30 contendo vermiculita

Fonte: Lopes 2018

8.1.6.5. Ensaio de compactação de Proctor Normal

O Ensaio de Compactação de Proctor Normal é baseado na compactação mecânica de cinco camadas de solo em um molde cilíndrico a partir de golpes manuais com um soquete, com resultantes curvas de compactação construídas em função da umidade (%) e densidade (kg/m3), e posteriormente analisadas segundo a ASTM (D-698). A Figura 8.1-84 sistematiza os resultados dos ensaios de compactação e demonstra, claramente, a existência de três grupos distintos de solo.

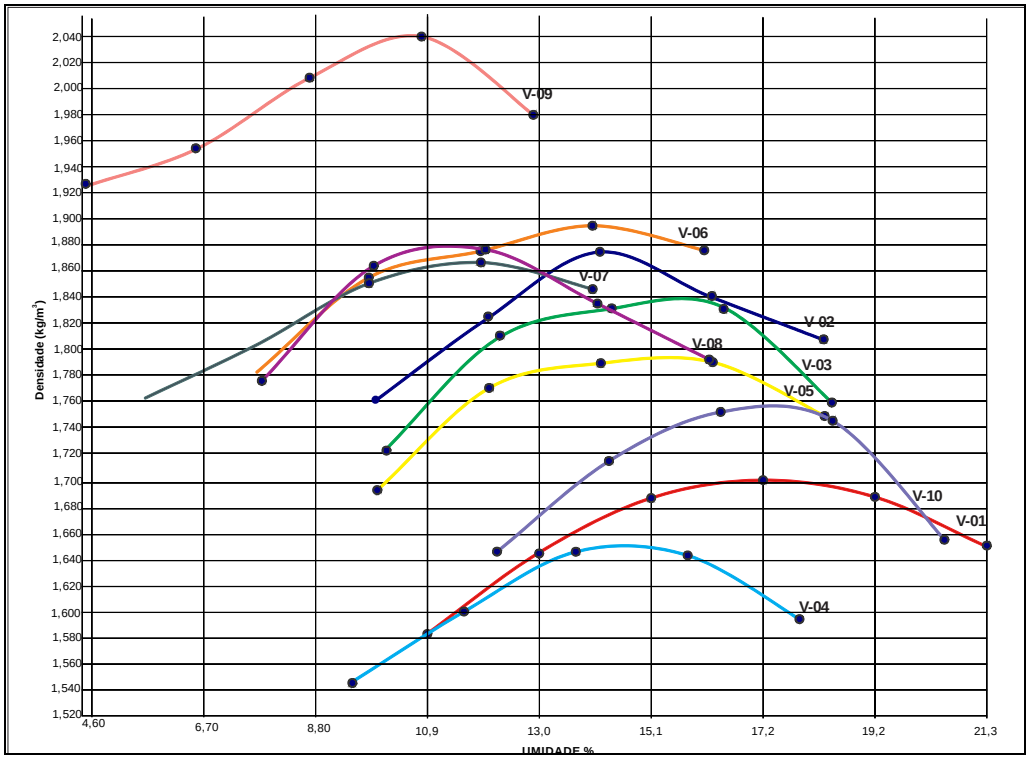


Figura 8.1-84 - Curvas de compactação dos ensaios de Proctor Normal

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014. Dados fornecidos pela INB. Análises realizadas em 2005.

O primeiro grupo de curvas, representado pelas amostras VA-1 (F. Alcantil), VA-4 e VA-10 (F. Barrigas), é caracterizado por curvas de compactação apresentando densidade máxima variando entre 1,645 Kg/m3 e 1,76 Kg/m3, com umidade ótima, respectivamente, oscilando entre 13% e 18%.

O segundo grupo de curvas de compactação é representado pelas amostras VA-2, VA-3 e VA-8 (F. Alcantil) e VA-5, VA-6, VA-7 (Formação Barrigas); que constituem materiais com densidade máxima variando entre 1,79 Kg/m3 e 1,89 Kg/m3, respectivamente, com umidade ótima variando entre 12% e 19%.

O terceiro grupo observado é representado apenas pela amostra VA-09 (Formação Barrigas), a qual apresenta densidade máxima de 2,04 Kg/m3 e umidade ótima de 10,9%.

Os ensaios de compactação de solos arenosos, apresentam a tendência inicial de diminuição de densidade com o aumento da umidade. Porém, apesar do caráter predominantemente arenoso destas amostras, as curvas de compactação exibem geometrias próximas às de solos argilo-siltosos, silto-arenosos ou mesmo de argila plástica.

8.1.6.6. Ensaios de Limites de Atterberg Índice de Atividade das argilas (IA)

A atividade dos solos é uma característica dos finos argilosos que os compõem e influenciam os Limites de Atterberg. Se um determinado solo tem quantidades pequenas de argila mas o solo apresenta altos índices de consistência, isto indica que a argila é muito ativa.

A atividade das argilas deve-se principalmente ao argilo mineral que a originou, e pode ser medida através do Índice de Atividade (IA) que é calculado conforme abaixo:

Índice de Atividade = Índice de plasticidade / fração argila

Para Índice de Atividade entre 0,75 e 1,25 a argila é considerada normal, menor que 0,75 é considerada inativa e acima de 1,25 a argila é ativa.

O índice de atividade das argilas (IA) se encontra entre 0,27 e 0,43 (ARCADIS LOGOS, 2014), equivalendo ao intervalo de valores característicos de argilas inativas, portanto, com pouca influência sobre os ensaios de compactação e CBR. Este resultado demonstra que os solos analisados não devem apresentar expansividade.

8.1.6.7. Ensaio CBR

O ensaio *CBR (California Bearing Ratio)* ou ensaio ISC (Índice de suporte Califórnia) é utilizado para avaliar a resistência do solo a penetração de um cilindro padronizado com relação a penetração em uma brita padrão, ou seja, compara as propriedades mecânicas deste solo a uma brita padrão.

Os resultados são apresentados de maneira percentual sendo por exemplo um valor de CBR de 15% significa que a resistência a penetração do solo testado é de 15% do valor da brita padronizada.

O Quadro 8.1-15 apresenta os resultados estabelecidos por ARCADIS LOGOS, 2014. As amostras VA-2, VA-7 e VA-9 apresentaram os maiores valores de ISC. Os índices mais baixos correspondem às amostras VA-1, VA-3, VA-5 e VA-10.

Quadro 8.1-15 - Índice de Suporte Califórnia para amostras ensaiadas

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORMAÇÃO	CBR (%)
VA-1	Barrigas	3
VA-5	Barrigas	4
VA-6	Barrigas	9
VA-7	Barrigas	18
VA-9	Barrigas	29
VA-2	Alcantil	12
VA-3	Alcantil	4
VA-4	Alcantil	-
VA-8	Alcantil	8
VA-10	Alcantil	3

Fonte: adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

8.1.6.8. Parâmetros Físico-Químicos do solo

Para determinação dos parâmetros físico-químicos, foram realizados por ARCADIS LOGOS, 2014, ensaios dos parâmetros de densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, porosidade efetiva, condutividade hidráulica, classe de permeabilidade, pH (H2O), pH (KCl), pH (CaCl2), classificação de pH (H2O), fração de carbono orgânico (F.O.C), matéria orgânica, condutividade elétrica, umidade natural, conteúdo de água e água disponível.

As amostras P-27 e P-49, são referentes a solos de alteração da Formação Alcantil e as amostras P-07, P-54 e P-56, dos solos de alteração da Formação Barrigas. O Quadro 8.1-16, Quadro 8.1-17 e Quadro 8.1-18, apresentam os resultados dos parâmetros físicos avaliados.

Quadro 8.1-16 - Resultados de densidade, porosidade, condutividade e permeabilidade

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	DENSIDADE DOS GRÃOS (G/CM³)	DENSIDADE DO SOLO (G/CM³)	POROSIDADE TOTAL (%)	POROSIDADE EFETIVA (%)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (CM/S)	CLASSE DE PERMEABILIDADE
P-07i	2,56	1,37	32	7	$8,61 \times 10^{-5}$	Média
P-27i	2,53	1,33	45	13	$7,77 \times 10^{-5}$	Média
P-49i	2,47	1,4	41	10	$6,38 \times 10^{-5}$	Baixa
P-54i	2,6	1,77	26	7	$9,72 \times 10^{-4}$	Média
P-56i	2,5	1,53	24	3	$3,16 \times 10^{-4}$	Alta

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	DENSIDADE DOS GRÃOS (G/CM³)	DENSIDADE DO SOLO (G/CM³)	POROSIDADE TOTAL (%)	POROSIDADE EFETIVA (%)	CONDUTIVIDA DE HIDRÁULICA (CM/S)	CLASSE DE PERMEABILIDADE
P-07d	2,5	NA	NA	NA	NA	NA
P-27d	2,44	NA	NA	NA	NA	NA
P-27Bd	2,38	NA	NA	NA	NA	NA
P-49d	2,5	NA	NA	NA	NA	NA
P-54d	2,47	NA	NA	NA	NA	NA
P-56d	2,44	NA	NA	NA	NA	NA

NA – Não se aplica a amostras deformadas.
Elaborado por BTB Explorers, alterado de ARCADIS LOGOS, 2014.

O Quadro 8.1-17 apresenta os resultados de pH, Fração de Carbono Orgânico (F.O.C), matéria orgânica (M.O) e condutividade elétrica (C.E) nas amostras de solo coletadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

Quadro 8.1-17 - Resultados de pH, F.O.C, M.O. e C.E no solo

Amostra	pH (H_2O)	pH (KCl)	pH ($CaCl_2$)	Classificação pH (H_2O)	F.O.C (%)	M.O. (%)	C.E. (dS/m)
P-07	5,1	4,5	4,9	Medianamente ácido	0,22	0,38	0,5605
P-27	7,8	7,6	8	Fracamente alcalino	0,32	0,55	0,4997
P-49	7,4	6,8	7,1	Fracamente alcalino	1,17	2,02	0,1493
P-54	4,9	4	4,4	Fortemente ácido	0,22	0,38	0,2162
P-56	4,9	4,2	4,4	Fortemente ácido	0,11	0,19	0,2324

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.
F.O.C: Fração de Carbono Orgânico
M.O.: Matéria Orgânica
C.E.: condutividade elétrica

Quadro 8.1-18 - Análise dos solos: umidade natural (%), conteúdo de água (%) e água disponível (%)

AMOSTRA	UMIDADE NATURAL (%)	CONTEÚDO DE ÁGUA (%)	ÁGUA DISPONÍVEL (%)
P-07	23	7	9
P-27	33	10	13
P-49	29	9	13
P-54	15	5	9

AMOSTRA	UMIDADE NATURAL (%)	CONTEÚDO DE ÁGUA (%)	ÁGUA DISPONÍVEL (%)
P-56	16	5	8

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Os valores de condutividade elétrica dos solos apresentam correlação direta com a presença de sais, devendo ser considerada um fator relevante na capacidade de corrosão de estruturas metálicas, juntamente com o pH, potencial de redução, aeração, e teor de umidade dos solos.

A condutividade elétrica, significativamente maior nos solos associados à Formação Alcantil, apresentou valores máximos de 0,56 dS/m, equivalendo a uma resistividade de 188 ohms.m. Este valor classifica o solo como levemente corrosivo, sendo que os demais, incluindo todas as amostras coletadas no domínio dos gnaisses, apresentam caráter fracamente corrosivos (ARCADIS LOGOS, 2014).

8.1.6.9. Ensaios com Infiltrômetro de parede dupla

Os solos superficiais na AID/ADA, representativos de eventuais aquíferos porosos, ou zonas de condução de água em meio poroso, tiveram suas propriedades hidrogeológicas avaliadas por ARCADIS LOGOS, 2014, através de ensaios de infiltração através de um infiltrômetro de anel duplo.

O ensaio consiste na utilização de dois anéis metálicos concêntricos, que devem ser inseridos no solo e preenchidos com água. O anel externo exerce a função de forçar a verticalidade da percolação no anel interno. Durante o ensaio, podem ser medidos o rebaixamento do nível d'água ou a quantidade de água necessária para manter o seu nível constante. Os resultados são interpretados segundo a lei de Darcy e, assim, são obtidos dados de condutividade hidráulica do solo superficial avaliado, conforme apresentado na Quadro 8.1-19.

Quadro 8.1-19 - Os ensaios com infiltrômetro de parede dupla em solos

AMOSTRA	FORMAÇÃO	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (CM/S)	COORDENAS UTM (SIRGAS 2000)	
PM-05	Barrigas	$8,44 \times 10^{-4}$	415257	9494945
PM-06	Barrigas	$6,14 \times 10^{-4}$	415029	9494595
PM-09	Alcantil	$5,08 \times 10^{-4}$	414756	9495379
PM-10	Alcantil	$8,90 \times 10^{-6}$	413112	9494603
P-97	Alcantil	$9,88 \times 10^{-6}$	N.A.	N.A.

Elaboração: BTB Explorers 2021 adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

Os resultados indicam condutividade hidráulica na ordem de 10-4 a 10-6 cm/s para os solos de alteração da Formação Alcantil. Tais resultados se encontram próximos à condutividade hidráulica calculada em laboratório para as amostras indeformadas, que apresentaram média de 6,94.10-5 cm/s.

Os resultados de condutividade dos solos no domínio dos gnaisses da Formação Barrigas, estão na ordem de 10-4 cm/s, sendo que a condutividade para este tipo de material, obtida em análises laboratoriais, apresenta média de 9,72.10-5 cm/s.

8.1.6.10. Unidades Geotécnicas

As unidades geotécnicas apresentadas por ARCADIS LOGOS (2014) integra dados provenientes dos diagnósticos geológico, geomorfológico, estrutural e pedológico, buscando a identificação de áreas potencialmente sujeitas aos processos superficiais do meio físico, onde foram identificados setores com diferentes suscetibilidades à ocorrência de processos de movimentação de massa. Este subproduto foi integrado com o Mapa de Fragilidade dos Terrenos à Erosão, previamente elaborado e apresentado no diagnóstico da pedologia.

Foi identificado que as unidades caracterizadas por ARCADIS LOGOS (2014) se apresentaram compatíveis com as verificações em campo e, portanto, foram mantidas as quatro unidades geotécnicas na AID, classificadas de acordo com as respectivas suscetibilidades à movimentação de massa:

I. Muito Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa, predominante nas áreas aplainadas da AID;
II. Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa, em geral associada aos sopés das serras e feições geomorfológicas menores, como colinas e morrotes;
III. Média Suscetibilidade à Movimentação de Massa, associada a encostas mais declivosas das serras presentes na AID; e
IV. Média a Alta Suscetibilidade à Movimentação de Massa, associada, essencialmente, aos afloramentos rochosos, em geral localizados nas encostas das serras presentes na AID.

Estas quatro unidades geotécnicas foram segmentadas por ARCADIS LOGOS, 2014, em 10 subclasses com base nos índices de susceptibilidade a movimentação de massas e fragilidade a erosão, conforme ilustrado no Mapa 8.1-14 e no Quadro 8.1-20, que apresenta as associações das unidades geotécnicas com as unidades geológicas e pedológicas da área. No Mapa 8.1-15 são apresentadas as unidades geotécnicas da ADA e a localização dos ensaios e análises realizados.

Quadro 8.1-20 - Associação das unidades geotécnicas, geológicas e pedológicas

UNIDADE	SUBCLASSE GEOTÉCNICA	PRINCIPAIS ASPECTOS SUSC(1) /FRAG.(2)	FORMAÇÃO GEOLÓGICA RELACIONADA	CLASSES PEDOLÓGICAS RELACIONADA	DECLIVIDADES
I	I.a	Muito baixa/ Muito baixa	Barrigas e Alcantil	Neossolos Litólicos, subordinadamente Chernossolos	Muito Baixa
	I.b	Muito baixa/Baixa (induzida por ação antrópica)	Alcantil e Barrigas	Neossolos Litólicos, Cambissolos e Chernossolos	Muito Baixa
II	II.a	Baixa/ Muito baixa	Barrigas Secundário: Alcantil, Laranjeiras, e Serra do Céu	Neossolos Litólicos e Chernossolos	Baixa a Média
	II.b	Baixa/ Baixa	Barrigas, Laranjeiras e Alcantil	Neossolos Litólicos e Cambissolos Vermelhos	Baixa a Média
	II.c	Baixa/ Média	Barrigas	Neossolos Litólicos e Cambissolos	Baixa
III	III.a	Média/ Muito baixa	Barrigas	Neossolos Litólicos e Cambissolos	Baixa a Média
	III.b	Média/Baixa	Barrigas e Laranjeiras	Neossolos Litólicos e Cambissolos, subordinadamente, Chernossolos	Média a Alta
	III.c	Média/Média	Barrigas	Neossolos Litólicos e Cambissolos	Média a Muito Alta
IV	IV.a	Média a alta[3]/Baixa	Laranjeiras e Serra do Céu	Afloramentos Rochosos e Neossolos Litólicos	Média a Alta
	IV.b	Média a alta[4]/Baixa	Alcantil	Neossolos Litólicos	Baixa a Média

[1] - Suscetibilidade à Movimentação de Massa.

[2] - Fragilidade à Erosão.

[3] - Média a Alta Suscetibilidade, essencialmente queda, tombamento e rolamento de blocos.

[4] - Média a Alta Suscetibilidade, essencialmente queda, tombamento e rolamento de blocos, e problemas associados a terrenos cársticos.

Elaboração: BTB Explorers 2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Unidades Geotécnicas

Muito Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa

I.a *Muito baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa a baixa fragilidade à erosão.*

I.b *Muito baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a baixa fragilidade à erosão, induzida por ação antrópica.*

Baixa Suscetibilidade à Movimentação de Massa

II.a *Baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa fragilidade à erosão.*

II.b *Baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a baixa fragilidade à erosão.*

II.c *Baixa suscetibilidade a movimento de massa, associado a média fragilidade à erosão.*

Média Suscetibilidade à Movimentação de Massa

III.a *Média suscetibilidade a movimento de massa, associado a muito baixa fragilidade a erosão*

III.b *Média suscetibilidade a movimento de massa, associado a baixa fragilidade a erosão.*

III.c *Média suscetibilidade a movimento de massa, associado a média fragilidade à erosão.*

Média a Alta Suscetibilidade à Movimentação de Massa

IV.a *Média a alta suscetibilidade a movimento de massa, essencialmente queda, tombamento e rolamento de blocos, associado a baixa fragilidade à erosão.*

IV.b *Média a alta suscetibilidade a movimento de massa, essencialmente queda, tombamento e rolamento de blocos. Subordinadamente média a alta suscetibilidade a problemas geotécnicos associados a terrenos cársticos*

Canindé
Itatira
Santa Quitéria
Morrinhos
Queimadas
Riacho dos Mocós
Riacho Alcantil
Riacho Alcantil
Riacho da Gangorra
Serra do Céu
Serra do Canudo
Serra do Trapiá
Serra da Igreja
Serra da Mata Fome
Riacho das Guaribas
Riacho Mata Fome
Riacho Mata Fome
Riacho Curimatã
Riacho Lucio
Riacho Caramutim
Riacho Caramutim
Riacho Caramutim
Serra do São Gonçalo
Serra das Laranjeiras
Riacho Cunha Moti
Riacho do Bilu
Riacho do Mulungu
Serrote Arapuá
Riacho do Mulungu
Serra do Quati

Legenda

- Localidades de Abordagem Direta
- Limite Municipal
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico

Pontos de Interesse

- Feições erosivas
- Feições cársticas
- Blocos e matacões
- Lajedo com surgência de água

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Arcadis Logos (2013).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

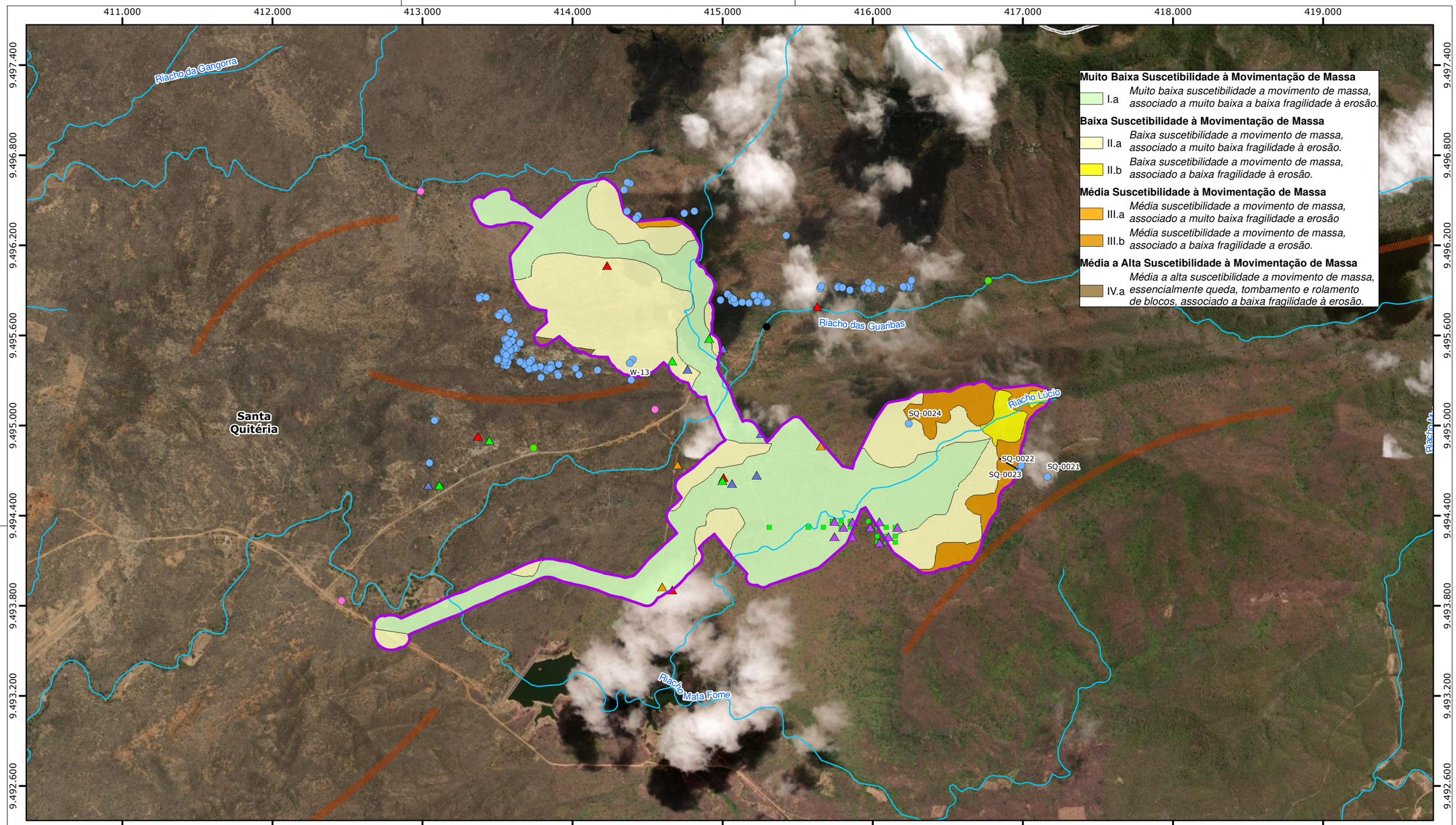
Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Geotécnico da AID

Mapa	Escala	Localização	
8.1-14	1:75.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	08/11/2021	Jéssica Costa de Jesus	Elcio Terron



Legenda

- Cavidades
- Localidades de Abordagem Direta
- Sondagens à percussão
- Serras
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada

Pontos de Interesse

- Feições erosivas
- Feições cársticas
- Blocos e matacões
- Lajedo com surgência de água

Ensaios Geotécnicos

- Infiltração
- Slug Test
- Perda d'água
- Ensaios de Laboratório 1

  Granulometria, Compactação, CBR, limites de contração,IA.
- Ensaios de Laboratório 2

  Granulometria, densidade de partículas e solo porosidades total e efetiva, condutividade hidráulica e elétrica, permeabilidade, pH (H2O), pH (KCl), pH (CaCl2), F.O.C (%), Teor Mat. Orgânica.

Fonte:
- Arcadis Logos (2013).

0 250 500 m

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Geotécnico - ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-15	1:25.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	08/11/2021	Jéssica Costa de Jesus	Daniela Lavignatti

A AID apresenta, predominantemente, uma suscetibilidade à movimentação de massa muito baixa a baixa, associada a uma muito baixa fragilidade à erosão.

As áreas mais críticas a instabilidades se referem as encostas da Serra do Céu, ao norte da AID, as quais são caracterizadas por média a alta suscetibilidade a movimentos de massa, associada à média fragilidade à erosão.

Os índices de fragilidade à erosão apresentam boa correlação com as observações de campo, onde as feições erosivas ocorrem apenas em pontos isolados, na forma de sulcos erosivos, por vezes evoluídos para ravinas de pequeno a médio porte, sendo que as mais expressivas estão associadas com uma antiga área de empréstimo onde os taludes da escavação expõem solos de alteração de gnaisse praticamente sem cobertura vegetal (ARCADIS LOGOS, 2014).

As encostas das serras e serrotes da AID apresentam média suscetibilidade à movimentação de massa, associada a muito baixa a baixa fragilidade à erosão, com as drenagens em porções topograficamente mais elevadas, associadas às áreas de baixa suscetibilidade a movimento de massa e baixa fragilidade à erosão.

Em áreas de afloramentos rochosos associadas a regiões com declives, predominam média a alta suscetibilidade a movimentos de massa, essencialmente representadas por queda, tombamento e rolamento de blocos, evidenciados pelos expressivos depósitos de tálus observados na base das encostas.

Localmente, ocorrem também, pontos de média a alta suscetibilidade a problemas geotécnicos associados a terrenos cársticos. As áreas passíveis de ocorrência destes processos se encontram inseridas na ADA e os seus principais aspectos serão abordados, em detalhes, adiante.

A caracterização geotécnica dos solos na ADA teve enfoque principal em ARCADIS LOGOS (2014), na área da Unidades de Urânio segundo relatório de Caracterização do empreendimento (TETRA MAIS, 2021), onde existem dados de ensaios realizados anteriormente, e se refere a Formação Barrigas, que conforme descrito no item sobre a Geologia da AID/ADA, consiste de gnaisses bandados que se encontram, geralmente, medianamente a muito alterados. Afloramentos rochosos nesta porção da ADA são escassos, devido à ocorrência de uma cobertura delgada, porém contínua, de depósitos aluvio-coluvionares classificados como Neossolos Litólicos. Secundariamente, ocorrem Cambissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos.

8.1.6.11. Estabilidade da Área da Jazida

Especificamente na área da jazida, além dos dados coletados em campo em 2011 por ARCADIS LOGOS, 2014, principalmente, nos taludes de corte, emboques, paredes e tetos das galerias de inspeção, para análise geotécnica foram utilizados os dados secundários de cerca de 250 sondagens rotativas, já analisados em detalhes por Alcântara e Silva (2003).

As estruturas geológicas mapeadas foram tratadas estatisticamente através de projeções estereográficas, e foi avaliada a estabilidade dos taludes da área onde será a futura cava.

As descontinuidades mais comuns nos maciços rochosos consistem em foliações que se encontram presentes em praticamente todas as rochas da região, formando planos de fraqueza condicionados pela orientação de seus minerais, fraturas, juntas e falhas.

A determinação das principais atitudes das estruturas, através do levantamento de medidas, permitiu caracterizar feições, individualmente ou agrupadas, com base em diversos parâmetros como persistência, espaçamento, geometria, rugosidade, abertura, preenchimento e presença de água.

Regionalmente, as foliações apresentam predominância de baixos ângulos de mergulho (aproximadamente 20º) e rumo predominante para sul e sudeste, com pequenas variações para noroeste e nordeste. Localmente, podem apresentar mudanças severas nas orientações e mergulhos, devido aos diversos padrões de dobramento superimpostos às rochas.

Dentre os diversos padrões de dobras observados ou descritos na literatura, destacam-se as dobras abertas de porte regional, com eixos próximos de E-W, correspondentes à última fase de deformação. Estas megaestruturas são as principais responsáveis pela orientação preferencial das unidades geológicas e pela inversão dos mergulhos da foliação

As fraturas se apresentam agrupadas em três famílias com direções médias N-S, E-W e NE-SW, normalmente com mergulhos subverticais apresentando pequenas dispersões. Suas características são praticamente homogêneas em toda a área, independentemente dos litotipos, apresentando superfícies geralmente planas, lisas a rugosas, seladas ou com aberturas milimétricas, algumas vezes preenchidas por argilas resultantes da alteração da própria rocha, e geralmente secas. Localmente, nas áreas de ocorrência de mármores, são observadas descontinuidades com maior abertura, derivadas da ação de processos cársticos de dissolução.

A Figura 8.1-85 ilustra a projeção estereográfica do hemisfério inferior contendo as atitudes de todas as descontinuidades medidas durante as etapas de mapeamento, demonstradas em populações de polos onde as regiões mais escuras representam maiores densidades de medidas e as concentrações indicadas em vermelho correspondem aos polos das foliações

As densidades indicam as modas das descontinuidades em toda a região do projeto. Com base nessas medidas, foram obtidas atitudes gerais das estruturas com maiores concentrações de valores. Essas atitudes foram representadas em projeções ciclográficas (Figura 8.1-86), das principais descontinuidades mapeadas (diagrama de Schmidt-Lamber, hemisfério inferior), onde as projeções em vermelho correspondem aos planos da foliação.

A partir da análise do diagrama obtido, foi realizada uma análise da estabilidade geométrica de futuros taludes de cortes, com identificação das descontinuidades planares e cunhas biplanares e triplanares.

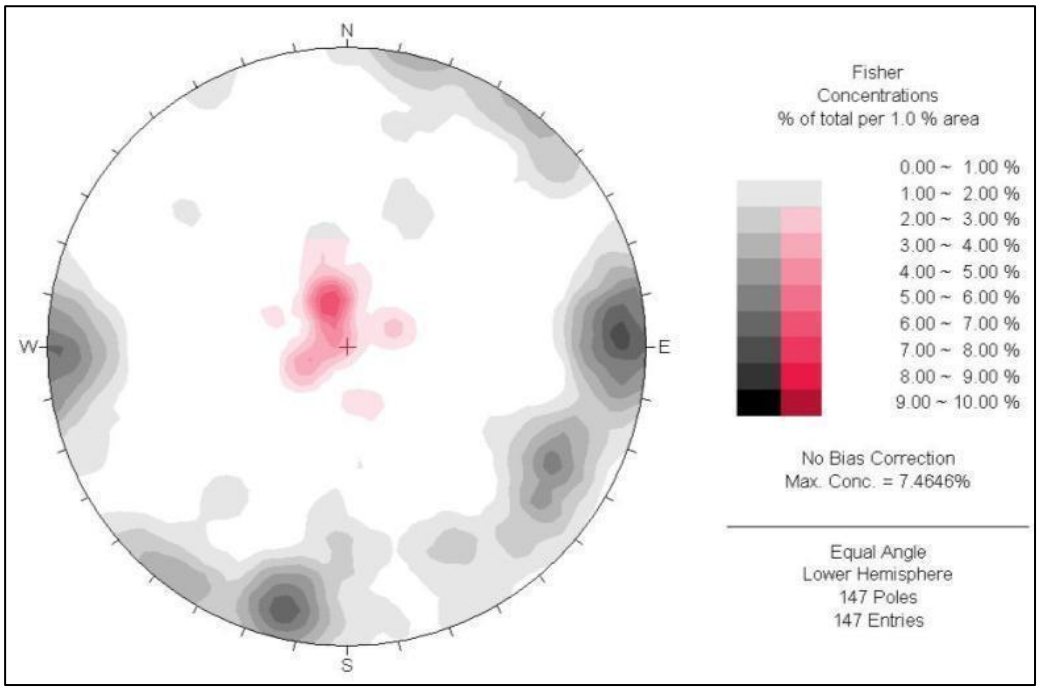


Figura 8.1-85 – Projeção estereográfica (Diagrama Schimit-Lambert).

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

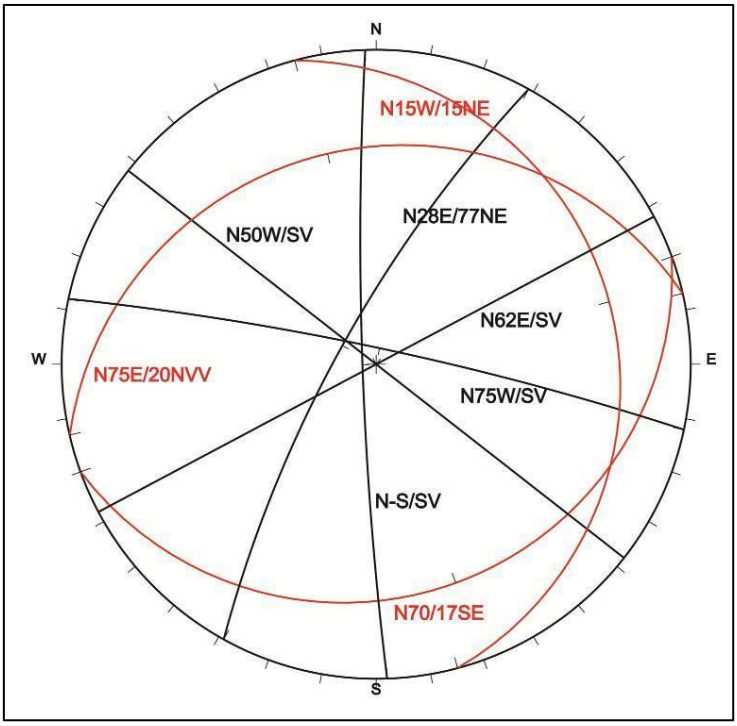


Figura 8.1-86 - Projeção ciclográfica das principais descontinuidades mapeadas.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

As superfícies sujeitas a escorregamentos são representadas pelas descontinuidades associadas às foliações com mergulho predominante para sudeste, as quais, podem condicionar instabilizações, além da sua combinação com as fraturas subverticais, originando cunhas e blocos potencialmente instáveis.

O fato de as foliações apresentarem três rumos de mergulho distintos caracteriza uma situação de instabilidade de taludes com direções NE e com inclinação para SE ou para NW e; com direções N-S a NNW-SSE com inclinação para E a ENE.

Na região onde se pretende implantar a cava, a foliação apresenta mergulho predominante para SSE, onde na parede direita do trecho inicial da galeria G3, foram observados deslizamentos de pequeno porte ao longo do plano da foliação e queda de blocos isolados pela intersecção desta estrutura com fraturas subverticais NE e NW.

Também podem ocorrer processos de desplacamento do teto da galeria G1, com direção N-S, condicionada pela foliação que mergulha cerca de 50º em direção à entrada.

Além da orientação das estruturas, as condições geomecânicas do maciço têm papel fundamental na estabilidade dos taludes de cortes. Nuclebrás (1985) compartimentou o maciço da região em três classes geotécnicas, entre I (melhor) e III (pior), com base no grau

de alteração, variando entre A1 (rocha sã) a A3 (rocha muito alterada); e um *RQD (Rock Quality Designation)*, classificado entre muito pobre a excelente.

A classe I, caracterizada por rochas sãs ou praticamente sãs, pouco fraturadas e RQD acima de 50%, se localiza nas porções mais profundas do maciço, eventualmente intercalada com faixas de rocha com qualidade inferior.

A classe II está distribuída na forma de lentes ou porções isoladas em meio às outras duas classes.

A classe III, correspondendo a rochas com alto grau de alteração, muito fraturada e baixo RQD, se encontra, predominantemente, nas porções superficiais do maciço, porém podendo atingir mais de 100 metros de profundidade.

A Figura 8.1-87 apresenta seções geotécnicas extraídas de Alcantara e Silva 2003, denominadas S-5 (Figura 8.1-87a), S-9 (Figura 8.1-87b) e S-13 (Figura 8.1-87c), nas quais é possível identificar as classes geotécnicas definidas pela Nuclebrás (1985).

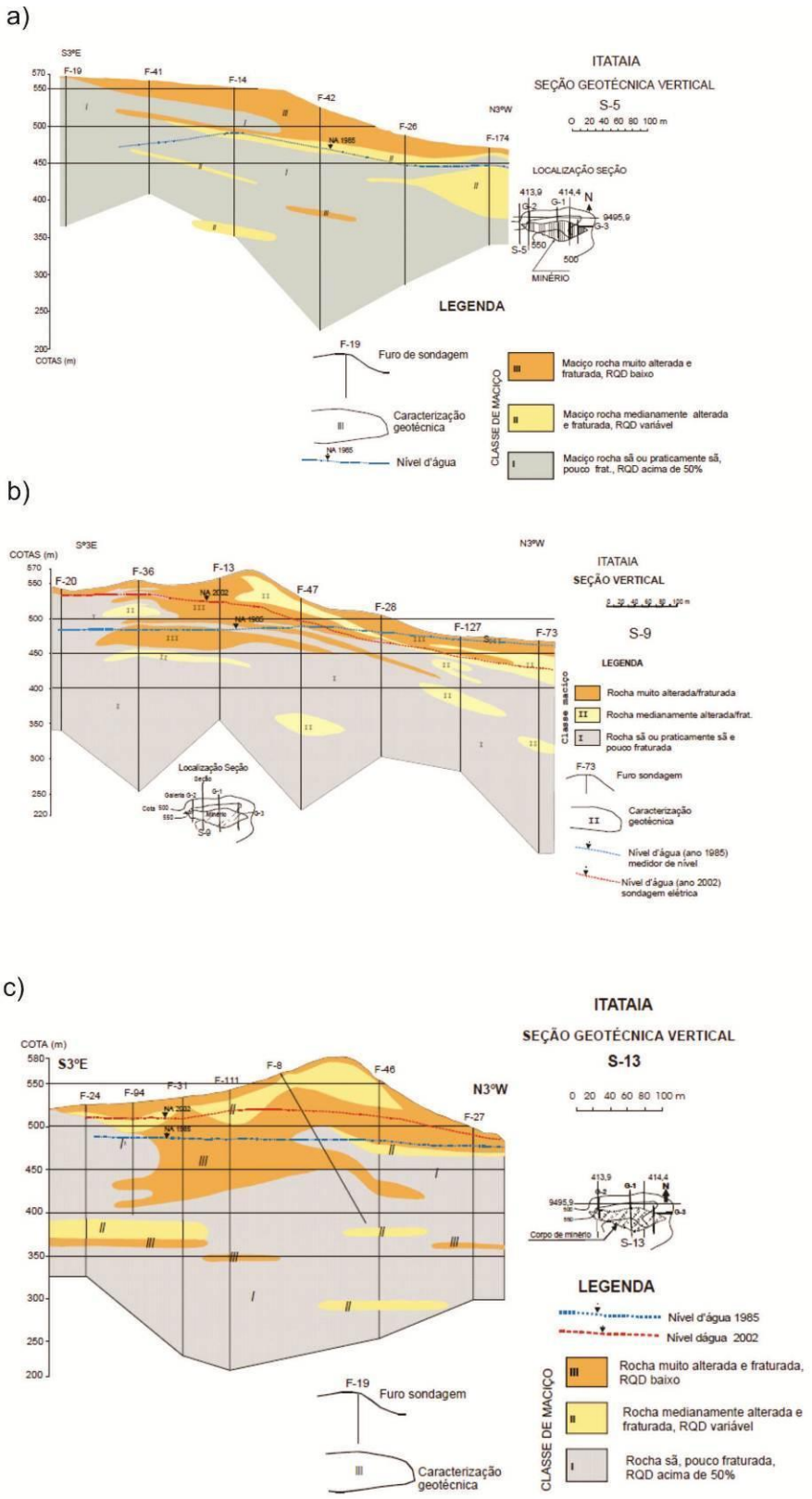


Figura 8.1-87 - Seções geotécnicas e distribuição das classes de maciço.

Fonte: Alcantara e Silva, 2003.

Com o objetivo de subsidiar projetos de engenharia para a lavra e beneficiamento do minério e dar apoio aos estudos de viabilidade técnico-econômica da mina de Itataia, Mendonça (1986), com base em elementos estruturais da região, elaborou uma nota técnica intitulada “Setorização Estrutural do Pit para a cota 480 metros”.

Nesta nota técnica foram avaliados possíveis mecanismos de ruptura para os taludes da cava até a cota 480 m, com base no projeto existente na época. Nesse trabalho, o traçado do pit foi dividido em 14 setores de acordo com sua direção e influência do fraturamento no segmento do talude considerado.

Com base na análise de frequências das descontinuidades, o autor analisou os possíveis mecanismos de ruptura, os quais foram classificados como planar, biplanar e em cunha. As situações de instabilidade identificadas foram compiladas e sistematizadas no Quadro 8.1-21 ao Quadro 8.1-23. De maneira geral, as superfícies de escorregamento possuem mergulhos que variam entre baixo e médio, normalmente entre 20º e 40º.

Quadro 8.1-21 - Escorregamentos Planares Potenciais

REGIÃO	TALUDE	DIREÇÃO	MERGULHO	TIPO DESCONTINUIDADE
Setor IV	N65°W - 48°NE	N80°W	20°	Foliação
Setor VI	N80°W - 48°NE	N88°E	32°	Fratura secundária
Setor VII	N65°E - 48°NW	N60°E	20°	Foliação
Setor VIII	N75°W - 48°SW	N80°E	20°	Foliação
Setor X	EW - 48°S	N70°E	20°	Foliação
Setor XI	N45°W - 48°SW	N80°W	30°	Foliação
Setor XIII	N85°E - 48°SE	N65°E	25°	Foliação
		N85°E	40°	Falha
Setor XIV	N45°E - 48°SE	N60°E	40°	Foliação

Fonte: Mendonça, 1986.

Quadro 8.1-22 - Escorregamentos Biplanares Potenciais

REGIÃO	TALUDE	1ª DESCONTINUIDADE		2ª DESCONTINUIDADE		RELAÇÃO (1)
		DIREÇÃO	MERGULHO	DIREÇÃO	MERGULHO	
Setor VI	N80°W - 48°NE	N76°E	20°	N88°E	32°	Mx, Fs
Setor VII	N65°E - 48°NW	N70°E	20°	N42°E	70°	Mx, Fs
Setor VIII	N75°W - 48°SW	N°80E	20°	N86°E	70°	Mx, Fp
Setor X	EW - 48°S	N70°E	20°	N84°W	58°	Mx, Fs

REGIÃO	TALUDE	1ª DESCONTINUIDADE		2ª DESCONTINUIDADE		RELAÇÃO (1)
		DIREÇÃO	MERGULHO	DIREÇÃO	MERGULHO	
Setor XI	N45°W - 48°SW	N80°W	30°	N65°W	45°	Mx, Fs
1 – Tipos de descontinuidade que compõem diedro: Mx – Foliação; Fp – Fratura principal; Fs – Fratura secundária						

Fonte: Mendonça, 1986.

Quadro 8.1-23 - Escorregamentos em Cunha Potenciais

REGIÃO	TALUDE	ATITUDES DAS INTERSECÇÕES		RELAÇÃO(1)
		DIREÇÃO	MERGULHO	
Setor I	N05°E - 48°SE	N84°E	8°NE	Mx Fs
		N35°W	20°SE	Mx Fs
Setor II	N20°W - 48°NE	N76°E	8°NE	Mx Fs
		N80°W	25°SE	Mx Fp
Setor III	N85°W - 48°NE	N10°E	40°NE	Fp Fs
		N8°W	35°NW	Fp Fp
Setor V	N45°W - 48°NE	N12°E	30°NE	Fp Mx
	N65°E - 48°NW	N25°W	48°NW	Fp Mx
Setor VI	N80°W - 48°NE	N15°E	30°NE	Fs Fs
		N2°E	20°NE	Fs Pp Mx
		N2°E	30°NE	Fs Fs
Setor VII	N65°W - 48°NW	N6°W	20°NW	Fs Mx
Setor X	EW - 48°S	N8°E	20°SW	Fp Mx
Setor XI	N45°W - 48°SW	N70°E	15°SW	Mx Mx
Setor XII	N40°E - 48°SE	N62°W	12°SE	Fs Mx
		N54°W	20°SE	Fs Fs
Setor XIII	N85°E - 48°SE	N6°W	25°SE	Fp Mx
		N36°W	6°SE	Fp Fp
Setor XIV	N35°W - 48°SW	N50°E	8°SW	Fp Mx
1 – Tipos de descontinuidade que compõem diedro: Mx – Foliação; Fp – Fratura principal; Fs – Fratura secundária				

Fonte: Mendonça, 1986.

8.1.6.12. Considerações Finais

A distribuição granulométrica para os solos da Formação Alcantil se refere a Argila (23 a 39%), silte (15 a 28%) areias (10 a 30%), e para os solos da Formação Barrigas composta essencialmente contêm Argila (6 a 322%), silte (15 a 28%) areias (7 a 42%).

Com base nos picos de difratogramas de raios-X em amostras provenientes da Formação Alcantil, os resultados indicam que 100% destas amostras possuem quartzo (SiO2); 26,08% contêm fluorapatita (Ca5(PO4) 3F); 13,04% têm carbonato de cálcio (CaCO3); e 6,52% das amostras tem presença de uranio. Além da presença desses minerais, verificou-se a presença de argilominerais, característicos das argilas, onde quimicamente são representados por silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo outros tipos de elementos como ferro, potássio, lítio e outros.

Os ensaios de compactação indicam densidade máxima variando entre 1,645 Kg/m3 e 2,04 Kg/m3, com umidade ótima oscilando entre 10,9% e 19%. O índice de atividade das argilas (IA) se encontra entre 0,27 e 0,43 (ARCADIS LOGOS, 2014), equivalendo ao intervalo de valores característicos de argilas inativas, portanto, com pouca influência sobre os ensaios de compactação e CBR. Este resultado demonstra que os solos analisados não devem apresentar expansividade.

Os valores de condutividade elétrica dos solos apresentam correlação direta com a presença de sais, devendo ser considerada um fator relevante na capacidade de corrosão de estruturas metálicas, juntamente com o pH, potencial de redução, aeração, e teor de umidade dos solos. A condutividade elétrica nos solos associados à Formação Alcantil classifica o solo como levemente corrosivo, sendo que para os demais solos, apresentam caráter fracamente corrosivos.

A condutividade hidráulica para os solos de alteração da Formação Alcantil está na ordem de 10^{-4} a 10^{-6} cm/s, e para solos no domínio dos gnaisses da Formação Barrigas, estão na ordem de 10^{-4} e10^{-5} cm/s, que são condizentes com as frações granulométricas identificadas.

A AID apresenta, predominantemente, uma suscetibilidade muito baixa a baixa para movimentação de massa, associada a uma muito baixa fragilidade à erosão. As áreas mais críticas a instabilidades se referem as encostas da Serra do Céu, ao norte da AID, as quais são caracterizadas por média a alta suscetibilidade a movimentos de massa, associada à média fragilidade à erosão.

As encostas das serras e serrotes da AID apresentam média suscetibilidade à movimentação de massa, e muito baixa a baixa fragilidade à erosão. Em áreas de afloramentos rochosos associadas a regiões com declives, predominam média a alta suscetibilidade a movimentos de massa, representadas por queda, tombamento e rolamento de blocos. Localmente, ocorrem pontos de média a alta suscetibilidade a problemas geotécnicos associados a terrenos cársticos.

Na área da Jazida, as superfícies sujeitas a escorregamentos são representadas pelas descontinuidades associadas às foliações com mergulho predominante para sudeste, as quais, podem condicionar instabilizações, além da sua combinação com as fraturas subverticais, originando cunhas e blocos potencialmente instáveis. O fato de as foliações apresentarem três rumos de mergulho distintos caracteriza uma situação de instabilidade de taludes com direções NE e com inclinação para SE ou para NW e; com direções N-S a NNW-SSE com inclinação para E a ENE.

Na região onde se pretende implantar a cava, a foliação apresenta mergulho predominante para SSE, onde na parede direita do trecho inicial da galeria G3, foram observados deslizamentos de pequeno porte ao longo do plano da foliação e queda de blocos isolados pela intersecção desta estrutura com fraturas subverticais NE e NW.

Além da orientação das estruturas, as condições geomecânicas do maciço têm papel fundamental na estabilidade dos taludes de cortes. Nuclebrás (1985) compartimentou o maciço da região em três classes geotécnicas. A classe I, caracterizada por rochas sãs ou praticamente sãs, pouco fraturadas e RQD acima de 50%, se localiza nas porções mais profundas do maciço, eventualmente intercalada com faixas de rocha com qualidade inferior. A classe II está distribuída na forma de lentes ou porções isoladas em meio às outras duas classes. A classe III, correspondendo a rochas com alto grau de alteração, muito fraturada e baixo RQD, se encontra, predominantemente, nas porções superficiais do maciço, porém podendo atingir mais de 100 metros de profundidade.

8.1.7. Geologia

8.1.7.1. Considerações Metodológicas

As informações apresentadas são compostas de dados primários obtidos em trabalhos de campo e dados secundários provenientes de trabalhos técnicos e acadêmicos.

Os produtos locais gerados para a AII foram obtidos por meio da análise integrada e interpretação de dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Dados secundários incluíram mapas geológicos, mapas temáticos, levantamentos aerogeofísicos e sensores remoto (imagens de satélite e modelo digital de terreno).

Os dados primários foram levantados em etapas de campo realizadas em 2011 para o estudo da ARCADIS LOGOS, 2014, pela AFC Geofísica (2016) e atualizada em 2020/2021 pela Tetra Mais (Quadro 8.1-24). Os levantamentos recentes foram realizados com o apoio de *Global Position System* (GPS).

Quadro 8.1-24 - Etapas de coletas de dados primários

ANO	DESCRIÇÕES GEOLÓGICAS	SONDAGENS E POÇOS DE MONITORAMENTO	AMOSTRAGEM E ANÁLISES QUÍMICAS	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE	LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS
2011					
2016					
2020					
2021					

OBS.: Descrições geológicas compreendem aquelas de afloramentos rochosos, de perfis de solo e das coletas de medidas estruturais com o uso de bússola de geólogo de descontinuidades como falhas, fraturas, foliações, lineações, eixos e planos de dobras.

As sondagens rotopercussivas, realizadas em fevereiro de 2011 em dez pontos distribuídos pela ADA, com os perfis litológicos das sondagens apresentados no Anexo 8.1-IV, extraídos de ARCADIS LOGOS, 2014. Tais sondagens tiveram como objetivo principal a instalação de poços de monitoramento para a coleta de água subterrânea. Ressalta-se que, por se tratar de um método de perfuração destrutivo, não foram coletadas informações detalhadas sobre a estrutura dos maciços rochosos como índices de qualidade de rochas, apenas as disponíveis nas amostras de calha.

Conforme documentos disponibilizados, as perfurações das sondagens de reconhecimento e instalação de poços de monitoramento foram realizadas de acordo com a

norma ABNT/NBR 15.492/2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental. A descrição dos solos foi realizada segundo a ABNT/NBR 6502/1995 - Rochas e Solos.

Para a área da jazida na ADA, utilizaram-se os dados primários em formato de arquivos vetoriais do mapa geológico e seções geológicas de detalhe com dados coletados entre 1979 e 2002 fornecidas pela INB e apresentados na forma de mapa e perfis geológicos no item 8.1.7.3.4 (geologia da área da jazida), levantamentos geofísicos obtidos em 2002 com os dados dos estudos de Alcantara e Silva (2003), elaborados especificamente para o profundo conhecimento dos corpos mineralizados, com um nível de detalhamento maior que os dados primários obtidos ao longo das campanhas de campo, face ao grande número de sondagens (250), as profundidades superiores a 450 metros (abaixo da cota 100 m), e a densidade da malha de dados, e posteriormente também por Veríssimo et al. (2016).

A caracterização mineralógica do minério da Jazida Itataia, realizada em 2019, pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCT-EPUSP), teve como objetivo determinar a composição mineralógica das amostras por fração granulométrica, a forma de ocorrência e liberação da apatita e de outros minerais de interesse presentes, bem como a partição do fósforo e de outros elementos químicos entre os minerais portadores. Essa caracterização foi realizada por meio da homogeneização das amostras, cominuição em rolos, classificação granulométrica por peneiramento, separação mineral em líquido denso e separação magnética em separador Frantz, análises mineralógicas através da conjugação de difração de raios x, microscopia eletrônica de varredura acoplada e espectrômetro por dispersão de energia (EDS) e busca automatizada, através do *software Mineral Liberation Analyser (MLA-FEI)*. O laudo contendo a descrição completa desta Caracterização Mineralógica, é apresentado no Volume V – Anexo 8.1-V.

8.1.7.1.1. Bases Geológicas

O levantamento geológico regional utilizou as três folhas geológicas disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM): Folha Quixadá (SB-24-V-B) elaborada na escala 1:250.000; Folha Itatira (SB-24-V-B-V); e Folha Taperuaba (SB.24-V-B-II) na escala 1:100.000 (Figura 8.1-88).

Para análise regional e contextualização utilizou-se somente a Folha Quixadá (CPRM, 2007) exibida em um recorte para a região de estudo. Esta folha foi escolhida, pois, além de ter uma escala compatível com a abordagem regional, guarda uma grande correspondência com o levantamento aerogeofísico utilizado e abordado nos próximos itens.

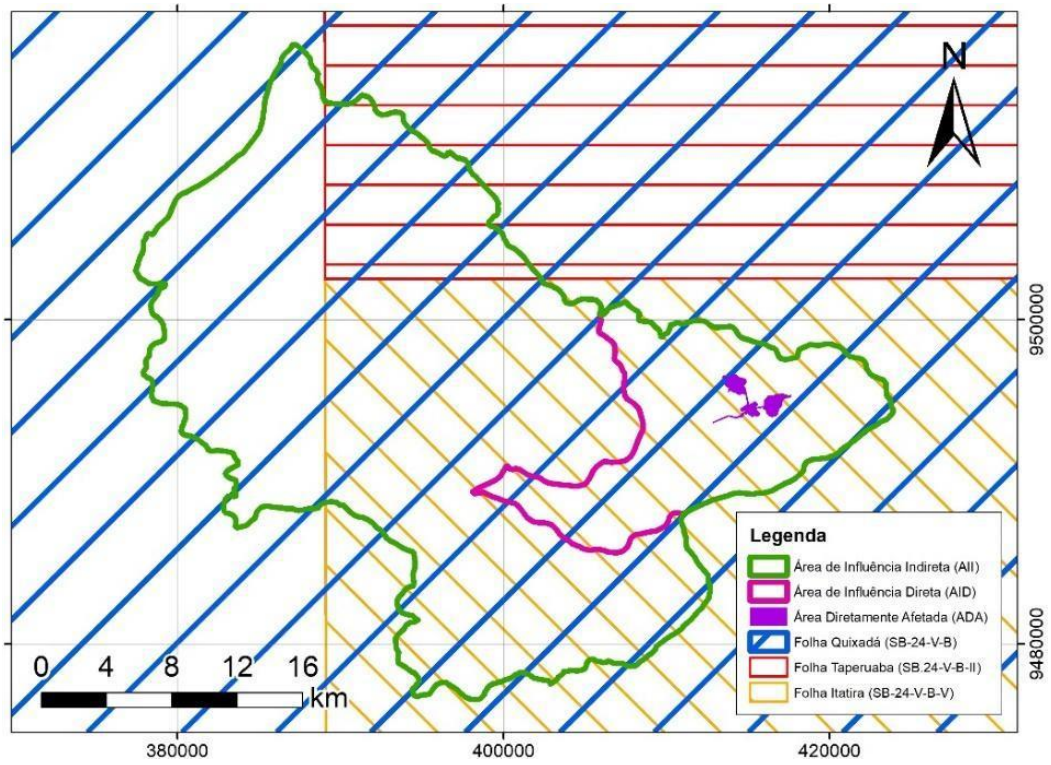


Figura 8.1-88 - Cobertura da área por cartas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM).

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

8.1.7.1.2. Modelos Digitais de Elevação

Com o objetivo de aprimorar a visualização das feições geológicas e facilitar a interpretação dos dados, foram adquiridos Modelos Digitais de Elevação (MDE) da base de dados do projeto Topodata[3], um banco de dados geomorfométricos do Brasil elaborados e refinados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que disponibiliza o MDE e suas derivações em cobertura nacional com células de 30 metros de resolução, elaborados a partir dos dados do programa *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*, da Agência Aeroespacial dos Estados Unidos - NASA. Os modelos foram utilizados para integrar a intepretação dos dados geológicos, e para auxiliar na interpretação estrutural com a extração de lineamentos estruturais.

A partir do MDE foram gerados os mapas de relevo sombreado em quatro principais direções de iluminação (NE, NW, EW e NS). Os modelos digitais de elevação com as diferentes direções de sombreamento podem ser observados na Figura 8.1-89.

3 http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php

Os mapas resultantes foram submetidos a procedimentos de extração automática de lineamentos. Os lineamentos extraídos podem ser observados na Figura 8.1-90

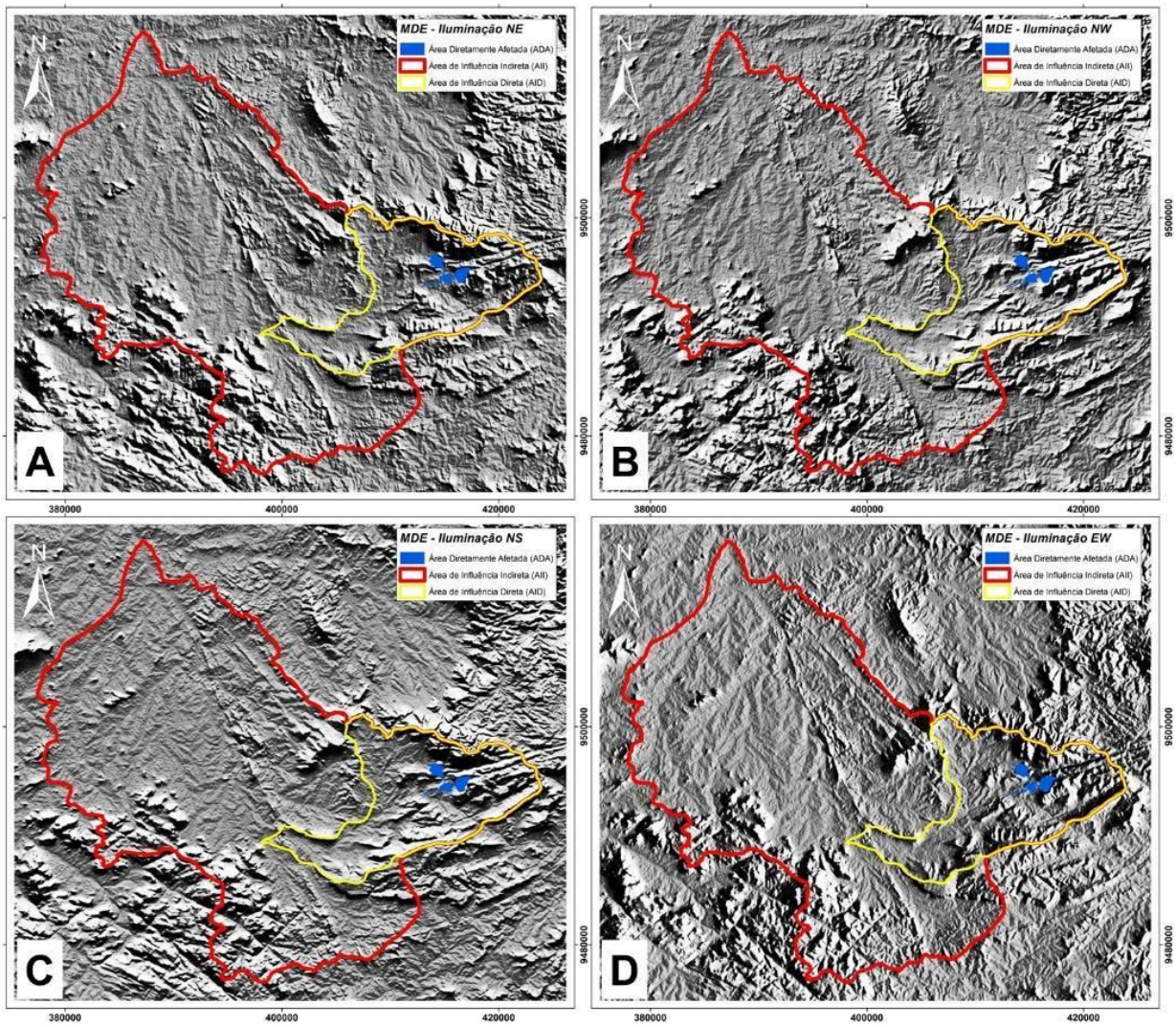


Figura 8.1-89 - Imagens do Relevo Sombreado nas direções NE (A), NW (B), NS (C) e EW (D).

Elaboração: BTB Explorers, 2020.

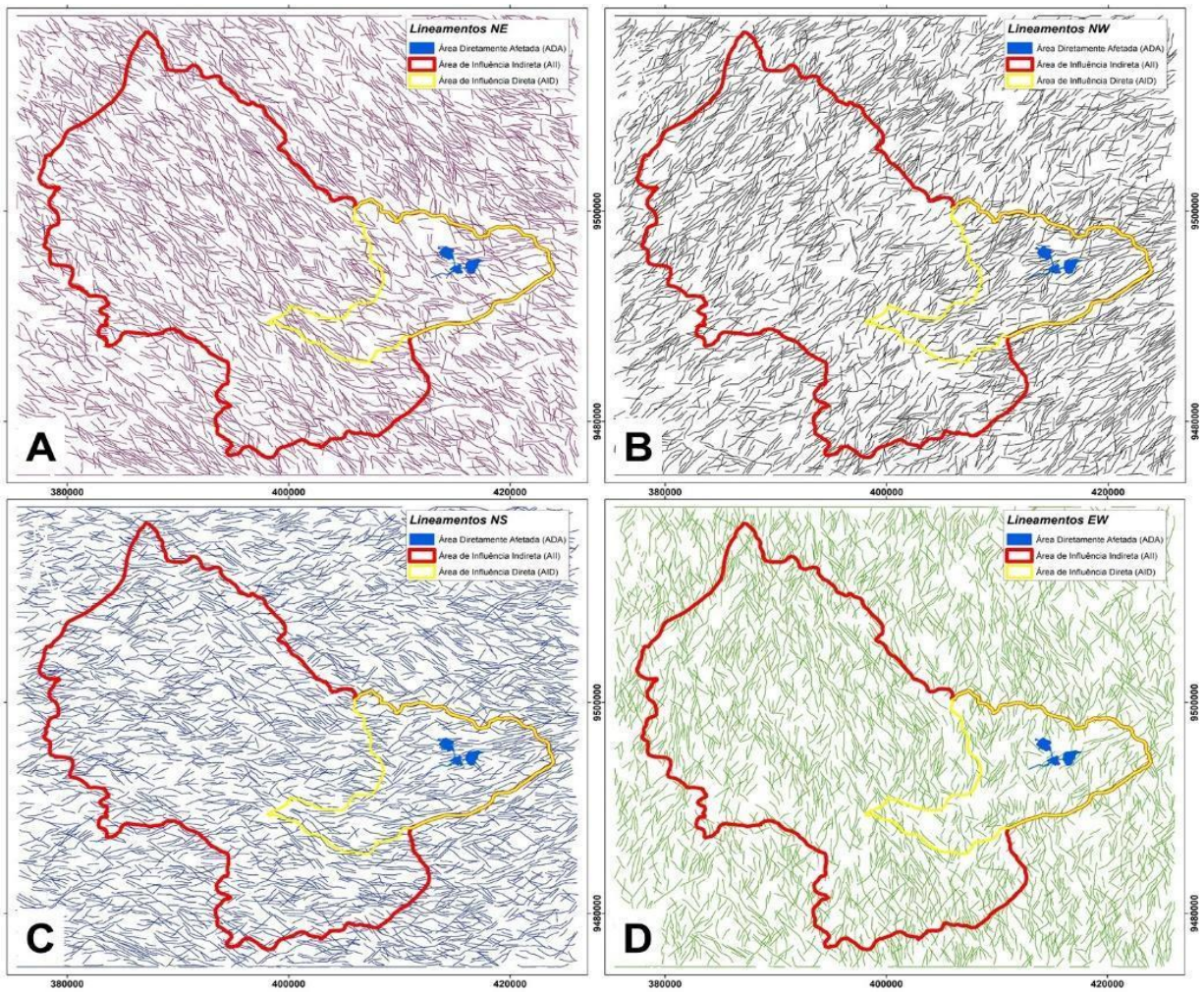


Figura 8.1-90 - Lineamentos extraídos a partir das imagens de relevo sombreado

Elaboração: BTB Explorers, 2020.

8.1.7.1.3. Dados Aerogeofísicos

Os dados geofísicos utilizados são provenientes do Projeto Aerogeofísico Norte do Ceará – 1086 (CPRM – 2009). O levantamento foi finalizado em 2009 e os parâmetros de aquisição do levantamento podem ser observados no Quadro 8.1-25.

Quadro 8.1-25 - Parâmetros de aquisição do levantamento

PARÂMETROS	DADOS
Direção das linhas de voo	N-S
Espaçamento entre as linhas	500 m
Direção das linhas de controle	E-W
Intervalo das medições	0,1 s
Altura média de voo	100 m

PARÂMETROS	DADOS
Velocidade aproximada de voo	262 a 270 km/h

Elaboração: BTB Explorers, 2020.

Os dados do levantamento foram interpolados para um quarto do espaçamento, gerando uma cobertura com células de 125 metros de resolução. Posteriormente, os dados foram recortados visando a cobertura da AII. A Figura 8.1-91 mostra a localização da área de recorte em relação ao levantamento e a AII.

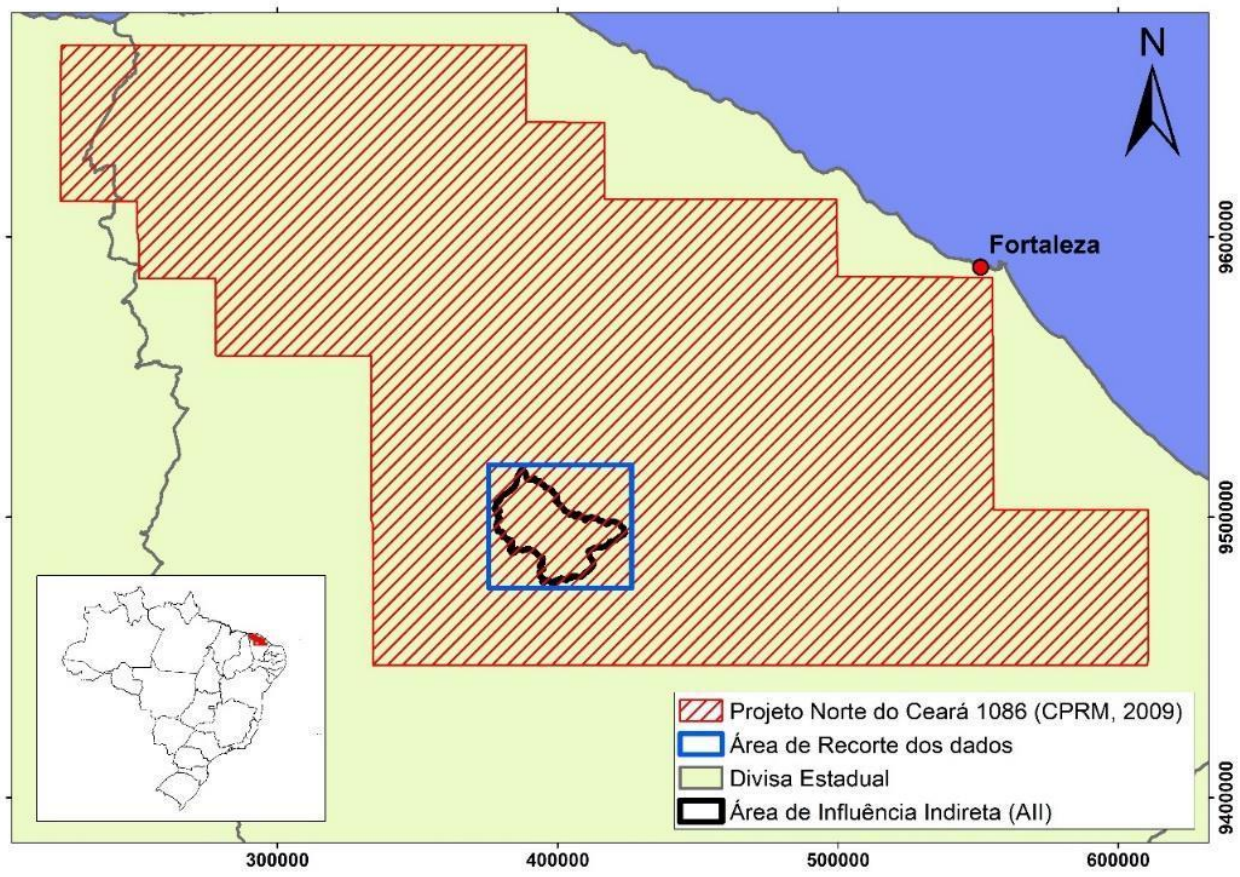


Figura 8.1-91 - Localização da área de recorte dos dados em relação ao Projeto Norte do Ceará e a AII.

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

O recorte dos dados gerou os mapas da porcentagem do Potássio (%), do equivalente em Urânio (ppm) e do equivalente do Tório (ppm). Estes três mapas foram combinados gerando o mapa de composição ternária (Figura 8.1-92) representado na paleta de cor RGB, que tradicionalmente é utilizado na confecção de mapas litogeofísicos/geológicos.

O mapa da composição ternária RGB mostra a distribuição dos radionuclídeos do Potássio (K - %), equivalente em Tório (eTh - ppm) e equivalente em Urânio (eU – ppm) nos solos e rochas e permite definir limites relacionados a concentração destes elementos, que geralmente tem relação direta com a ocorrência dos litotipos que ocorrem na área.

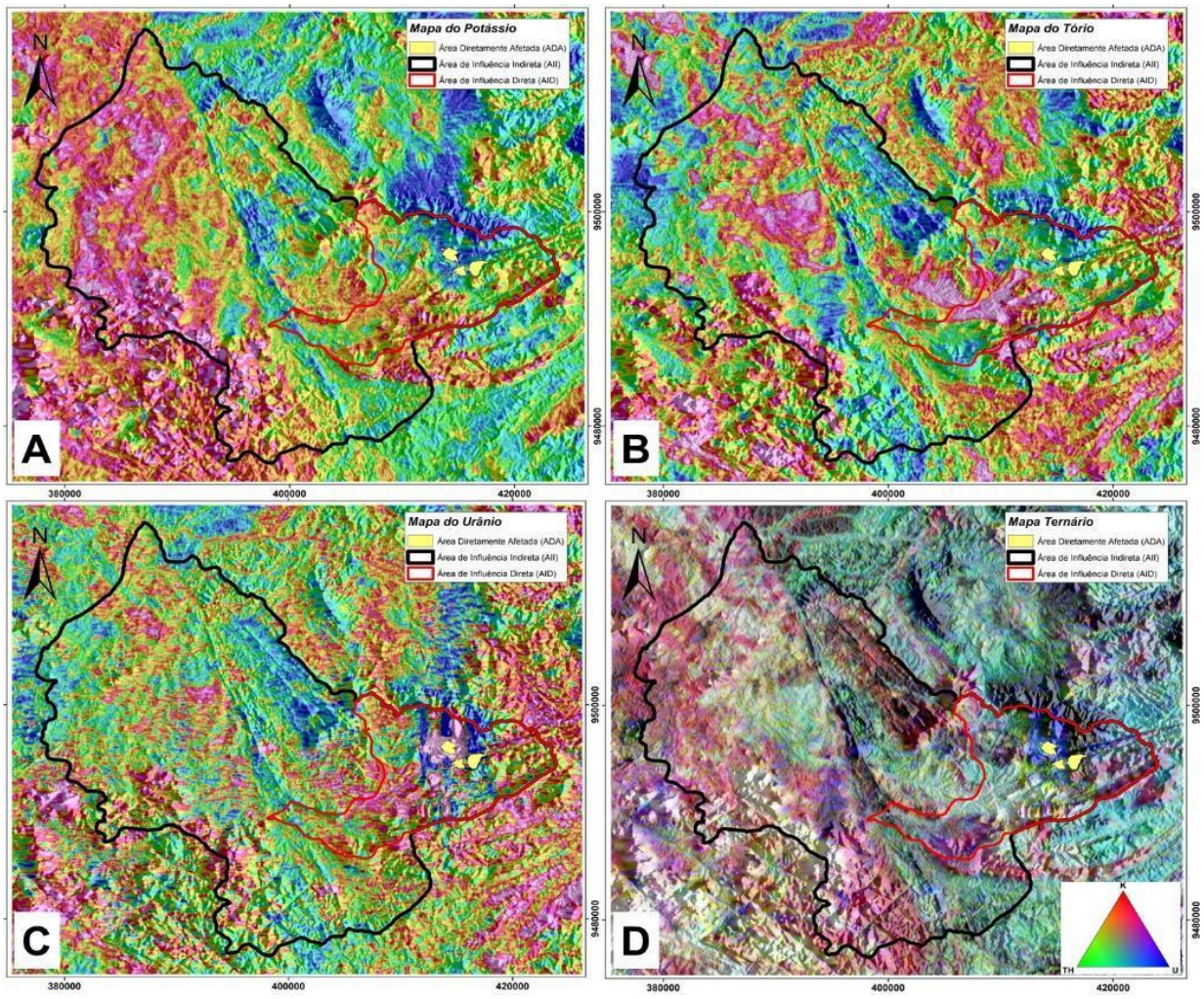


Figura 8.1-92 - Mapas gamaespectrométricos: A) Mapa do potássio, B) Mapa do Tório, C) Mapa do Urânio e D) Mapa da composição ternária RGB.

Elaboração: BTB Explorers, 2020.

A Figura 8.1-93 mostra uma sobreposição dos contatos litológicos da Folha Quixadá sobre o mapa RGB e a correspondência destas feições. Os dados gamaespectrométricos foram utilizados para refinar o mapeamento geológico, principalmente na AID e ADA.

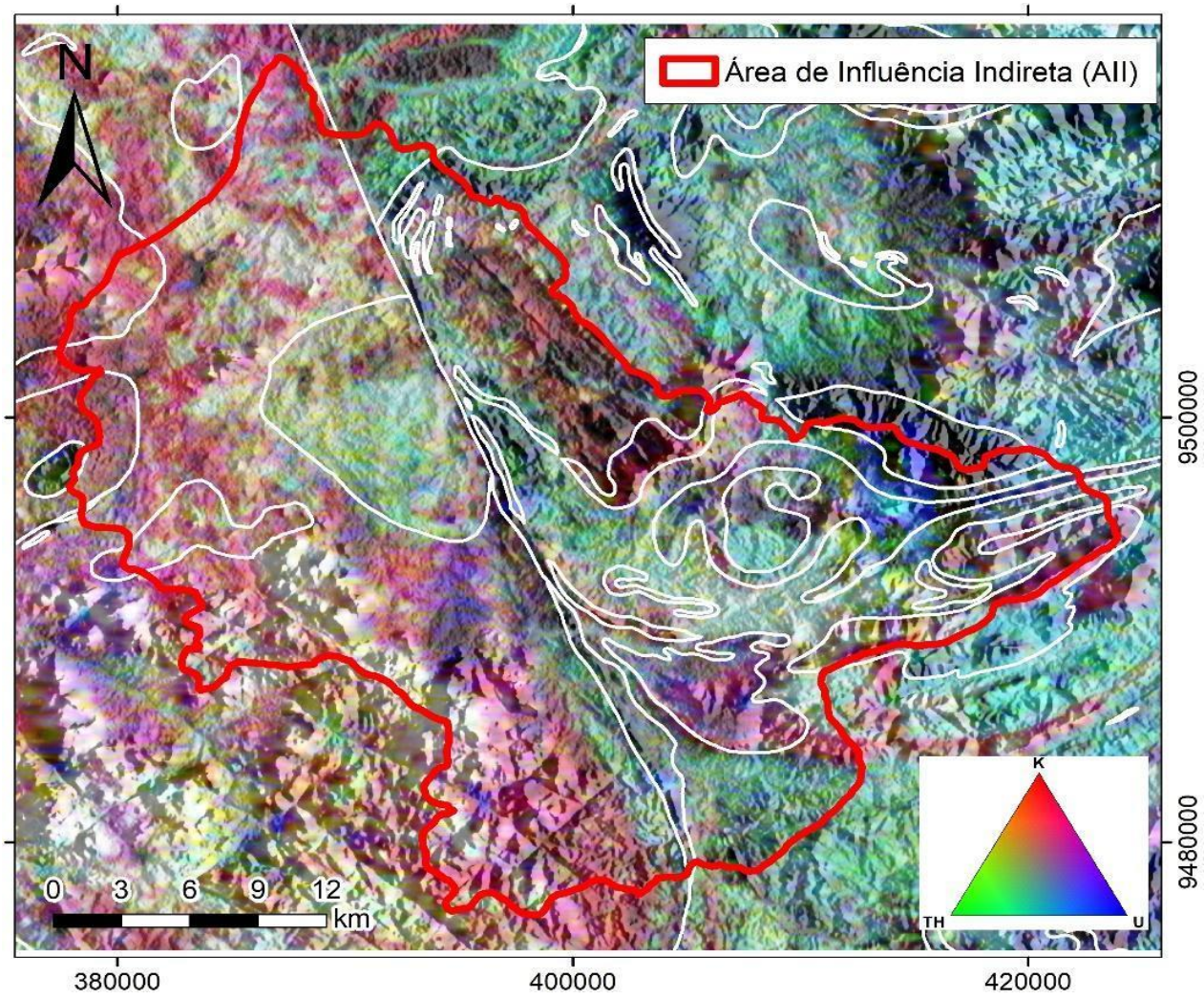


Figura 8.1-93 - Composição ternária RGB sobreposto ao MDE, com os contatos geológicos da Folha Quixadá e o Limite da AII

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

Com o objetivo de complementar o arcabouço estrutural da área de estudo foram aplicados métodos de realce de anomalias aos dados magnetométricos do levantamento Norte do Ceará. Tais métodos são amplamente utilizados na análise qualitativa de anomalias magnéticas nos mais diversos segmentos da geologia e seu propósito é facilitar a intepretação de corpos anômalos e de estruturas aflorantes ou de subsuperfície com base no contraste de propriedades magnéticas.

Dentre os métodos aplicados, o que apresentou resultados mais significativos no mapeamento das estruturas foi a Inclinação do Sinal Analítico (Nabighian 1972; Roest et al. 1992; Miller & Singh 1994). Este mapa foi interpretado e os lineamentos gerados foram incorporados ao limite da AII. O mapa de realce com os lineamentos interpretados sobreposto ao MDE pode ser observado na Figura 8.1-94.

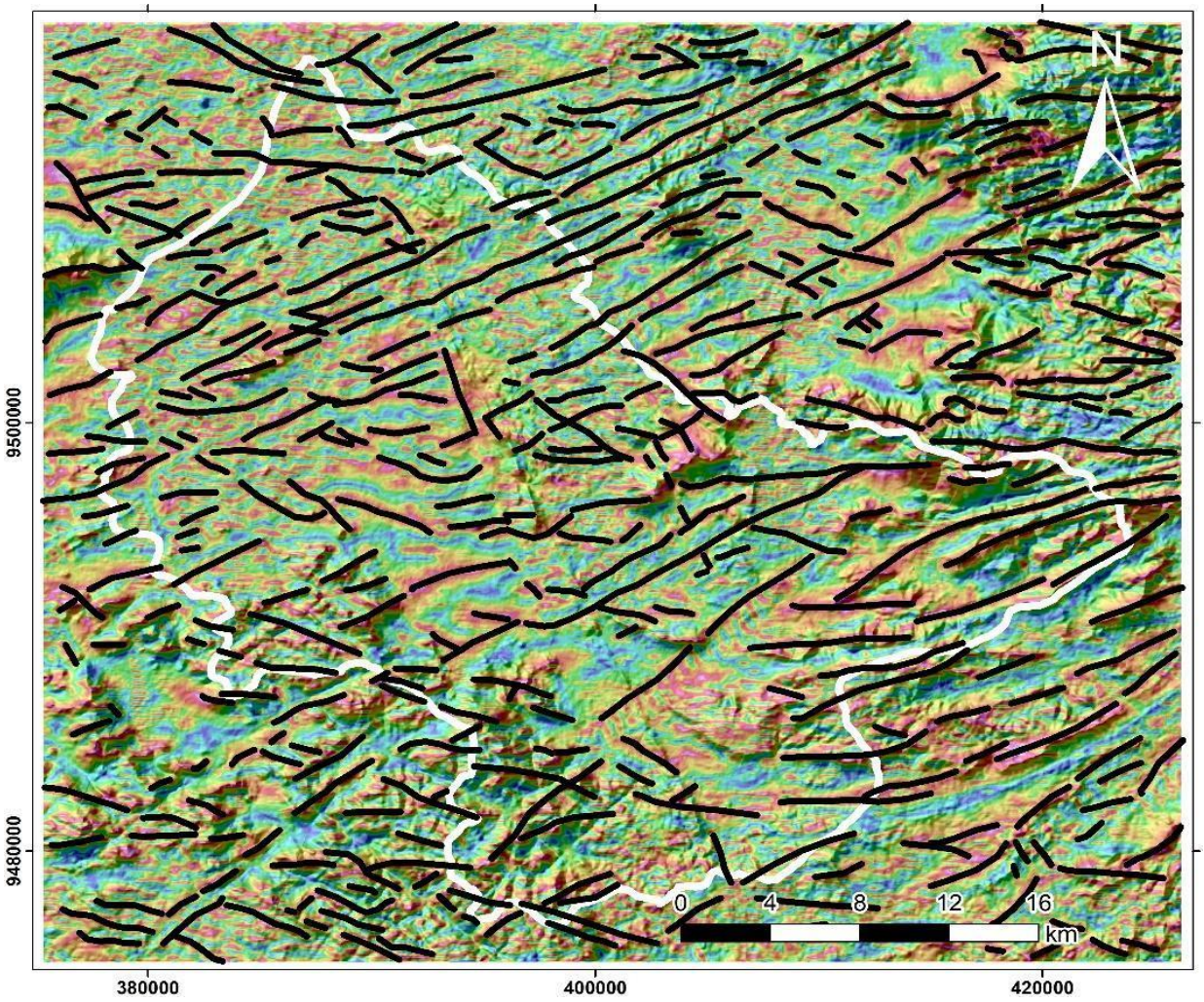


Figura 8.1-94 - Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (ISA) com os lineamentos magnético-estruturais interpretados e o Limite da AII (Branco) sobreposto ao MDE.

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

8.1.7.1.4. Dados Primários

Para caracterização da área, foram considerados como dados primários os levantamentos realizados na área, conforme detalhamento abaixo:

Mapa Geológico de Detalhe e Perfis da Jazida em arquivos vetoriais – INB (com dados coletados entre 1979 e 2002;

- 1ª campanha - de 13 a 16/04/2011 (ARCADIS LOGOS, 2014);
- 2ª campanha - de 22 a 26/08/2011 (ARCADIS LOGOS, 2014);
- 3ª campanha – 26 e 27 de novembro de 2020, realizada pela Tetra Mais (BTB Explores);
- 4ª campanha – 01 a 04 de junho de 2021, realizada pela Tetra Mais (BTB Explores).

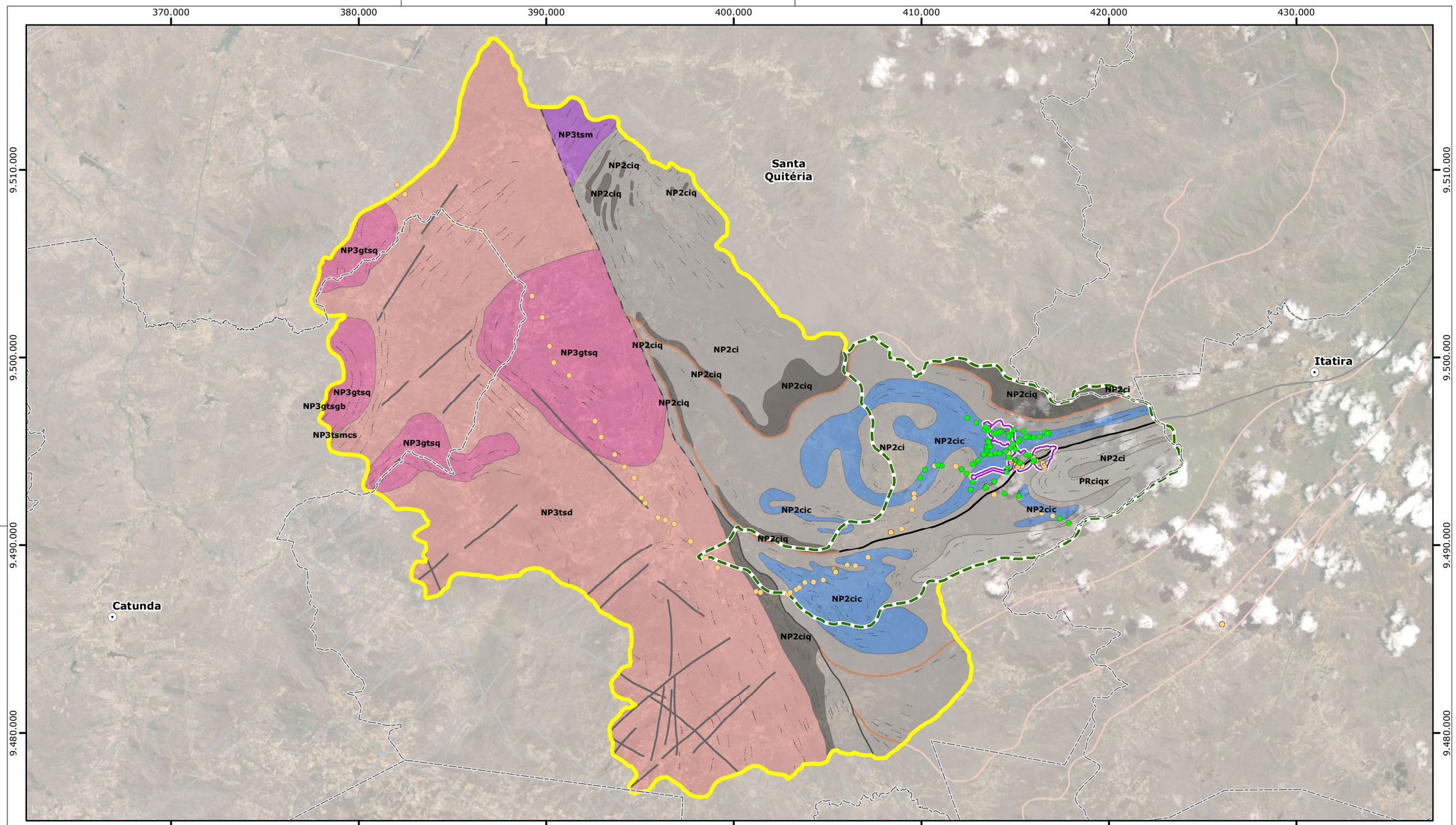
Na primeira e segunda campanha realizadas em 2011, foram levantados 81 pontos. Nos dias 26 e 27/10/2020 foi realizada a terceira etapa de campo visando o reconhecimento da

área, o mapeamento geológico da AII e a coleta de dados para refinamento do mapa geológico (Mapa 8.1-16).

A terceira campanha consistiu também na descrição de afloramentos ao longo de uma estrada secundária que cruza a AII, com o espaçamento dos pontos variando de 500 a 2.000 metros, conforme a variação litológica ou disponibilidade de afloramentos, onde foram descritos 50 pontos, cuja localização pode ser observada sobreposta ao mapa geológico da área no Mapa 8.1-16. As fotografias dos afloramentos podem ser observadas no Anexo 8.1-VI. Na quarta campanha de campo, foram realizados 04 ensaios de permeabilidade em diferentes unidades pedológicas.

8.1.7.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

A área de estudo está inserida na Província Borborema (ALMEIDA et al., 1981), pertencente a Plataforma Sul-Americana, que se estende por uma superfície de cerca de 400.000 km² da Região Nordeste do país. A Província Borborema (Figura 8.1-95) configura parte de uma ampla colisão continental panafricana-brasiliana do Neoproterozico, resultante da aglutinação dos crátons São Luís-Oeste Africano e São Francisco-Congo, há aproximadamente 600 milhões de anos (Ma).



Legenda

- Sede Municipal
- Falha Geofísica
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal

Pontos de Campo

- ARCADIS logos (2011)
- Tetra Mais (2020/2021)

Estruturas

- Dique
- Falha e/ou Fratura
- Falha e/ou zona de cisalhamento
- Falha sinistral
- Lineamento estrutural
- Zona de Cisalhamento Contracional

Unidades Geológicas

NEOPROTEROZÓICO

Complexo Tamboril- Santa Quitéria

Granitóide Serrote Bravo

- NP3gtsgb - Sienogranitos e monzogranitos

Granitóide Santa Quitéria

- NP3gtsq - Sienogranitos, monzogranitos, quartzo sienitos e monzonitos
- NP3tsd - Diatexitos
- NP3tsm - Metatexitos
- NP3tsmcs - Anfibolitos e calciossilicáticas

MESOPROTEROZÓICO

Complexo Ceará - Unidade Independência

- NP2cic - Metacarbonatos, mármores e calciossilicáticas
- NP2ciq - Quartzitos
- PRciqx - Quartzitos, micaxistos e paragnaisses
- NP2ci - Paragnaisses e micaxistos

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Geológico 1:250.000 (CPRM, 2007).
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2020/2021)

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Geologia na Área de Influência Indireta (AII)

Mapa	Escala	Localização	
8.1-16	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

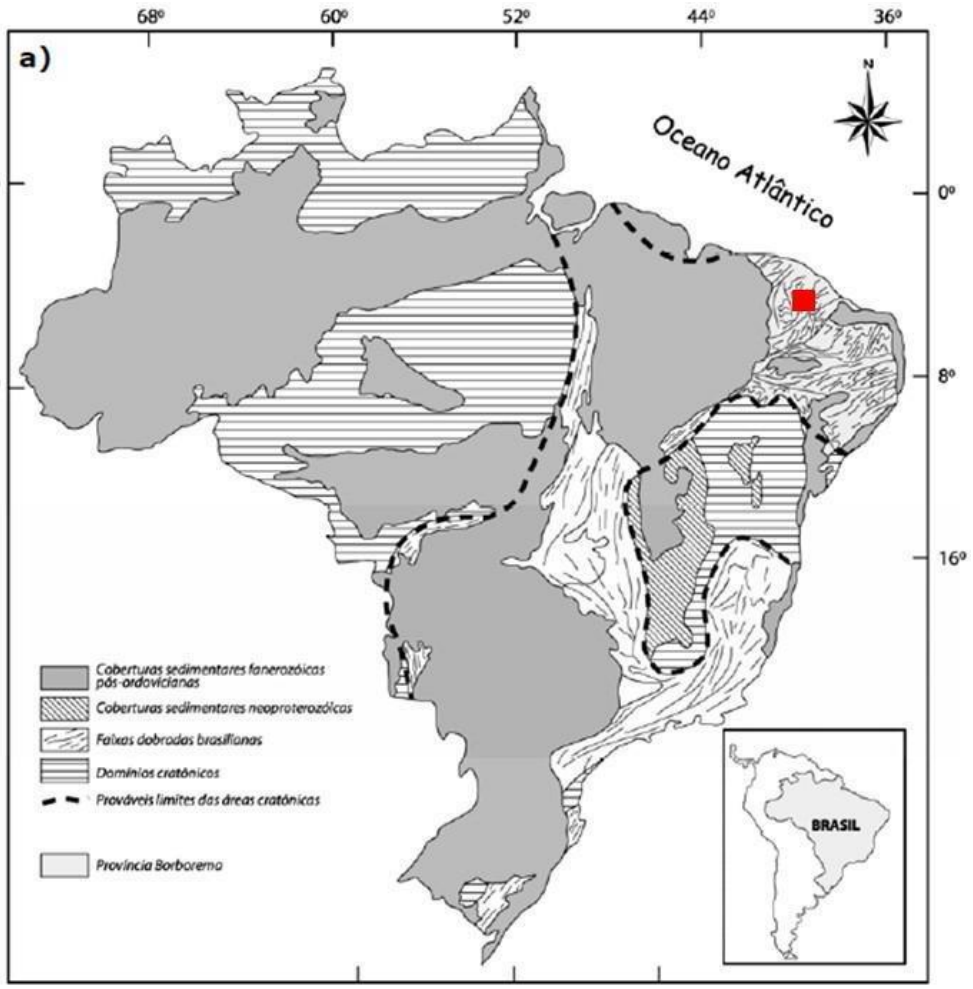


Figura 8.1-95 - Localização da Província Borborema no Brasil.

Fonte: Modificado de Schobbenhaus & Campos (1984).

No contexto da província Borborema, a área de estudo está localizada na porção setentrional (Figura 8.1-96) e esta área insere-se no Domínio Ceará Central (Ceará Central - Caby & Arthaud, 1986; Domínio Ceará Central - Jardim de Sá, 1994, Monié et al, 1997; Terreno Ceará Central - Cavalcante, 1999).

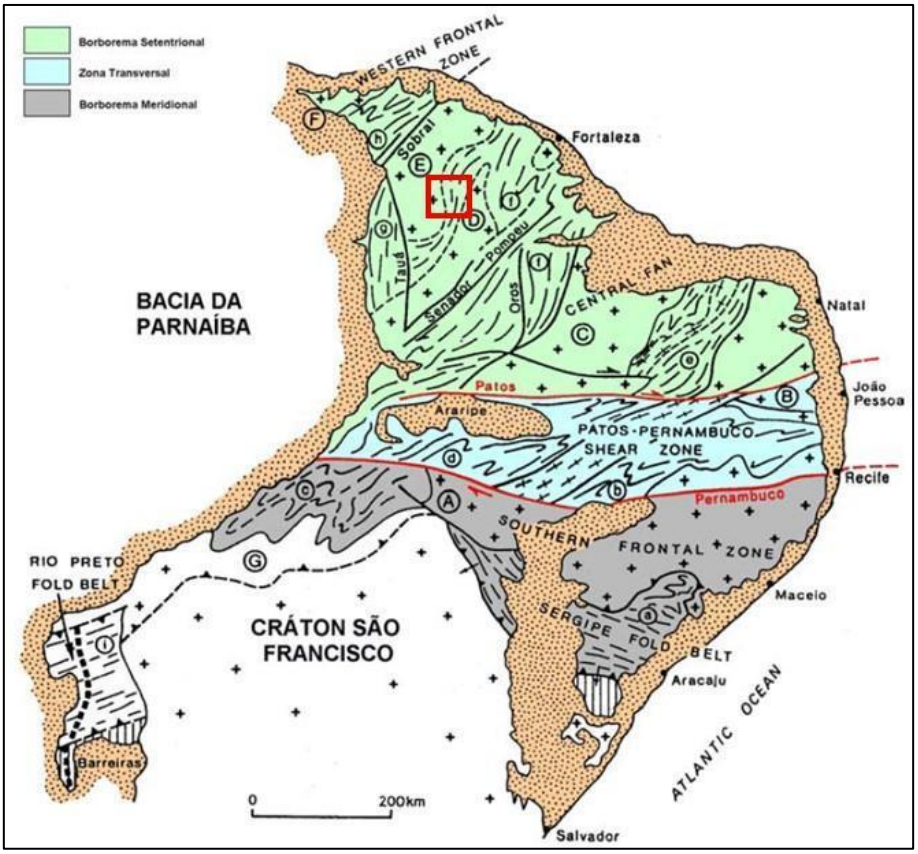


Figura 8.1-96 -Subdivisão da Província Borborema.

Fonte: Trompette (1994).

O Domínio Ceará Central é limitado a Oeste pelo Lineamento Transbrasiliano, com parte encoberta pela Bacia do Parnaíba. A norte, o domínio se estende até o Oceano Atlântico. Alguns autores (Cavalcante, 1999; Fetter, 1999; Brito Neves et al., 2000) consideram que seu limite Sul é definido pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu que estabelece o limite entre o Domínio Ceará Central e o Domínio Rio Grande do Norte. Outros autores (p. ex. Arthaud et al., 1998) consideram que as Zonas de Cisalhamento de Orós e Aiuaba separam o Domínio Ceará Central do Domínio Orós-Jaguaribe (Figura 8.1-97).

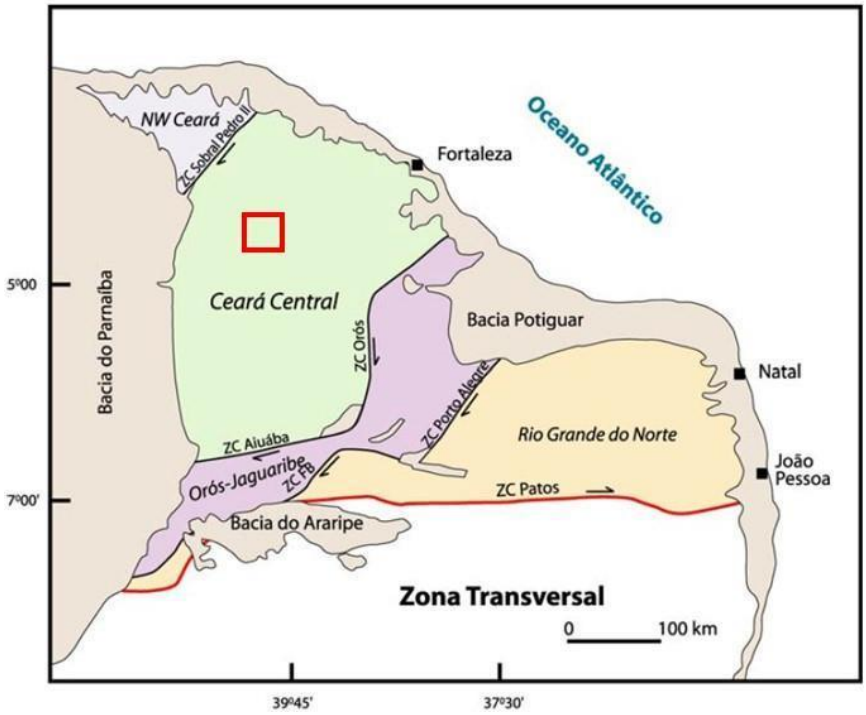


Figura 8.1-97 -Domínios da Província Borborema Setentrional.

Fonte: Modificado de Cavalcante (1999).

O Domínio do Ceará Central é resultado de uma de longa e complexa história geológica, que vai desde o arqueano até o Ciclo Brasiliano/ Pan Africano, início do Paleozoico. Envolve o "Maciço arqueano de Tróia" (BRITO NEVES, 1975), representado pelo Complexo Cruzeta; que por sua vez compreende sequências paleoproterozoicas, representadas pelo Complexo São José da Macaoca (TORRES et al., 2007), Suíte Madalena e Unidade Algodões (MARTINS, 2000; MARTINS et al., 2009; CASTRO, 2004; ARTHAUD et al., 2008).

Associadas a estas unidades são encontradas sequencias supracrustais proterozoicas dos complexos Canindé e Ceará (unidades Independência, Quixeramobim e Arneiroz), Unidade Acopiara e Grupo Novo Oriente (CAVALCANTE et al., 2003) além de um extenso magmatismo, representado pelo Complexo Tamboril-Santa Quitéria (620-640 Ma) (FETTER et al., 2003) e granitóides pós-colisionais (580-530 Ma), associados a zonas de cisalhamento (NOGUEIRA, 2004; ALMEIDA et al., 2008).

A região de estudo está inserida na porção centro norte do Domínio Ceará Central Figura 8.1-97), onde afloram o Complexo Tamboril-Santa Quitéria e o Complexo Ceará, separados pela Falha do Rio Groaíras.

8.1.7.2.1. Complexo Ceará

De idade paleo-mesoproterozoica (CPRM, 2007), o Complexo Ceará recobre toda a porção oeste da região de estudo. É composto por rochas metassedimentares e dividido em duas Unidades principais: Quixeramobim e Independência. Tais unidades são essencialmente metapelíticas com variações subordinadas de quartzitos e carbonatos (mármores e rochas calciossilicáticas), com a presença limitadas de rochas metavulcânicas ácidas ou básicas.

Na região de estudo ocorre apenas a Unidade Independência onde predominam paragnaisses e micaxistos (biotita, ± granada, ± sillimanita e ± cianita) parcialmente migmatíticos (estrutura bandada ou bandada-dobrada), além de fácies facoidais e miloníticas. Estas litologias envolvem corpos de biotita gnaisses graníticos de cor cinza, provavelmente ortoderivados, rochas carbonáticas, quartzíticas, calciossilicáticas e até anfibolíticas (com ou sem granada).

Conforme apresentado no Mapa 8.1-16 os principais litotipos mapeados na área de estudo são: os quartzitos associados a micaxistos e paragnaisses migmatíticos ou não (NP2ci); micaxilaneostos (PRciqx); quartzitos (NP2ciq) e os metacarbonatos, mármores calcíticos e dolomíticos associados a rochas calciossilicáticas (NP2cic).

8.1.7.2.2. Complexo Tamboril-Santa Quitéria

De idade neoproterozóica (Criogeniano), o Complexo Tamboril Santa Quitéria recobre a porção oeste da região de estudo. Esta unidade é reconhecida desde os mapeamentos efetuados pela CPRM nos anos setenta (Campos et al., 1976; Braga et al., 1977). É caracterizada pela intensa migmatização associada à presença de grande volume de granitos de anatexia, com paleossomas constituídos essencialmente por anfibolitos e rochas calciossilicáticas.

Fetter et al. (2003) atribui sua origem a um ambiente de arco magmático continental, acima de zona de sutura (possivelmente no Lineamento Transbrasiliano) com reativação posterior em transcorrência destral.

Na área de estudo, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, envolve quatro unidades principais: os Metatexitos (NP3tsm), os Diatexitos (NP3tsd) com uma sub-unidade de Anfibolitos e calciossilicáticas (NP3tsmcs), e os granitóides Santa Quitéria (NP3gtsq) e Serrote Gado Bravo (NP3gtsgb).

A unidade Metatexitos (NP3tsm) é composta por migmatitos estromáticos, por vezes dobrados ou boudinados, com porções diatexíticas. Podem ser encontrados mesossomas de protólitos tanto sedimentares quanto ígneos podendo ser encontradas lentes de quartzitos,

rochas carbonáticas/mármores e anfibolíticas. É possível encontrar sheets e diques granitóides deformados ou não.

A unidade de Diatexitos (NP3tsd) é formada por rochas quartzo-feldspáticas, de coloração rosada, com a composição variando de graníticas a granodioríticas. Nestas rochas predominam estruturas do tipo nebulítica, podendo ocorrer estruturas tipo schlieren, schöllen e estromática. São observados numerosos enclaves de biotita e anfibólio gnaisses, estes podendo ser migmatíticos ou não, além de anfibolitos e rochas calciossilicáticas (NP3tsmcs) de dimensões e formas variadas, algumas vezes mapeáveis na escala 1:250.000 (CPRM, 2007).

A unidade de granitóides Santa Quitéria (NP3gtsq) é composta por sienogranitos, monzogranitos, quartzo sienitos e quartzo monzonitos, de coloração rosada, apresentando pórfiros de 5 a 10 cm. São observados localmente enclaves e diques sin-plutônicos de rochas dioríticas. A composição dos granitóides é calcio-alcalina de alto K, meta a peraluminoso.

A unidade Granitóides Serrote Gado Bravo (NP3gtsgb) apresenta na sua fácies porfirítica granitos de coloração cinza e rosada, isotrópicos, com a composição variando de sienogranítica a monzogranítica. Apresentam-se predominantemente porfiríticos, subalcalinos e perametaluminosos. A fácies equigranular é composta por monzogranitos, quartzo monzogranitos e sienogranitos de granulação fina a média, localmente porfiríticos, com a coloração variando de cinza a esbranquiçada. Podem ser isotrópicos a levemente foliados, com a composição variando entre cálcio-alcalinos de alto K a levemente shoshoníticos, meta a peraluminosos.

8.1.7.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.7.3.1. Dados Geofísicos

Para aquisição de dados indiretos foram realizados 3 levantamentos geofísicos na região da ADA (Figura 8.1-98). O primeiro (Alcântara e Silva, 2003) consistiu em 8 perfis eletromagnéticos *Very Low Frequency* (VLF) e 39 sondagens elétricas de resistividade realizados em 2002. Os dois levantamentos primários seguintes coletaram perfis de eletrorresistividade e são apresentados no Anexo 8.1-VII. Os detalhes dos levantamentos são apresentados na Tabela 8.1-17.

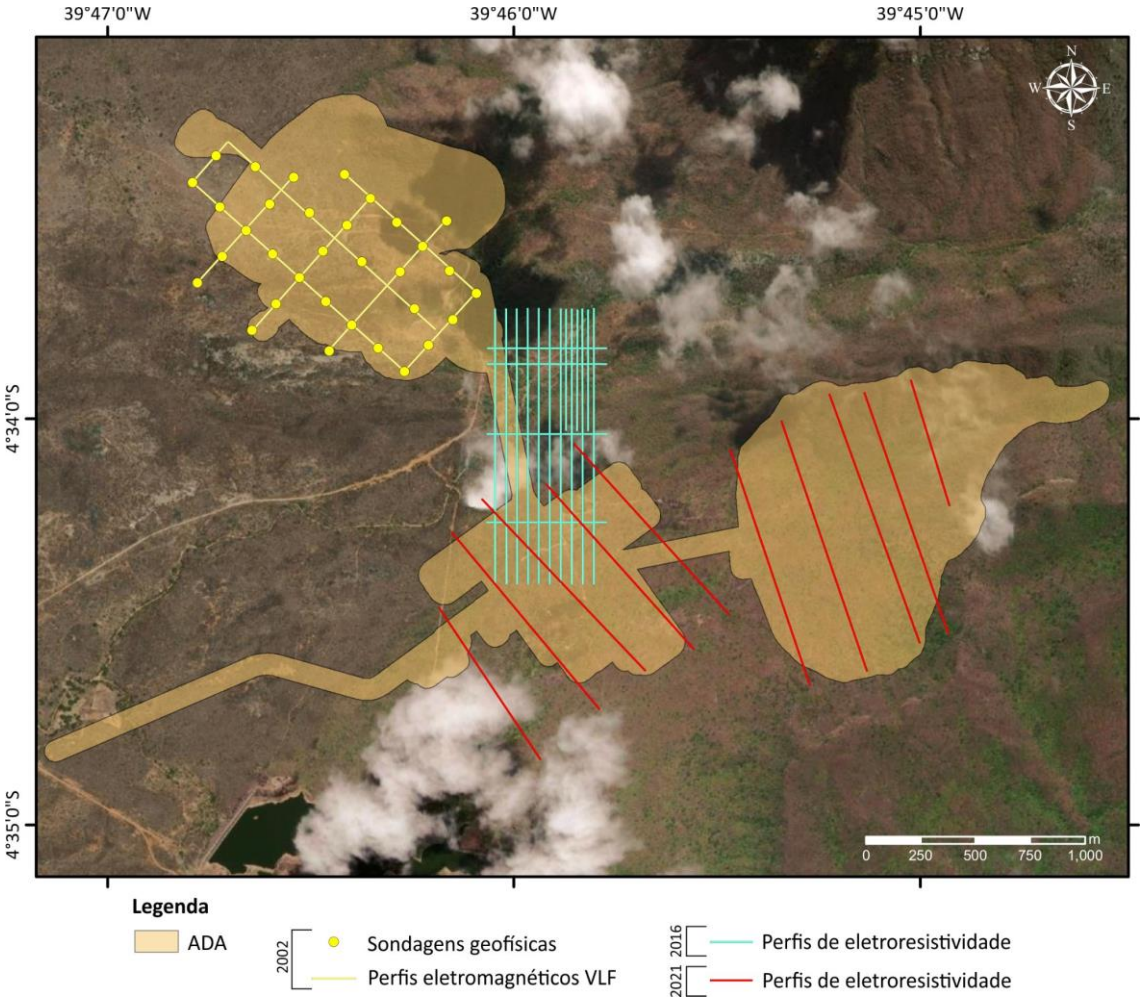


Figura 8.1-98 - Localização dos levantamentos geofísicos realizados na ADA.

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

Tabela 8.1-17 - Ano de realização, empresa executora, materiais e métodos aplicados na coleta de dados geofísicos primários

ANO	EMPRESA	TIPO DE AQUISIÇÃO	EQUIPAMENTO	METODOLOGIA / TÉCNICA	ESPAÇAMENTO DA MALHA	EXTENSÃO
2002	Engerad - Consultoria, Geociências e Radioproteção Ltda.	Perfis eletromagnéticos Very Low Frequency (VLF)	Receptor VLF ABEM WADI, transmissor Geonics TX-27 16.5 kHz	Estações de medidas espaçadas em 10 m	Perfis SE-NW (3):240 m; Perfis SW-NE (5): 320 m	7.460 m
		Sondagens geofísicas (eletrorresistividade)	Resistivímetro digital Megabrás MT -20 40W	Arranjo com dispositivo Schlumberger (eletrodos dispostos simetricamente em linha reta, e eletrodos de potencial MN fixos)	Profundidades entre 50 e 100 m em furos nos e entre os perfis VLF, em malha de 320x160 m	39 sondagens elétricas
2016	AFC Geofísica	Perfis de eletrorresistividade	Advanced Geosciences Inc. SuperSting R8 IP	Imageamento Elétrico 2D (IE2D), com eletrodos espaçados em 10m	-Perfis E-W (4): 320 m -Perfis N-S (13): 50 m *malha irregular	16.350 m
2021	Signal Geofísica Ltda.	Perfis de eletrorresistividade		Arranjo dipolo- dipolo, com eletrodos espaçados em 20m	-Perfis NW-SE (5):230 m -Perfis NE-SW (5): 260 m *malha irregular	10.330 m
TOTAL (perfis)					**Eletromagnético**	**7.460 m**
					Eletroresistividade	**26.680 m**

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

Conforme destacado anteriormente, foram empregados dois métodos geofísicos terrestres diferentes. O método de eletrorresistividade permite prever a geologia em subsuperfície, uma vez que a resistividade elétrica em subsuperfície depende de parâmetros como porosidade, grau de saturação, resistividade da água subterrânea e fração argilosa. O método eletromagnético VLF é utilizado para localizar estruturas geológicas como diques, falhas, veios e zonas cisalhadas, realçando suas direções, mergulhos e espessuras.

Em 2002, os levantamentos concentraram-se na área da cava (Figura 8.1-99), da pilha de estéril e do dique de contenção de finos, localizados na porção noroeste da ADA. Os principais objetivos dos levantamentos foram definir o arcabouço estratigráfico e estrutural, elaborar o mapa piezométrico, investigar o comportamento geoelétrico das unidades litoestratigráficas em subsuperfície e estabelecer a configuração da superfície hidrostática.

Nestes levantamentos foram concluídos os principais eixos condutores, controlados por fraturamentos e falhamentos normais (típicos do modelo graben e horst) orientados nas direções N70E e N80W -secundariamente N10E e N30W- com mergulhos de alto ângulo (70° e 85° para o quadrante norte). Esses eixos mais condutores E-W apresentam alguns intervalos específicos com elevada condutibilidade e uma boa condutibilidade eletromagnética, caracterizando a existência de fraturas hidráulicas que orientam grande parte do fluxo da área.

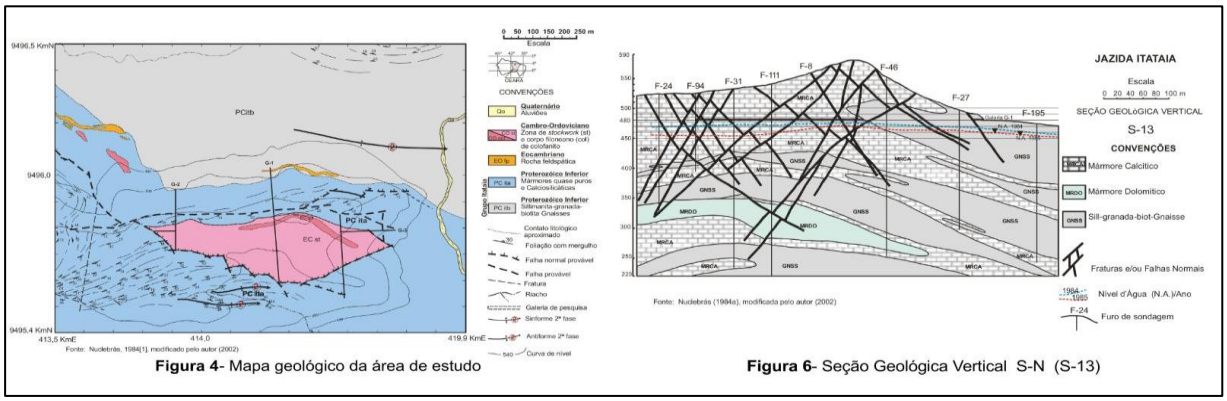


Figura 4- Mapa geológico da área de estudo

Figura 6- Seção Geológica Vertical S-N (S-13)

Figura 8.1-99 - Resultados da pesquisa de Alcantara e Silva (2003).

Fonte: Alcântara e Silva (2003)

No período entre 18 de agosto e 08 de setembro de 2016, os levantamentos geofísicos concentraram-se na porção central da ADA, abrangendo parte da área prevista para a instalação industrial. O principal objetivo dos levantamentos foi a detecção e delimitação de anomalias geofísicas possivelmente relacionadas com a presença de cavidades subterrâneas.

Os levantamentos de 2016 permitiram por meio de padrões de resistividade definir contatos geológicos e detectar e delimitar anomalias possivelmente relacionadas à presença de cavidades subterrâneas (Figura 8.1-100).

Em relação aos contatos litológicos, os padrões distintos de resistividade indicam existência de diferentes litologias, com ocorrência de mármores na porção norte, próximo à área de acesso a mina e gnaisses ou mármores alterados na porção sul da área. Com relação à detecção de cavidades, foram apontadas zonas anômalas que podem estar ressaltando cavidades ou mudanças nas características da rocha (alta resistividade pode estar relacionada à zonas mais compactas e sãs e resistividade baixa podem coincidir com zonas de grande alteração ou ocorrência de camadas condutivas), indicadas em amarelo sobre as linhas de geofísica traçadas em vermelho, e em tons escuros nos perfis de resistividade na Figura 8.1-100.

Os resultados completos das pesquisas realizadas em 2016 e 2021, são apresentados no Anexo 8.1-VII. Conforme observado na Figura 8.1-98, ocorre uma área de sobreposição entre estes levantamentos de 2016 e 2021. A correlação precisa entre os perfis de resistividade dos dois levantamentos, só é possível no ponto formado pela intersecção das linhas geofísicas de cada ensaio, uma vez que a sobreposição espacial dos dados é dificultada devido as linhas de caminhamento apresentarem direções distintas. A análise comparativa nos pontos onde ocorre intersecção das linhas, mostra uma boa correlação entre os levantamentos, com perfis de resistividade com valores em torno de 0-800 ohms.m.

Os resultados de Alcantara e Silva (2003) realizados em 2002, estão disponíveis na íntegra através da publicação descrita no capítulo de referências.

Figura 35. Mapa com Anomalias Possivelmente Associadas a Cavidades

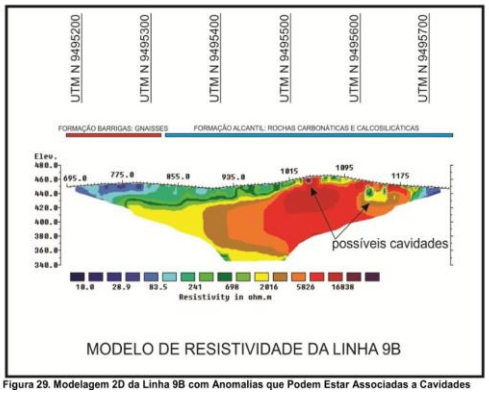


Figura 29. Modelagem 2D da Linha 9B com Anomalias que Podem Estar Associadas a Cavidades

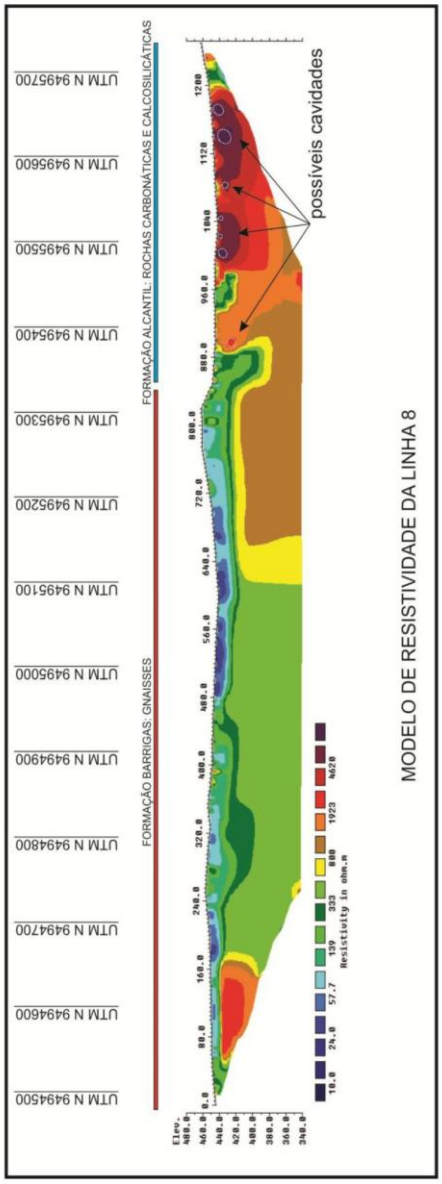


Figura 26. Modelagem 2D da Linha 8 com Anomalias que Podem Estar Associadas a Cavidades

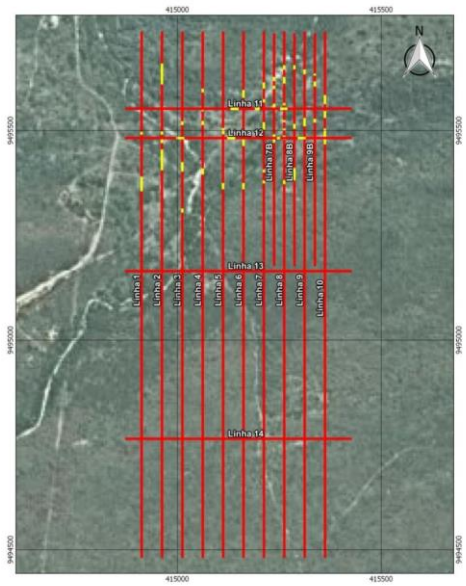


Figura 8.1-100 - Resultados da pesquisa de 2016.

Fonte: AFC Geofísica (2016)

Os levantamentos geofísicos realizados entre 19 de abril e 13 de maio de 2021 concentraram-se na área onde estão previstas a implantação da Pilha de Fosfogesso e cal e das Instalações Mineroindustrial e Urânio, localizadas na porção Leste e central da ADA, respetivamente. Os levantamentos tiveram por objetivo fornecer informações relevantes de subsuperfície para subsídio principalmente a estudos hidrogeológicos.

Os dados de resistividade elétrica coletados identificaram três zonas geoelétricas principais: (1) zonas úmidas e rochas alteradas; (2) rochas pouco fraturadas; e (3) rochas do embasamento sãs. Com isso foi possível identificar descontinuidades litológicas e estruturas verticalizadas associadas a falhamentos (Figura 8.1-101).

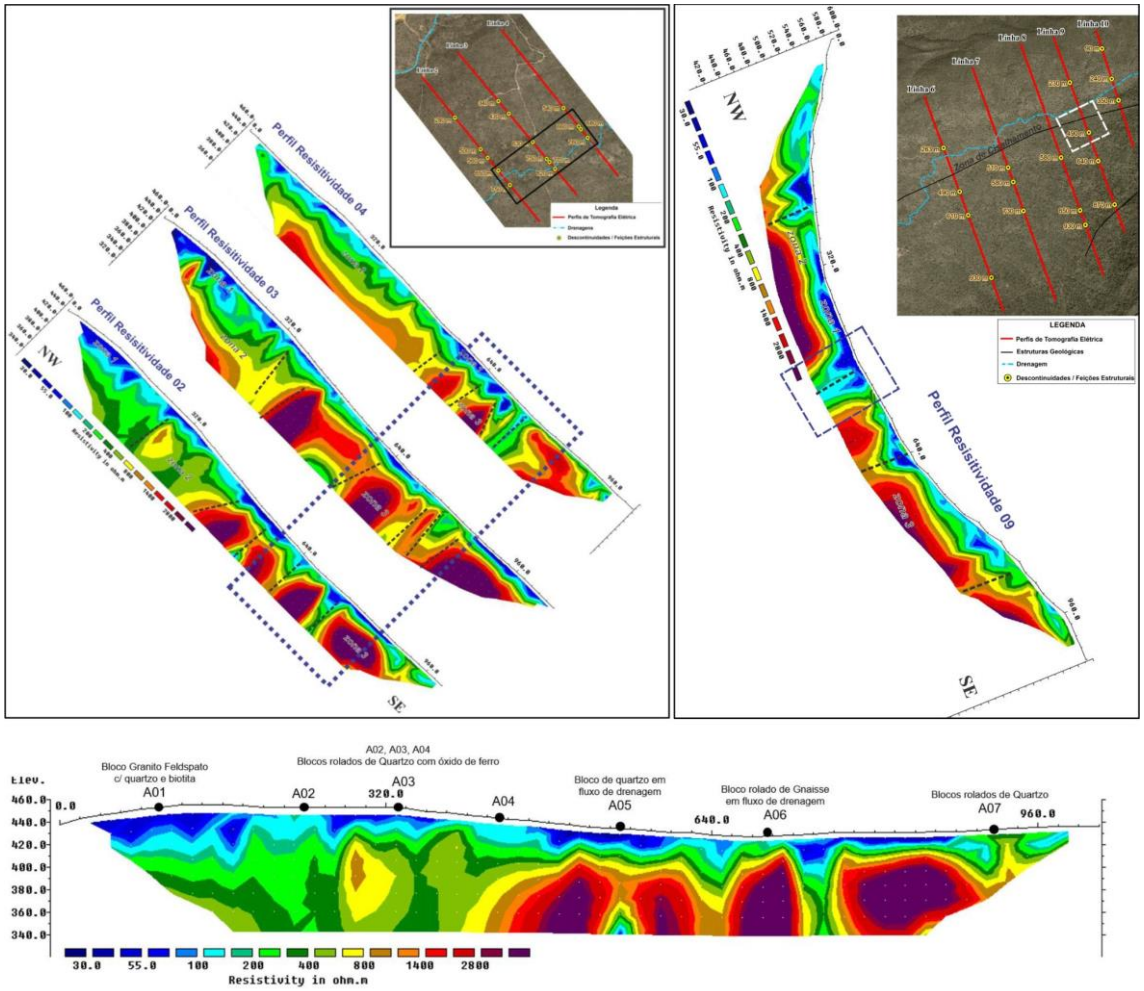


Figura 8.1-101 - Resultados da pesquisa geofísica de 2021.

Fonte: Signal Geofísica (2021).

Foram identificadas possíveis zonas de cisalhamento subverticais, identificadas em mapa (Figura 8.1-101). A correção de pontos de campo com resultados das linhas permitiu a separação das zones (detalhadas em Hidrogeologia) e dos litotipos em subsuperfície.

Os levantamentos geofísicos identificaram na área prevista para instalação das unidades industriais de 4 a 6 feições estruturais por linha de levantamento, e na área prevista para implantação da Pilha de Fosfogesso e Cal, entre 3 e 4 feições estruturais por linha.

As feições estruturais subverticais apresentadas nos perfis geofísicos do levantamento geofísico de 2021 apresentado no Volume V – Anexo 8.1-VIII, assim como as identificadas nos levantamentos geológicos de detalhe fornecidos pela INB na área da jazida (Figura 8.1-107), representam caminhos referenciais para migração de água subterrânea e contaminantes, conforme detalhado no Modelo Hidrogeológico Conceitual através dos perfis hidrogeológicos.

8.1.7.3.2. Sondagens de Reconhecimento

As sondagens de reconhecimento foram realizadas em fevereiro de 2011 e os dados aqui apresentados foram compilados dos estudos disponibilizados (ARCADIS LOGOS, 2014).

O objetivo principal das sondagens foi a instalação de poços de monitoramento para a coleta de água subterrânea e identificação do substrato geológico, totalizando 10 pontos distribuídos pela ADA.

A localização das sondagens pode ser observada na Figura 8.1-103, e os perfis litológicos das sondagens se encontram no Anexo 8.1-IV.

O método de perfuração adotado foi o rotopercussivo. Por se tratar de um método de perfuração destrutivo, não foram coletadas informações em testemunhos indeformados. A análise do material granular oriundo da perfuração permitiu a interpretação do litotipo rochoso apesar do grau de alteração da rocha.

Conforme documentos disponibilizados, as perfurações das sondagens de reconhecimento foram realizadas de acordo com a norma ABNT/NBR 15.492/2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental. A descrição dos solos foi realizada segundo a ABNT NBR 6502/1995 - Rochas e Solos.

Sete das dez sondagens (PM-01, PM-02, PM-03, PM-04, PM-05, PM-06, PM-08) e o poço de monitoramento INB foram perfuradas na unidade hidrogeológica MS1, de rochas representadas por Gnaisses da Formação Barrigas.

As sondagens dos poços de monitoramento PMs-07, 09 e 10 foram perfuradas na unidade hidrogeológica MC1, formada de rochas metacarbonáticas (NP2civm) da Formação Alcantil do Grupo Itataia. As principais características observadas durante as perfurações são apresentadas no Quadro 8.1-26.

Quadro 8.1-26 - Principais características observadas durante as sondagens

PONTO	COORDENADAS UTM (FUSO 22 M) *		COTA (M)	PROF. (M)	N.A.	MANTO ALTERAÇÃO (M)	SOLO	ROCHA FORMAÇÃO
PM-01	414606	9493925	469	20,89	n.i	4,0	Argilo arenoso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-02	414700	9494739	450	20,88	n.i	6,0	Argilo arenoso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-03	415227	9494667	452	20,71	19,5	8,0	Argilo arenoso	Gnaisse Fm. Barrigas

PONTO	COORDENADAS UTM (FUSO 22 M) *		COTA (M)	PROF. (M)	N.A.	MANTO ALTERAÇÃO (M)	SOLO	ROCHA FORMAÇÃO
PM-04	415654	9494864	464	20,82	n.i	18,0	Argilo arenoso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-05	415257	9494945	452	20,60	16,29	9,0	Argilo arenoso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-06	415029	9494595	451	24,91	22,88	14,0	Areno Argiloso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-07	414991	9495523	451	15,57	8,41	0,00	ausente	Carbonática Fm. Alcantil
PM-08	414213	9496052	484	20,67	n.i	3,0	Areno Siltoso	Gnaisse Fm. Barrigas
PM-09	414756	9495379	454	21,02	8,53	< 1,0	Argiloso c/pouca areia	Carbonática Fm. Alcantil
PM-10	413112	9494603	442	21,00	17,94	< 1,0	Argiloso c/pouca areia	Carbonática Fm. Alcantil

*Fonte ARCADIS LOGOS (2014). Elaboração: BTB Explores, 2021.:*SIRGAS 2000*

8.1.7.3.3. Geologia Local

Foi realizada a integração das folhas geológicas para o recorte da área de estudo. As folhas apresentam diferentes agrupamentos de unidades e sequências litoestratigráficas. Esta diferença entre as unidades está relacionada a diferentes subdivisões do Complexo Ceará apresentadas nas três cartas. Soma-se a isto o fato de que tanto a Folha Taperuaba como a Folha Itatira, não detalham as unidades do Complexo Tamboril – Santa Quitéria a Oeste da Falha do Rio Groaíras.

Desta forma, para as unidades do Complexo Ceará, situadas a Leste da Falha do Rio Groaíras, foi adotada a divisão das unidades apresentada no trabalho mais recente, no caso a Folha Taperuaba (CPRM, 2014), enquanto para as unidades do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, foi adotada a divisão das unidades apresenta pela Folha Quixadá (CPRM, 2007).

A integração foi realizada em ambiente SIG, onde os limites das unidades foram editados segundo o Modelo Digital de Elevação (MDE) e o mapa geofísico da composição ternária RGB (Figura 8.1-102).

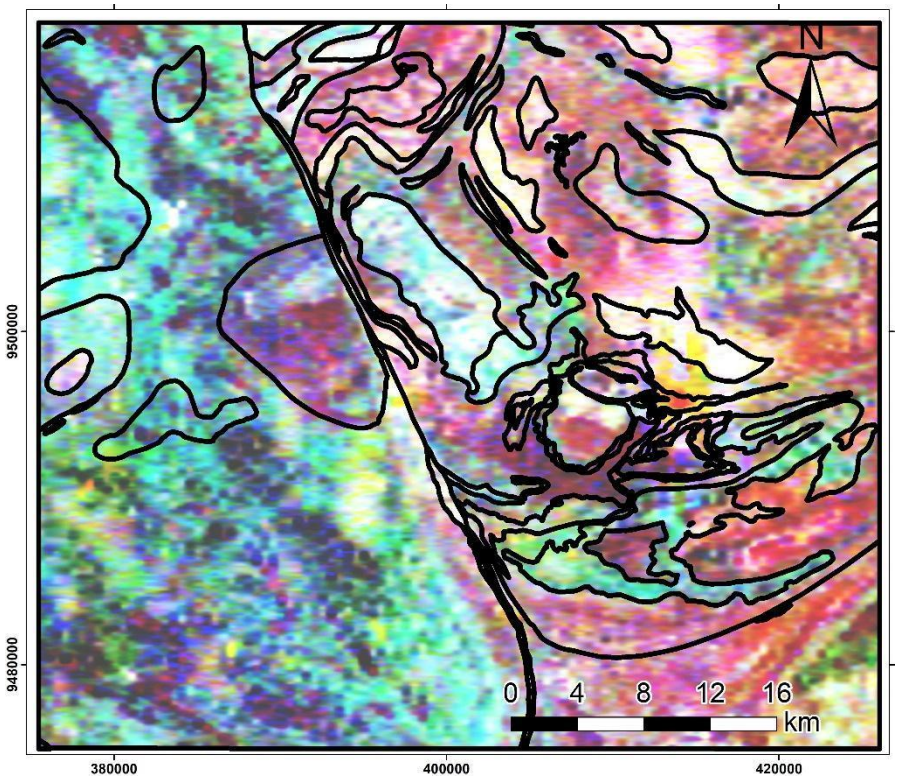


Figura 8.1-102 – Contatos resultantes da integração das Folhas Geológicas Quixadá, Taperuaba e Itatira sobrepostos ao mapa da composição ternária RGB.

Elaboração: BTB Explorers, 2020.

Como parâmetro de verificação, foram utilizados os pontos levantados em campo, adicionados os pontos de afloramentos da Folha Quixadá. Desta forma, foi verificada a correspondência dos dados geológicos (Folhas geológicas e pontos de afloramento) com os dados de Sensoriamento remoto (Aerogeofísica e MDE) e definidos os limites entre as unidades que compuseram o mapa geológico final.

Com relação às estruturas, foram utilizadas para esta abordagem inicial as estruturas da Folha Quixadá, complementadas dos lineamentos magnéticos obtidos por meio da análise qualitativa, mais especificamente o mapa ISA.

A principal estrutura presente é a Falha do Groaíras, circunscrita aos limites do rio homônimo e com cerca de 150 km de extensão. Esta falha transcorrente, de direção NW-SE (~N30°W) de caráter sinistral, corresponde, regionalmente, ao limite do Bloco Tectônico do Itataia (Mendonça et al., 1982) e localmente secciona a AII em duas porções representadas por duas grandes unidades litoestratigráficas distintas, o Complexo Tamboril Santa-Quitéria, a oeste, e o Complexo Ceará, a leste.

Para confecção do mapa geológico para a AID e ADA e detalhamento das unidades aflorantes, também foi realizada a compilação de dados primários e dados secundários,

resumidos na Figura 8.1-103. A junção desses dados permitiu a confecção do mapa geológico da AID-ADA (Mapa 8.1-17).

Assim como apontado por Martins (2000), as coberturas meso-neoproterozóicas do Domínio Ceará Central já receberam as denominações de Grupo Ceará, Grupo Itataia e Grupo/Complexo Independência. Algumas dessas divisões tem conotações apenas cartográficas, mesmo que de forma geral, caracterizassem sequências metapsamíticas-pelíticas-carbonáticas (Castro et al., 2005; Almeida et al., 2008).

Dentro da classificação proposta por Almeida et al. (2008), a Unidade Independência, que aflora na maior parte da AID e ADA, foi subdividida nas Subunidades São José dos Guerras (base), Lázaro, Guia e Itatira (topo), baseado em critérios estruturais, metamórficos, litológicos e de descontinuidade espacial.

Entretanto, também é usada uma classificação litoestratigráfica proposta para a região, a denominação de Grupo Itataia (Mendonça et al., 1982), dividido nas Formações Serra do Céu (base), Laranjeiras, Barrigas e Alcantil (topo). Vale ressaltar que essa é uma divisão local, que leva em conta apenas a área de estudo e separa as Formações de forma litoestratigráfica, levando em conta um dobramento polifásico transamazônico dessa cobertura proterozóica. Geograficamente, ambas as classificações podem ser correlacionadas da seguinte forma (Quadro 8.1-27).

Quadro 8.1-27 - Correlações entre as diferentes classificações geológicas

MENDONÇA ET AL. (1982)		ALMEIDA ET AL. (2008)	CPRM (2007)
Grupo Itataia	Fm. Alcantil	Subunidade Guia	Complexo Ceará
	Fm. Barrigas	Subunidade Itatira	
	Fm. Laranjeiras		
	Fm. Serra do Céu		

Elabração: BTB Explores, 2021.

No presente estudo foi adotada a divisão litoestratigráfica proposta por Mendonça et al (1982), a qual apesar de não levar em conta eventos estruturais existentes na região (pois correlaciona as Formações estratigraficamente), permite uma maior subdivisão da área.

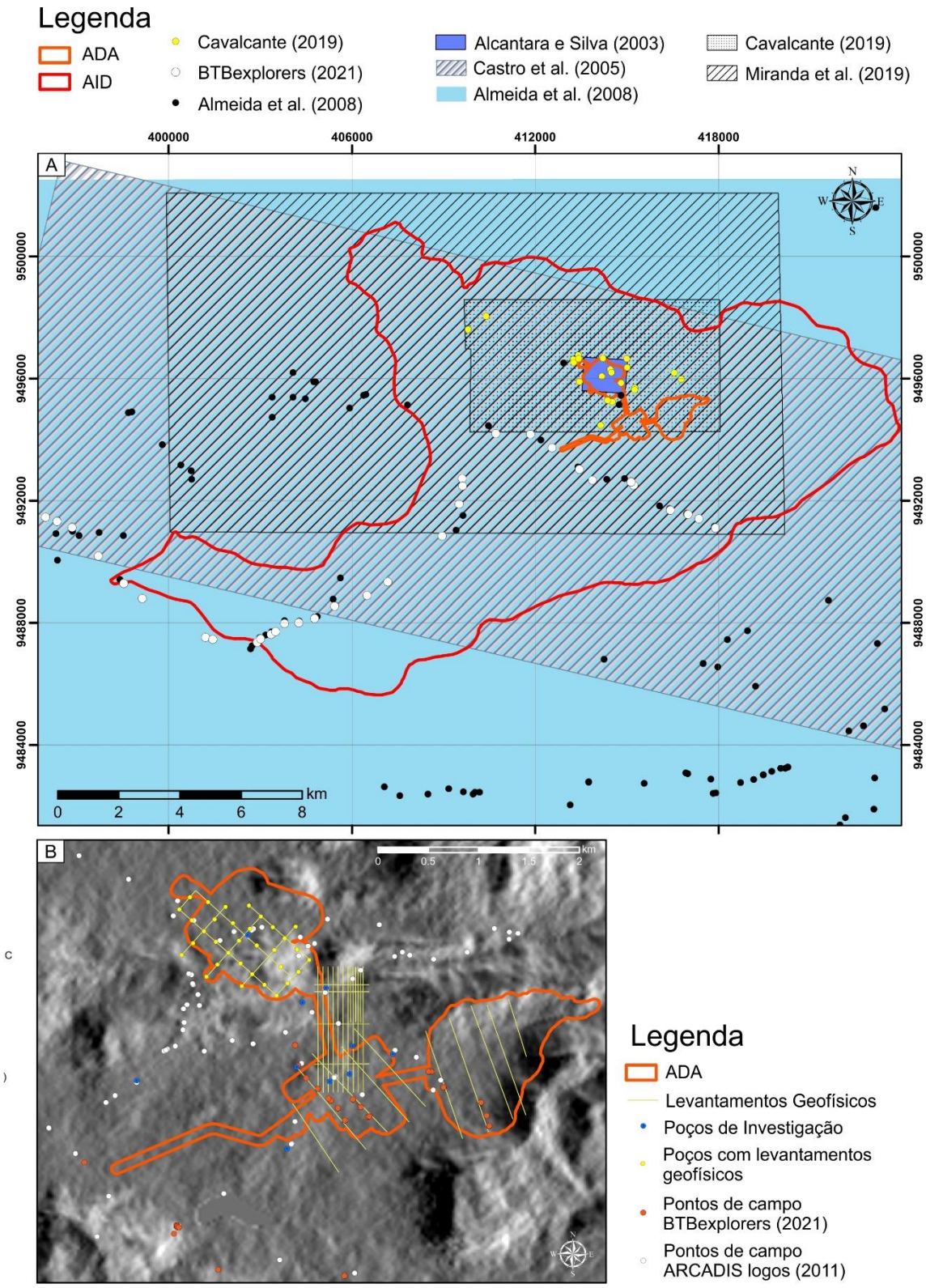
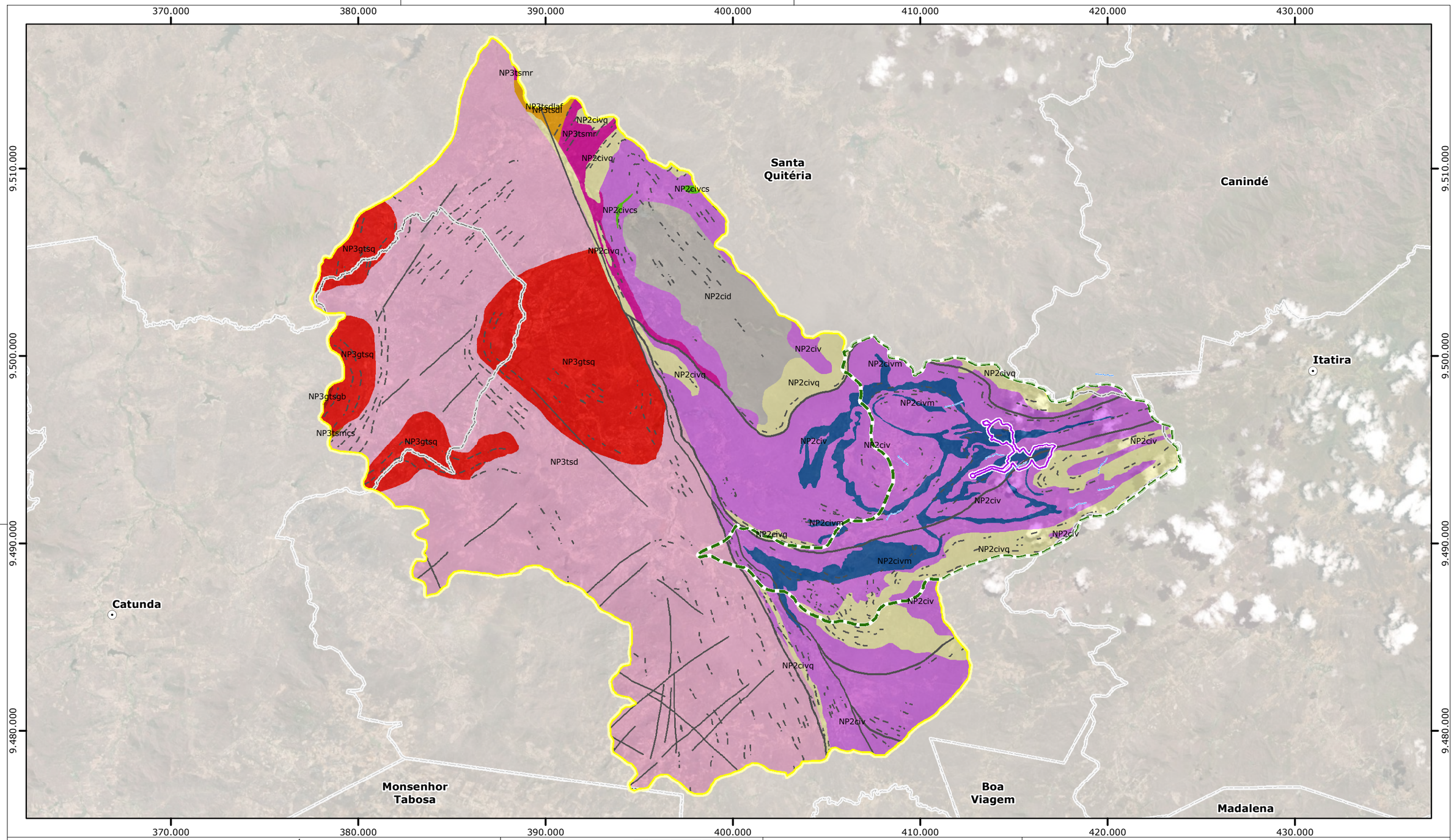


Figura 8.1-103 - Fontes de dados compiladas confecção do mapa geológico - (A) Principais fontes na região da AID. (B) Principais fontes na região da ADA.

Fonte: BTB Explorers (2021).



Legenda

- Sede Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal

Estruturas

- Falha e/ou Fratura
- Falha e/ou zona de cisalhamento
- Falha sinistral
- Lineamento estrutural
- Zona de Cisalhamento Contracional

NEOPROTEROZÓICO - Complexo Tamboril Santa-Quitéria

- NP3gtsgb - Granitíde Serrote Gado Bravo
- NP3gtsq - Granitóide Santa Quitéria
- NP3tsd - Diatexito
- NP3tsmcs - Rocha Calciossilicática
- NP3tsdl - Hornblenda Biotita Migmatitos bandados
- NP3tsdlaf - Anfibolito, Diopsídio Anfibolitos e Anfibolitos Gnáissicos
- NP3tsmr - Migmatitos e Gnaisse bandados

MESOPROTEROZÓICO - Complexo Ceará

Unidade Independência

- NP2civ - Gnaisses Migmatíticos e Xisto
- NP2cid - Gnaisses, Migmatitos, Anfibolitos, Quartzitos e Calciossilicáticas
- NP2civm - Mármore e Metacarbonatos
- NP2civq - Quartzitos e Micaxistos
- NP2civcs - Rochas calciossilicáticas

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Geológico 1:250.000 (CPRM, 2007).
- Mapa Geológico 1:100.000 (CPRM, 2008;CPRM, 2014).
- Mapa Geológico (BTB Explorers, 2021).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Geológico das Áreas de Influência (AID/ADA)

Mapa	Escala	Localização	
8.1-17	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	08/11/2021	Letícia Trombeta	Daniela Lavignatti

8.1.7.3.4. Geologia da Área da Jazida

Em relação a geologia da área da Jazida, os dados primários em formato de arquivos vetoriais do mapa geológico e seções geológicas de detalhe fornecidas pela INB e apresentados no Figura 8.1-107 e perfis geológicos (Figura 8.1-108 a Figura 8.1-112), elaborados com dados coletados entre 1979 e 2002, com base dados de 250 sondagens de reconhecimento, atingindo profundidades superiores a 450 metros, abaixo da cota 100m e complementados com dados do levantamento geofísico de 2002.

O Figura 8.1-107 apresenta o arcabouço geológico e a localização dos perfis geológicos em planta, que foram complementados pela Tetra Mais neste estudo, com as informações das cargas hidráulicas (Tabela 8.1-18) obtidas através de dados disponíveis no trabalho de Alcantara e Silva (2003), que utilizou esta mesma base de dados.

As ilustrações apresentadas da Figura 8.1-108 até a Figura 8.1-112 apresentam cinco perfis na área da jazida e da ADA, com a configuração do corpo de colofanito e demais litotipos, bem como os compartimentos e feições estruturais, os quais serão descritos nos capítulos seguintes de Litotipos e Estruturas.

As sondagens utilizadas para confecção dos perfis geológicos, que apresentaram medidas de nível d'água reportadas em Alcantara e Silva (2003), são apresentadas na Tabela 8.1-18 com as devidas cargas hidráulicas calculadas. A partir das cargas hidráulicas foram traçados os níveis d'água com dados de 1979 a 2002, e inferidos com base em dados empíricos, estabelecidos através de critérios técnicos baseados na forma de relevo, conforme detalhadamente descrito no item 8.1.11.3.6 Mapa Potenciométrico no capítulo 8.1.11 de Hidrogeologia, onde se identifica que a superfície potenciométrica tende a acompanhar a superfície do relevo.

Tabela 8.1-18 - Sondagens e cargas hidráulicas calculadas na área da jazida por Alcantara e Silva (2003)

PERFIL	SONDAGEM	COTA SONDAGEM	COTA N.A.	N.A.	ANO
A-B	130				
	140				
	158				
	295				
C-D	137				
	63			20	2002
	125				

PERFIL	SONDAGEM	COTA SONDAGEM	COTA N.A.	N.A.	ANO
	7				
	159			12	2002
	120				
	3				
	174			60	2002
	131				
	226			12	2002
	115				
	40				
	96				
	203	572,67	494,26	78,41	1987
	33			60	2002
	89				
	31			30	2002
	110	531,67	482,8	48,87	1987
	92				
	12				
	222	514,461	470,98	43,481	
	50			50	2002
E-F-G	287				
	73				
	256	475,085	454,2	20,885	1986
	237				
	243				
	23				
	167				
	165	465,7	456,66	9,04	1987
	148				
	187				
	257				

PERFIL	SONDAGEM	COTA SONDAGEM	COTA N.A.	N.A.	ANO
	12				
H-I	10				
	1				
	2				
	3				
J-K-L-M	130				
	213				
	218				
	248				
	272				
	220				
	217				
	109				
	209				
	72				
	208				
	89				
	111				
	87				
	207				
	86				
	211				
	88			28	2002
	213				
	103			8	2002
	277				
	189				
	196				
	257				
	263				

PERFIL	SONDAGEM	COTA SONDAGEM	COTA N.A.	N.A.	ANO
	281				
	19				
	6			40	2002
	20				
	23				
	26				
	34				
	4				

Fonte: Alcantara e Silva (2003).

Com base nas informações disponíveis e as correlações das sondagens realizadas pela INB, apresentadas nos perfis geológicos (Figura 8.1-108 a Figura 8.1-112), com dados coletados entre 1979 e 2002, é observada uma heterogeneidade das Formações Alcantil e Barrigas, que se apresentam nos perfis de forma interdigitadas, com mergulhos de até 30 graus no perfil geológico AB (Figura 8.1-108) e espessuras que variam de cerca de 20 m a até maiores que 100 m. As espessuras e geometrias de ambas as unidades variam, mas foram apresentadas com mergulhos geralmente para Leste no perfil JKLM (Figura 8.1-112).

O minério de colofanito ocorre predominantemente associado a Formação Alcantil, sendo que quando esta ocorre de forma maciça, está principalmente associado a zonas de falhas normais e tem geometrias lenticulares e direções semelhantes às das rochas hospedeiras (Figura 8.1-112); e quando ocorre de forma dissipada está, ou próximo da superfície (Figura 8.1-111 e Figura 8.1-112) ou do minério maciço (Figura 8.1-19) e não possui geometria e rocha hospedeira bem definidas.

A caracterização mineralógica do minério da Jazida Itataia, realizada pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCT-EPUSP,2019), foi realizada com o objetivo de determinar a composição mineralógica das amostras por fração granulométrica, a forma de ocorrência e liberação da apatita e de outros minerais de interesse presentes, bem como a partição do fósforo e de outros elementos químicos entre os minerais portadores, de modo à obtenção dos parâmetros necessários para o desenvolvimento de processo. O laudo contendo a descrição completa desta Caracterização Mineralógica, é apresentado no Volume V – Anexo 8.1-V.

Esta caracterização foi realizada em uma amostra composta de minério de fosfato, com massa de 5,0 kg, com amostragem realizada pela equipe técnica da FOSNOR, utilizando

seus próprios critérios para obtenção da amostra, e analisada através da homogeneização das amostras, cominuição em rolos, classificação granulométrica por peneiramento, separação mineral em líquido denso e separação magnética em separador Frantz, análises mineralógicas através da conjugação de difração de raios x, microscopia eletrônica de varredura acoplada e espectrômetro por dispersão de energia (EDS) e busca automatizada, através do software Mineral Liberation Analyser (MLA-FEI).

Os resultados da caracterização mineralógica realizada pelo LCT-EPUSP, indicam que a amostra proveniente do colofanito, é composta principalmente por CaO (44,1%), P_2O_5 (11,2%) e SiO_2 (11,1%). Secundariamente, apresenta Al_2O_3 (3,33%), Fe_2O_3 (2,49%), MgO (0,96%), e teores inferiores a 0,1% de CeO_2, La_2O_3, Nd_2O_3, Pr_2O_3, Nb_2O_5, ZrO_2, ThO_2 e U_3O_8.

A composição mineralógica identificada por LCT-EPUSP em 2019, se refere a apatita (28%), calcita (53%), dolomita (0,3%), plagioclásio (7,1%), quartzo (3,2%), mica (3,3%), argilominerais (2,3%), piroxênio e anfibólio (1,1%), goethita (0,8%), e outros minerais como titanita, óxido de titânio, zircão, gibsita, óxido ne MnBa, barita e fase com urânio (0,9%).

A Figura 8.1-104a, apreenta as características da associação mineral identificada por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

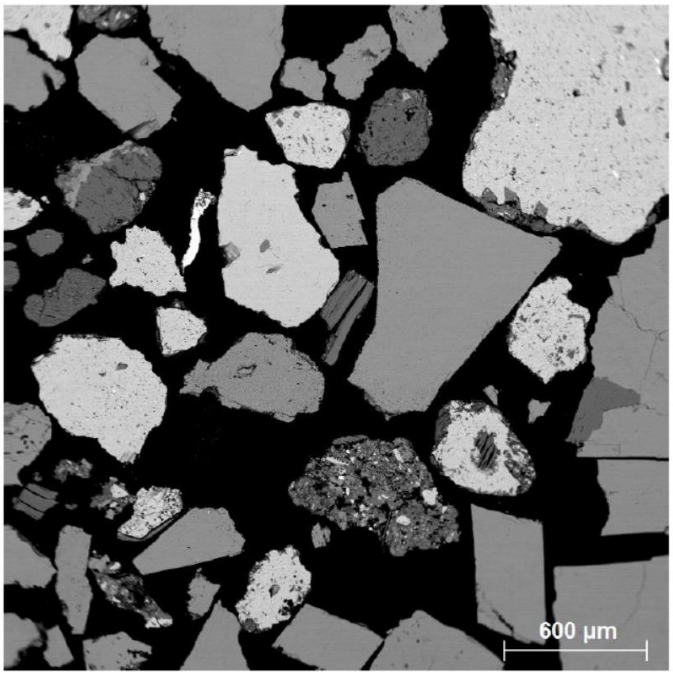


Figura 8.1-104a – Amostra Santa Quitéria, tal qual. Características da associação mineral. Apatita (cinza claro), calcita (cinza médio) e plagioclásio (cinza escuro).

Fonte: LCT-EPUSP (2019).

A Figura 8.1-105b apresenta a imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, fração -0,6+0,3 mm, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes na amostra de colofanito avaliada. A Figura 8.1-106c apresenta o difratograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15ª, mica e plagioclásio.

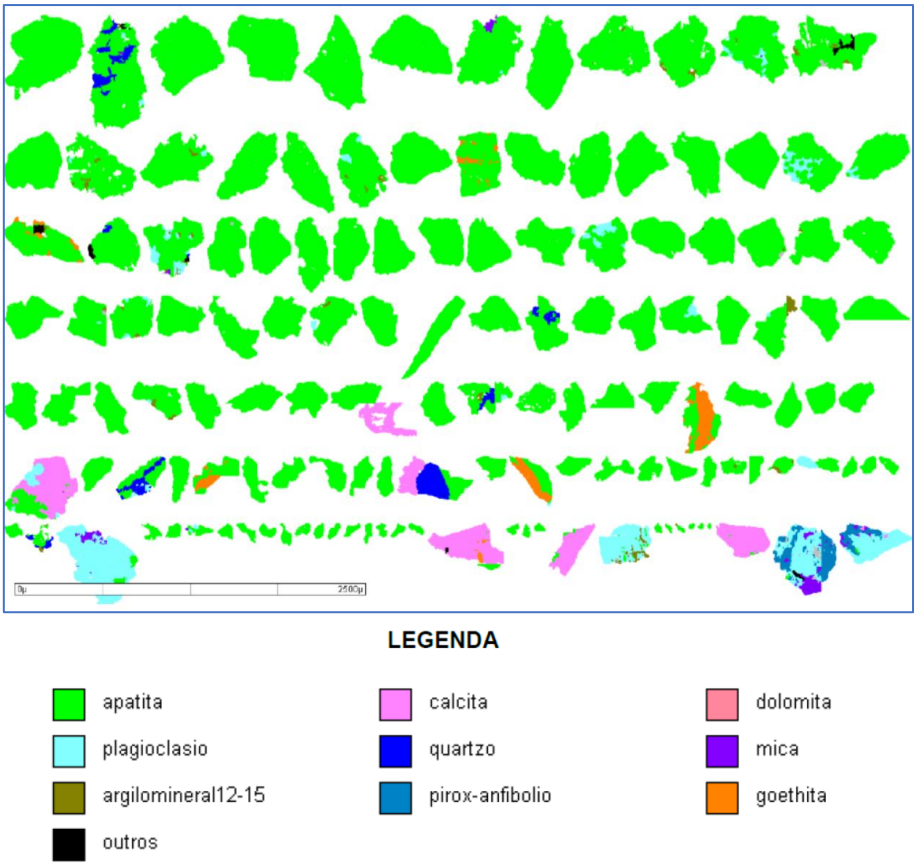


Figura 8.1-105b – Imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes.

Fonte: LCT-EPUSP (2019).

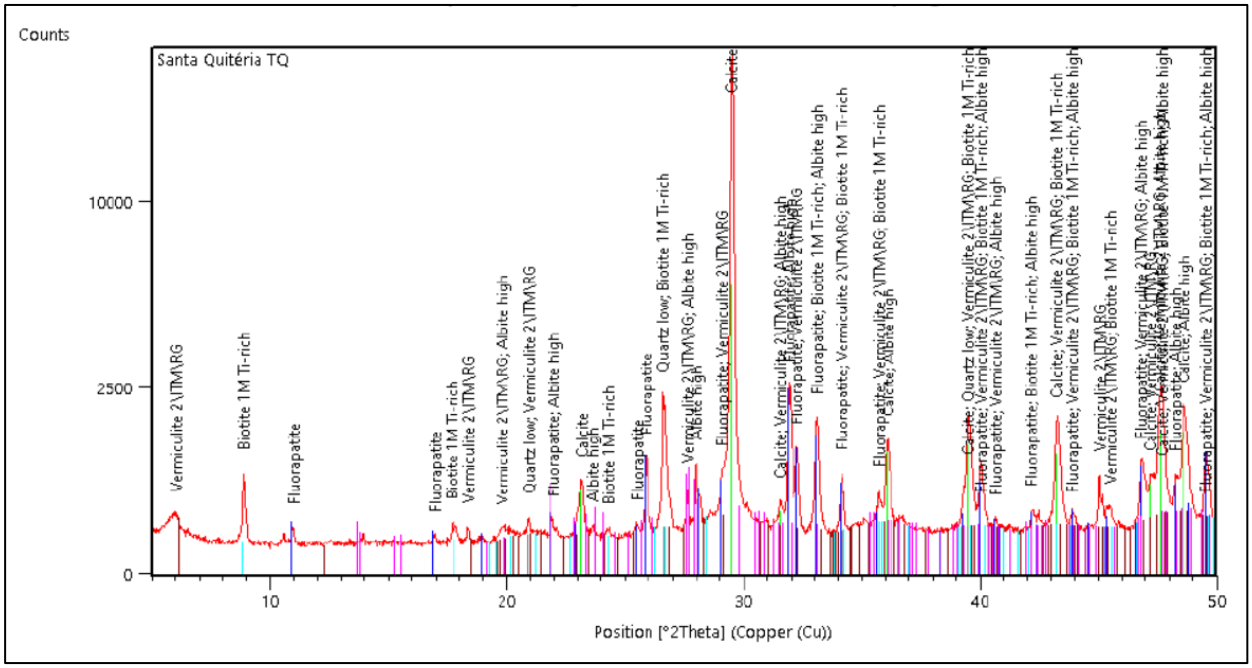


Figura 8.1-106c - Difratograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15ª, mica e plagioclásio.

Fonte: LCT-EPUSP (2019)

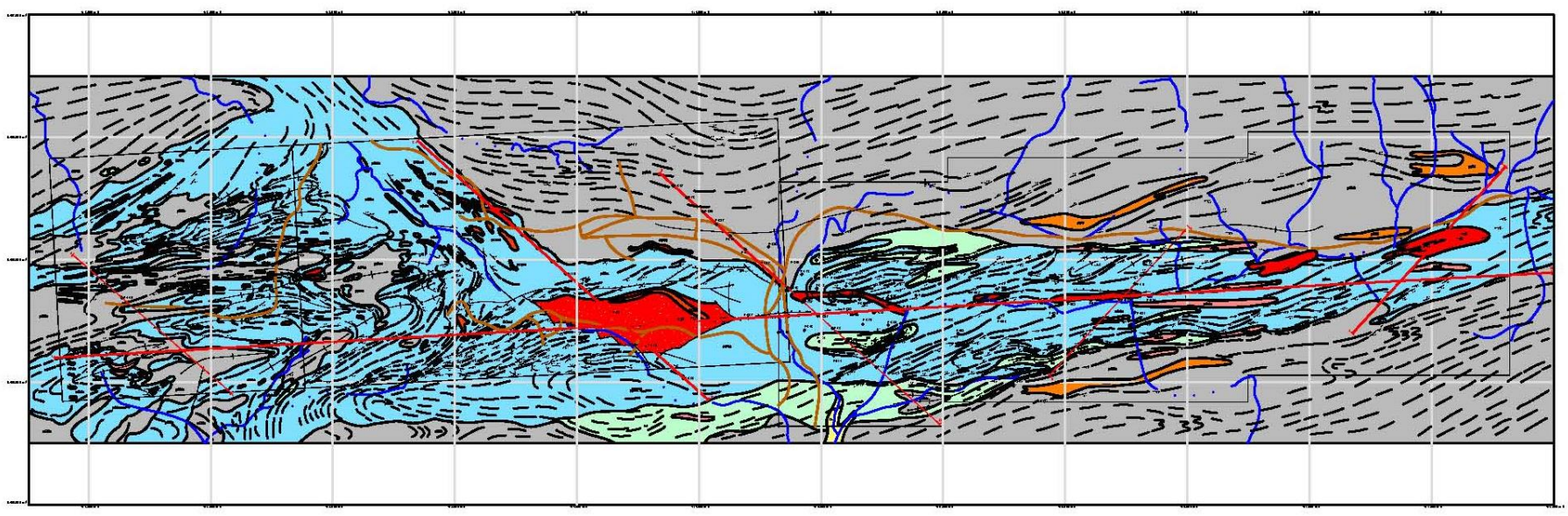


Figura 8.1-107 - Arcabouço geológico e a localização dos perfis geológicos em planta.

Fonte INB.

CENOZÓICO
QUATERNÁRIO
ALUVIÕES
PALEOZÓICO
CAMPO ANTONIDENSE
EVENTO ITATAIA
COLOFANITO GRANÍTICO MACIÇO, VERMELHO, COM FONTIJAÇÕES, FELDSPÁTICAS LOCAIS
SIN CAMBREANO
pSgda
PEGMATITO HOMOGÊNEO, GROSSE RO, GERALMENTE SUB-CONCORDANTE
PROTEROZÓICO
INFERIOR
GRUPO ITATAIA
pSita
FORMAÇÃO ALGANTIL: CALCÁRIOS CRISTALINOS PUROS A IMPUROS COM VARIAÇÕES CALCOSSILICÁTICAS NA BASE (cs), ONDE INDICADOS
pSitb
FORMAÇÃO BARRIGAS: BIOTITA-SILLIMANITA-GRANADA GNAISSES, LOCALMENTE CLORITIZADOS E MIGMATIZADOS
pSitl
FORMAÇÃO LARANJEIRAS: QUARTZITO A MUSCOVITA E SILLIMANITA, COMPACTO ALGO FERRUGINOSO.

ZONA MINERALIZADA - ROCHA DO COLOFANITO
FALHA TRANSCORRENTE
CONTATO CONCORDANTE
FALHA NORMAL
CONTATO APROXIMADO
FALHA INDIFERENCIADA
ATITUDE DE SUPERFÍCIE Sn
FURO DE SONDA
EIXO DE MICRODOBRA INDISCRIMINADA
ÁREA DE PESQUISA
TRAÇOS DE FOLIAÇÃO
ESTRADA CARROÇÁVEL
RIO OU RIACHO
CASA, SÍTIO, FAZENDA

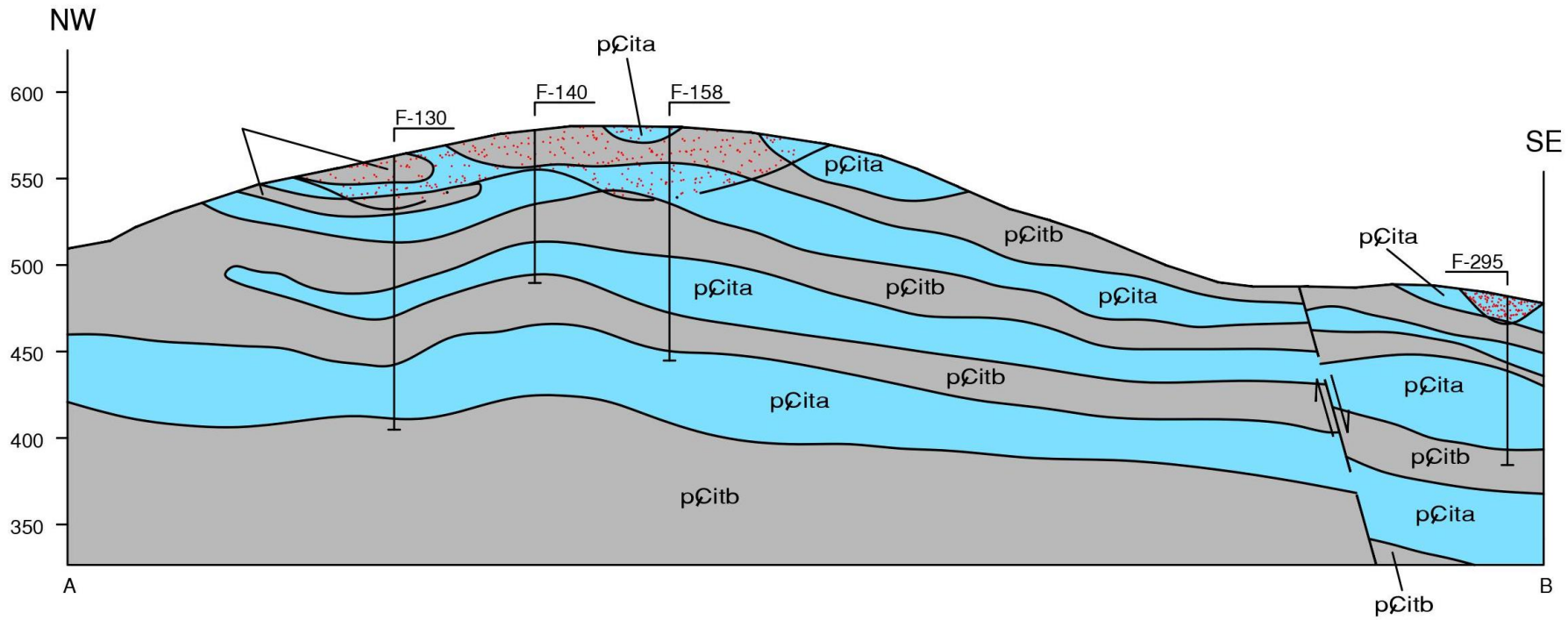


Figura 8.1-108 – Perfil Geológico A – B: intercalações de Rocas da Formação Barrigas

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

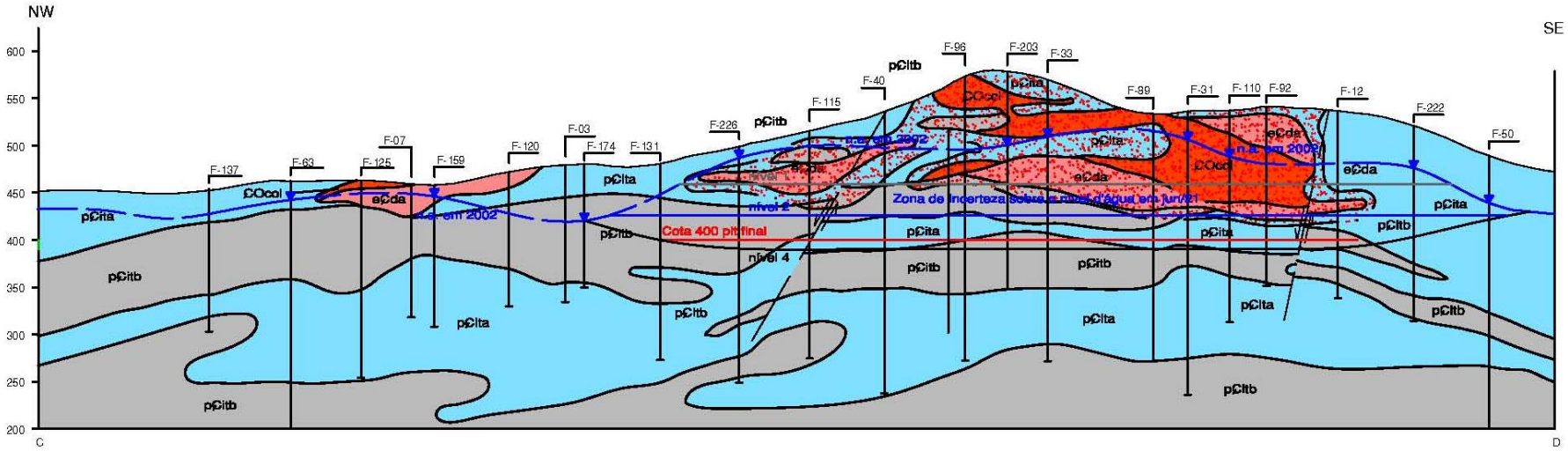


Figura 8.1-109 – Perfil Geológico CD.

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

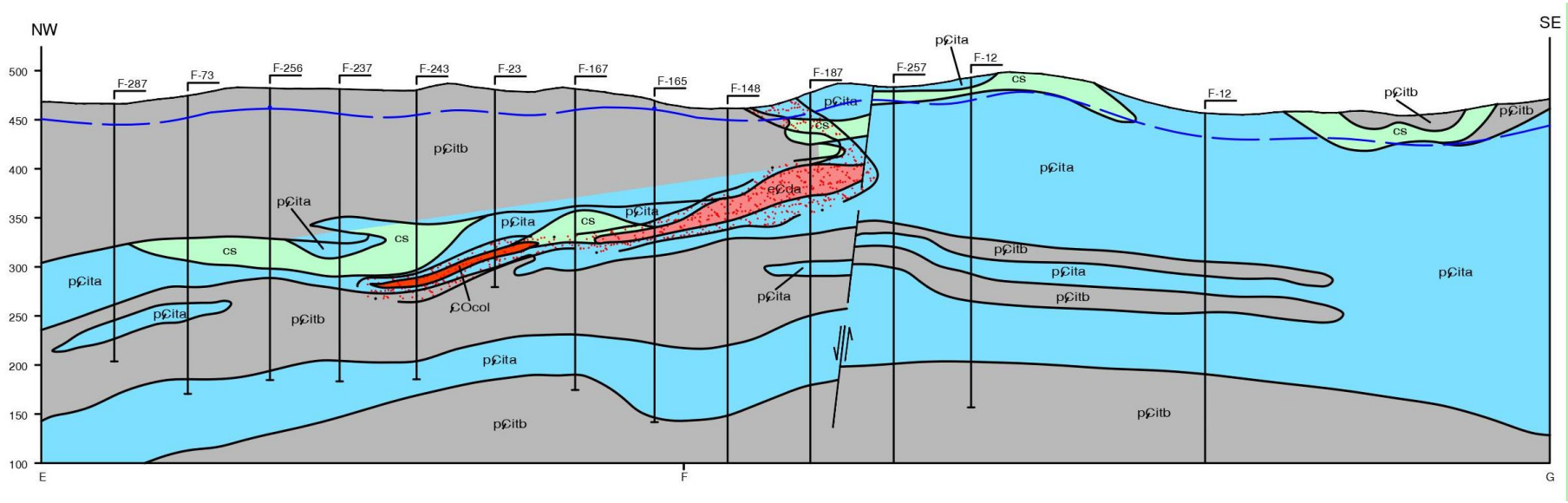


Figura 8.1-110 – Perfil Geológico EFG.

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

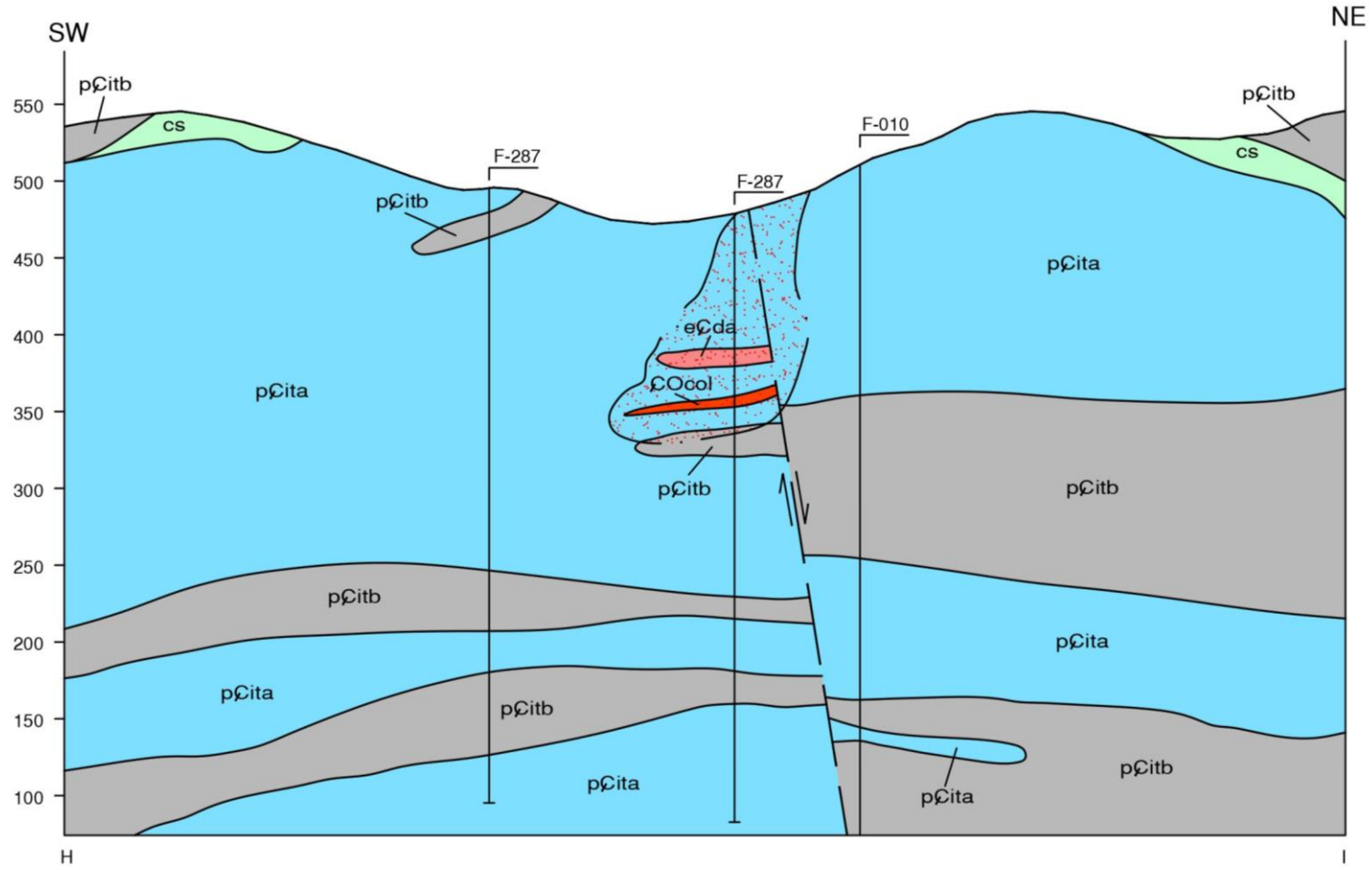


Figura 8.1-111 – Perfil Geológico HI.

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

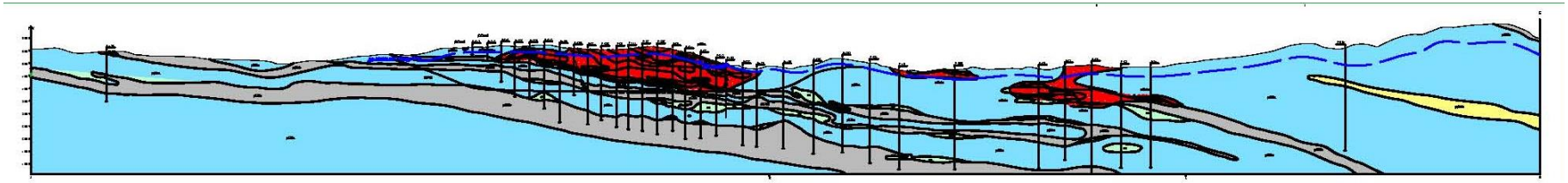


Figura 8.1-112 – Perfil Geológico JKLM.

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

8.1.7.3.5. Litotipos

Conforme apresentado no Mapa 8.1-17 a AID e a ADA se encontram, praticamente, inseridas dentro da unidade litoestratigráfica denominada Grupo Itataia. Esta unidade é constituída, da base para o topo, pelas formações Serra do Céu, Laranjeiras, Barrigas e Alcantil (Mendonça et al., 1982). Em termos gerais, estas unidades correspondem a sucessões de rochas metassedimentares paleoproterozoicas deformadas e metamorfizadas em médio e alto grau, originalmente depositadas em bacias de margem continental passiva em ciclo regressivo-transgressivo (Castro, 2002).

A Formação Serra do Céu é, predominantemente, constituída por migmatitos, biotita-silimanita-granada-gnaisses localmente migmatizados, com inserções subordinadas de anfibólio-gnaisses e metarcóseos (Nuclebrás, 1984). Corresponde à unidade basal e mais espessa do Grupo Itataia.

Essa unidade ocorre, principalmente, nas escarpas das Serras da Mata Fome, do Céu e topo da Serra das Laranjeiras. O contato superior entre o topo da Formação Serra do Céu e a base da Formação Laranjeiras é facilmente reconhecido devido a diferenças reológicas, sendo que esta última compõe faixas aflorantes contínuas na porção superior das serras, cujo mergulho aparente apresenta suave caimento para leste (Mapa 8.1-17).

Durante os levantamentos realizados em campo foram encontrados poucos afloramentos de rochas migmatíticas pertencentes à Formação Serra do Céu, sendo que as principais ocorrências se restringem à presença de blocos observados no leito seco de riachos e pequenas drenagens presentes na AID. Dentre os blocos descritos destaca-se a presença de fragmentos de veios pegmatíticos e anfibolitos.

A Formação Laranjeiras juntamente com a Formação Serra do Céu perfaz o limite leste e norte da AID. Esta unidade Formação Laranjeiras é majoritariamente composta por quartzitos e perfaz as cristas e cimeiras das Serras da Cacimba, Mata Fome, do Céu e Laranjeiras. Apresenta cerca de 40 m de espessura e é constituída por quartzitos puros e micáceos, localmente ferríferos. Subordinadamente, ocorrem intercalados metarcóseos apresentando, ou não, silimanita.

Durante os levantamentos de campo foi encontrada apenas uma ocorrência das rochas desta unidade, porém fora dos limites da AID, na estrada que liga a área prevista para implantação do empreendimento ao distrito de Lagoa do Mato. Litologicamente, compõe-se de um pacote pouco espesso de quartzitos com espessura de aproximadamente 40 m em corte de estrada que segue em direção ao distrito de Lagoa do Mato (Figura 8.1-113 D). Constituem horizontes quase puros e eventualmente micáceos, localmente ferríferos, ricos

em hematita e se encontram intercalados com pacotes mais ricos em micas, adquirindo estrutura xistosa.

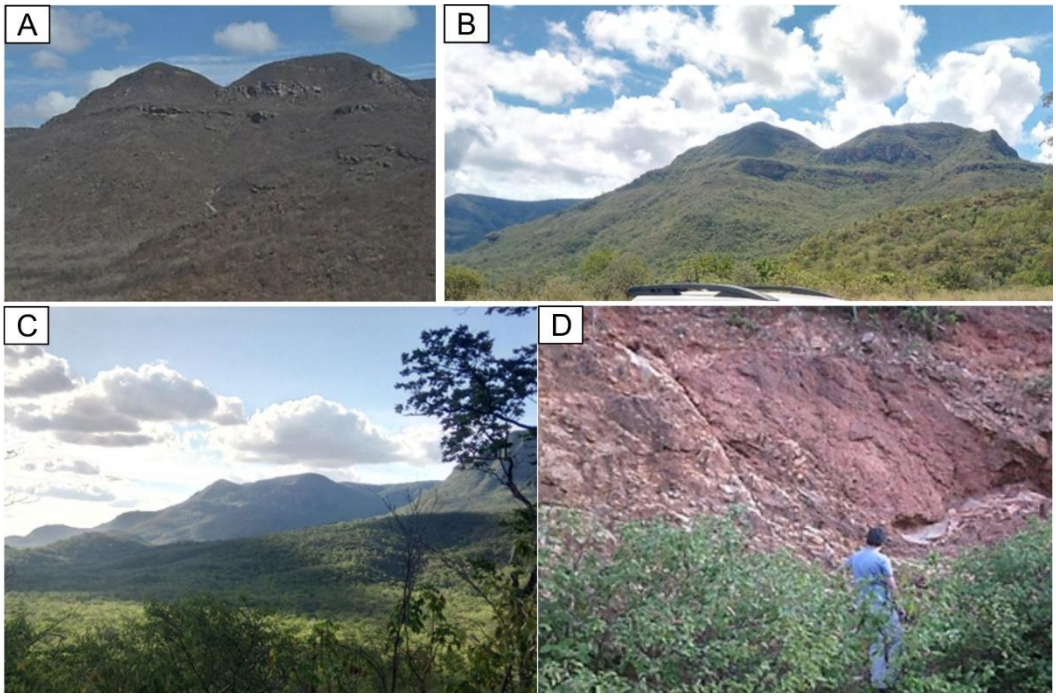


Figura 8.1-113 - (A, B e C) Vista para norte da Serra do Céu, evidenciando afloramentos naturais de rochas quartzíticas da Formação Laranjeiras no topo e Formação Serra do Céu na base. (D) Afloramento de quartzitos e micaxistos da Formação Laranjeiras na estrada que liga a área do empreendimento a Lagoa do Mato.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

A Formação Barrigas é representada por gnaisses pelíticos aluminosos. Apresenta cerca de 100 m de espessura e é constituída por biotita-silimanita-gnaisses e biotita-plagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada, localmente apresentando migmatização em diferentes graus, comumente cloritizadas, processo este resultado de retrometamorfismo de fácies anfibolito para xisto verde (SILVA, 2003); Figura 8.1-114.

Constitui a unidade litoestratigráfica de maior expressão em área. É predominantemente constituída por biotita-silimanita-gnaisses (Figura 8.1-114 B) e biotita-plagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada (Figura 8.1-114 C), ocasionalmente apresentando bolsões e níveis migmatizados.

Sua constituição mineralógica indica um último evento metamórfico compatível com fácies anfibolito, embora estudos de detalhe voltados para este aspecto descrevem evidências de um retrometamorfismo para fácies xisto verde.

As rochas pertencentes à Formação Barrigas identificadas em afloramento constituem rochas gnáissicas geralmente com elevado grau de fraturamento. Estas, geralmente,

ocorrem na forma de lajedos, ocasionalmente no leito de algumas drenagens intermitentes (P-43) e na porção topograficamente rebaixada da encosta da vertente sul da Serra do Céu (P-01 e P-41). Afloramentos nas porções mais íngremes das encostas são raros devido ao recobrimento dos solos coluviais e residuais que, apesar de delgados, tendem a ser contínuos ao longo nestes locais.

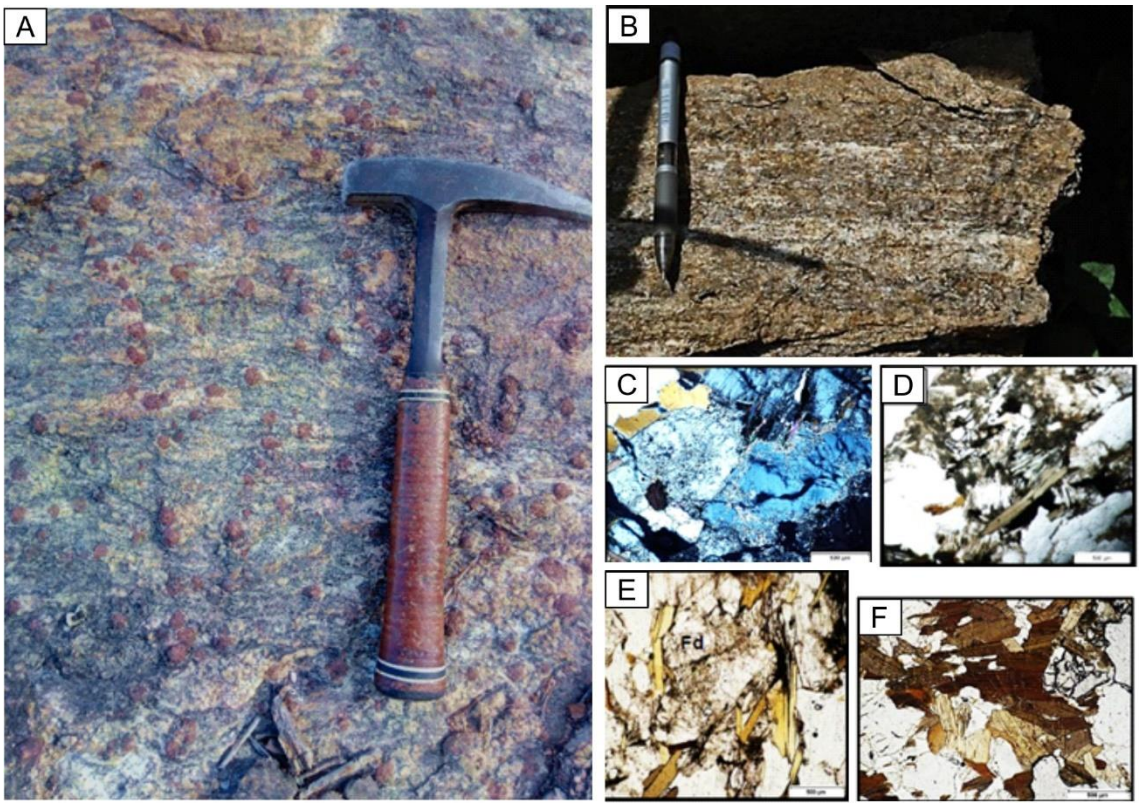


Figura 8.1-114 - (A) Quartzo-biotita-granada-gnaisse; (B) Detalhe de gnaisse apresentando granadas milimétricas a centimétricas em afloramento localizado nas proximidades da galeria G2; (C) Fotomicrografia de paragnaisse destacando as alteração (saussuritização) dos plagioclásios; (D) Fotomicrografia de paragnaisse mostrando zona de concentração de cristais de silimanita (fibrolita) e de micas (muscovita e biotita); (E) Fotomicrografia de paragnaisse destacando cristal de plagioclásio fraturado e alterado (sericitização) e circundado por finas lamelas de biotita; (F) Fotomicrografia de paragnaisse em porção dominada por biotitas variando de tons castanho- claro para tons mais escuros, parcialmente envolvendo cristal de granada fraturado.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Cavalcante (2019), BTB Explorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Localmente, na Formação Barrigas, incidem biotita-gnaisse de granulação fina e coloração cinza escura, comumente apresentando alteração pronunciada. Nestes litotipos é recorrente a presença de veios e bolsões pegmatíticos de composição quartzo-feldspática (Figura 8.1-115).

Isoladamente, nos locais onde os gnaisses se encontram medianamente a muito alterados, foram observadas lentes de limonita concordantes com o bandamento e a foliação (Figura 8.1-115).

Em alguns pontos também foram identificados afloramentos de biotita-silimanita gnaisses de granulação fina-média com porfiroblastos centimétricos de granada (Figura 8.1-115), apresentando auréola circundante constituída por micas orientadas perpendicularmente ao bandamento do gnaisse. Em geral, nota-se uma orientação preferencial dos eixos de elongação dos cristais paralela ao bandamento preferencial da rocha.

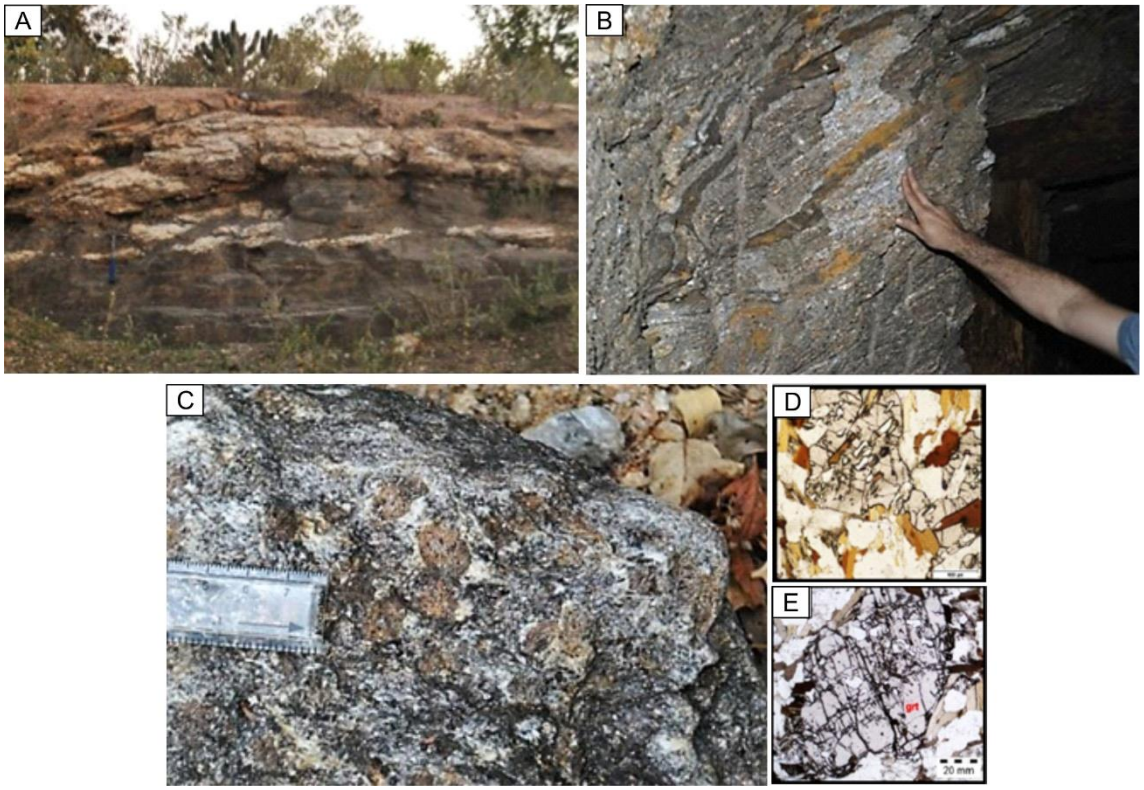


Figura 8.1-115 - (A) Afloramento muito alterado de biotita gnaisse de granulação fina, coloração cinza escura, intercalado com porções pegmatíticas de composição quartzo-feldspática; (B) Detalhe de planos limonitizados concordantes à foliação (40/40) exposta no plano de fratura 315/80. Plano de fratura de direção 150/77; 122/82; 125/80; 135/82 (Notação Clar); (C) Gnaisse apresentando porfiroblastos centimétricos de granada; (D) Granada poiquiloblastica com formato parcial de sigmóide-boudin e com diversas fraturas e inclusões (quartzo e biotita, dominantes); (E) Poiquiloblasto de granada muito fraturado incluso numa matriz de quartzo, plagioclásio e biotita.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Cavalcante (2019). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Em perfis de alteração de rochas (horizonte C) da Formação Barrigas é comum a presença de acúmulo de seixos e calhaus angulosos de quartzo proveniente de veios, denotando uma predominância destes em meio aos gnaisses. De fato, em alguns locais foram observados veios de quartzo com dimensões diversas. Destaca-se, na porção sudeste da ADA, um veio de espessura estimada entre 10 e 20 m, que atravessa obliquamente uma estrada. Os veios, de modo geral, têm orientação discordante ou subconcordante com a estruturação preferencial da rocha.

Nas cotas mais altas da Serra de São Gonçalo (P-25), localizada ao sul da ADA, migmatitos da Formação Barrigas tendem a ocorrer aflorando em lajes que compõem boa parte dos topos deste relevo. Essas rochas apresentam granulação média e típicas estruturas migmatíticas, principalmente estromatíticas e subordinadamente schilieren, que segmentam porções leucossomáticas, mesossomáticas e raramente melanossomáticas (Figura 8.1-116).

Figura 8.1-116 - (A) Detalhe de veios e bolsões pegmatíticos em biotita-gnaisse; (B) Detalhes de contato entre porções paleo/melanossomáticas e neo/leucossomáticas em migmatito da Formação Barrigas; (C) Outros detalhes de estruturas migmatíticas.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

As porções mesossomáticas são constituídas, principalmente, por quartzo, biotita, plagioclásio e granada. Apresentam coloração variando entre cinza claro a escuro, estrutura foliada e eventualmente xistosa, e textura lepidogranoblástica com porfiroblastos de granada esparsos. As bandas leucossomáticas apresentam estrutura levemente foliada ou maciça, textura granoblástica de granulação média a grossa e são predominantemente compostas por quartzo e feldspato. É importante ressaltar a presença de pequenos veios graníticos de granulação fina que cortam, discordantemente, os migmatitos.

Ocorrem dois tipos de contato entre as rochas da Formação Barrigas e da Formação Alcantil (Figura 8.1-117). Quando gradacional é marcado pela intercalação decimétrica a métrica entre os litotipos típicos destas duas unidades. Nestes contatos é comum também ocorrer níveis métricos a decimétricos de rochas calcissilicáticas, dentre as quais: diopsiditos, escapolita diopsiditos, além de mármores impuros contendo, frequentemente, biotita e granada em meio a matriz calcítica/dolomítica.

Assim como a Formação Barrigas, a Formação Alcantil se distribui por toda a AID e na ADA concentra-se na porção noroeste.

A Formação Alcantil é constituída pelas rochas metacarbonáticas e calcissilicáticas com espessura superior a 50m, com máximos de até 300 m (Alcantara e Silva, 2003; Almeida et al., 2008). É predominantemente composta por mármores de granulação média a grossa, maciços, localmente foliados e bandados, com textura equigranular. Estes litotipos

apresentam, em geral, coloração variando entre matizes de cinza e branco, dependendo do grau de pureza, dado pela presença de cristais sub-milimétricos de sericita e grafita (Figura 8.1-118).

Em sua poção basal predominam rochas calciossilicáticas (diopsiditos e escapolitas-diopsiditos) que gradam para mármores com diferentes graus de pureza. Estes litotipos, ocasionalmente, apresentam alto teor de magnésio (Mg). Associados às rochas carbonáticas e calcissilicáticas da Formação Alcantil ocorrem os principais corpos de minério fosfático (colofanito) e compondo um padrão de preenchimento de fraturas e falhas do tipo stockwork (Nuclebrás, 1984; Almeida et al., 2008).

Figura 8.1-117 - (A) Afloramento em laje de intercalações de mármore com rocha calciossilitcática e gnáissica; (B) Detalhe de amostra de mármore apresentando níveis ricos em granada; (C e D) Contato entre xisto e rocha calciossilicática.

Fontes: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Figura 8.1-118 - (A) Mármore bandado; (B) Detalhe de amostra de mármore com grafita apresentando granulação grossa e textura granoblástica; (C e D) Microfotografia de rocha calciossilicática com cristais de condrodita (chn), escapolita (scp), epidoto (ep) e quartzo (qz); (E e F) Microfotografia de rocha calciossilicática mostrando modificações texturais marcadas pela presença da vesuvianita (ves) alterada para epidoto.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Cavalcante (2019), BTBexplorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Localmente, os mármores da Formação Alcantil afloram em grandes lajes (Figura 8.1-119), porém predominam afloramentos restritos, embora sejam geralmente mais frequentes que os da Formação Barrigas. De forma subordinada, e exclusivamente no Serrote da Igreja (Figura 8.1-119), a oeste da ocorrência do minério de colofanito, e nas proximidades do Serrote do Canudo, ocorrem na forma de paredões métricos e, mais raramente, decamétricos.

Os paredões ocorrem em cotas elevadas, com encostas íngremes, constituindo, portanto, locais de difícil acesso (Figura 8.1-119). Associados a estes ocorrem, também, expressivos depósitos de tálus contendo blocos decimétricos a métricos e mais raramente até decamétricos, essencialmente de rochas de composição carbonática (Figura 8.1-119).

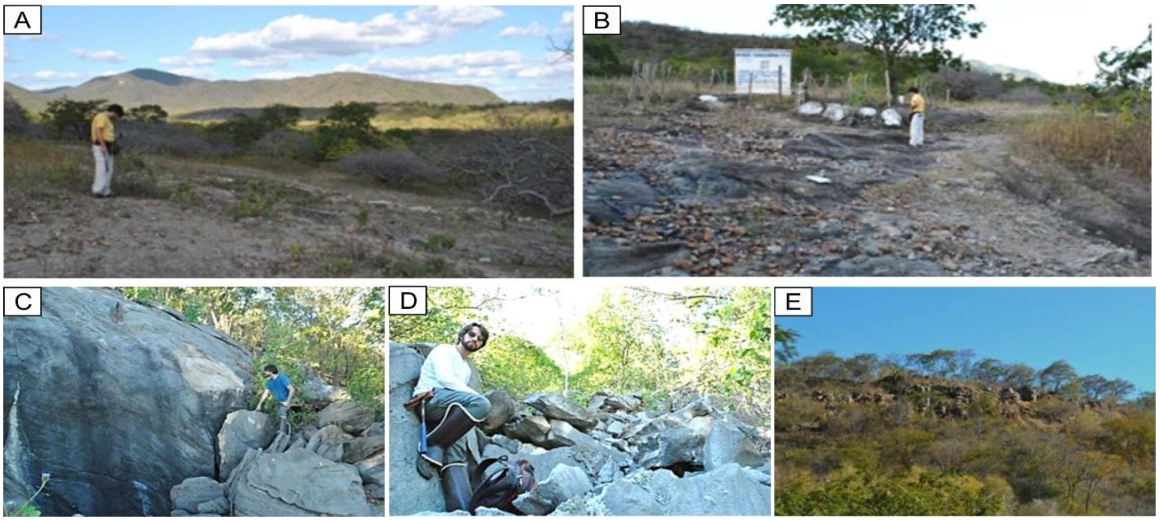


Figura 8.1-119 - (A) Vista para nordeste com Serra do Céu ao fundo e em primeiro plano extenso lajedo de mármore da Formação Alcantil; (B) Aspecto de lajedos em mármore da Formação Alcantil; (C) Paredão de mármore no Serrote da Igreja; (D) Detalhe de depósito de tálus na encosta do Serrote do Canudo; (E) Detalhe de afloramentos de mármores em paredões no Serrote do Canudo.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Um aspecto extremamente relevante consiste na existência de processos cársticos evidenciados por feições de dissolução superficial formando caneluras que evoluem para lapiás, dissolução ao longo de fraturas abertas e, isoladamente, significativas cavidades verticais denominadas abismos.

Os abismos podem atingir profundidades de 10 m e apresentam, em superfície, geometria ovalada com eixo maior coincidindo com fraturas de direção N-S (Figura 8.1-120). Em alguns locais, foi observada uma nítida correlação entre a intensidade de dissolução e o nível de pureza dos mármores. A Figura 8.1-120 ilustra um afloramento de mármore onde ocorrem intercalações de níveis puros de mármore e níveis contendo concentrações perceptíveis de minerais não carbonáticos.

Figura 8.1-120 - (A) Dissolução ao longo de fratura N-S subvertical, afetando mármores da Formação Alcantil; (B) Vista de abismo localizado na porção W do Serrote da Igreja. A feição apresenta orientação N-S associada ao padrão de faturamento; (C) Afloramento de mármore da Formação Alcantil mostrando intercalação de camadas puras e impuras. A dissolução é mais efetiva nas camadas de mármore puro.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Nas áreas mais rebaixadas da Depressão Sertaneja como, por exemplo, na porção centro-sul da AID, os mármores ocorrem na forma de extensos lajedos e são ligeiramente alterados e pouco a medianamente fraturados. Diferenciam-se dos afloramentos descritos anteriormente por não apresentar feições cársticas de interesse, embora aparentemente constituam mármores puros ou ligeiramente impuros.

De acordo com Veríssimo e colaboradores (2016), as mineralizações de interesse na região ocorrem em três minerais de fosfato. Acredita-se que o fosforo é de origem sedimentar, associada a depósitos de fosforito no mesmo ambiente de deposição do Grupo Itataia, mas que foi remobilizado e reconcentrado em eventos posteriores. A primeira fase (Figura 8.1-121) é composta por fluorapatitas prismáticas (+albita +arfvedsonita +ferro-eckermanita) em vugs, vazios e armadilhas estruturais. Acredita-se que essa fase está associada a um evento inicial metassomatico de alta temperatura.

Segundo os autores, a segunda fase (Figura 8.1-122) corresponde a fluorapatitas com hábito fibro-radiado ou coloforme, substituindo o carbonato de cálcio em mármores ou rochas calciossilicáticas (especialmente ao longo das fraturas) e associada a minerais como o quartzo clorita e zeólita. Ocorre na forma de stockworks, veios de colofanito e carbonatos e brechas carbonáticas mineralizadas. Essa fase reflete um evento multifásico cataclástico / hidrotermal de temperatura mais baixa concentrado em zonas de falha e paleocarsticas, envolvendo a mistura de fluidos hidrotermais e meteóricos.

A terceira e última fase (Figura 8.1-123) consiste de apatitas (fluorapatita e hidroxiapatita) botrioidais, com argilominerais e outros fosfatos de cálcio e alumínio. Essa fase formou colofanitos maciços e foi desenvolvida em condições oxidantes, com mistura de fluidos hidrotermais e meteóricos.

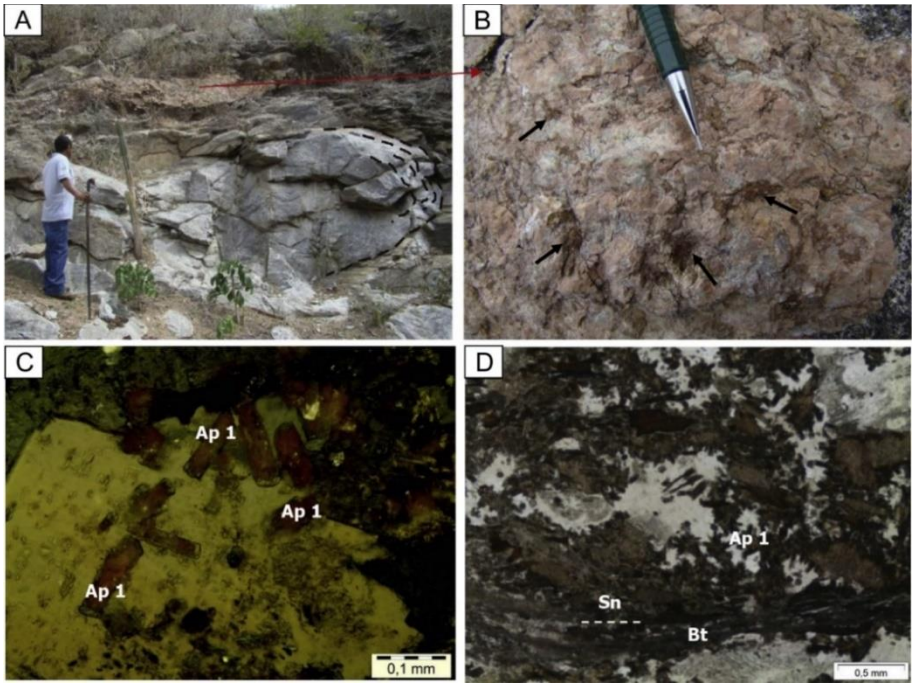


Figura 8.1-121 - (A e B) Minério preenchendo vazios formados devido a lixiviação de quartzo; (C) Cristais de apatita bem formados; (D) Cristais de apatita não deformados (Ap1) preenchendo vazios em rochas calciossilicáticas, com presença da foliação principal (Sn) definida por cristais de biotita (Bt).

Fonte: Veríssimo et al. (2016). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

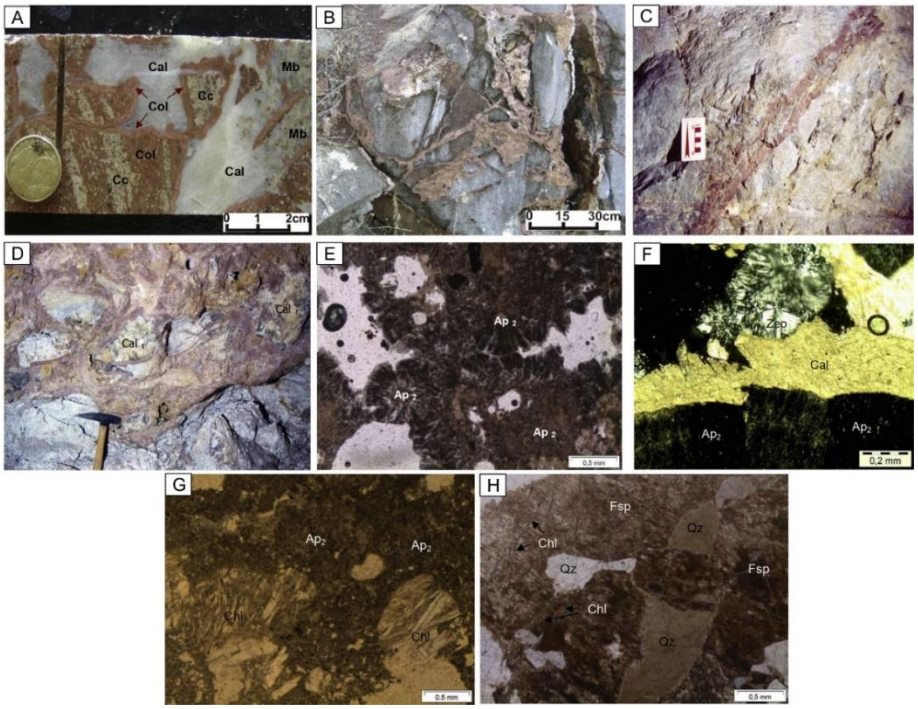


Figura 8.1-122 - (A) Colofanito associado a brechas carbonáticas, onde os clastos são compostos por por rochas feldspáticas, mármores (Mb), rochas calciossilicáticas (Cc) e colofanita (Col). A matriz da brecha é composta por carbonatos bem cristalizados (Cal) ou rochas carbonáticas cinza escuras; (B) Veios de colofanito tipo stockwork em mármores; (C) Fraturas e falhas nos mármores da Formação Alcantil com brechas preenchidas por colofanito; (D) Brecha com colofanito e megacristais de calcita (Cal1) em mármores carstificados da Formação Alcantil; (E) Apatita

coloforme (Ap2) preenchendo vazios com cristais de calcita (Cal) em mármore da Formação Alcantil; (F) Apatita associada com zeólita (Zeo) e carbonato (Cal); (G) Apatita associada com clorita; (H) Feldspato alterado (Fsp) contendo inclusões de quartzo (Qz) e fraturas preenchidas por clorita (Chl).

Fonte: Veríssimo et al. (2016). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

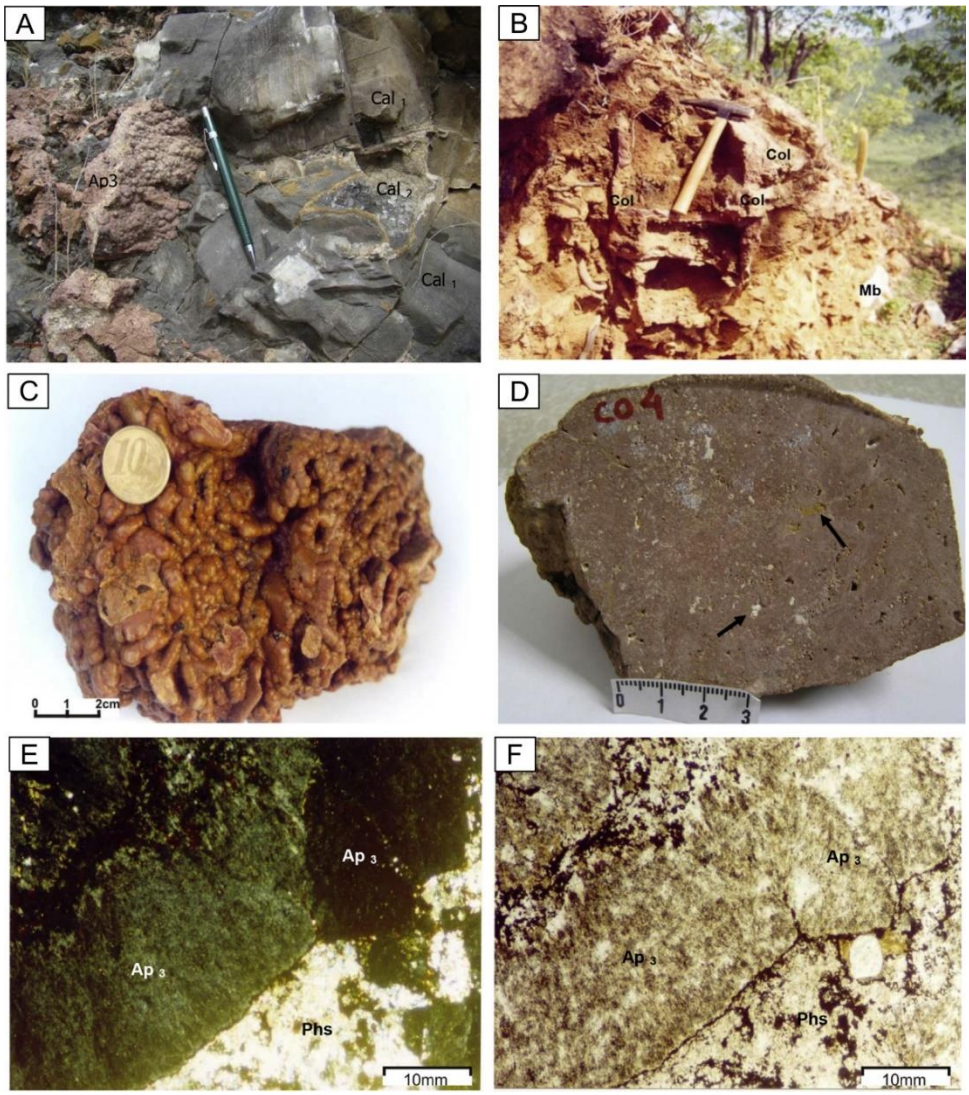


Figura 8.1-123 - (A) Colofanito residual (Ap3) com textura botrioidal cobrindo e preenchendo vazios em cristais de calcita hidrotermal, incluindo megacristais de calcita hidrotermais (Cal1) e cristais menores de calcita preenchendo vazios gerados pela dissolução de megacristais (Cal2); (B) Colofanita residual no topo do depósito de Itataia, com estrutura semelhante a perfis lateríticos gerados por lixiviação química: níveis de colofanita maciça (Col) e alguns fragmentos de mármore (Mb) em solo marrom-amarelado; (C) Minério de colofanita maciças com textura botrioidal; (D) Colofanita maciça contendo apatita microcristalina e minerais de argila, com cavidades (setas pretas) que podem ser preenchidas com calcita, quartzo, feldspato, minerais de grafite ou argila; (E e F) Fotomicrografias que ilustram a fase de apatita mais recente (Ap3) associada a outra fase de fosfato microcristalino (Phs).

Fonte: Veríssimo et al. (2016). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Conforme destacado anteriormente, na região, o colofanito ocorre principalmente associado aos mármores da Formação Alcantil, rochas calcissilicáticas e, mais raramente, aos gnaisses da Formação Barrigas. Consiste em uma rocha maciça, às vezes vesicular, formada por material fosfático com textura fanerítica muito fina a afanítica, e coloração castanho-avermelhada ou alaranjada.

O colofanito também se encontra na forma de brechas compostas por fragmentos angulosos centimétricos a decimétricos (Figura 8.1-120). Um veio marcante de colofanito brechado pode ser observado nos afloramentos existentes na entrada da galeria de pesquisa G-2. A principal mineralização em subsuperfície ocorre no Serrote da Igreja, entre as cotas 480 m e 400 m. Neste local, especificamente, a mineralização está associada ao mineral zirconífero e material alterado argiloso preto com presença de grafita, pirita e goethita, relacionada a uma brecha carbonosa (ALCANTARA e SILVA, 2003).

Mineralogicamente o colofanito é constituído, essencialmente, por esferulitos de colofana (variedade criptocristalina da apatita) e inclusões de feldspato esbranquiçado e parcialmente modificado para caulinita. Como minerais acessórios[4] opacos, identificados através de análise calcográfica, ocorrem grafita, magnetita, pirita, arsenopirita e limonita. Apresenta-se também preenchendo fraturas e foliações, e principalmente nos mármores, preenchendo os interstícios de antigas cavidades (Figura 8.1-120) (ARCADIS LOGOS, 2014).

Cabe destacar que, a caracterização mineralógica do minério da Jazida Itataia, realizada pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCT-EPUSP,2019), em amostra representativa da Jazida identificada segundo a sistemática de classificação do código JORC, e analisada por meio de técnicas avançadas de separação mineral em líquido denso e separação magnética em separador Frantz, análises mineralógicas através da conjugação de difração de raios x, microscopia eletrônica de varredura acoplada e espectrômetro por dispersão de energia (EDS) e busca automatizada, através do software Mineral Liberation Analyser (MLA-FEI), não identificou pirita nas análises do colofanito na área da jazida.

Conforme resultado das análises laboratoriais que apresentam a composição média dos minerais do minério, também não foram constatados nenhum dos sulfetos possíveis e que poderiam produzir lixiviação ácida após oxidação, conforme Figura 8.1-124 abaixo, (HUTCHINSON, 1992).

[4] A) Mineral que ocorre em uma rocha ígnea, mas que não é essencial para a classificação da mesma. Glossário Geológico on line CPRM, disponível em http://sigep.cprm.gov.br/glossario/. B) Mineral que ocorre em pequena quantidade em uma rocha e cuja presença ou ausência não afeta a análise dessa rocha. Glossário Geológico do Instituto Água e Terra – PR, disponível em http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Glossario-Geologico

Desta forma, considerando o material avaliado, verificações em campo e os resultados supracitados, considera-se que o potencial de geração da lixiviação ácida na área da cava ou na pilha de estéril é baixo, pois os minerais que compõem o minério são naturalmente alcalinos, de forma que estes resultados indicam que as água lixiviadas nestas áreas podem ter seu pH variando de neutro para alcalino.

Mineral		Espécies aquosas após oxidação completa[1]	Possíveis Minerais secundários formados a pH neutro e após completa oxidação [2]
Pirita	FeS_2	Fe^{3+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Marcassita	FeS_2	Fe^{3+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Pirrotita	$Fe_{1-x}S$	Fe^{3+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Calcopirita	$CuFeS_2$	Cu^{2+}, Fe^{3+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos, Hidróxidos de cobre e Carbonatos; gipsita
Calcocita	Cu_2S	Cu^{2+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de cobre e Carbonatos; gipsita
Bornita	Cu_3FeS_4	Cu^{2+}, Fe^{3+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos, Hidróxidos de cobre e Carbonatos; gipsita
Arsenopirita	FeAsS	Fe^{3+}, AsO_4^{3-}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Arsenatos de ferro e Cálcio; gipsita
Molibdenita	MoS_2	MoO_4^{2-}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de Fe, sulfatos, Molibdatos, óxidos de molibdênio; gipsita
Esfalerita	ZnS	Zn^{2+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de zinco e carbonatos; Gipsita
Galena	PbS	Pb^{2+}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de chumbo, Carbonatos,sulfatos; gipsita
Cobalita	CoAsS	Co^{2+}, AsO_4^{3-}, SO_4^{2-}, H^+	Hidróxidos de cobalto, Carbonatos; arsenatos de ferro e Cálcio; gipsita

[1] Espécies intermediárias tais como o íon ferroso (Fe^{2+}) e $S_2O_3^{2-}$ podem também ocorrer (Stumm; Morgan, 1981; Goldhaber, 1983);

[2] Outros minerais podem ser formados associados ou em alternativa aos listados em função do ambiente.

Figura 8.1-124 - -Sulfetos mais comuns e seus produtos de oxidação.

Fonte: Hutchinson, 1992.

A presença de colofanito em fraturas, foliações e preenchendo interstícios de antigas cavidades, evidencia a existência de uma fase pretérita de carstificação, totalmente dissociada da fase responsável pela formação das cavidades anteriormente relatadas. A mineralização se apresenta, principalmente, como um padrão *stockwork* ou filoneana, sendo que a fração maciça do minério tende a ocorrer somente nas cotas mais altas da Serra da Igreja.

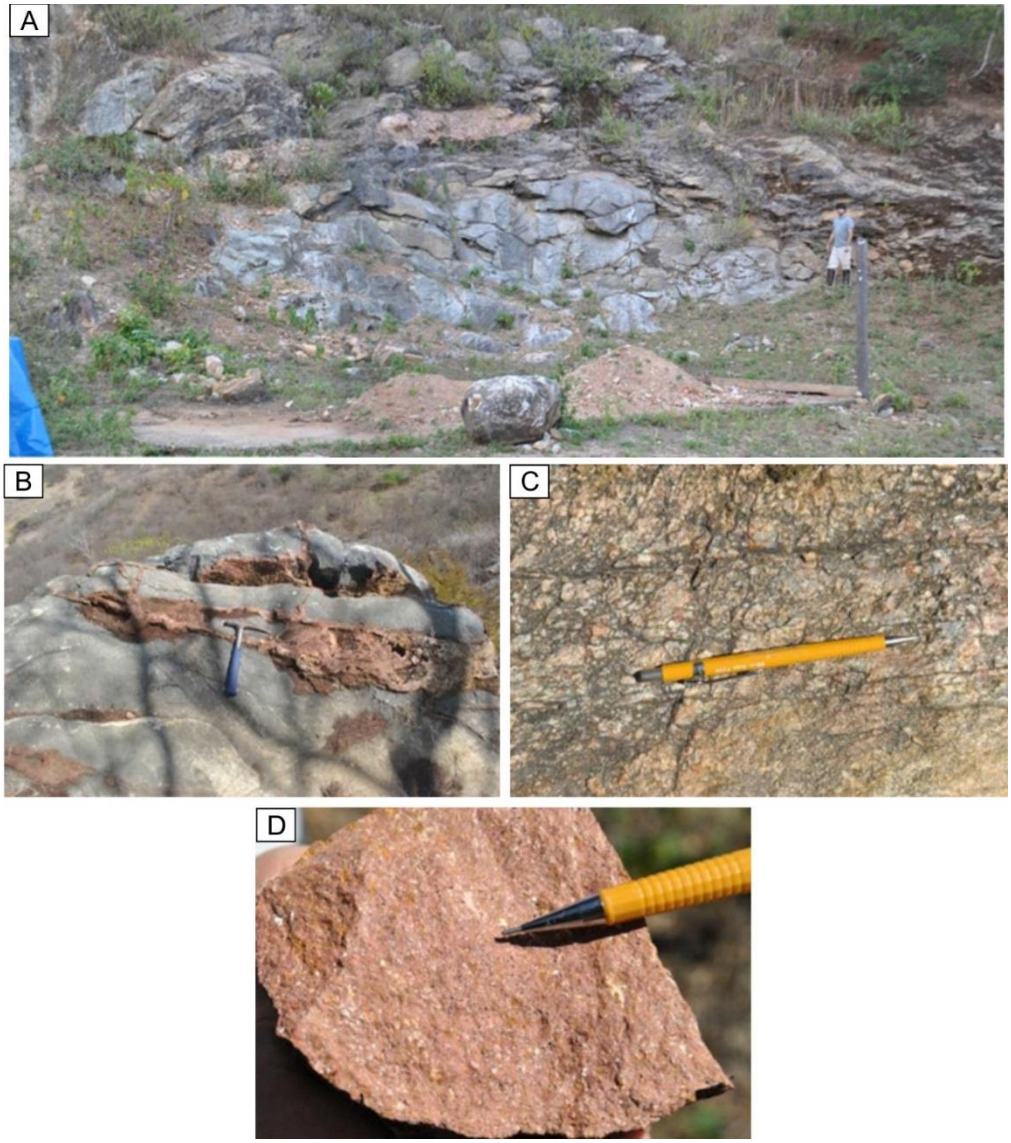


Figura 8.1-125 - (A) Afloramento existente na entrada da galeria G2, com detalhe para o colofanito rosado na porção superior da foto; (B) Detalhe de colofanito preenchendo fraturas dos mármores da Formação Alcantil; (C) Detalhe de amostra de brecha de colofanito afetada por cisalhamento, observada na galeria G2; (D) Detalhe de amostra de colofanito observado no Serrote da Igreja.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Rochas básicas intrusivas ocorrem na forma de diques, apesar de não observadas durante os levantamentos de campo. Blocos de diabásio decimétricos arredondados foram observados em pontos isolados ao longo do vale do riacho das Guaribas, constituindo clastos dos seus depósitos aluvionares (Figura 8.1-126).

Os depósitos quaternários aluvionares se encontram restritos aos vales das principais drenagens intermitentes que cortam a AID e ADA, com destaque para o riacho das Guaribas, riacho Caramutim e riacho da Gangorra. Estas acumulações recobrem, predominantemente, rochas da Formação Barrigas e Formação Alcantil e compõem, localmente, depósitos pouco

espessos constituídos por sedimento arenoso médio a grosso com grânulos, seixos, calhaus e, por vezes, matacões de litotipos diversos (Figura 8.1-126).

Figura 8.1-126 - (A) Amostra de diabásio; (B) Blocos e calhaus em leito de rio intermitente; (C) Aluvião arenoso de cerca de 1 m de espessura.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

8.1.7.3.6. Estrutural

Do ponto de vista estrutural, a AID e a ADA apresentam evolução tectônica complexa, ilustrada por diferentes estruturas de caráter dúctil e rúptil.

O contato basal das sequencias supracrustais é geralmente marcado por rochas miloníticas de fácies anfibolito baixo, que indicam que o final da mise em place das nappes formadas se deu em condições metamórficas retrógradas (Almeida et al., 2008). Essa feição é apontada por Castro el al. (2005) para os metapelitos basais do Grupo Itataia (Formações Serra do Céu e Barrigas). Estes possuem cianita reliquiar em alguns locais, sobretudo na base de algumas unidades próximo às zonas de cavalgamento, além de veios de quartzo com megacristais de rutilo e granada nos anfibolitos, sugerindo condições pretéritas de mais alta pressão.

A foliação regional (Figura 8.1-127) é normalmente paralela aos contatos litológicos (S0) (Almeida et al., 2008). Regionalmente, as foliações apresentam predominância de baixos ângulos de mergulho (aproximadamente 20°) e rumo predominante para sul e sudeste, com pequenas variações para noroeste e nordeste. Localmente, podem apresentar mudanças severas nas orientações e mergulhos, devido aos diversos padrões de dobramento superimpostos às rochas.

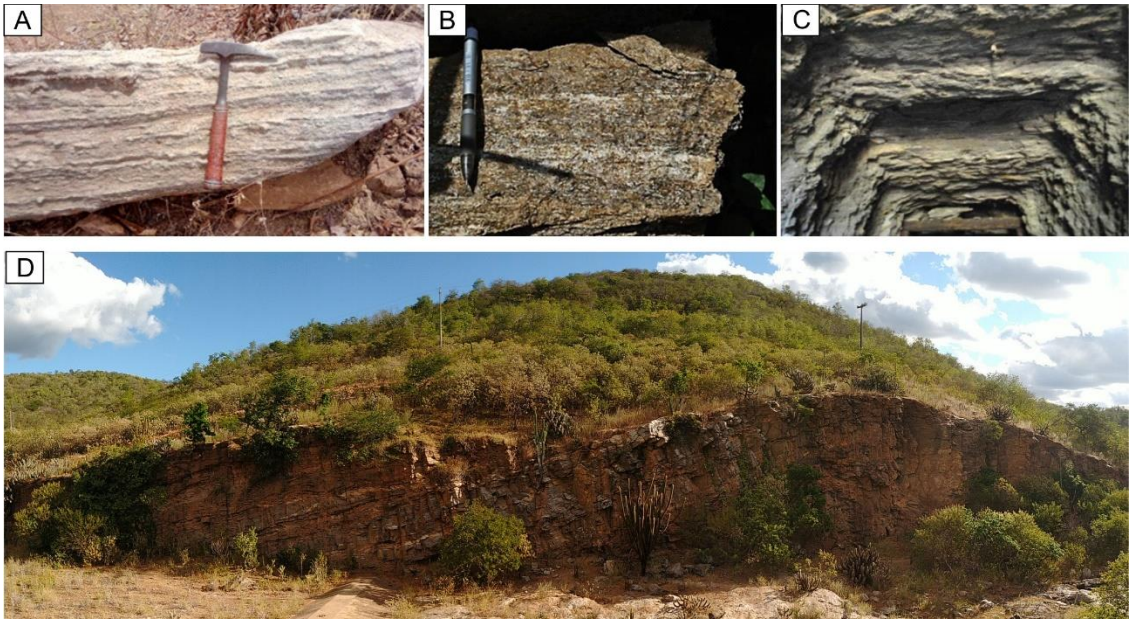


Figura 8.1-127 - (A) Foliação principal em mármores bandados; (B) Foliação principal em gnaisse; (c) Foliação ortogonal a galeria com mergulho de aproximadamente 50º para fora da galeria G1; (D) Mármores da formação Alcantil, com a foliação principal levemente dobrada.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

As fases de deformação dúctil que afetaram as rochas da região alteraram a geometria e distribuição espacial das unidades até então depositadas. São comuns dobras complexas, geralmente isoclinais, frequentes nas associações litológicas com contrastes reológicos e gerando transposições em condições de deformação progressiva (ALMEIDA et al., 2008).

Estudos de Alcântara e Silva (2003) identificaram três diferentes fases de dobramentos que se interceptam progressivamente, constituindo grandes dobras posteriormente deformados coaxial e ortogonalmente.

A primeira fase de deformação foi reconhecida nas porções micáceas dos mármores, nas quais são observadas dobras decimétricas recumbentes, normalmente isoclinais, com mergulho do plano-axial sentido sul. Essas dobras apresentam charneira com direções preferencialmente para WNW/ESE.

Caracteristicamente com planos-axiais subverticais, a segunda fase de deformação é caracterizada por dobras decimétricas a decamétricas, com eixo orientado segundo E-W, coaxial ao primeiro evento. Mais especificamente a NE da Falha do Rio Groairas, as inflexões das lineações de estiramento (NE-SW para WNW-ESSE) provavelmente acompanham formação de dobras abertas quilométricas com eixos encurvados e tenham sido adquiridas na fase final de mise em place da nappe (ALMEIDA et al., 2008).

O terceiro evento, ortogonal aos anteriores, possui, nitidamente, eixos com direções aproximadas para norte, preferencialmente noroeste, resultando em ondulações suaves nos flancos e planos axiais das dobras antecessoras.

Para Veríssimo et al. (2016), as deformações da orogenia Brasiliano-Pan-Africano são responsáveis pelo metamorfismo de alto grau (anfibolito) das rochas metassedimentares e pelo evento progressivo de deformação dúctil interpretado como um episódio de compressão regional que resultou em dobras isoclinais estreitas com um plano axial de baixo ângulo. Essas dobras apresentam trend para sul e são relacionadas a falhas de empurrão que localmente evoluíram para falhas transcorrentes.

Neste cenário, os quartzitos da Formação Laranjeiras passaram por processos de cavalgamento sobre paragnaisses da Formação Barrigas, levando à intercalação tectônica de gnaisses e quartzitos, enquanto o contato entre a Formação Barrigas e os mármores da Formação Alcantil é gradacional, marcado pela ocorrência de mármores impuros e rochas calciossilicaticas. Por vezes, mineralizações ocorrem na zona de crista de dobras isoclinais com planos de foliação mergulhando para o norte.

A Figura 8.1-128 ilustra algumas das dobras observadas na região. Dentre os diversos padrões de dobras observados ou descritos na literatura, destacam-se as dobras abertas de porte regional, com eixos próximos de E-W, correspondentes à última fase de deformação. Estas megaestruturas são as principais responsáveis pela orientação preferencial das unidades geológicas e pela inversão dos mergulhos da foliação. As famílias mapeadas são categorizadas de acordo com sua atitude, agrupadas em três orientações principais, e com mergulhos normalmente subverticais. A primeira família possui direção geral para noroeste, variando para N15-45W; a segunda família possui direção geral E-W e a terceira N-S.

Figura 8.1-128 - (A) Detalhe de dobras isoclinais apresentando padrão em Chevron; (B) Detalhe da dobra apresentando planos nos flancos com presença de estiramento mineral; (C) Dobra com eixo verticalizado em contato entre xistos e calciossilicáticas.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

O presente trabalho não tem o objetivo de caracterizar deformações dúcteis em detalhes. Relacionados a eventos mais recentes, estruturas rúpteis (separadas em juntas e falhas) estão distribuídas em famílias por toda a área. Essas estruturas cortam os litotipos Pre-Cambiranos e dobras existentes. Localmente, as deformações rúpteis controlam zonas de fraqueza geradas nas rochas ao formarem falhas e fraturas, que também concentram as mineralizações do deposito de Itataia (VERÍSSIMO et al., 2016).

As fraturas e falhas se apresentam agrupadas em três famílias com direções médias NNW-SSE, NW-SE e E-W, normalmente com mergulhos subverticais apresentando pequenas dispersões. Suas características são praticamente homogêneas em toda a área, independentemente dos litotipos, apresentando superfícies geralmente planas, lisas a rugosas, seladas ou com aberturas milimétricas, algumas vezes preenchidas por argilas resultantes da alteração da própria rocha, e geralmente secas. Localmente, nas áreas de ocorrência de mármores, são observadas descontinuidades com maior abertura, derivadas da ação de processos cársticos de dissolução.

Durante o mapeamento, foram encontradas fraturas (Figura 8.1-129) isoladas com direções discordantes e, algumas vezes, mergulhos sub-horizontais, que significam pequenas variações locais e não pertencem a nenhum grupo. No domínio dos mármores, foram observados veios de quartzo decimétricos dispostos en echelon, cujo alinhamento principal apresenta direção próxima de E-W. A disposição dos veios indica um provável cisalhamento com esta direção, e cinemática sinistral.

Na região são encontradas falhas de diferentes portes, direções e cinemáticas (normal, inversa e transcorrente), algumas vezes reativadas em regimes de esforços distintos. Em alguns pontos, identificou-se a movimentação relativa entre os blocos, através das estrias resultantes. Particularmente nos afloramentos analisados nas entradas das galerias G1 e G2, foram identificados falhamentos normais com direção E-W (Figura 8.1-129), e mergulhos em torno de 50º a 60º, respectivamente, para norte e sul.

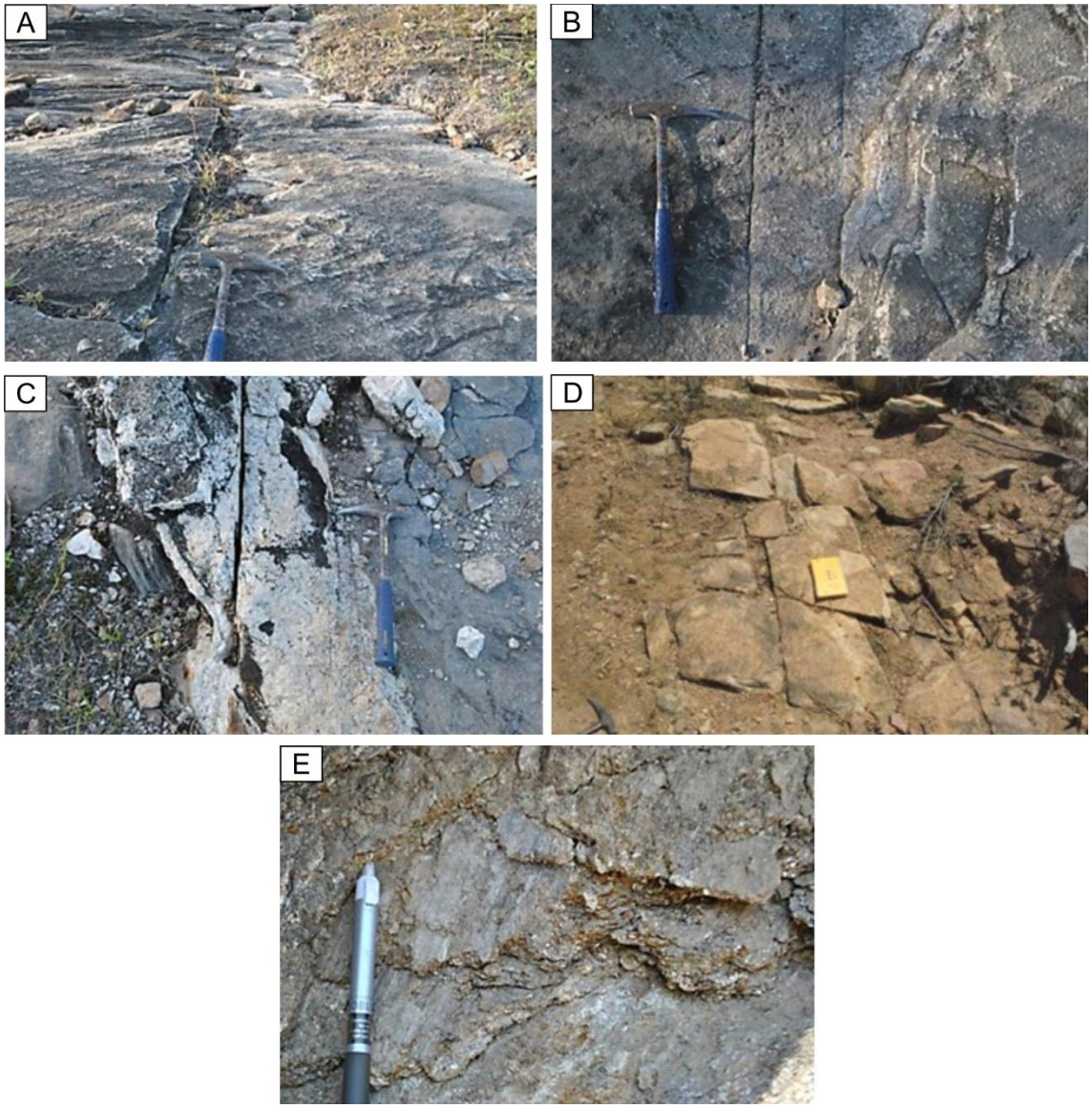


Figura 8.1-129 - (A) Detalhe de família de fraturas com direções 295/80, 294/75, 290/72 e 292/70 (Notação Clar), apresentando 3 cm de abertura e preenchidas por solo; (B) Detalhe de família de juntas com direção 295/80; 294/75; 290/72 e 292/70, apresentando abertura da ordem de 3 cm; (C) Fratura no quartzito de direção 265/88, plana, lisa a rugosa, com espaçamento centimétrico, abertura superior a 1 mm, seca, com persistência de 1 m a 3 m; (D) Afloramento de quartzito fraturado; (E) Detalhe das lineações presentes em plano de falha normal e estrias slinkensides indicando movimentação normal em plano de falha com atitude 170/70 (Notação Clar).

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

Entretanto, como apontado na Figura 8.1-130, as grandes estruturas existentes na ADA estão em regiões planas, o que diminui a existência de afloramentos e dificulta a definição das zonas de falhas e cisalhamentos. As falhas E-W controlam a formação de um vale que se estende regionalmente (VERÍSSIMO et al., 2016). Portanto, levantamentos geofísicos foram fundamentais para definir feições estruturais na região.

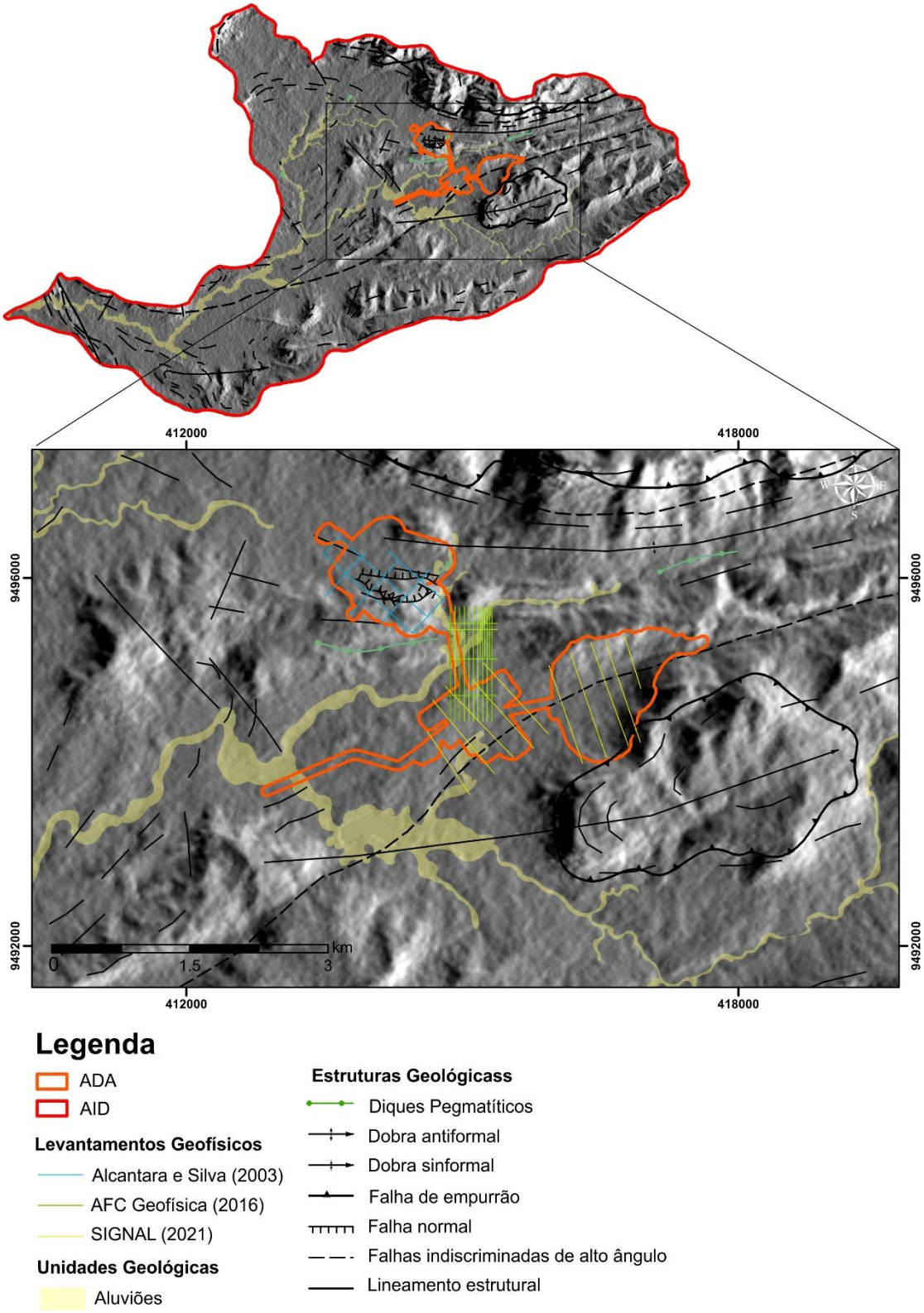


Figura 8.1-130 - Mapa local mostrando as principais estruturas existentes e levantamentos realizados para coleta de dados sobre MDE.

Fonte: BTB Explorers (2021).

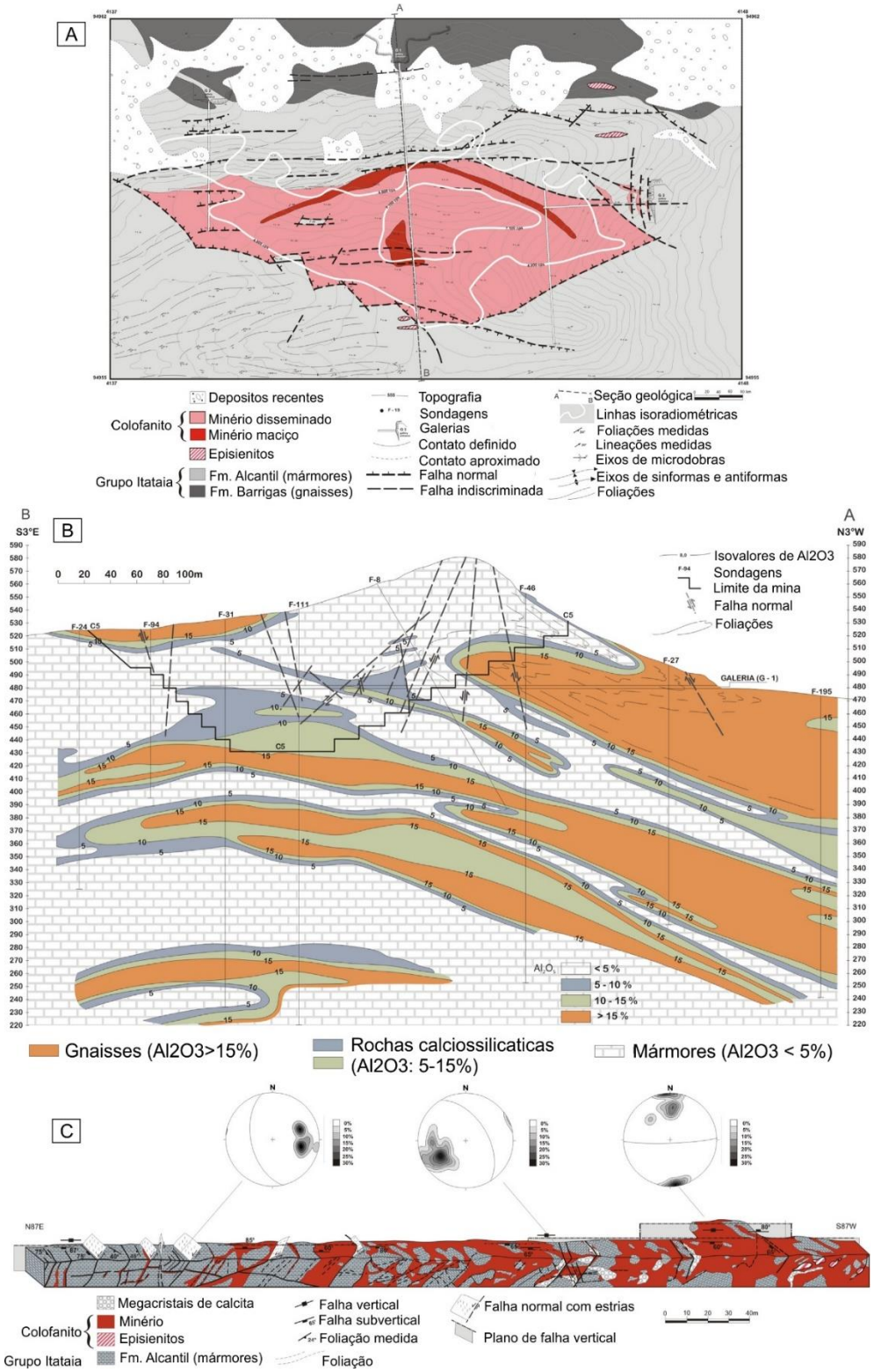


Figura 8.1-131 - (A) Mapa geológico do depósito de fosfato-urânio de Itataia, ilustrando o corpo principal de minério e sua associação com planos de falha; (B) Seção transversal através da zona mineralizada com curvas de isovalores de Al2O3. A seção AB está desenhada em (A) e mostra as principais estruturas dúcteis e rúpteis; (C) Mapa geológico e estrutural detalhado da galeria G-3, ilustrando a relação do minério de colofanita com a tectônica ruptil. Nota-se um aumento gradual no volume do minério de sul para norte, acompanhado de brechação e carstificação de mármores.

Fonte: Veríssimo et al. (2016).

As pesquisas de Alcantara e Silva (2003), posteriormente retrabalhadas por Veríssimo et al., 2016), apontam que a ocorrência do minério (Figura 8.1-131) está condicionada por fraturamentos e falhamentos normais (típicos do modelo graben e horst) orientados nas direções N70E e N80W - secundariamente N10E e N30W - com mergulhos de alto ângulo (70° e 85° para o quadrante norte).

Os planos de falhas estão associados com brechas carbonáticas, veios de calcita e colofanita (Veríssimo et al., 2016). Vale apontar que os mármores da Formação Alcantil são as principais rochas hospedeiras das mineralizações de interesse, mas essa também ocorre em gnaisses e rochas calciossilicáticas principalmente em fraturas NW-SE e nos planos de folição (Veríssimo et al., 2016).

Os trabalhos realizados em 2016, pela AFC Geofísica notaram a existência de cavidades naturais nos mármores orientados em faixas E-W. Vale apontar que essa unidade contém lineamentos estruturais de direção E-W, identificados em análises remotas. Isso pode ser um indício de deformações na região segundo esse trend, seja na forma de contatos entre litotipos, falhas ou fraturas.

A Figura 8.1-132 apresentam os valores de resistividade verdadeiras obtidas na modelagem 3D, para diferentes profundidades (8 m, 14 m, 21 m, 29 m, 38 m, 49 m, 62 m e 76 m). Conforme resultados das figuras indicativas de profundidades 8 metros e 21 metros, os contatos são bem marcados com dois padrões distintos de resistividade, que sugerem a ocorrência de diferentes litologias.

O primeiro (interpretado e correlacionado com os gnaisses da Fm. Barrigas) ocorre na porção sul da área e apresenta um padrão de resistividade mais suave, com zonas de menores valores de resistividade próximos à superfície (solo ou rocha alterada) e em profundidade as resistividades aumentam (rocha sã).

O segundo padrão ocorre na porção norte e tem valores de resistividades mais bruscos, com anomalias de alta resistividade que podem estar associadas aos mármores sãos e uma zona anômala de baixa resistividade que pode estar relacionada com uma zona de falha, rochas alteradas ou presença de grafita nas rochas.

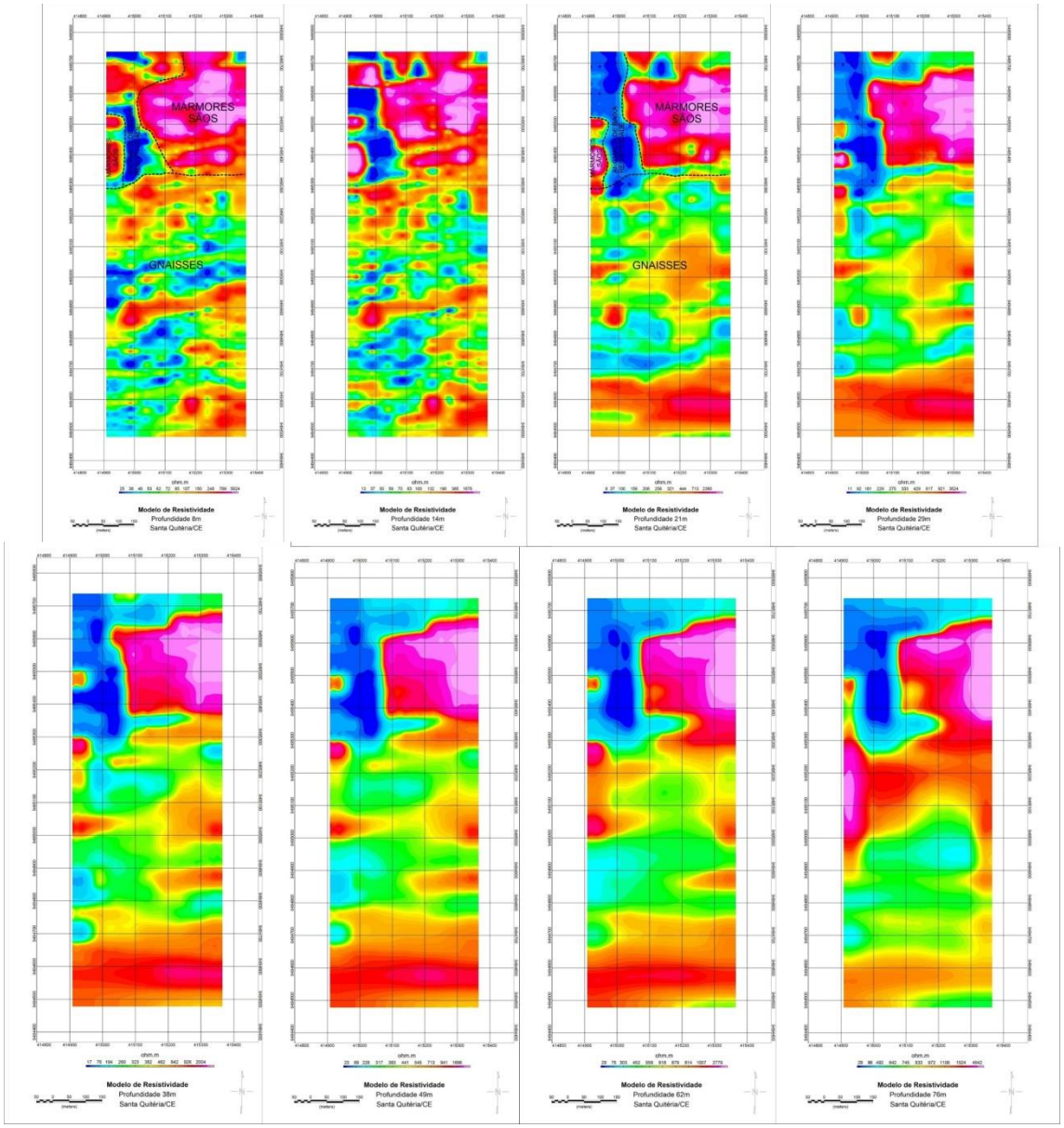
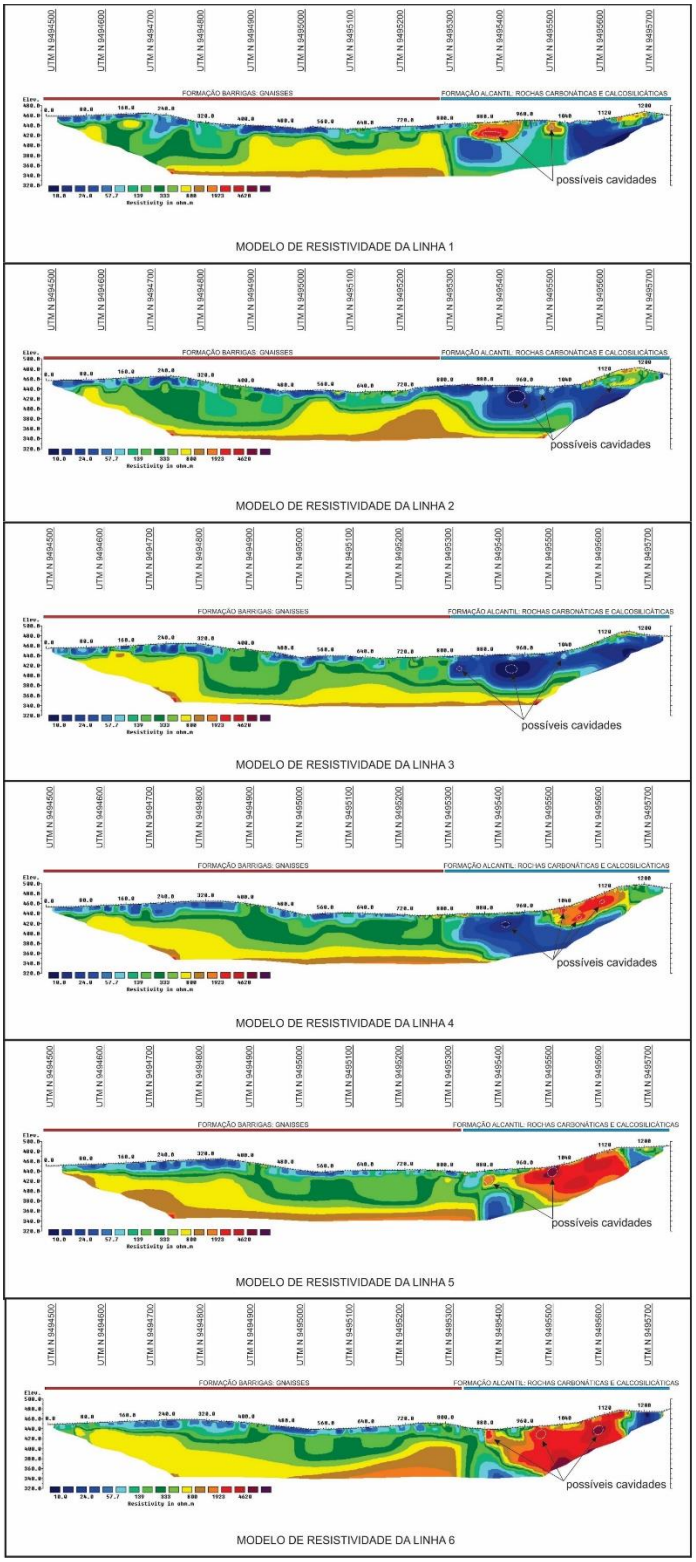


Figura 8.1-132 - Valores de resistividade verdadeiras obtidas na modelagem 3D, para diferentes profundidades (8 m, 14 m, 21 m, 29 m, 38 m, 49 m, 62 m e 76 m).

Fonte: AFC Geofísica (2016).

Considerando os fatores descritos, foi feita a delimitação das anomalias possivelmente relacionadas com cavidades tendo como base: anomalias de resistividade um pouco mais alta (possível cavidade vazia) ou um pouco mais baixa que o meio (possível cavidade preenchida com água ou com umidade); anomalias localizadas na área de influência das rochas da Formação Alcantil; e anomalias arredondadas, característica da presença de cavidades. Da Figura 8.1-133 à Figura 8.1-135 são apresentados os modelos 2D de resistividade verdadeira de cada uma das linhas geofísicas e a delimitação das anomalias que possam estar relacionadas a cavidades subterrâneas.



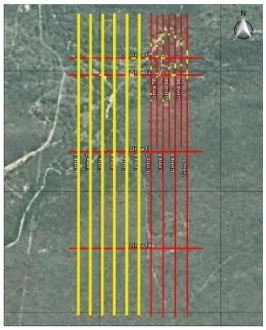


Figura 8.1-133 - Modelagem 2D das Linhas 1 a 6, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).

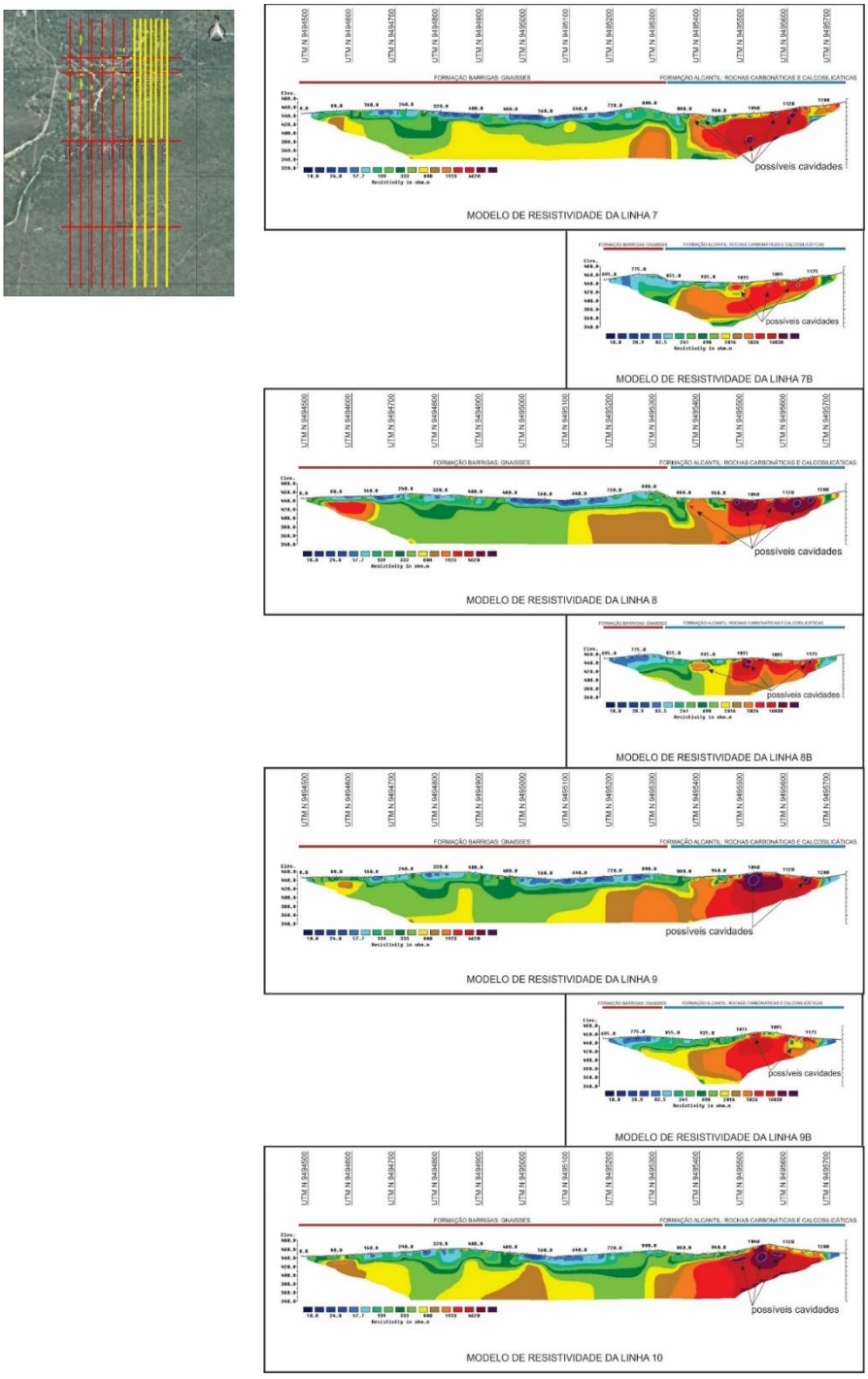


Figura 8.1-134 - Modelagem 2D das Linhas 7 a 10, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).

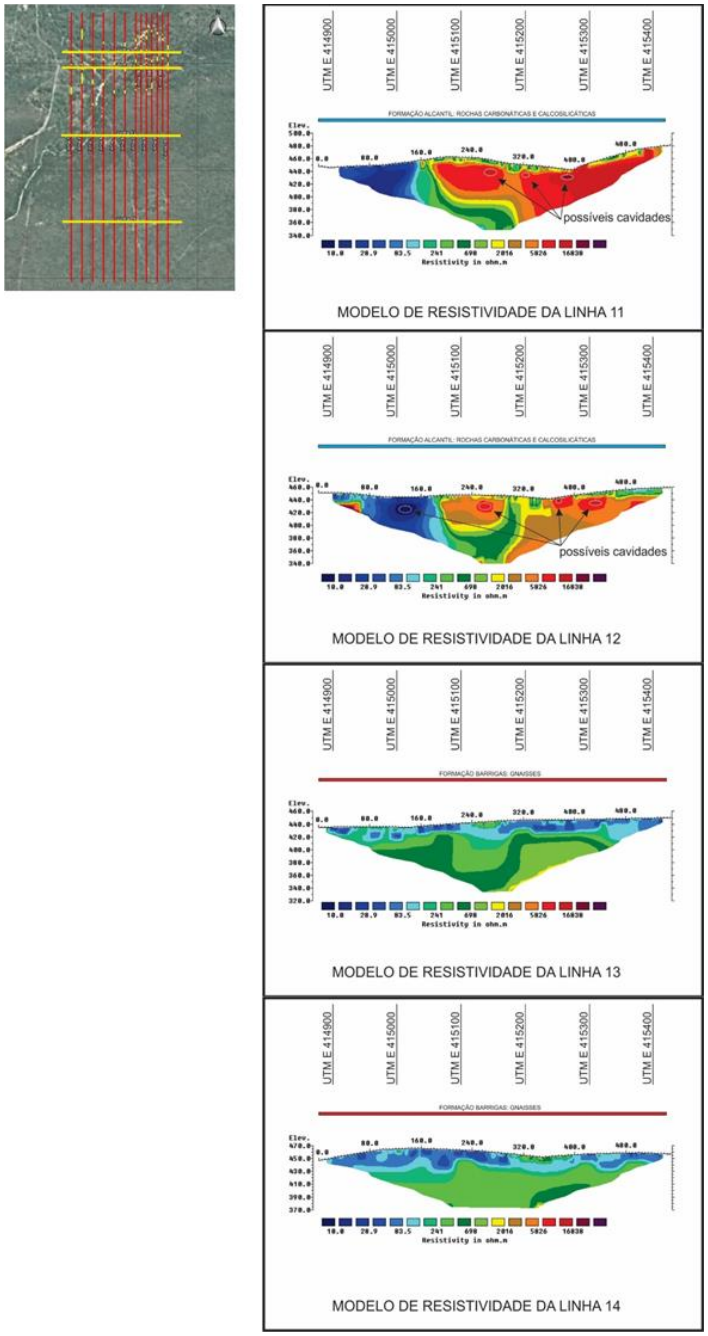


Figura 8.1-135 - Modelagem 2D das Linhas 11 a 14, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).

Os levantamentos realizados pela Signal em 2021 (Figura 8.1-136 à Figura 8.1-138), identificaram estruturas verticalizadas associadas a falhamentos. Além destas estruturas, descontinuidades litológicas compuseram o grupo de feições mapeadas, sendo possível através dos resultados fornecidos extrair a profundidade, extensão e posição em linha de cada corpo ou anomalia.

Na intepretação geoestrutural, foi possível identificar 3 (três) zonas geoelétricas distintas, permitindo caracterizar os contornos e contatos em:

+ i) zona 1 (muito condutiva), com valores menores que 100 ohm.m;
+ ii) zona 2 (condutiva ou pouco resistiva), com valores entre 100 e 1.400 ohm.m;
+ iii) zona 3 (resistiva), com valores maiores que 1.400 ohm.m.

De acordo com o processamento e interpretação dos dados de tomografia elétrica, foi observado o caráter condutivo predominante nos estratos geoelétricos que compõem toda a subsuperfície investigada na área de estudo.

Mesmo com a padronização das escalas de resistividade dos perfis foram observados valores máximos de 4.000 ohm.m, em nove dos dez perfis realizados. Apenas um perfil (Perfil 04) apresentou valores superiores a 4.000 ohm.m de resistividade, sendo este aproximado a 7.500 ohm.m.

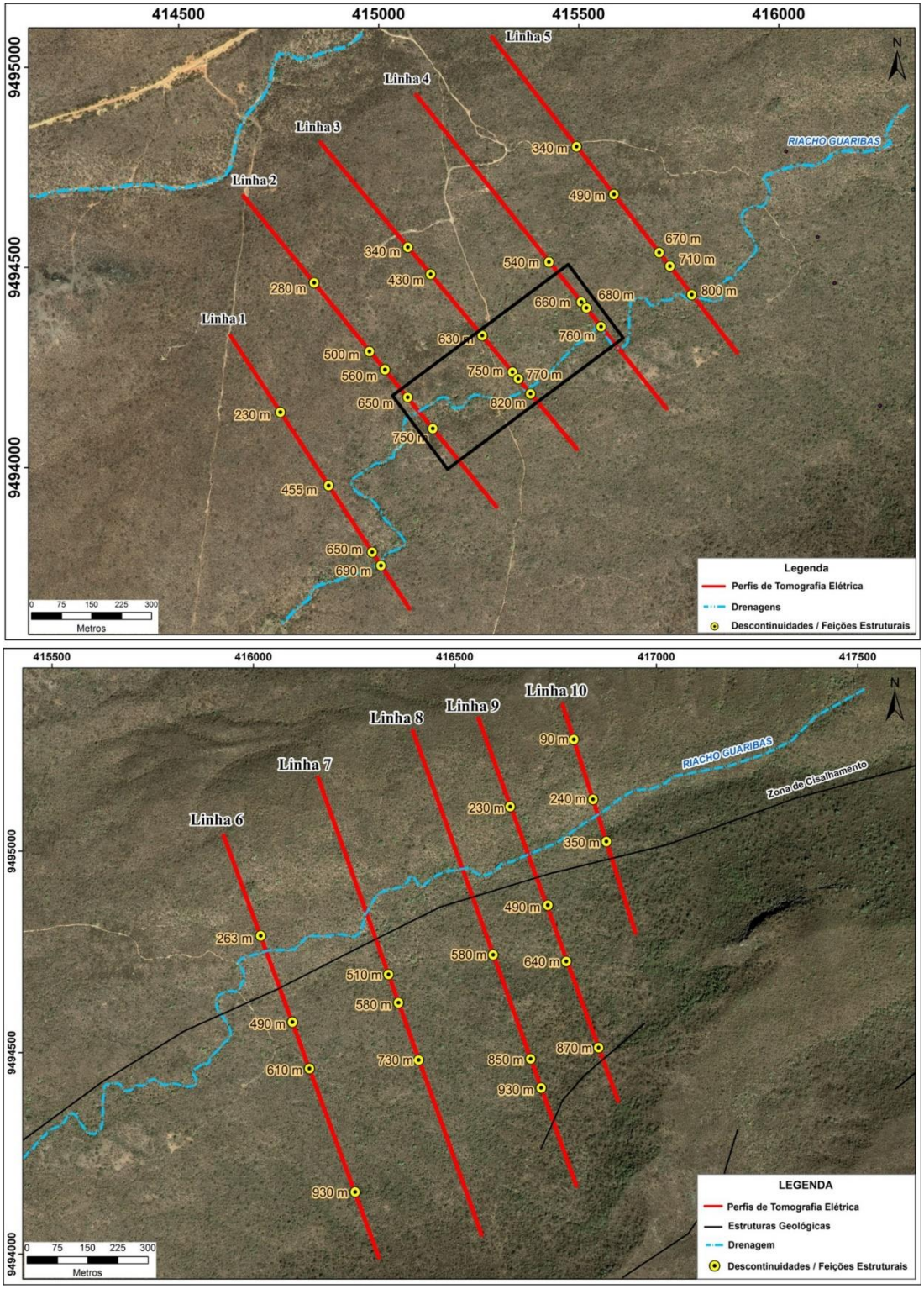


Figura 8.1-136 - Mapas com a identificação das posições das feições estruturais identificadas ao longo dos perfis geoelétricos da área de estudo. Destacar as correlações estruturais entre os perfis 02, 03 e 04 (retângulo em cor preta) e dos perfis com a interseção com a drenagem (riacho Guaribas).

Fonte: Signal (2021).

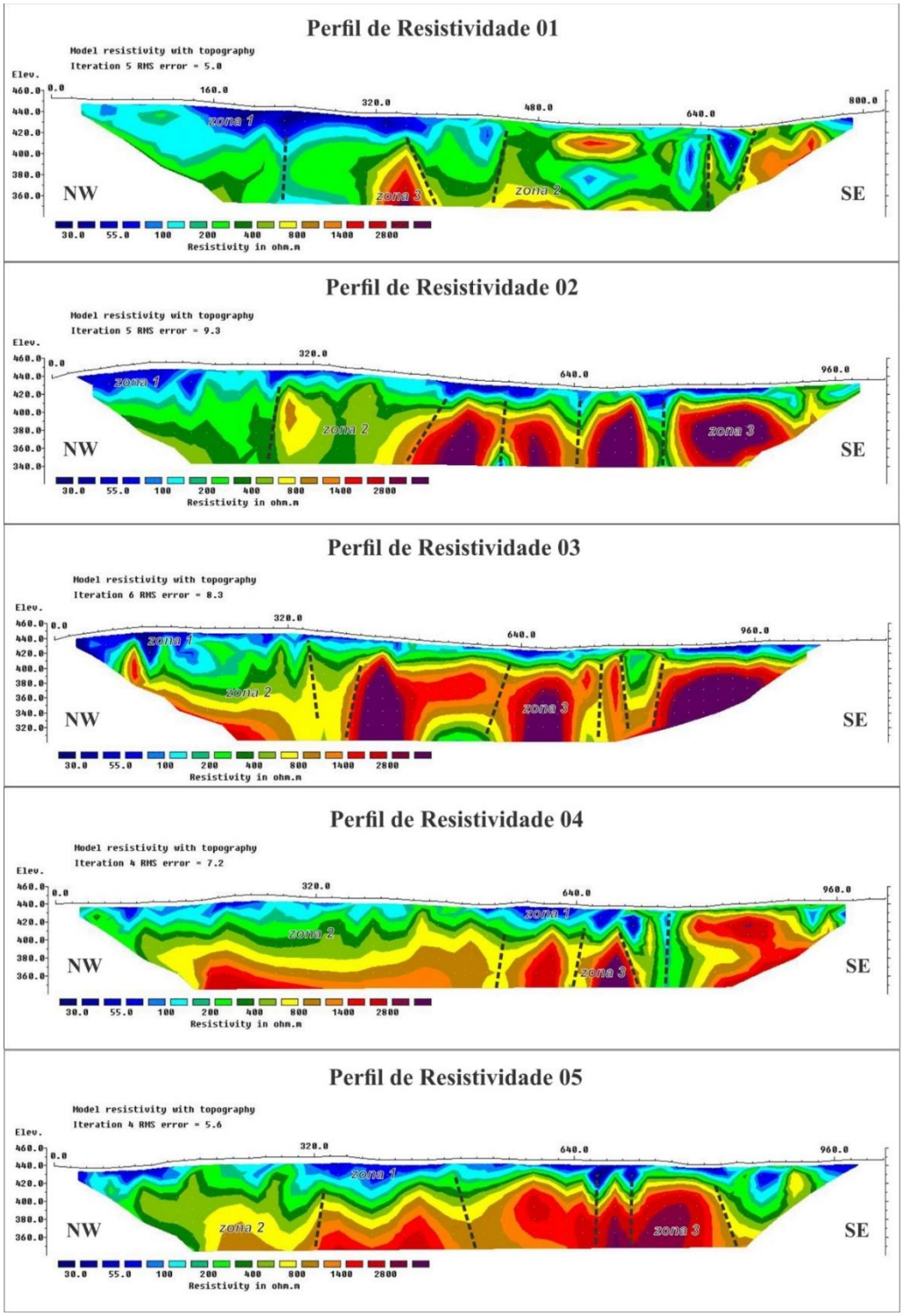


Figura 8.1-137 - Seções de resistividade modeladas para os perfis 01 a 05 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de descontinuidades/feições identificadas.

Fonte: Signal (2021).

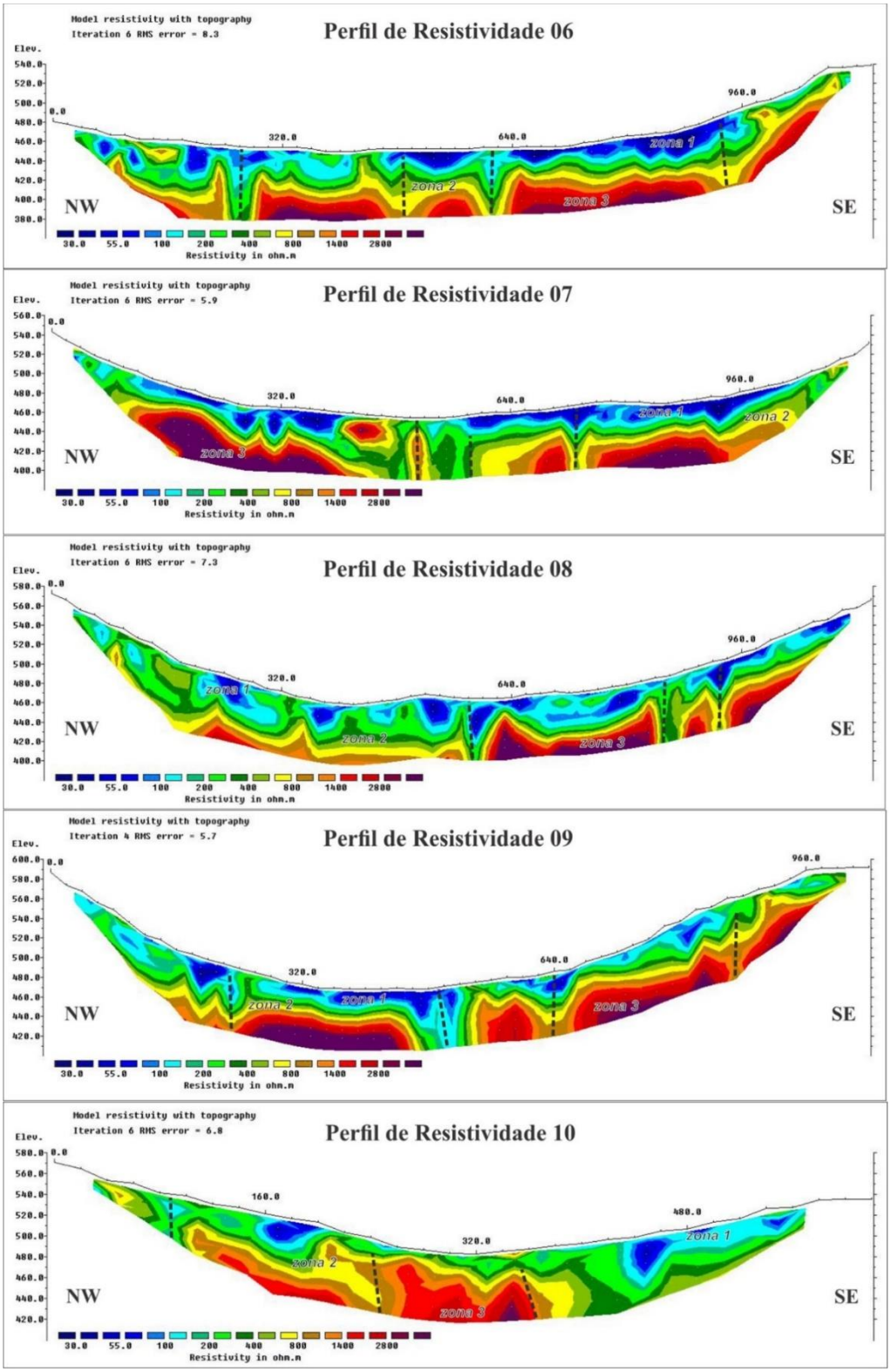


Figura 8.1-138 - Seções de resistividade modeladas para os perfis 06 a 10 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de descontinuidades/feições identificadas.

Fonte: Signal (2021).

Considerando o contexto geológico local, a presença de regiões com menor resistividade (zona 1), podem ser associadas, no geral, com rochas alteradas (saprólito) e/ou possíveis descontinuidades (como fraturas). À proporção que ocorrem rochas mais consolidadas ou pouco fraturadas, por exemplo, os valores de resistividade tendem a aumentar (zona 2). Em contrapartida, as regiões mais resistivas (zona 3) podem ser associadas rochas cristalinas sãs e/ou pouco fraturadas/alteradas.

Logo, de um modo geral, a área de estudo apresenta estratos geoelétricos de caráter predominantemente condutivo, ou pouco resistivo. Este fato pode ser justificado:

i. pela presença elevada de descontinuidades e feições estruturais interpretadas nas seções geofísicas;
ii. pela possibilidade destas feições estarem ou não associadas a presença de acúmulo de água subterrânea, razão esta agravada em virtude da quadra invernosa no momento da aquisição;
iii. do detalhe de que todos os perfis cruzaram uma região caracterizada pela presença de “vale ou drenagem” encaixada em lineamentos e feições lineares existente na área (Riacho Guaribas).

A Figura 8.1-139 mostra uma possível correlação entre as estruturas identificadas nos perfis que compõem a porção que fica mais a sudoeste da ADA, na área onde serão implantadas as unidades industriais (perfis 01, 02, 03 04 e 05).

Em mapa (Figura 8.1-139) foi identificada a região onde os perfis (principalmente os perfis 02, 03 e 04) atravessam um lineamento estrutural com presença de uma drenagem superficial que se encontrava seca sazonalmente (Riacho Guaribas). Esta região dos perfis é caracterizada pela elevada intensidade de faturamento (Figura 8.1-139).

Em alguns trechos do riacho Guaribas podemos observar o padrão retilíneo descrito em diversos trabalhos acadêmicos com o termo de “Riacho Fenda”. São trechos da rede de drenagem superficial influenciados diretamente por controles estruturais presentes na área, como por exemplo, ângulos muito fechados (~90°) como visto na porção entre as linhas geofísicas 01 e 02. Também aspectos retilíneos podem ser observados entre as linhas geofísicas 03 e 04.

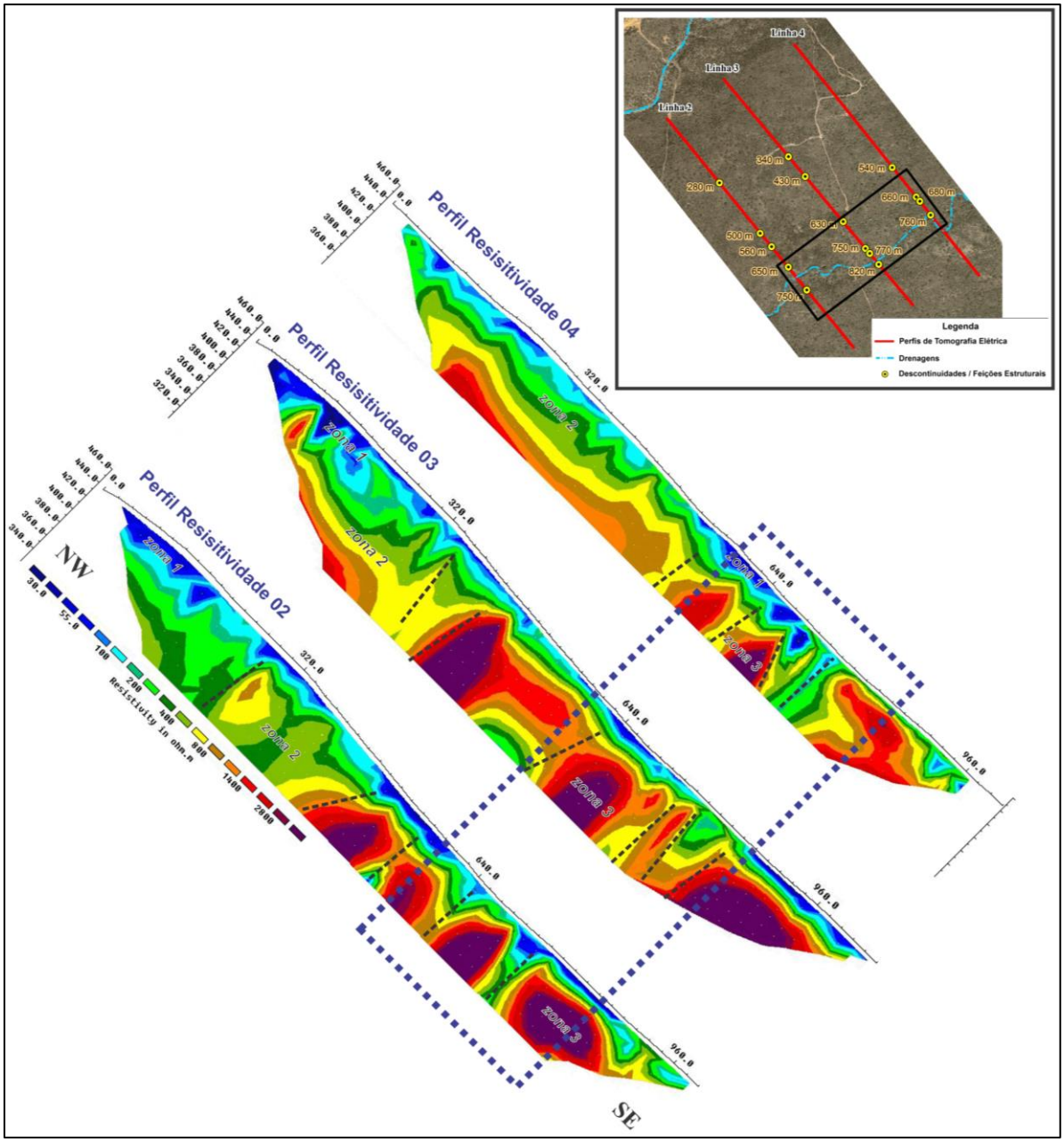


Figura 8.1-139 - Correlação entre as descontinuidades estruturais presente na modelagem dos perfis 02, 03 e 04 (retângulo tracejado na cor azul). Destaque para este intervalo bastante fraturado vistos em ambos os perfis, associado a presença do riacho Guaribas.

Fonte: Signal (2021).

Com relação aos perfis mais a nordeste da ADA, na área prevista para o Pilha de fosfogesso e cal (perfis 06, 07, 08, 09 e 10), novamente observa-se um padrão contínuo de descontinuidades estruturais ao longo deles. A Figura 8.1-140 apresenta as feições identificadas nas suas respectivas posições no decorrer destes perfis. O perfil 09 deixa bastante evidente (posição entre 450 e 520 metros) a forte interseção deste com o lineamento estrutural (Zona de Cisalhamento) destacado na Figura 8.1-140.

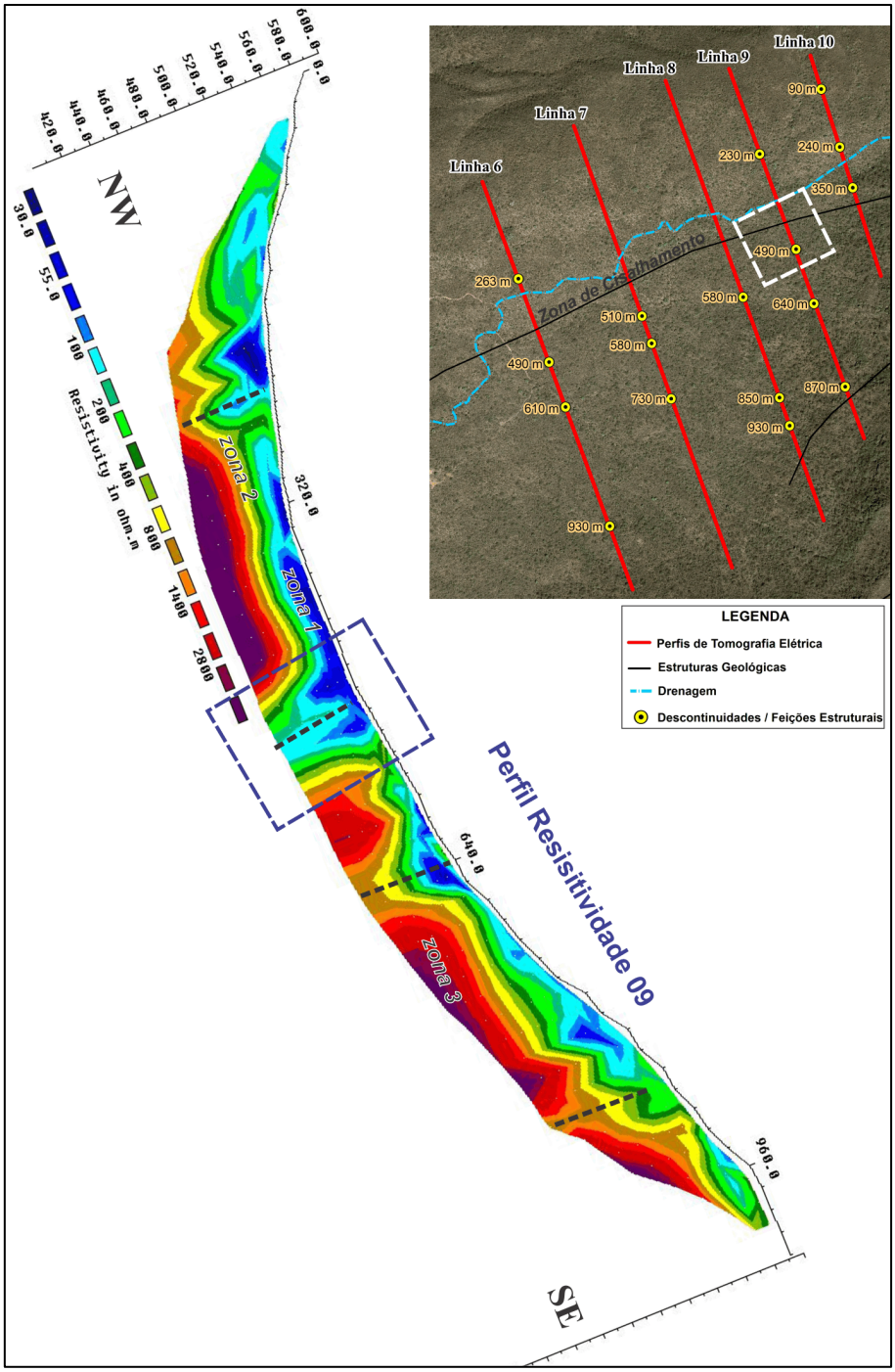


Figura 8.1-140 - Correlação entre as descontinuidades estruturais presente na modelagem do perfil 09 (retângulo tracejado na cor azul). Destaque para este intervalo (traçado em cor branca) bastante fraturado visto no perfil, associado a presença da Zona de Cisalhamento e riacho Guaribas.

Fonte: Signal (2021).

8.1.7.4. Considerações Finais

Na área de estudo afloram o Complexo Tamboril-Santa Quitéria e o Complexo Ceará, separados pela Falha do Rio Groaíras, que estão iserids na porção centro norte do Domínio Ceará Central na Província Borborema (ALMEIDA et al., 1981), pertencente a Plataforma Sul-Americana.

No presente estudo foi adotada a divisão litoestratigráfica proposta por Mendonça et al (1982), a qual, apesar de não levar em conta eventos estruturais existentes na região (pois correlaciona as Formações estratigraficamente), permite uma maior subdivisão do Grupo Itataia, nas Formações Serra do Céu (base), Laranjeiras, Barrigas e Alcantil (topo).

A Formação Laranjeiras juntamente com a Formação Serra do Céu perfazem o limite leste e norte da AID. A Formação Serra do Céu é predominantemente constituída por migmatitos, biotita-silimanita-granada-gnaisses localmente migmatizados, com inserções subordinadas de anfibólio-gnaisses e metarcóseos. A Formação Laranjeiras é composta por quartzitos e perfaz as cristas e cimeiras das Serras da Cacimba, Mata Fome, do Céu e Laranjeiras, e é constituída por quartzitos puros e micáceos, localmente ferríferos.

A Formação Barrigas é representada por gnaisses pelíticos aluminosos, é constituída por biotita-silimanita-gnaisses e biotita-plagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada, localmente apresentando migmatização em diferentes graus, comumente cloritizadas, processo este resultado de retrometamorfismo de fácies anfibolito para xisto verde.

A Formação Alcantil é composta em sua poção basal por rochas calciossilicáticas (diopsiditos e escapolitas-diopsiditos) que gradam para mármores com diferentes graus de pureza. Estes litotipos, ocasionalmente, apresentam alto teor de magnésio (Mg). Os principais corpos de minério fosfático (colofanito), ocorrem associados às rochas carbonáticas e calcissilicáticas compondo um padrão de preenchimento de fraturas e falhas do tipo *stockwork*.

O minério de colofanito ocorre predominantemente associado a Formação Alcantil, sendo que quando esta ocorre de forma maciça, está principalmente associado a zonas de falhas normais e tem geometrias lenticulares e direções semelhantes às das rochas hospedeiras; e quando ocorre de forma dissipada está, ou próximo da superfície ou do minério maciço e não possui geometria e rocha hospedeira bem definidas.

A caracterização mineralógica do colofanito, é composta principalmente por CaO (44,1%), P_2O_5 (11,2%) e SiO_2 (11,1%). Secundariamente, apresenta Al_2O_3 (3,33%), Fe_2O_3 (2,49%), MgO (0,96%), e teores inferiores a 0,1% de CeO_2, La_2O_3, Nd_2O_3, Pr_2O_3, Nb_2O_5, ZrO_2,

ThO_2 e U_3O_8. A composição mineralógica identificada por LCT-EPUSP em 2019, se refere a apatita (28%), calcita (53%), dolomita (0,3%), plagioclásio (7,1%), quartzo (3,2%), mica (3,3%), argilominerais (2,3%), piroxênio e anfibólio (1,1%), goethita (0,8%), e outros minerais como titanita, óxido de titânio, zircão, gibsita, óxido ne MnBa, barita e fase com urânio (0,9%).

Conforme apresentado no Item 8.1.7.3.5 (Litotipo) o potencial de geração da lixiviação ácida na área da cava ou na pilha de estéril é baixo, pois os minerais que compõem o minério são naturalmente alcalinos. Entretanto, conforme será apresentado no Capítulo 11 – Programas Ambientais, será realizado o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.

As fases de deformação dúctil que afetaram as rochas da região alteraram a geometria e distribuição espacial das unidades até então depositadas. São comuns dobras complexas, geralmente isoclinais, frequentes nas associações litológicas com contrastes reológicos e gerando transposições em condições de deformação progressiva.

As foliações são paralelas aos contatos litológicos e apresentam predominância de baixos ângulos de mergulho (aproximadamente 20°) com rumo predominante para sul e sudeste, com pequenas variações para noroeste e nordeste. Localmente, podem apresentar mudanças severas nas orientações e mergulhos, devido aos diversos padrões de dobramento superimpostos às rochas.

As fraturas e falhas se apresentam agrupadas em três famílias com direções médias NNW-SSE, NW-SE e E-W, normalmente com mergulhos subverticais apresentando pequenas dispersões. Suas características são praticamente homogêneas em toda a área, independentemente dos litotipos, apresentando superfícies geralmente planas, lisas a rugosas, seladas ou com aberturas milimétricas, algumas vezes preenchidas por argilas resultantes da alteração da própria rocha, e geralmente secas. Localmente, nas áreas de ocorrência de mármores, são observadas descontinuidades com maior abertura, derivadas da ação de processos cársticos de dissolução.

Na região são encontradas falhas de diferentes portes, direções e cinemáticas (normal, inversa e transcorrente), algumas vezes reativadas em regimes de esforços distintos. As grandes estruturas existentes na ADA estão em regiões planas, o que diminui a existência de afloramentos e dificulta a definição das zonas de falhas e cisalhamentos.

As pesquisas de Alcantara e Silva (2003), posteriormente retrabalhadas por Veríssimo et al., 2016), apontam que a ocorrência do minério está condicionada por fraturamentos e

falhamentos normais (típicos do modelo graben e horst) orientados nas direções N70E e N80W - secundariamente N10E e N30W - com mergulhos de alto ângulo (70° e 85° para o quadrante norte).

Os planos de falhas estão associados com brechas carbonáticas, veios de calcita e colofanita. Vale apontar que os mármores da Formação Alcantil são as principais rochas hospedeiras das mineralizações de interesse, mas essa também ocorre em gnaisses e rochas calciossilicáticas principalmente em fraturas NW-SE e nos planos de foliação.

Os levantamentos de Geofísica notaram a existência de cavidades naturais nos mármores orientados em faixas E-W, e estruturas verticalizadas associadas a falhamentos. Além destas estruturas, descontinuidades litológicas compuseram o grupo de feições mapeadas, sendo possível através dos resultados fornecidos extrair a profundidade, extensão e posição em linha de cada corpo ou anomalia. A intepretação geoestrutural a partir de dados geofísicos, identificou três zonas geoelétricas distintas: zona muito condutiva (< 100 ohm.m); zona 2 condutiva ou pouco resistiva (100 a 1.400 ohm.m); e zona resistiva (> 1.400 ohm.m). Foi observado o caráter condutivo predominante nos estratos geoelétricos que compõem toda a subsuperfície investigada na área de estudo.

Cabe destacar que o Plano de Aproveitamento Econômico e o Relatório Final de Pesquisa são apresentados em anexo ao presente EIA (Volume V – Anexo 3-II)

8.1.8. Hidrologia

8.1.8.1. Considerações Metodológicas

O diagnóstico dos recursos hídricos nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria (PSQ) foi pautado em pesquisa a dados secundários disponíveis nos órgãos públicos, na bibliografia especializada, entre outras fontes de consulta pertinentes ao tema, a partir dos quais foram descritas as principais características do ambiente passíveis de sofrer interferências pelo empreendimento.

Para caracterização das nascentes e suas respectivas vazões foram considerados os levantamentos realizados pela ARCADIS LOGOS (2014) no ano de 2012, cujo relatório de caracterização é apresentado no Anexo 8.1-IX.

No item a seguir, consta a caracterização dos recursos hídricos superficiais na AII, compreendendo uma contextualização regional com ênfase na bacia do rio Acaraú, estreitando-se o foco para a bacia do rio Groaíras, onde está projetado o empreendimento.

O item subsequente, descreve-se a avaliação dos recursos hídricos superficiais na AID e ADA do PSQ.

Cabe destacar que o Balanço Hídrico da região é apresentado no Item 8.1.1 Clima (8.1.1.3.5 – Balanço Hídrico).

8.1.8.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

8.1.8.2.1. Aspectos Fisiográficos

Conforme detalhado na definição das áreas de influência, a AII do PSQ está inserida na sub-bacia do rio Groaíras, um dos principais afluentes da margem direita do rio Acaraú. Segundo a subdivisão do território brasileiro estabelecida pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH n° 32/2003, a bacia do rio Acaraú se enquadra no grupo de mananciais pertencentes à Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental.

De acordo com a base da Divisão Hidrográfica Nacional - DHN250 essa área está localizada na macrorregião hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, na mesorregião Litoral do Ceará e na microrregião Acaraú (codificação Otto Pfafstetter 6752) (IBGE & ANA, 2021).

A bacia do rio Acaraú, que compõe uma das 12 Regiões Hidrográficas definidas no âmbito da Política Estadual de Recursos Hídricos, está localizada no setor norte-ocidental do estado do Ceará, tendo como limites: a leste - bacias do Litoral e Curu; a oeste e sudoeste - bacias do Coreaú, Serra da Ibiapaba e Sertões de Crateús, esta última se estendendo ao sul até o limite da bacia do Banabuiú; ao norte - Oceano Atlântico, onde deságua o rio Acaraú (Figura 8.1-141).

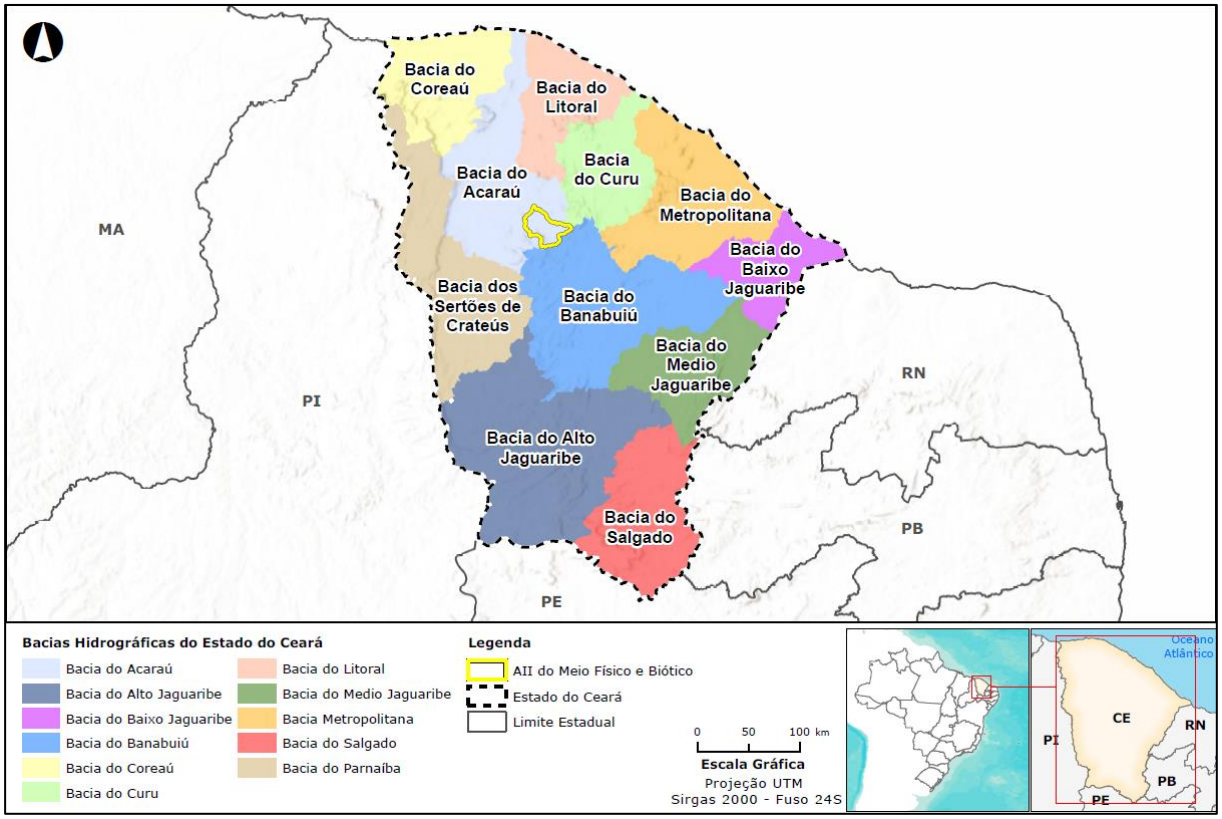


Figura 8.1-141 – Regiões hidrográficas do estado do Ceará

Fonte: SRH (2021).

As ações de gerenciamento dessa bacia estão vinculadas ao Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará – CONERH e Gerência da Bacia do Coreaú e Acaraú – COGERH. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú foi criado pelo Decreto Estadual nº 27.647, de dezembro de 2004 e instalado em 18 de fevereiro de 2005.

No total, o rio Acaraú delimita uma bacia de drenagem de 14.416 km², que corresponde a cerca de 10% do território cearense, compreendendo 28 municípios, entre os quais a quase totalidade do território de Santa Quitéria e apresenta uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 1.443.763.000 m³ (SRH, 2021), num total de 15 açudes públicos gerenciados pela COGERH (Figura 8.1-142 e Quadro 8.1-28).

Quadro 8.1-28 - Reservatórios Monitorados pela Cogerh na Região Hidrográfica do Acaraú

RESERVATÓRIO	MUNICÍPIO	CURSO BARRADO	CAPACIDADE (hm³)*
Carão	Tamboril	Rio Acaraú	23,23
Farias de Sousa	Nova Russas	Riacho Curtume	12,23
Bonito	Ipu	Riacho Ipuzinho	6,00
Jatobá II	Ipueiras	Riacho Jatobá	6,24

RESERVATÓRIO	MUNICÍPIO	CURSO BARRADO	CAPACIDADE (hm³)*
Araras	Varjota / Pires / Hidrolândia / Santa Quitéria	Rio Acaraú	859,53
Carmina	Catunda	Riacho dos Abreus	13,48
Edson Queiroz	Santa Quitéria	Rio Groaíras	254,00
Taquara	Cariré / Pacujá / Mubambo	Rio Jaibaras	320,78
Ayres de Sousa	Sobral	Rio Jaibaras	96,80
Sobral	Sobral	Riacho Mata Fresca	4,27
Arrebita	Forquilha	Riacho Sabonete	18,53
Forquilha	Forquilha	Riacho Madeiro	50,13
Jenipapo	Merouca	Riacho Jenipapo	4,94
Acaraú Mirim	Massapé	Rio Acaraú Mirim	36,71
São Vicente	Santana do Acaraú	Riacho São Vicente	9,84
Total Monitorado			1.719,71

Fonte: COGERH, 2020

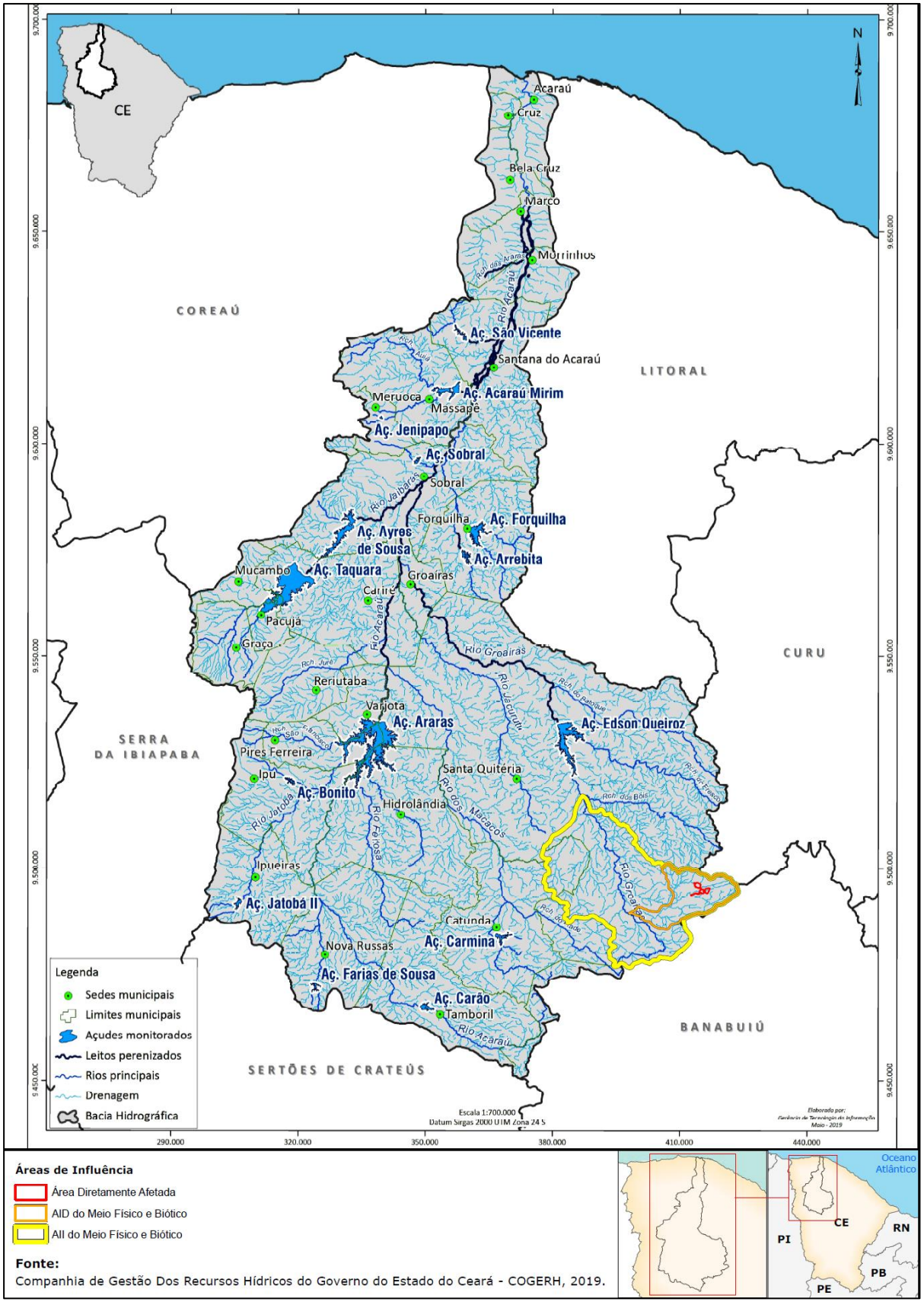


Figura 8.1-142 - Rede de drenagem da bacia do rio Acaraú

Fonte: Cogerh (2021).

Os principais afluentes do rio Acaraú estão concentrados na porção alta da bacia. Pela margem esquerda, destaca-se o rio Jaibara (ou Jaibaras), onde se encontra o açude Aires de Souza no município de Sobral. A margem direita recebe contribuição de um maior número de tributários, como os rios dos Macacos, Jacurutu e Sabonete, além do rio Groaíras, em cuja sub-bacia foi estabelecida a delimitação da AII do PSQ, segundo representado na Mapa 8.1-18.

O rio Groaíras percorre uma extensão de aproximadamente 85 km desde as cabeceiras até sua foz no rio Acaraú, totalizando uma bacia de drenagem da ordem de 2.700 km^2. Nessa área estão presentes, além de Santa Quitéria e Catunda, os municípios de Forquilha e de Groaíras, onde desemboca no rio Acaraú.

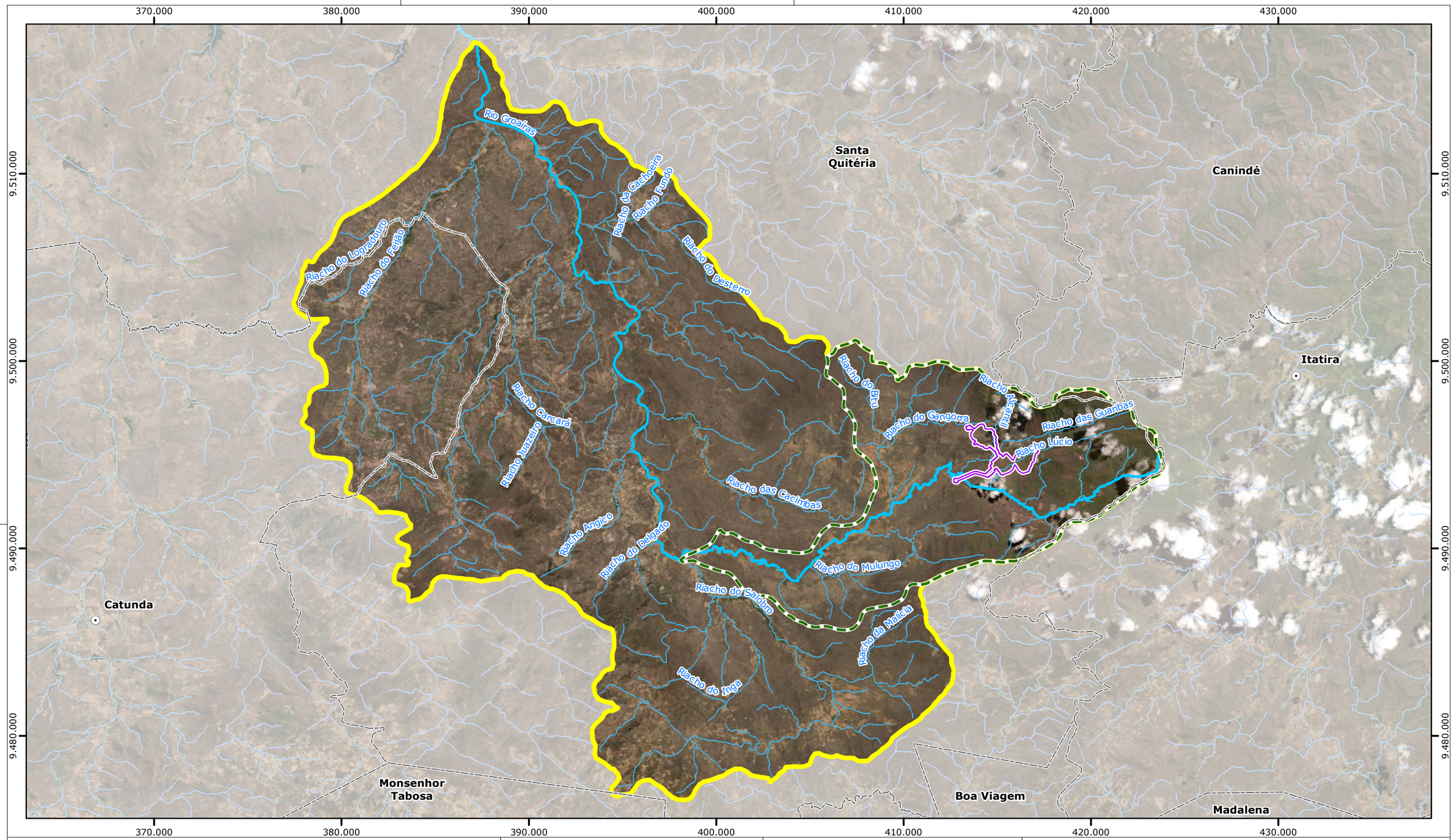
A AII abrange, no seu limite sudoeste, os formadores do rio Groaíras, riachos Mulungo e Cunha-Moti, coincidindo com os divisores das bacias hidrográficas dos rios Acaraú e Banabuiú. Com um percurso preferencial no sentido leste/oeste, o rio Groaíras recebe pela margem direita, na AII, o riacho Cacimbas e seu afluente Arapuá, além do riacho do Desterro e seu contribuinte riacho Fundo, entre outras sub-bacias laterais de menor porte, que drenam o município de Santa Quitéria.

Ainda na margem direita encontra-se o riacho das Guaribas, que nasce nas proximidades da divisa municipal de Santa Quitéria e Itatira e segue seu fluxo até a sua foz no riacho Cunha-Moti, nas proximidades da futura cava e pilha de estéril do PSQ. O riacho Cunha-Moti recebe contribuições ainda do açude Quixaba, que é formado pelo represamento dos riachos Caramutim e Lúcio.

Na margem esquerda do rio Groaíras, a jusante da foz dos riachos Delgado e Angico, encontram-se seus principais contribuintes, os riachos Carcara e do Logradouro, cujos divisores delimitam a porção oeste da AII.

O riacho do Logradouro tem seu curso principal servindo de limite administrativo entre o município de Santa Quitéria, à esquerda, e o município de Catunda, à direita. O território de Catunda é também drenado pelos trechos alto e médio do riacho do Logradouro até a foz do riacho do Feijão, seu contribuinte da margem direita. A seguir, o riacho do Logradouro entra no limite de Santa Quitéria, encontrando outros contribuintes à direita, para desaguar a seguir no rio Groaíras.

A jusante, o rio Groaíras seguem seu fluxo e encerra a delimitação da AII do PSQ a montante da confluência dos riachos dos Bois e Jandaíra, contribuintes das margens direita e esquerda, recebendo a jusante outros afluentes até a zona de remanso formada pelo reservatório Edson Queiroz.



Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- Rio Groaíras
- Rede Hidrográfica
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2013).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Delimitação da AII - Bacia do rio Groaíras

Mapa	Escala	Localização	
8.1-18	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	08/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

O rio Groaíras banha principalmente o território de dois municípios: Santa Quitéria, onde está localizada sua nascente, e Groaíras, onde se localiza sua foz no rio Acaraú. Abrange também pequenas partes dos municípios de Forquilha e Catunda. Dentre esses, Santa Quitéria é o principal município inserido na AII e sua sede urbana situa-se a jusante desta área, conforme ilustrado no Mapa 8.1-18. Assim, não há sedes urbanas na AII. Os principais núcleos habitacionais existentes nessa área são os assentamentos de Morrinhos e Queimadas (sub-bacia do riacho do Gangorra) e Riacho Angico, situado na margem esquerda do rio Groaíras.

Conforme documentado por Nascimento *et al.* (2008), um dos padrões que sobressai na bacia do rio Acaraú, em Santa Quitéria, é o escoamento superficial com rios de padrões dendríticos e intermitente sazonal.

Cabe indicar que, embora o açude Edson Queiroz esteja fora dos limites da AII, cerca de 9 km a jusante, foram incorporados dados deste açude no contexto da caracterização das áreas de influência (AII, AID e ADA), uma vez que este açude corresponde ao local de captação previsto para atender as demandas do PSQ e também por representar um dos maiores reservatórios de água na região, porém, conforme citado o projeto da adutora se trata de obra do Governo do Estado do Ceará e os estudos referentes a execução da adutora ocorrem de forma independente do PSQ.

Além deste, a bacia do rio Acaraú abriga vários dos mais importantes açudes cearenses, todos fora da AII, tais como o Forquilha, no município homônimo; o Ayres de Sousa, em Sobral e o Taquara, entre os municípios de Cariré, Pacujá e Mucambo (Mapa 8.1-18).

8.1.8.2.2. Pluviometria

Na bacia do rio Acaraú, incluindo a sub-bacia do rio Groaíras na AII, predominam cursos d'água com intermitências sazonais e produtividade hídrica limitada, reflexo do clima predominantemente quente e estável, de elevadas temperaturas e reduzidas amplitudes, com acentuada taxa de insolação, forte poder evaporante e com regime pluviométrico marcadamente irregular.

Segundo a classificação de Köppen (1931), a área da bacia apresenta duas zonas climáticas principais:

+ Aw': clima tropical chuvoso, com estação de inverno ausente e estação chuvosa concentrada no outono; ocorre na porção norte da bacia, com precipitações variando de 1.000 a mais de 1.600 mm anuais;

+ BSw'h': clima quente e semiárido, com estação chuvosa no outono, ocorre na porção sul da bacia, abrangendo a AII, onde as precipitações oscilam entre 700 mm e 1.000 mm.

Ao longo da bacia do rio Acaraú, as temperaturas médias oscilam em torno de 27ºC, mas ocorrem valores mais elevados, como no município de Sobral, onde a média mensal é de 28,9ºC. A média pluviométrica anual da área da bacia está situada entre 670 mm e 940 mm. Na parte baixa da bacia o clima é mais úmido, do tipo tropical chuvoso. A umidade relativa média varia de níveis < 50% a > 80% (SALES *et al.*, 2020).

Segundo dados apresentados no Diagnóstico Ambiental da Bacia do Acaraú (COGERH, 2016) nesta bacia encontram-se 94 postos pluviométricos, sendo a maioria operado pela FUNCEME (73 postos ou 78% do total), além do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), com 14 postos, seguida pela CPRM com cinco postos e, por fim, o INMET com 02 postos.

Dentre esses, apenas dois estão inseridos na área de estudo, sendo 01 na AII (Boa Vista) e 01 na AID (Itataia), ademais são verificados postos no entorno da região de estudo conforme apresentado no Tabela 8.1-19 e no Mapa 8.1-19.

Tabela 8.1-19 - Estações Pluviométricas no município de Santa Quitéria. Destacados em negrito os postos na AII (Boa Vista) e AID (Itataia)

CÓDIGO ANA	CÓDIGO FUNCEME	NOME ESTAÇÃO	PERÍODO DADOS	RESPONSÁVEL	OPERADOR	LATITUDE	LONGITUDE
439060	375	Bandeira	2000-2019	FUNCEME	FUNCEME	-4,605	-39,647
439059	374	Cachoeira	2000-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,689	-39,524
440015	556	Edson Queiroz	1992-2001	FUNCEME	FUNCEME	-4,217	-40,067
439070	**672**	**Itataia**	**2006/ 2007/ 2013/ 2014/ 2015**	**FUNCEME**	**FUNCEME**	**-4,567**	**-39,783**
439030	71	Itatira	1974-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,529	-39,635
439061	189	Lagoa do Mato	1978-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,653	-39,670
-	732	Lisieux	2009-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,003	-40,187
440006	288	Macarau	1998-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,100	-40,433

CÓDIGO ANA	CÓDIGO FUNCEME	NOME ESTAÇÃO	PERÍODO DADOS	RESPONSÁVEL	OPERADOR	LATITUDE	LONGITUDE
440064	645	Malhada Grande	2000-2008	FUNCEME	FUNCEME	-4,067	-40,300
439069	673	Muribeca	2001-2008	FUNCEME	FUNCEME	-4,417	-39,900
440081	675	Raimundo Martins	2000-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,633	-40,067
439087	558	Saco de Belém	1991-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,430	-39,796
440077	129	Santa Quitéria	1974-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,333	-40,150
439068	253	Sta Rita dos Galdinos	1998-2020	FUNCEME	FUNCEME	-4,317	-39,817
440063	644	Trapia	2000-2020		FUNCEME	-4,183	-40,317
440031	**-**	**Boa Vista**	**1917-1992**	**DNOCS**	**DNOCS**	**-4,483**	**-40,017**
440070	-	Trapia	2004-2021	ANA	CPRM	-4,191	-40,322
440043	-	Fazenda Paraná	1992-2021	ANA	CPRM	-4,091	-40,129
440065	-	Lizie	2000-2009	FUNCEME	FUNCEME	-4,633	-40,067

Fonte: COGERH, 2021 e ANA, 2021.

Conforme apresentado no Tabela 8.1-19, os postos pluviométricos possuem período de dados variados. A estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB, apresenta a maior irregularidade, com dados de precipitação para anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015.

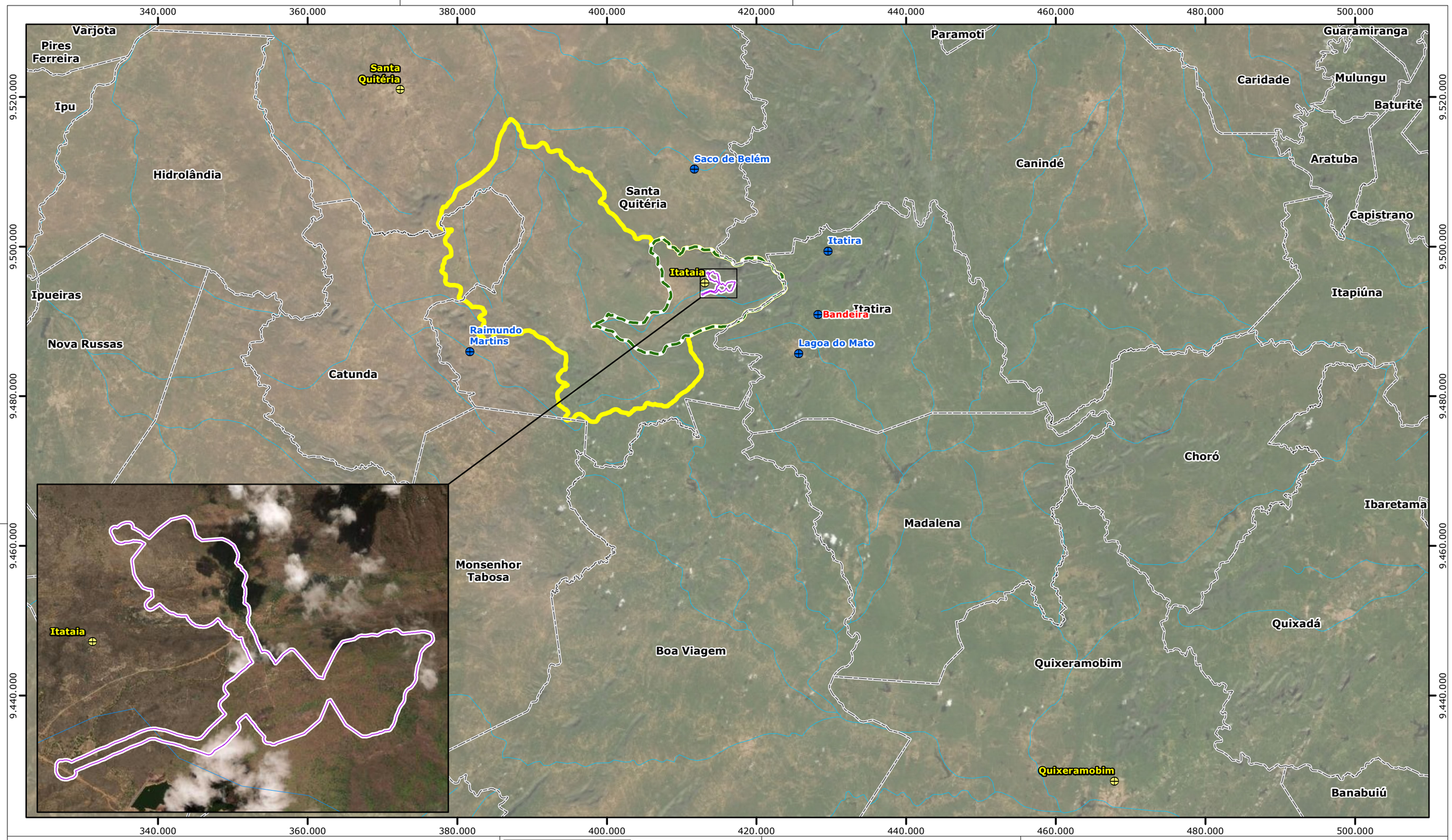
Ainda, conforme apresentado no capítulo de clima as precipitações na região apresentam valores anuais abaixo de 800 m^3, o que corrobora com a inserção da região no polígono das secas.

Apesar dos totais pluviométricos das estações e postos avaliados possuírem diferença entre si, nota-se semelhanças no comportamento no que se refere a distribuição das chuvas ao longo do ano, verificando-se a concentração de chuvas entre os meses de janeiro a junho e queda dos índices pluviométricas entre os meses de julho a dezembro. Exceção é representada pela estação de Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB, onde

se nota índices de chuva em janeiro bem próximos aos observados nos meses de seca, notando-se o aumento das precipitações a partir do mês de fevereiro.

Dados apresentados na Nota Técnica 001/2021, elaborada pela Secretaria de Recursos Hídricos -SRH do Ceará (Anexo 3-VIII), apontam que a partir de junho até dezembro a pluviometria na bacia do rio Acaraú não é tão expressiva a ponto de possibilitar recarga aos reservatórios monitorados. Essa característica da região semiárida do Nordeste acarreta grande variabilidade nos volumes aportados aos mananciais de abastecimento público. No Ceará, os volumes distribuídos são alocados anualmente, de maneira, descentralizada e participativa por meio dos Comitês de Bacias nos processos denominados:

+ Operação Emergencial (1º Semestre): no primeiro semestre do ano, durante a estação chuvosa, os reservatórios são operados de forma a garantir o atendimento dos usos múltiplos, sobretudo na estiagem.
+ Alocação Negociada de Água (2º Semestre): com o fim da estação chuvosa, os volumes são alocados pelos comitês.



Legenda

- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Estações

- Estação Climatológica
- Postos Pluviométricos

Fonte:
- Base Cartográfica Contínua (IBGE, 2019).
- Base Hidrográfia (COGERH, 2018).
- Imagem - Basemap (ESRI, 2016).

0 5 10 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Localização dos postos pluviométricos

Mapa	Escala	Localização	
8.1-19	1:500.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

8.1.8.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.8.3.1. Aspectos Fisiográficos

A AID do PSQ engloba a região compreendida pela sub-bacia do riacho Cunha-Moti, abarcando os divisores de águas das serras que ladeiam a ADA, com destaque para a Serra do Céu ao norte e Serra da Laranjeiras, a leste.

Tem como limites ao norte as nascentes do riacho do Bitu e do Gangorra, a leste o riacho das Guaribas, ao sul-sudoeste a nascente do riacho do Mulungo. Esse riacho segue seu fluxo na AID em direção ao oeste até a sua foz no riacho Cunha-Moti, o qual desagua posteriormente na margem direita do rio Groaíras, a montante da confluência dos riachos do Inga e do Salobro, onde se encerra o limite da AID. Os corpos hídricos identificados na AID têm escoamento preferencial para sudoeste e oeste, no município de Santa Quitéria, próximo à divisa com Itatira, sendo que neste último, fora dos limites das áreas de influência, encontra-se o distrito de Lagoa do Mato, cuja rede de drenagem flui em direção ao sul, incluindo os açudes da Laís e João Silva Guerra.

No setor a nordeste da ADA, ainda na AID, encontra-se o riacho da Gangorra, a montante do açude Morrinhos, que segue seu fluxo até desaguar no riacho Cunha-Moti, após receber seu contribuinte na margem direita, o riacho do Bitu.

A ADA abrange contribuintes de pequeno porte do riacho Cunha-Moti, tais como o riacho Lúcio, além do riacho das Guaribas, principal drenagem da ADA, a qual nasce na Serra do Céu, em altitude aproximada de 750 m e, após receber o riacho Alcantil, seu principal formador da margem direita, passa a margear a Serra do Canudo, na fazenda Barrigas (Mapa 8.1-20).

Segundo o arranjo geral do empreendimento atualmente proposto, no médio curso do riacho das Guaribas na sua margem direita, estão previstas a cava e a pilha de estéril, abrangendo a região das sub-bacias dos riachos do Gangorra e Alcantil. Na sub-bacia do riacho do Lúcio estão projetadas a área industrial do PSQ e a pilha de fosfogesso e cal.

A jusante destas estruturas, encontra-se o açude Quixaba, que represa as águas pluviais que fluem pelo leito do riacho Caramutim e do riacho Lúcio. Esse açude, com capacidade de armazenar 2.300.000 m^3 de água, foi construído em 1983 visando a suprir parcialmente as demandas operacionais do PSQ (ARCADIS LOGOS, 2014). A jusante do açude Quixaba, a confluência do riacho Guaribas e Caramutim forma o riacho conhecido localmente como Cunha-Moti, o qual deságua na margem direita do rio Groaíras após receber a contribuição do riacho do Mulungo.

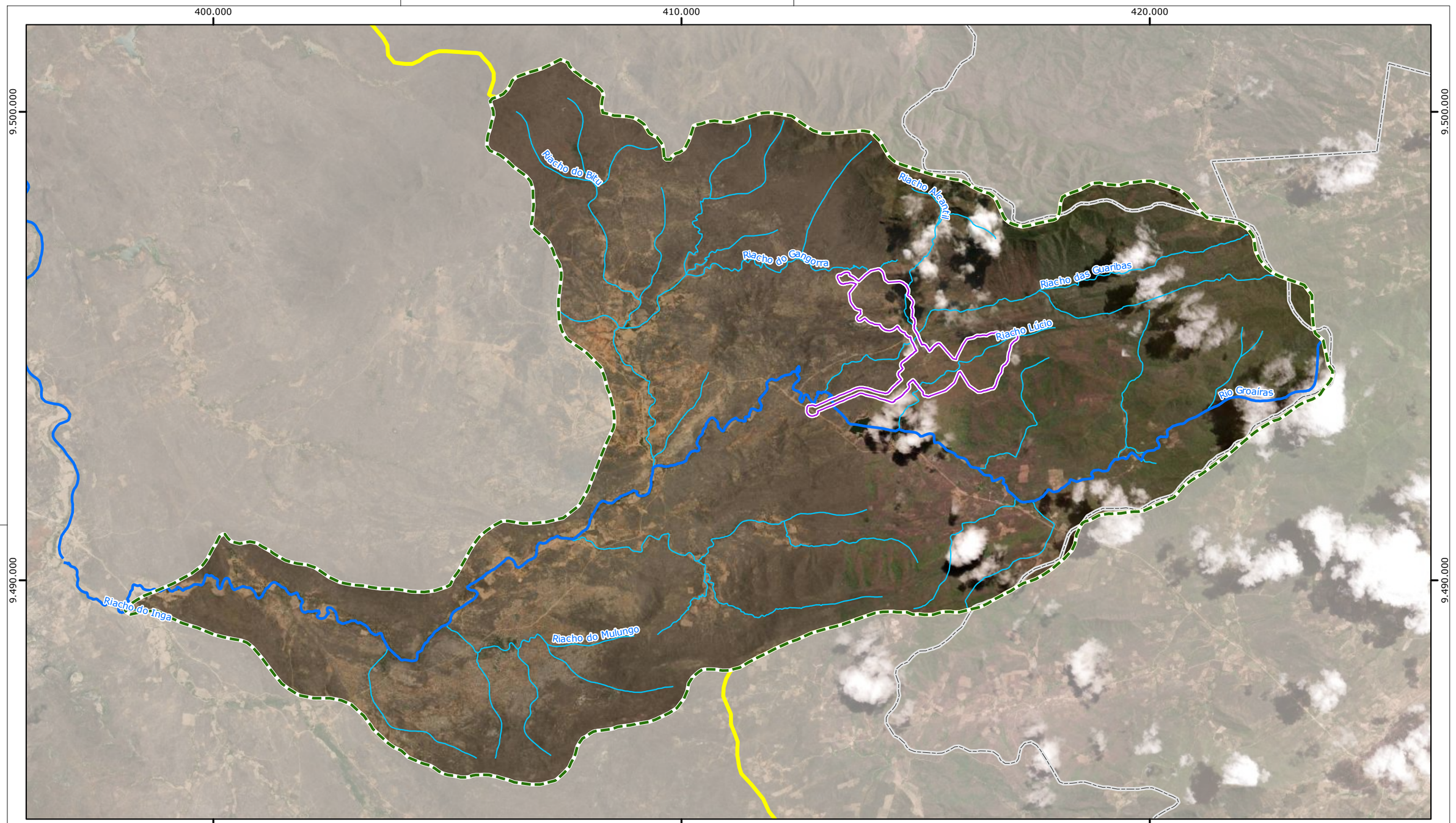
Conforme detalhado no Capítulo 3 - Caracterização do Empreendimento, dentre as adequações do projeto destaca-se a eliminação da barragem de rejeitos, com consequente redução da pressão sobre os recursos hídricos, da área ocupada e dos riscos e impactos à ADA.

De acordo com os estudos ambientais prévios realizados para o projeto (INB e GEOCONSULT, 2004), a topografia desfavorável e o clima semiárido da região do projeto, associados ao rápido escoamento superficial, intensa evaporação, pequena infiltração e grande variabilidade de deflúvios, são fatores que limitam o fluxo dos recursos hídricos superficiais.

Os levantamentos de campo realizados para o diagnóstico de qualidade da água e dos sedimentos, detalhados no item 8.1.9.3.3.A, nos principais cursos d'água da AID e ADA, em novembro/2020 e fevereiro/2021, bem como nas amostragens do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), mostraram ausência de escoamento superficial em todos os riachos avaliados, sendo possível realizar coleta apenas em açudes. Conforme documentado por Nascimento *et al*. (2008), um dos padrões que sobressai na região é o escoamento superficial com rios de padrões dendríticos e intermitente, condição observada na AID e ADA do PSQ.

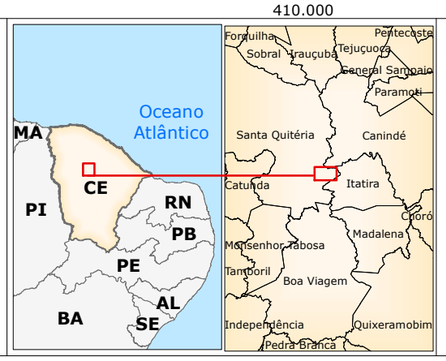
Tendo em vista esse cenário, não foram observadas áreas assoreadas ou de maior probabilidade de assoreamento ou de ocorrência de enchentes, na área de influência direta do empreendimento. Ribeiro (2016) levantou dados da Defesa Civil, no município de Santa Quitéria, que apontam as áreas de maior risco às inundações, porém cabe destacar que nenhuma das localidades mencionadas pela autora integra a AID e ADA do PSQ.

Além disso, nos levantamentos de campo na AID e ADA não foram observadas também veredas, lagoas marginais e regiões de baixio.



Legenda

- Rio Groaíras
- Rede Hidrográfica da Bacia do Rio Groaíras
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal



Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2013).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Rede Hidrográfica da AID e ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-20	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	08/11/2021	Ruy Monteiro	Daniela Lavignatti

8.1.8.3.2. Caracterização dos Cursos d'água, das Nascentes e Vazões

A caracterização das nascentes e vazão foi realizada pela Arcadis Logos no ano de 2012. As atividades constaram de trabalhos de levantamento e inspeção dos pontos de amostragens de qualidade das águas e locais de 25 nascentes que tiveram suas coordenadas estabelecidas previamente em bases cartográficas e consolidadas *in loco*.

Conforme apresentado no Anexo 8.1-IX todos os cursos d'água inspecionados se apresentavam sem qualquer escoamento, fato este observado mesmo após a ocorrência de precipitações antecedentes. Em alguns pontos foi verificado processos de infiltração no substrato arenoso dos álveos e, em alguns casos a formação de algumas poças d'água, sem qualquer fluxo de vazão. Esta condição inviabilizou a realização de medições de descarga líquida nos álveos selecionados.

Durante os levantamentos de campo realizados em novembro/2020 e fevereiro/2021, com objetivo de caracterizar a rede de drenagem novamente se verificou a ausência de escoamento nos cursos d'águas.

De acordo com os levantamentos realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) os pontos com ocorrências de água se concentraram nos corpos dos açudes Quixaba, Morrinhos, da Laís e Edson Queiroz. Atualmente, nos levantamentos em novembro/2020 e fevereiro/2021, o açude Morrinhos encontrava-se seco, verificando-se a presença de água apenas nos açudes Edson de Queiroz, Quixaba, Laís e João Silva Guerra.

Não foram identificadas estações fluviométricas durante o presente estudo. No Anexo 8.1-IX são descritas e caracterizadas as nascentes mapeadas.

8.1.8.4. Considerações Finais

Os cursos d´água que drenam a AID e ADA do PSQ são contribuintes da margem direita do rio Groaíras, a exemplo da sub-bacia do riacho Cunha-Moti. Nessa região de clima semiárido fatores associados ao rápido escoamento superficial, intensa evaporação e reduzida infiltração limitam o fluxo dos recursos hídricos superficiais, se destacando os cursos d'água intermitentes.

Os cursos d'água nas áreas de influência do PSQ são considerados águas doces classe 2. Os potenciais fontes de poluição na AID e ADA são principalmente de origem difusa, relacionadas ao aporte de dejetos de animais, com destaque para a criação de caprinos, além de agricultura de subsistência. As cargas de origem orgânica e fecal concentradas na bacia de drenagem e no leito seco dos rios no período de estiagem podem alcançar os açudes na época chuvosa, alterando a qualidade das águas do ponto de vista ecológico e sanitário.

8.1.9. Qualidade dos Corpos d'Água

8.1.9.1. Considerações Metodológicas

O diagnóstico de qualidade dos corpos hídricos nas áreas de influência do PSQ foi pautado em pesquisa a dados secundários disponíveis nos órgãos públicos, na bibliografia especializada, em estudo ambiental pretérito, entre outras fontes de consulta pertinentes ao tema.

Esses dados secundários foram complementados e atualizados com dados primários obtidos através de duas campanhas realizadas nas áreas de influência do empreendimento, em 27 novembro de 2020 e em 10 e 11 de fevereiro de 2021, representativas dos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

A seguir, consta a caracterização da qualidade dos corpos d'água na AII, compreendendo uma contextualização regional com ênfase na bacia do rio Acaraú, estreitando-se o foco para a bacia do rio Groaíras, onde está projetado o empreendimento. Na sequência, descreve-se a avaliação da qualidade dos corpos d'água, considerando a qualidade da água e dos sedimentos na AID e ADA do PSQ.

Cabe ressaltar que, conforme apresentado no Capítulo 3 – Caracterização do Empreendimento, o PSQ operará em sistema fechado composto por sistema de drenagem, lagos e Estações de Tratamento de Efluentes. Não haverá lançamento de efluentes (industriais ou domésticos) em nenhum dos corpos d'água da ADA e/ou AID.

8.1.9.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

8.1.9.2.1. Classificação dos Corpos D'água

Os cursos d'água superficiais na AII do PSQ não foram submetidos ao processo de enquadramento nos termos da Resolução CONAMA nº 357/05. Conforme estabelecido por essa legislação: "Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2".

Segundo essa resolução, as águas classe 2 servem ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquática; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; e à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

8.1.9.2.2. Fontes Potenciais de Poluição

O regime climático e o padrão sazonal de vazões acarretam dois efeitos associados que se refletem na qualidade das águas: o acúmulo de cargas poluentes na bacia de drenagem durante um período de tempo prolongado, tendendo a alcançar os cursos d'água em maior concentração com a ocorrência das primeiras chuvas, e a baixa capacidade de assimilação de cargas poluidoras devido às reduzidas vazões apresentadas pelos rios no início do período chuvoso.

O uso do leito do rio durante a estiagem para atividades produtivas, como pastagem de caprinos, contribui fortemente para o acúmulo de matéria fecal e de nutrientes minerais nos sedimentos, os quais são imediatamente incorporados ao fluxo das águas, assim que têm início as precipitações.

O rio Acaraú recebe a contribuição de cargas e vem sendo contaminado por dejetos humanos e de animais, e por resíduos provenientes de diversas atividades (INESP, 2009).

Em levantamento conduzido pela ANA (2017), na bacia do rio Acaraú constam dois pontos outorgados de lançamentos de esgotos domésticos, porém, estão situados fora dos limites da AII, no trecho do rio Groaíras perenizado pelo açude Edson Queiroz: lançamento da sede urbana de Groaíras/CE e trecho do rio Acaraú perenizado pelos açudes Araras, Ayres de Souza e Edson Queiroz: lançamento da sede urbana de Sobral/CE. Especificamente para o açude Edson Queiroz foi calculada uma vazão de diluição no valor de 513 L/s de efluentes, sendo relativamente inferior as vazões de diluição calculadas para os açudes Araras e Ayres de Souza com 3.990 L/s e 1978 L/s, respectivamente (ANA,2017).Assim, o aporte de efluentes representa uma relevante fonte de poluição para o açude Edson Queiroz.

A situação é semelhante na sub-bacia do rio Groaíras, com pequenos açudes explorados que recebem cargas poluidoras difusas, principalmente de dejetos de animais. No município de Santa Quitéria, não ocorrem núcleos urbanos expressivos na AII, destacando-se o Assentamento de Morrinhos. Nesses locais, é comum a disposição de lixo a céu aberto nos terrenos, além da construção de fossas.

O abastecimento é feito pelo uso de cisternas, sendo também adotadas cacimbas descobertas. Esses fatores repercutem sobre a qualidade das águas, podendo favorecer a transmissão de doenças de veiculação hídrica, como hepatite e verminoses.

8.1.9.2.3. Qualidade dos Corpos D'água

A qualidade da água da bacia do rio Acaraú é monitorada no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas, desenvolvido pela COGERH em parceria com a Agência Nacional de Águas – ANA. As amostragens são realizadas na frequência trimestral em 16 pontos, todos situados fora dos limites da AII do empreendimento em foco.

Dentre esses, apenas um ponto se situa no município de Santa Quitéria (EDQ-01), no açude Edson Queiroz. Conforme citado, apesar do açude Edson Queiroz estar fora dos limites da AII, os dados deste ambiente foram incorporados à caracterização das áreas de influência por representar um dos maiores reservatórios de água na região e por corresponder ao local de captação de água do PSQ.

De acordo com os dados do relatório Anuário do Monitoramento Qualitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará (COGERH, 2018), relativos ao ano de 2017, a maioria dos açudes na bacia do rio Acaraú, de modo geral, apresenta alto grau de trofia (eutrófico). Os reservatórios desta bacia têm, em sua maioria, baixo ou médio risco de salinização do solo (COGERH, 2018).

Especificamente no açude Edson Queiroz foram detectadas elevadas concentrações de nutrientes (fósforo e nitrogênio), atingindo picos de até 0,314 mg P/L e 4,838 mg N/L, na campanha de fevereiro de 2017, bem superiores aos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05 para água doce classe 2. O alto grau de trofia neste açude propicia o registro de elevadas densidades de cianobactérias (>250.000 cél./mL), em todas as quatro coletas realizadas no ano de 2017 (COGERH, 2018).

Esse estudo indica a necessidade da adoção de ações que reduzam a carga de nutrientes e poluentes, além de melhoria nas condições de saneamento, redução dos níveis de erosão e uso de programas de educação ambiental, visto que se trata de um manancial de abastecimento público.

No portal da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2021) são disponibilizados os resultados do Índice de Estado Trófico – IET, tendo como base o monitoramento conduzido pela COGERH. Na Figura 8.1-143 consta a variação sazonal deste indicador no açude Edson Queiroz, considerando o período entre maio de 2008 e dezembro de 2020. Os dados evidenciam na maior parte do tempo condições eutróficas e hipereutróficas.

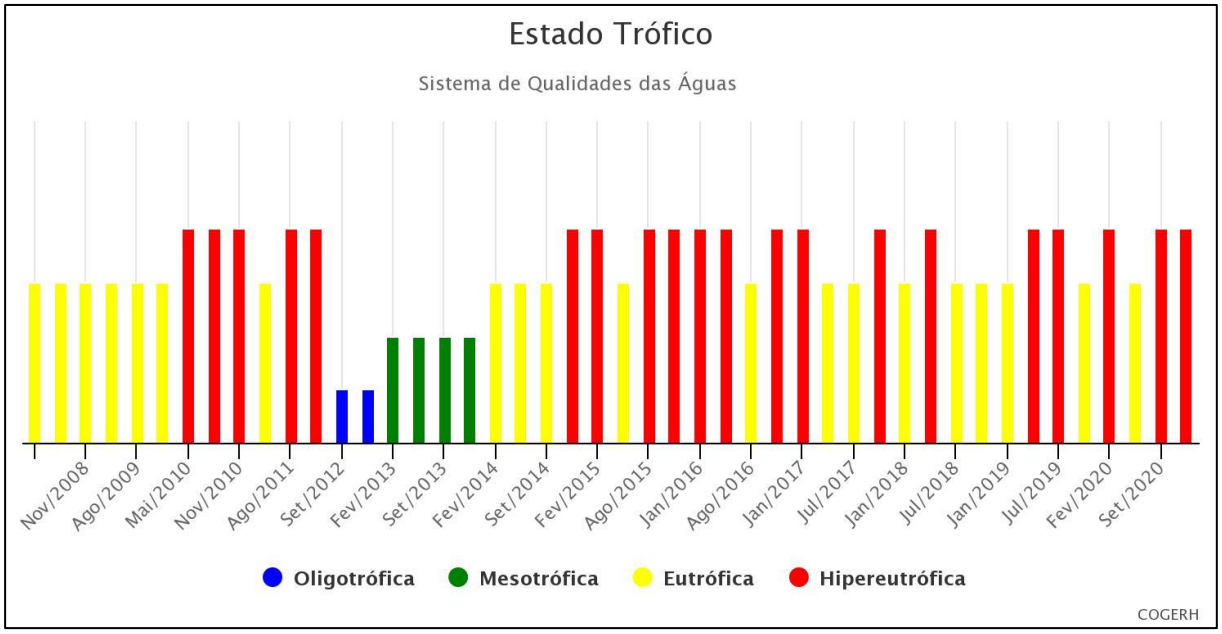


Figura 8.1-143 - Estado trófico do açude Edson Queiroz entre os anos de 2008 e de 2020.

Fonte: FUNCEME (2021).

Na Tabela 8.1-20 foram reunidos os dados de qualidade da água do açude Edson Queiroz entre os anos de 2016 à 2020, disponibilizados no portal Hidroweb da ANA (2021). Os resultados apontam neste açude temperaturas da água que variam entre 26,31ºC e 31,79ºC, com transparência máxima de 0,9 m.

De modo geral, as concentrações de oxigênio dissolvido atendem ao padrão legal estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (> 5 mg/L), na maioria das amostragens. Em algumas campanhas observa-se a supersaturação de oxigênio (> 10 mg/L), possivelmente devido ao intenso processo de fotossíntese, uma vez que os resultados de clorofila foram elevados e mostram um alto grau de trofia neste açude.

O pH é predominantemente alcalino, na faixa entre 7,18 e 9,01, atendendo ao padrão da legislação, na maioria das coletas. Os teores de sólidos dissolvidos também atendem ao padrão legal, com máximo de 423 mg/L na estação chuvosa (janeiro/17).

As principais alterações detectadas na qualidade da água se referem às elevadas concentrações de matéria orgânica, expressas em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, que atingiram máximo de 11,66 mg/L (janeiro/18), além do acentuado conteúdo de nutrientes (fósforo e nitrogênio amoniacal), que propiciam o incremento da produtividade primária neste sistema lêntico, conforme atesta o nível acentuado de clorofila-a. Cabe apontar que desde o ano de 2019 é evidente uma diminuição nas concentrações dos nutrientes citados e na clorofila-a, resultado que pode estar relacionado provavelmente à ampliação no sistema de saneamento básico.

Tabela 8.1-20 - Resultados da qualidade das águas do açude Edson Queiroz (2016 a 2020)

DATA COLETA	TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)	TRANSPARÊNCIA (M)	OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OD (MG/L)	PH	DBO (MG/L)	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS (MG/L)	CLOROFILA-A (µG/L)	FÓSFORO TOTAL (MG/L)	NITROGÊNIO TOTAL (MG/L)
VMP	-	-	≥5	6 a 9	<5	500	30	0,03	0,5 a 3,7 (1)
03/08/2016	29,65	0,9	*	9,01	ND	374	204,25	0,106	4,187
03/11/2016	27,8	0,8	5,5	9	ND	406	246,62	0,12	4,825
16/01/2017	28,58	0,8	8,04	8,82	ND	423	235,56	0,314	4,838
10/04/2017	31,79	0,4	10,42	8,68	ND	332	91,46	0,154	2,425
23/01/2018	27,92	0,3	*	8,69	11,66	284	90,35	0,112	2,838
24/04/2018	28,1	0,3	*	8,7	7,83	182	117,77	0,115	2,188
24/07/2018	26,31	0,5	4,35	7,18	3,78	183	95,29	0,096	2,625
24/10/2018	27,8	0,4	10,28	8,24	7,51	209	107,85	0,088	2,438
23/01/2019	29,61	0,5	*	8,83	5,33	220	151,15	0,079	2,363
24/04/2019	30,58	0,4	9,27	8,75	6,4	182	113,47	0,099	2,088
24/07/2019	27,82	0,4	6,34	7,8	5,71	136	89,05	0,091	2,288
23/10/2019	29,88	0,2	9,79	8,79	2,17	156	12,98	0,084	1,65
12/02/2020	30,36	0,3	9,06	8,53	4,19	192	33,52	0,062	1,75
24/06/2020	28,41	0,25	6,61	ND	6,18	155	31,74	0,092	1,54

*Legenda: VMP= Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas classe 2 (ambientes lênticos). Destaque em vermelho para os parâmetros não conformes com esta legislação. 1 - O VMP de nitrogênio amoniacal varia de acordo com o pH, sendo 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5 e 0,5 mg/L N para pH > 8,5. ND- Não detectado. * Resultado anômalo. Fonte: ANA (2021).*

A seguir é apresentada uma síntese dos resultados obtidos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), tendo em vista complementar as informações sobre a qualidade das águas superficiais na AII.

No ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), foram realizadas quatro campanhas de amostragem da qualidade da água e dos sedimentos, nos meses de abril (primeira campanha), maio (segunda), julho (terceira) e agosto (quarta), representativas dos períodos chuvoso (abril e maio/2011) e seco (julho e agosto/2011). A malha amostral compreendeu inicialmente oito pontos de coleta (P01 a P08), porém em cinco destes locais (P03, P04, P05, P06 e P07) a ausência de escoamento superficial impossibilitou a coleta nos períodos citados. Em função disso, outros cursos d'água próximos a assentamentos urbanos (PA, PB e PC) foram inspecionados e inclusos na rede de amostragem visando obter um maior número de informações da qualidade das águas e dos sedimentos da região em estudo. A malha indicada coincide com a delineada para as amostragens efetuadas na AID e ADA nos anos de 2020 e de 2021.

Adicionalmente, a partir da segunda campanha (maio/2011), foi acrescentado um ponto de inspeção no riacho da Barra (PD), localizado no município de Itatira, e um ponto de coleta no açude Edson Queiroz (P10) situado no município de Santa Quitéria. Em função da ausência de escoamento superficial, mesmo no período chuvoso, a tomada de amostras se restringiu aos açudes, totalizando cinco pontos de coleta, distribuídos nos açudes Quixaba, Morrinhos, da Laís e Edson Queiroz.

Cabe destacar, que dentre estes, os açudes Quixaba e Morrinhos estão inseridos na AID do empreendimento e os resultados obtidos nestes ambientes são detalhados no item 8.1.9.3. Os açudes da Laís e o Edson Queiroz estão fora dos limites da AII, porém considerando a importância do açude Edson Queiroz, no contexto regional, e que o açude da Laís anteriormente servia como fonte de abastecimento para o distrito de Lagoa do Mato (atualmente substituído pelo açude João Silva Guerra), os resultados de ambos os açudes são abordados no contexto da AII, visando dar um panorama global dos dados secundários pretéritos levantados na região onde está projetado o empreendimento.

No Anexo 8.1-X consta a tabela com os resultados obtidos nas quatro campanhas do ano de 2011, cabendo indicar que os parâmetros amostrados coincidem com os avaliados nas campanhas efetuadas nos anos de 2020 e de 2021. A seguir é apresentada uma síntese das principais características observadas da qualidade da água e dos sedimentos.

A avaliação da qualidade das águas superficiais evidenciou predomínio de ambiente alcalino, com pH mantendo-se na faixa definida pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas classe 2.

No açude da Laís, as concentrações de DBO, de fósforo total e de manganês também superaram o padrão da legislação, com registro ainda de teor oxigênio dissolvido inferior ao indicado para manutenção da biota aquática (5 mg/L), entre a maio e agosto/2011

No açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII), a maioria das variáveis analisadas atendeu ao padrão de qualidade determinado pela legislação, constituindo exceções o fósforo (abril/2011, maio/2011 e julho/2011), DBO (abril/2011 e maio/2011) e manganês (maio/2011).

No Figura 8.1-144 constam os percentuais de não conformidades em relação aos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05, levando em conta o conjunto de amostras analisadas nas quatro campanhas, evidenciando que as principais alterações na qualidade da água nos açudes amostrados se relacionam ao conteúdo de fósforo total, que evidenciam acentuado grau de trofia, além de compostos orgânicos (DBO), de sólidos dissolvidos e de manganês total. Pontualmente os compostos orgânicos semivoláteis benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno e criseno também foram registrados acima do padrão legal.

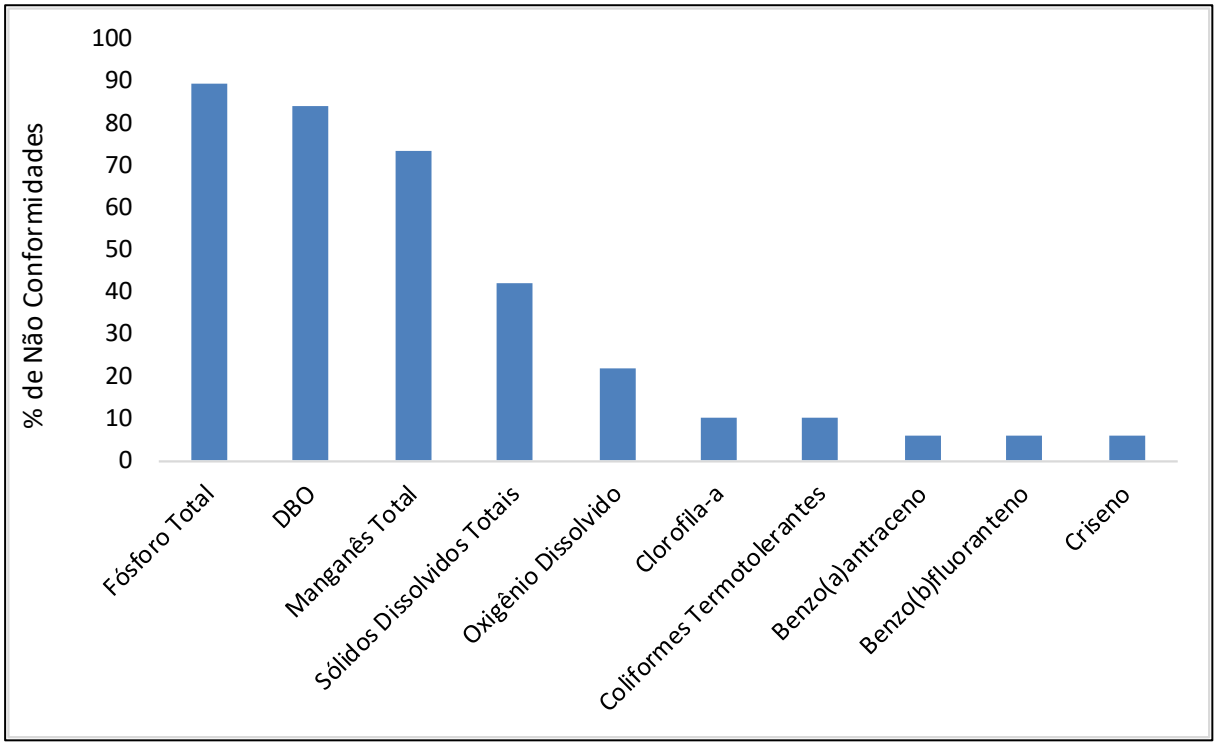


Figura 8.1-144 -Porcentagem de Não Conformidades nas Águas nas Amostragens Realizadas em 2011.

Elaboração: Tetra Mais, 2021. Fonte: ARCADIS LOGOS (2014).

A análise dos sedimentos em todos os pontos amostrados nas quatro campanhas de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), indicou ausência de contaminação por agrotóxicos e demais compostos orgânicos. Os metais pesados foram registrados em concentrações inferiores ao

limiar do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota (nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/12 ou TEL da *Canadian Council of Ministers of the Environment* - CCME, 2001), com exceção do cobre, cromo e níquel, que apresentaram teores acima do padrão legal (nível 1) (Figura 8.1-145). A ultrapassagem do nível 2, que confere riscos potenciais à biota aquática, foi observada apenas para cromo e níquel no açude a jusante da AII, Edson Queiroz, exclusivamente em julho/2011.

Os dados apontaram ainda acúmulo de fósforo total no açude Edson Queiroz, acima do valor alerta da Resolução CONAMA nº 454/12, resultado, possivelmente, relacionado ao posicionamento desse açude em zona urbana e no baixo curso do rio Groaíras, onde atua como receptor das cargas afluentes de toda a bacia de drenagem a montante, especialmente na forma de dejetos de animais que se acumulam sobre o solo na época seca.

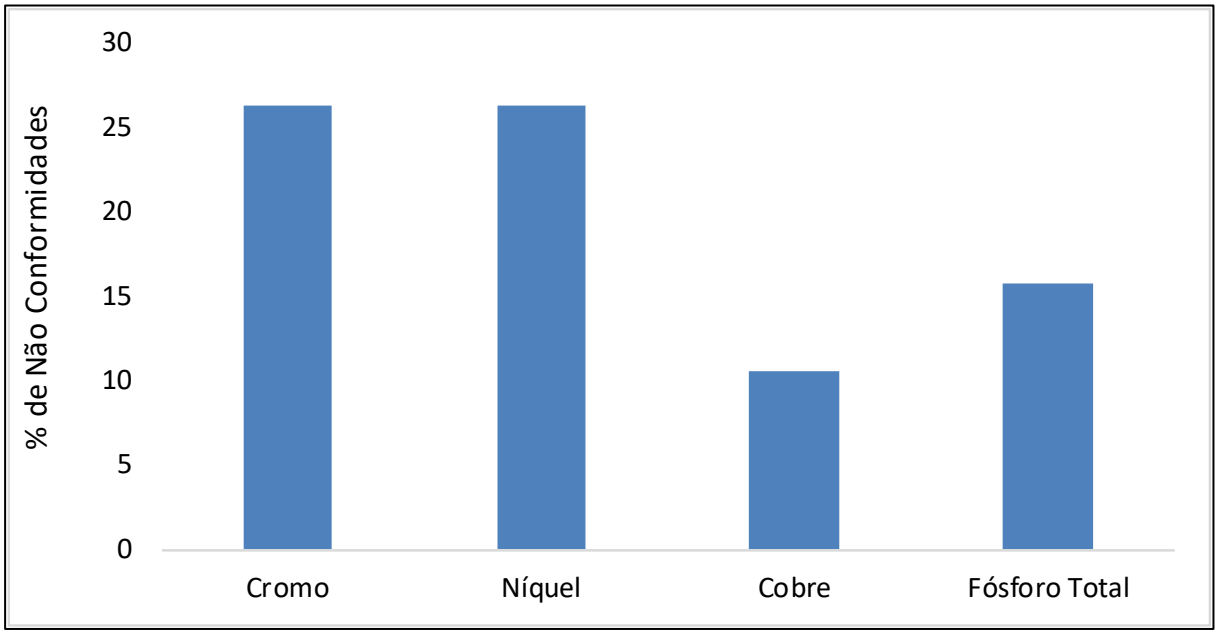


Figura 8.1-145 - Porcentagem de Não Conformidades nos Sedimentos nas Amostragens Realizadas em 2011.

Elaboração: Tetra Mais, 2021. Fonte: ARCADIS LOGOS (2014).

8.1.9.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.9.3.1. Classificação dos Corpos D'água

Conforme detalhado na AII, os cursos d'água superficiais na AID e ADA do PSQ são considerados águas doces classe 2.

8.1.9.3.2. Fontes Potenciais de Poluição

As fontes de poluição na AID e ADA reproduzem o padrão da AII. A população é essencialmente rural e as fontes de poluição são de origem difusa, com destaque para a criação de caprinos e agricultura de subsistência.

Grande parte dessas áreas de influência é cortada por rios intermitentes, onde a água, em geral, é acumulada em açudes que, durante as secas, formam um mosaico em toda a região do semiárido. No período chuvoso, é restabelecido temporariamente o fluxo de água que interliga a sucessão de açudes, sendo que as cargas de origem orgânica e fecal concentradas no leito seco dos rios durante os períodos de estiagem alcançam os reservatórios das barragens, alterando a qualidade das águas do ponto de vista ecológico e sanitário.

Na AID e ADA encontram-se dois assentamentos rurais (Morrinhos e Queimadas). De modo geral, no entorno dos assentamentos, a disposição de lixo a céu aberto nos terrenos e a construção de fossas rudimentares também são fatores que contribuem para a contaminação das águas superficiais e de cacimbas, o que pode restringir seu uso para fins domésticos.

Quanto a eventuais riscos de poluição decorrentes da implantação e operação do PSQ, deve-se destacar que não é previsto tal acontecimento considerando as diretrizes do projeto. Conforme apresentado no Capítulo 3 – Caracterização do Empreendimento (Item 3.7.1.1 – Efluentes Líquidos – Fase de Implantação), as principais fontes geradoras de efluentes sanitários/domésticos serão: banheiros, vestiários e refeitórios. Para o tratamento destes efluentes, poderão ser adotadas as soluções: fossas sépticas precedidas de caixas de gordura e banheiros químicos nas frentes de obra.

A rede coletora sanitária no canteiro de obras e refeitório será instalada de modo segregado em relação às demais gerações líquidas locais, como efluentes industriais/oleosos e pluviais, que podem interferir negativamente nos tratamentos sanitários mediante perda de eficiência devido à alteração da vazão de entrada dimensionada, assim como contribuir com cargas não previstas pelo projeto de engenharia, como óleo de manutenção, exemplificando.

Os banheiros químicos que serão distribuídos nas frentes de obra atenderão os funcionários somente durante o período de trabalho. O efluente será coletado periodicamente por empresa especializada e licenciada para esta atividade, sendo o efluente devidamente destinado para tratamento final.

Apesar de não ser prevista a geração de efluentes industriais, prevê-se a geração de efluentes oleosos decorrentes, principalmente, de lavagem de máquinas/equipamentos e manejo de combustível.

Assim, são previstas a instalação de Separadores de Água e Óleo (SAO) em locais adjacentes à fonte geradora que irão funcionar sem a adição de produtos químicos, como polieletrólitos. O tratamento será físico, com a utilização de barreiras internas (placas coalescentes), sendo a vazão de entrada encaminhada por ação gravitacional, sem bombeamento específico.

O óleo retido pelo SAO seguirá os procedimentos que serão estabelecidos no Programa de Gestão dos Resíduos Sólidos – PGRS, sendo destinados para fornecedores licenciados para coleta e tratamento de óleo e atendendo a Resolução CONAMA nº 362/05.

Já para a fase de operação, o PSQ contará com diferentes mecanismos de controle dos efluentes a serem gerados. Todos os efluentes serão tratados no empreendimento de forma que, após o tratamento, a água seja reutilizada no processo operacional. Tal procedimento é detalhado no Capítulo 3 – Caracterização do Empreendimento (Item 3.7.2.1 – Efluentes – Fase de Operação)

8.1.9.3.3. Qualidade da Água e dos Sedimentos

O diagnóstico na AID e na ADA do PSQ compreendeu duas campanhas, representativas dos períodos seco e chuvoso.

Neste item são abordados os resultados obtidos nas duas coletas realizadas no dia 27 de novembro/2020, representativa do período seco (1ªC), e de 10 a 11 de fevereiro/2021, período chuvoso (2ªC). Conforme citado, tendo em vista complementar a análise de qualidade das águas e dos sedimentos foi realizada a comparação com os dados primários levantados nas quatro campanhas efetuadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). A seguir, consta a rede de amostragem adotada e os procedimentos de coleta e análise da qualidade da água e dos sedimentos, conforme apresentado no Mapa 8.1-21.

A. Concepção da rede de amostragem

A rede de amostragem da qualidade das águas superficiais foi concebida com base na localização das principais estruturas do projeto passíveis de promoverem alterações no sistema hídrico, de forma a fornecer o diagnóstico da situação atual e subsidiar a futura análise dos impactos nas etapas de implantação e de operação do PSQ.

Os locais de coleta foram previamente definidos em açudes e cursos d'água situados no entorno das instalações do empreendimento. No plano de coleta, identificaram-se os assentamentos, as fontes relevantes de poluição, as condições de acessibilidade e o apoio logístico, entre outros fatores que caracterizam os pontos amostrados, conforme detalhado a seguir.

Foram previstos 11 pontos de coleta (P01 a P11), porém a ausência de escoamento superficial, nos pontos P03, P04, P05, P06, P07 e P08, impossibilitou a coleta de amostras nas duas campanhas, novembro/2020 e fevereiro/2021. Como ocorrido nas campanhas de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) foram realizadas inspeções nesses pontos, certificando-se que esses locais se encontravam secos. Assim, a tomada de amostras se restringiu aos açudes, totalizando cinco pontos de coleta, compreendendo toda a série de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos definidos pela Resolução CONAMA 357/05 (amostragem completa). Especificamente no açude Quixaba, a amostragem compreendeu um ponto na barragem (P01) e outro no remanso (P02).

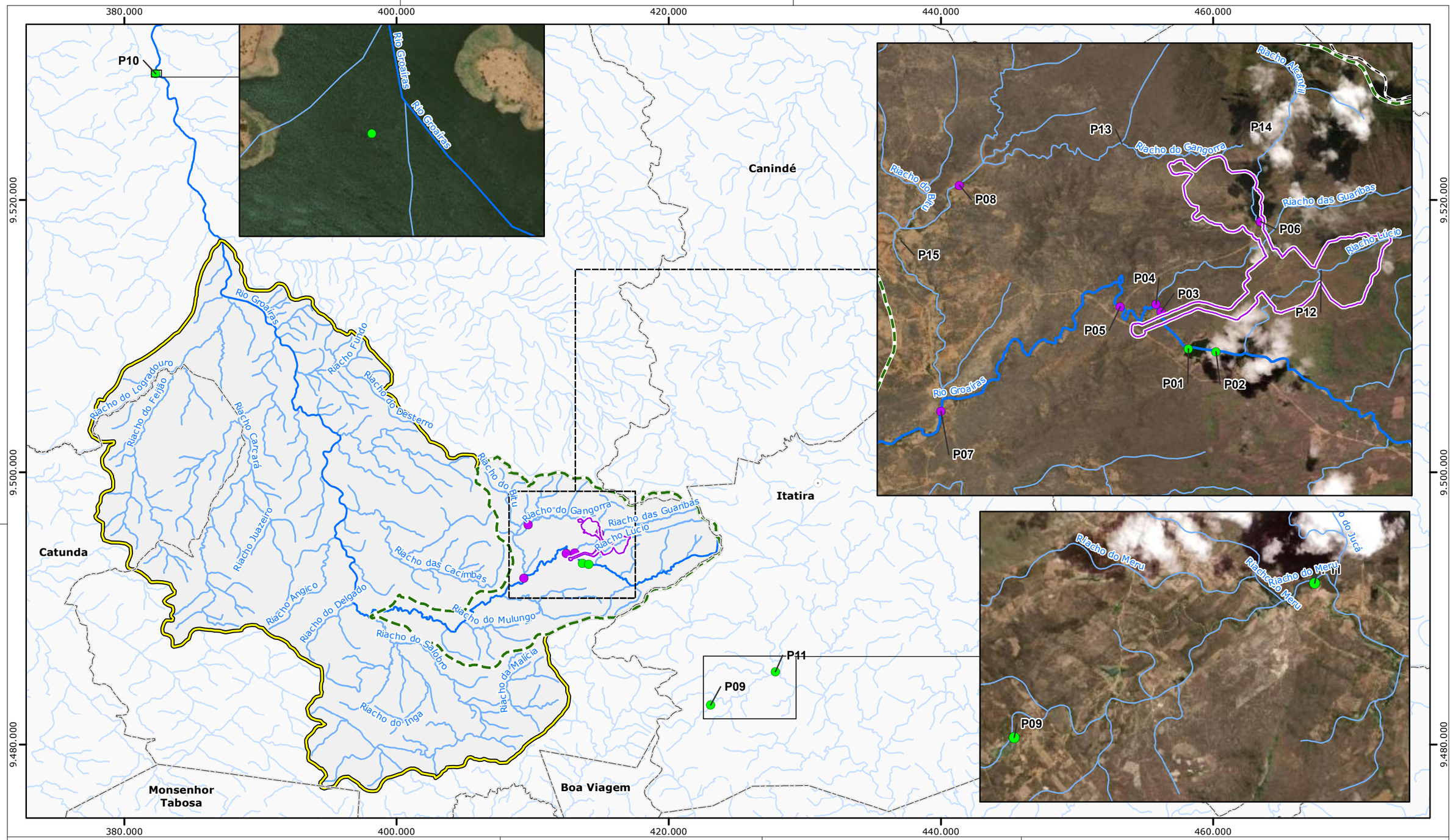
Cabe destacar que, dentre os locais amostrados, apenas o açude Quixaba se situa nos limites da AID. Os demais açudes se situam fora dos limites das áreas de influência, porém foram inseridos na malha amostral uma vez que se caracterizam como fontes de abastecimento no contexto regional, conforme detalhado na Tabela 8.1-21. Neste diagnóstico, optou-se pela análise integrada do conjunto de dados primários obtidos no contexto da AID e ADA, tendo em vista obter um panorama integrado dos parâmetros amostrados nas duas campanhas.

Na Tabela 8.1-21 consta a rede amostral adotada para avaliação das águas superficiais e dos sedimentos, o tipo de amostragem (completa ou inspeção) e as coordenadas geográficas em ambas as campanhas, enquanto no Mapa 8.1-21 são ilustrados os pontos de coleta.

Tabela 8.1-21 - Rede de amostragem de qualidade da água e de sedimentos- PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

PONTOS	CORPOS D'ÁGUA	CAMPANHA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (FUSO 24M)		TIPO DE AMOSTRAGEM
			NORTE	LESTE	
P01	Açude Quixaba (barragem)	1ªC	9.493.297	413.664	Completa
		2ªC	9.493.278	413.649	
P02	Açude Quixaba (remanso)	1ªC	9.493.246	414.142	Completa
		2ªC	9.493.246	414.142	
P03	Riacho Caramutim (Curumatã)	1ªC	9.493.941	413.189	Inspeção
		2ªC	9.493.942	413.185	
P04	Riacho das Guaribas	1ªC	9.494.072	413.101	Inspeção
		2ªC	9.494.054	413.091	
P05	Riacho Cunha - Moti	1ªC	9.494.026	412.479	Inspeção
		2ªC	9.494.029	412.481	
P06	Riacho Alcantil	1ªC	9.495.510	414.916	Inspeção
		2ªC	9.495.527	414.906	
P07	Riacho Cunha - Moti	1ªC	9.492.212	409.366	Inspeção
		2ªC	9.492.216	409.364	
P08	Açude Morrinhos	1ªC	9.496.134	409.691	Inspeção
		2ªC	9.496.138	409.689	
P09	Açude da Laís	1ªC	9.482.905	423.077	Completa
		2ªC	9.482.855	423.014	
P10	Açude Edson Queiroz	1ªC	9.529.266	382.315	Completa
		2ªC	9.529.183	382.295	
P11	Açude João Silva Guerra	1ªC	9.485.241	427.973	Completa
		2ªC	9.485.180	427.875	

Elaboração: Tetra Mais, 2021.



Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- Rio Groaíras
- Rede Hidrográfica da Bacia do Rio Groaíras
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Pontos de Monitoramento de Água e Sedimentos

- Ponto de Monitoramento Coletado
- Ponto de Monitoramento Seco

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2013).
- Imagem Basemap Esri, 2021.

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Rede de amostragem de qualidade da água e de sedimentos

Mapa	Escala	Localização	
8.1-21	1:275.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V01	03/11/2021	Ruy Monteiro	Daniela Lavignatti

Na Tabela 8.1-22 consta a descrição dos pontos de coleta, com detalhes de localização e escoamento da água durante as campanhas.

Tabela 8.1-22 - Descritivo dos pontos de amostragem de qualidade da água e de sedimentos - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PONTOS	OBSERVAÇÕES
P01 e P02 – Açude Quixaba	Localizado próximo ao alojamento da Fazenda Itataia, na AID, esse açude foi incluído na rede de amostragem pela sua proximidade às instalações do PSQ e por ter um formador (córrego Lúcio) que passará por estruturas projetadas. Os pontos P01 e P02 estão situados na barragem e no remanso deste açude, respectivamente. O ponto P01 estava com água nas campanhas atuais (novembro/2020 e fevereiro/2021) e naquelas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). O ponto P02 foi amostrado nas quatro campanhas ocorridas em 2011, porém, nas campanhas atuais (2020/2021) se encontrava seco, tornando necessário seu deslocamento um pouco a jusante.
P03 – Riacho Caramutim (Curumatã)	Formador do açude Quixaba, esse riacho tem como contribuinte a montante, na margem direita, o córrego Lúcio, em cuja sub-bacia está projetada a pilha de fosfogesso, a instalação nuclear e as áreas de apoio. O rio Curumatã, no seu médio curso, passa a assumir o nome de Caramutim, porém, localmente é conhecido como Curumatã. O Ponto 03 foi estabelecido no trecho a jusante do açude Quixaba, na AID, imediatamente após o cruzamento da via de acesso de interligação com a CE-366. O riacho Caramutim se encontrava seco no período de desenvolvimento das campanhas atuais (novembro/2020 e fevereiro/2021) e das quatro amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), padrão constatado também para os demais cursos d'água lóticos da rede amostral.
P04 – Riacho das Guaribas	Curso d'água na AID, cuja confluência com o riacho Caramutim forma o riacho Cunha-Moti. O Ponto 04, estabelecido próximo à foz do riacho das Guaribas, é receptor potencial da Instalação Mineroindustrial, bem como das atividades de lavra e da pilha de estéril através do riacho Alcantil, seu tributário da margem direita. Em nenhuma das campanhas foi constatado escoamento superficial nesse ponto.
P05 – Riacho Cunha - Moti	Situado imediatamente a jusante da confluência dos riachos Caramutim e das Guaribas, na AID, o Ponto P05 foi selecionado por constituir o corpo receptor potencial da estrutura operacional do projeto. Durante todas as campanhas esse riacho manteve-se seco.
P06 – Riacho Alcantil	O Ponto P06 está situado na AID, próximo à foz do riacho Alcantil, o riacho das Guaribas, sendo representativo das atividades de lavra e da pilha de estéril, conforme citado. Esse afluente manteve-se seco durante a realização de todas as campanhas
P07 – Riacho Cunha – Moti	O Ponto P07 está localizado no riacho Cunha – Moti próximo à fazenda Tapera, na AID, imediatamente após a confluência do riacho do Gangorra, seu contribuinte da margem direita.
P08 – Açude Morrinhos	Açude construído no riacho do Gangorra, o qual tangencia a pilha de estéril a montante, na sua porção norte. Este ponto, na AID, foi selecionado por representar também uma importante sub-bacia formadora do contribuinte

PONTOS	OBSERVAÇÕES
	que desagua no riacho Cunha-Moti. Nas campanhas em foco (novembro/2020 e fevereiro/2021), o açude Morrinhos estava seco, mas o ponto P08 foi amostrado nas campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando se encontrava com lâmina d'água.
P09 – Açude da Laís (ou Oitícica)	O Ponto P09 se situa fora dos limites da AII, AID e ADA, porém, o açude da Laís foi selecionado pois anteriormente servia como fonte de abastecimento para o distrito de Lagoa do Mato, atualmente substituído pelo açude João Silva Guerra. O açude da Laís estava com água em todas as campanhas atuais (novembro/2020 e fevereiro/2021) e realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).
P10 – Açude Edson Queiroz	O açude Edson Queiroz é formado pelo rio Groaíras, a jusante da AII do empreendimento. O ponto P10 foi incluído na rede de amostragem pelo fato deste manancial estar contemplado como fonte de abastecimento na fase de operação do empreendimento e também por representar um dos maiores reservatórios de água na região. Foram coletadas amostras em todas as campanhas nesse açude.
P11 – Açude João Silva Guerra	Embora situado fora dos limites da AII, AID e ADA, este açude foi selecionado nas campanhas atuais (novembro/2020 e fevereiro/2021), pois suas águas abastecem o distrito de Lagoa do Mato, conforme citado. Em ambas as campanhas, este açude se encontrava com água, possibilitando a amostragem no Ponto P11.

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

A seguir consta o registro fotográfico dos açudes amostrados e dos pontos secos inspecionados, nas duas campanhas em foco, novembro/2020 (primeira campanha) e fevereiro/2021 (2ª campanha) (Figura 8.1-146 até Figura 8.1-167).

Figura 8.1-146 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem), na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-147 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem), na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-148 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso), na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-149 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso), na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-150 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco, na 1ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-151 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco, na 2ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-152 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco, na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-153 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco, na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-154 - Ponto P05 – Riacho Cunha-Moti: seco, na 1ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-155 - Ponto P05 – Riacho Cunha-Moti: seco, na 2ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-156 - Ponto P06 - Riacho Alcantil Guaribas: seco, na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-157 - Ponto P06 - Riacho Alcantil : seco, na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-158 - Ponto P07 - Riacho Cunha - Moti: seco, na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-159 - Ponto P07 - Riacho Cunha - Moti: seco, na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-160 - P08 - Açude Morrinhos (seco), na 1ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-161 - P08 - Açude Morrinhos (seco), na 2ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-162 - Ponto P09- Açude da Laís, na 1ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-163 - Ponto P09- Açude da Laís, na 2ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-164 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz, na 1ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-165 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz, na 2ª campanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-166 - Ponto P11: Açude João Silva Guerra, na 1ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

Figura 8.1-167 - Ponto P11: Açude João Silva Guerra, na 2ªcampanha.

Fonte: Tetra Mais / Econsult, 2021.

B. Variáveis selecionadas

B.1. Qualidade das águas superficiais

Com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas superficiais nas áreas de influência do empreendimento, foi selecionado um conjunto de variáveis físico-químicas e bacteriológicas, tendo como base a listagem de parâmetros definida pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2 e pela Norma Técnica NBR 12.649 que trata da caracterização de cargas poluidoras das atividades de mineração.

A avaliação da qualidade das águas superficiais compreendeu toda a série de parâmetros físico-químicos, biológicos e bacteriológicos, incluindo metais pesados e compostos orgânicos, coincidentes com os avaliados no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014),

conforme citado. Na Tabela 8.1-23 consta a listagem dos parâmetros analisados, com a respectiva unidade, o Limite de Quantificação (L.Q.) e a metodologia analítica adotada.

Tabela 8.1-23 - Parâmetros analisados na caracterização da qualidade das águas superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
FÍSICO-QUÍMICOS			
Cianeto Livre	mg/L	0,001	ASTM D 7237-15a
Cloreto	mg/L	0,5	POP PA 032
Cloro Residual*	mg/L	0,01	POP PA 010 - Rev.09
Cor Verdadeira*	mg Pt/L	5	SMWW 2120 C
DBO	mg/L	3 a 5	SMWW 5210 B
DQO	mg/L	40	SMWW 5220 D
Fluoreto	mg/L	0,05 a 0,5	POP PA 032
Fósforo Total	mg/L	0,01	SMWW 3125 B
Nitrato (como N)	mg/L	0,3	SMWW 4500 NO3- F
Nitrito (como N)	mg/L	0,01	SMWW 4500 NO2- B
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	ISO 11732: 2005
Óleos e Graxas Visíveis*	-	-	SMWW 2110
Oxigênio Dissolvido*	mg/L	0,1	SMWW 4500O G
pH (a 25°C)*	-	2-13	SMWW 4500H+ B
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	5	SMWW 2540 A, B, C, D, E
Sulfato	mg/L	0,5	POP PA 032
Sulfetos (como H_2S não dissociado)	mg/L	0,002	SMWW 4500 S-2 H
Temperatura da Água*	°C	1-50	SMWW 2550 B
Turbidez	UNT	0,1	SMWW 2130 B
BIOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS			
Clorofila-a	µg/L	1	SMWW 10200 H
Coliformes Termotolerantes *(E. coli)*	NMP/100mL	10	SMWW 9223 B
Coliformes Totais	NMP/100mL	10	SMWW 9223 B
Densidade de Cianobactérias	cél./mL	3	SMWW 10200

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
METAIS E SEMIMETAIS			
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Antimônio	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Arsênio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Bário Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Berílio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Boro Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Cádmio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Chumbo Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Cobalto	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Cobre Dissolvido	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Cromo Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Ferro Dissolvido	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Lítio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Manganês Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Mercúrio Total	mg/L	0,0001	SMWW 3125 B
Níquel Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Prata Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Selênio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Urânio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Vanádio Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
Zinco Total	mg/L	0,001	SMWW 3125 B
SOLVENTES AROMÁTICOS VOLÁTEIS - BETX			
Benzeno	µg/L	0,5	EPA 8260 D: 2018
Etilbenzeno	µg/L	1	EPA 8260 D: 2018
Tolueno	µg/L	1	EPA 8260 D: 2018
Xilenos	µg/L	3	EPA 8260 D: 2018
COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI VOLÁTEIS			
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,2	POP PA 023 - Rev.14
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	ISO 14402: 1999

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
1,1-Dicloroeteno	mg/L	0,001	EPA 8260 D: 2018
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,001	EPA 8260 D: 2018
2,4,5-T	µg/L	0,005	EPA 8270 E-1:2018
2,4,5-TP	µg/L	0,005	EPA 8270 E-1:2018
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,000003	EPA 8270 E-1:2018
2,4-D	µg/L	0,1 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,1 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
2-Clorofenol	µg/L	0,005	EPA 8270 E-1:2018
Acrilamida	µg/L	0,1	POP PA 188
Alaclor	µg/L	0,005	EPA 8270 E-1:2018
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,002	EPA 8270 E-1:2018
Atrazina	µg/L	0,05 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Benzidina	µg/L	0,0001	POP PA 166
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Carbaril	µg/L	0,02 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,002	EPA 8270 E-1:2018
Criseno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE)	µg/L	0,002	EPA 8270 E-1:2018
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,03 e 0,01	EPA 8270 E-1:2018
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Dibromofluorometano	%	-	EPA 8260 D: 2018
Diclorometano	mg/L	0,001	EPA 8260 D: 2018
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	0,001	EPA 8270 E-1:2018
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	0,003	EPA 8270 E-1:2018
Endrin	µg/L	0,001	EPA 8270 E-1:2018
Estireno	mg/L	0,001	EPA 8260 D: 2018

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
Glifosato	µg/L	0,005 a 0,05	POP PA 032
Gution	µg/L	0,004	EPA 8270 E-1:2018
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,002	EPA 8270 E-1:2018
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,005	EPA 8270 E-1:2018
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Lindano (g-HCH)	µg/L	0,01 e 0,001	EPA 8270 E-1:2018
Malation	µg/L	0,01 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Metolacloro	µg/L	0,05 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Metoxicloro	µg/L	0,001	EPA 8270 E-1:2018
Paration	µg/L	0,04 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
p-Bromofluorbenzeno	%	-	EPA 8260 D: 2018
Pentaclorofenol	mg/L	0,00001 e 0,000005	EPA 8270 E-1:2018
Simazina	µg/L	0,05 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
Tetracloreto de Carbono	mg/L	0,0005	EPA 8260 D: 2018
Tetracloroeteno	mg/L	0,001	EPA 8260 D: 2018
Toxafeno	µg/L	0,01	EPA 8081 B: 2007
Tributilestanho	µg/L	0,005	POP PA 167
Triclorobenzenos	mg/L	0,003	EPA 8260 D: 2018
Tricloroeteno	mg/L	0,0005	EPA 8260 D: 2018
Trifluralina	µg/L	0,05 e 0,005	EPA 8270 E-1:2018
BIFENILAS POLICLORADAS			
PCB´s - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	EPA 8270 E-1:2018

*Legenda: * Variáveis medidas em campo. LQ- Limite de quantificação do método analítico (-) não se aplica.*
Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As coletas de água e dos sedimentos estiveram a cargo do laboratório Mérieux NutriSciences Brasil.

Para acesso a alguns pontos dos açudes foi utilizado barco. Previamente à tomada de amostras, foram anotadas em cada ponto de coleta as seguintes informações sobre os corpos d'água avaliados e as condições predominantes do entorno, visando dar subsídios à interpretação dos resultados analíticos: identificação do ponto com os códigos adotados pelo

projeto, localização geográfica com GPS, data e hora de coleta, condição predominante do tempo durante a coleta e ocorrência de chuva nas últimas 24 horas e presença de mata ciliar no entorno. Adicionalmente foram anotados nas fichas se havia nos açudes amostrados materiais flutuantes, resíduos sólidos e corantes artificiais.

Os trabalhos de campo incluíram ainda medições diretas para determinação das seguintes variáveis: temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido - OD (sonda multiparâmetros- Figura 8.1-168), além de cloro residual. O equipamento utilizado em campo foi devidamente calibrado em laboratório da Rede Brasileira de Calibração (RBC) (Anexo 8.1-XI) e verificado com padrões rastreáveis de forma a garantir a precisão e a exatidão dos dados obtidos.

A coleta da água foi realizada com base nos métodos propostos *pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) 23ª edição (APHA, 2017), pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011) e pelas normas da ABNT-NBR (10007/2004).

Em cada ponto amostral, coletaram-se amostras na subsuperfície, com uso de garrafa de Van Dorn (Figura 8.1-169), que foram posteriormente transferidas para frascos específicos para cada tipo de análise. As amostras foram acondicionadas e mantidas refrigeradas durante o transporte até o laboratório da empresa Mérieux NutriSciences Brasil, o qual é acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação - CGCRE do INMETRO - Inmetro Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, segundo os requisitos da NBR ISO/IEC 17025 (Anexo 8.1-XII).

Figura 8.1-168 - Sonda multiparâmetros usada para as medições in situ.

Fonte: Econsult, 2021.

Figura 8.1-169 - Garrafa de Van Dorn utilizada na amostragem de água.

Fonte: Tetra Mais, 2021.

Em laboratório, as análises seguiram as normas técnicas preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2012, 2017), pela *United State Environmental Protection Agency – EPA* (1992, 2007, 2018), além dos protocolos internos do laboratório. Os laudos analíticos, as cadeias de custódia e os certificados de calibração dos equipamentos de medição *in situ* constam nos Anexo 8.1-XIV, Anexo 8.1-XIII e Anexo 8.1-XI, respectivamente.

Análise dos Dados

Para avaliação dos resultados obtidos nos pontos amostrados, os dados foram consolidados em gráficos de barras, comparando-se aos valores determinados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2.

Nas representações gráficas, a linha vermelha indica o VMP - Valor Máximo Permitido de acordo com essa legislação e a ausência de barras significa valores abaixo do respectivo Limite de Quantificação do Método Analítico (L.Q.). Para oxigênio dissolvido (OD) e pH, as barras indicam o valor mínimo e a faixa limite permitidos pela referida Resolução, respectivamente.

Utilizou-se ainda o Índice de Estado Trófico (IET) adotado pela CETESB (2020). Este indicador leva em consideração os dados relativos à clorofila-a e ao fósforo total, tendo por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia e apontar o nível de enriquecimento das águas com nutrientes, processo que interfere diretamente no crescimento do fitoplâncton e de macrófitas aquáticas. Os resultados desse indicador são classificados nas categorias: Ultraoligotrófico (IET ≤ 47), Oligotrófico (47 < IET ≤ 52), Mesotrófico (52 < IET ≤ 59), Eutrófico (59 < IET ≤ 63), Supereutrófico (63 < IET ≤ 67) e Hipereutrófico (IET> 67).

Conforme citado, no presente relatório adotaram-se para comparação os dados obtidos nas quatro campanhas, realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), constante no Anexo 8.1-X.

B.2. Qualidade dos sedimentos

Com o objetivo de avaliar a qualidade dos sedimentos na AID e ADA do PSQ foi analisado um conjunto de parâmetros tendo como base a Resolução CONAMA nº 454/2012 e o *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 2001), incluindo análises físicas, nutrientes, metais e semimetais e compostos orgânicos, conforme listagem apresentada na Tabela 8.1-24 onde consta a unidade, o Limite de Quantificação (LQ) e a metodologia analítica adotada. Conforme detalhado no item 8.1.9.1 foram coletadas amostras em cinco pontos.

Tabela 8.1-24 - Parâmetros analisados na caracterização da qualidade dos sedimentos - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
FÍSICO			
% Sólidos	% p/p	0,05	SMWW 2540 G
Granulometria	g/kg	-	ISO 13320: 2009 / POP PA 180
NUTRIENTES E COT			
Carbono Orgânico Total	% p/p	0,05	POP PA 182
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	24	POP PA 005
Fósforo Total	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
METAIS E SEMIMETAIS			
Arsênio	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
Cádmio	mg/kg	0,1	EPA 6010 D-1
Chumbo	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
Cobre	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
Cromo	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
Mercúrio	mg/kg	0,05	EPA 245.7
Níquel	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
Zinco	mg/kg	1	EPA 6010 D-1
COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMIVOLÁTEIS			
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS			
Cis Clordano (Alfa Clordano)	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
DDD (isômeros)	µg/kg	0,13	EPA 8270 E-1, POP PA 076
DDE (isômeros)	µg/kg	0,13	EPA 8270 E-1, POP PA 076
DDT (isômeros)	µg/kg	0,13	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Dieldrin	µg/kg	0,18	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Endrin	µg/kg	0,18	EPA 8270 E-1, POP PA 076
HCH Alfa	µg/kg	0,09	EPA 8270 E-1, POP PA 076
HCH Beta	µg/kg	0,09	EPA 8270 E-1, POP PA 076
HCH Delta	µg/kg	0,09	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Lindano (g-HCH)	µg/kg	0,09	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Trans Clordano (Gama Clordano)	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076

PARÂMETROS	UNIDADE	L.Q.	METODOLOGIA ANALÍTICA
PCBS			
Bifenilas Policloradas	µg/kg	3,5	EPA 8270 E-1, POP PA 076
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAS)			
Acenafteno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Acenaftileno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Antraceno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Benzo(a)antraceno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Benzo(a)pireno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Criseno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Fenantreno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Fluoranteno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Fluoreno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
2-Metilnaftaleno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Naftaleno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Pireno	µg/kg	0,3	EPA 8270 E-1, POP PA 076
Total de HAPs	mg/kg	5,1	EPA 8270 E-1, POP PA 076

Legenda: LQ- Limite de quantificação do método analítico.
Elaboração: Tetra Mais, 2021.

A coleta dos sedimentos foi realizada com base nos métodos propostos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) 23ª edição (APHA, 2017) e pelo Guia Nacional de coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011).

As amostras foram obtidas com pegador de fundo (Figura 8.1-170) distribuídas em bandeja de inox para homogeneização e posteriormente acondicionadas em frascos específicos, sendo mantidas refrigeradas durante o transporte ao laboratório da Mérieux NutriSciences Brasil, o qual é acreditado pelo CGCRE do INMETRO, segundo a norma NBR ISO/IEC 17025.

Os laudos analíticos com os resultados dos parâmetros analisados nos sedimentos e as cadeias de custódia estão apresentadas nos Anexo 8.1-XIV e Anexo 8.1-XIII, respectivamente.

Figura 8.1-170 - Coleta de sedimentos com amostrador de fundo.

Fonte: Tetra Mais, 2021.

Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram comparados aos critérios de classificação definidos pela *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 2001). Cabe indicar que os padrões de referência da CCME serviram como base para a delimitação de valores utilizados em território nacional pela Resolução CONAMA nº 454/12 (níveis 1 e 2), que é direcionada a materiais resultantes de processos de dragagem.

A CCME (2001) adota dois níveis de classificação dos sedimentos:

+ ISQG (*Interium Sediment Quality Guidelines*) ou TEL (*Thereshold Effect Level*) - indica o limiar abaixo do qual há menor probabilidade de causar efeitos adversos à biota;
+ PEL (*Problably Effect Level*) - limiar acima do qual há maior probabilidade provocar efeitos adversos à biota.

Os resultados dos parâmetros carbono orgânico total, nitrogênio kjeldahl total e fósforo total foram comparados aos valores alertas previstos na Resolução CONAMA nº 454/12, tendo em vista que eles não são contemplados no CCME (2001).

Conforme apresentado no item 8.1.8 os dados obtidos na avaliação da qualidade dos sedimentos também foram sistematizados em gráficos de barras, nos quais a linha vermelha indica o TEL ou o valor alerta. A ausência de barras significa valores abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico.

C. Resultados obtidos da qualidade das águas superficiais

Nas Tabela 8.2-23 e Tabela 8.1-26 são descritos os resultados das análises de laboratório e das medições em campo dos parâmetros de qualidade das águas obtidos nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro/2021. Conforme citado, os dados foram comparados aos valores máximos permitidos (VMP) que constam da Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classes 2. Os resultados destacados em vermelho referem-se às concentrações não conformes (acima do padrão) com os limites estabelecidos por esse dispositivo legal.

Tabela 8.1-25 - Resultados das análises da qualidade das águas superficiais na AID - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
FÍSICO-QUÍMICO						
Cianeto Livre	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cloreto Total	mg/L	250	343	497	357	491
Cloro Residual*	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	60,7	61,1	61,4	20,5
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	< 3	5,6	< 3	7,6
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	124	157	126	155
Fluoreto Total	mg/L	1,4	0,84	< 0,5	0,83	0,98
Fósforo Total	mg/L	0,03	0,52	< 0,01	0,26	0,19
Nitrato (como N)	mg/L	10	0,9	< 0,1	0,83	< 0,1
Nitrito (como N)	mg/L	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	1	< 0,1	< 0,1	0,108	< 0,1
Óleos e Graxas Visíveis*	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Oxigênio Dissolvido*	mg/L	> 5	< 0,1	4,3	< 0,1	3,5
pH*	-	6-9	8,47	8,35	8,45	8,27
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	1.251	1.396	1.429	1.459

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Sulfato Total	mg/L	250	172	255	177	263
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Temperatura da Água*	°C	-	25,8	28,4	26,6	29,1
Turbidez	UNT	100	44,2	90,1	44,2	52,1
BIOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS						
Clorofila-a	µg/L	30	3,17	12,4	5,29	17,2
Coliformes Termotolerantes (*E. coli*)	NMP/100mL	1.000	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	> 24200	> 24200	19863	> 24200
Cianobactérias	cél/mL	50.000	47.700	260.000	46.200	234
METAIS E SEMIMETAIS						
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,0488	< 0,001	< 0,001	0,0034
Antimônio	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Total	mg/L	0,7	0,119	0,165	0,110	0,184
Berílio Total	mg/L	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro Total	mg/L	0,5	0,132	0,164	0,135	0,238

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Cádmio Total	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	< 0,001	0,0018	< 0,001	< 0,001
Cobalto Total	mg/L	0,05	0,0012	0,0031	0,0011	0,0015
Cobre Dissolvido	mg/L	0,009	< 0,001	0,0033	< 0,001	< 0,001
Cromo Total	mg/L	0,05	0,0016	0,0083	0,0024	0,0034
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,0658	0,0698	0,0593	0,0383
Lítio Total	mg/L	2,5	< 0,001	0,0022	< 0,001	0,0016
Manganês Total	mg/L	0,1	0,628	1,18	0,746	1,05
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Níquel Total	mg/L	0,025	0,0029	0,0075	0,0027	0,0037
Prata Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Urânio Total	mg/L	0,02	0,0034	0,0026	0,0032	0,0036
Vanádio Total	mg/L	0,1	0,0132	0,0213	0,0117	0,0131
Zinco Total	mg/L	0,18	0,0149	0,0175	0,0038	0,206

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
SOLVENTES AROMÁTICOS VOLÁTEIS - BETX						
Benzeno	mg/L	0,005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Etilbenzeno	µg/L	90	< 1	< 1	< 1	< 1
Tolueno	µg/L	2	< 1	< 1	< 1	< 1
Xilenos	µg/L	300	< 3	< 3	< 3	< 3
COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI VOLÁTEIS						
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5	0,28	0,46	0,27	0,34
Índice de Fenóis	mg/L	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,1-Dicloroeteno	mg/L	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2,4,5-T	µg/L	2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,01	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003
2,4-D	µg/L	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	< 0,1	< 0,005	< 0,1	< 0,005
2-Clorofenol	µg/L	0,1	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Acrilamida	µg/L	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Alaclor	µg/L	20	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Atrazina	µg/L	2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
Benzidina	µg/L	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Carbaril	µg/L	0,02	< 0,02	< 0,005	< 0,02	< 0,005
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,04	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Criseno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE)	µg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,1	< 0,03	< 0,01	< 0,03	< 0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Diclorometano	mg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	0,056	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Endrin	µg/L	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Estireno	mg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Glifosato	µg/L	65	< 25	< 50	< 25	< 50
Gution	µg/L	0,005	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Lindano (g-HCH)	µg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Malation	µg/L	0,1	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Metolacloro	µg/L	10	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Paration	µg/L	0,04	< 0,04	< 0,005	< 0,04	< 0,005
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	< 0,00001	< 0,000005	< 0,00001	< 0,000005
Simazina	µg/L	2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Tetracloreto de Carbono	mg/L	0,002	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Tetracloroeteno	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Toxafeno	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tributilestanho	µg/L	0,063	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Triclorobenzenos	mg/L	0,02	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Tricloroeteno	mg/L	0,03	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Trifluralina	µg/L	0,2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
PCB´s - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

*Legenda: VMP – Valores Máximos Permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas classe 2. Para oxigênio dissolvido e pH, o VMP corresponde ao valor mínimo e à faixa limite estabelecida pela legislação, respectivamente. * Parâmetros medidos em campo. - Não se aplica ou não analisado. (1) O limite de nitrogênio amoniacal varia conforme o pH (2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 e 0,5 mg/L N, para pH > 8,5). Os resultados destacados em vermelho referem-se às concentrações acima do padrão da legislação.*

Tabela 8.1-26 - Resultados das análises da qualidade das águas superficiais em pontos fora dos limites das áreas de influência - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
FÍSICO-QUÍMICOS								
Cianeto Livre	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cloreto Total	mg/L	250	80,4	100	21	21	199	219
Cloro Residual*	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	32,4	29,2	42,2	28,4	21,2	22,5
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	< 3	6,8	4	4,2	< 3	4,1
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	112	110	67	49	82	73,2
Fluoreto Total	mg/L	1,4	0,84	0,69	< 0,05	0,11	0,83	< 0,25
Fósforo Total	mg/L	0,03	< 0,01	0,01	0,06	0,07	0,09	< 0,01
Nitrato (como N)	mg/L	10	0,37	< 0,1	< 0,3	< 0,1	0,3	0,13
Nitrito (como N)	mg/L	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Óleos e Graxas Visíveis*	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Oxigênio Dissolvido*	mg/L	> 5	< 0,1	4,7	4,5	4,4	5,1	4,9

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
pH*	-	6-9	8,26	8,37	8,44	8	8,38	8,33
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	387	404	159	130	515	519
Sulfato Total	mg/L	250	8,4	4,1	1	< 0,5	6,54	6,16
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Temperatura da Água*	°C	-	24,9	31,8	29,3	30,4	25,8	30,1
Turbidez	UNT	100	44,2	25,6	40,1	11,9	44,2	29,8
BIOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS								
Clorofila-a	µg/L	30	4,07	9,56	7,17	5,82	4,46	7,72
Coliformes Termotolerantes (*E. coli)*	NMP/100mL	1.000	< 10	31	41	< 10	< 10	41
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	1956	> 24200	> 24200	> 24200	> 24200	15500
Cianobactérias	cél/mL	50.000	51.700	562.000	302.000	1.100.000	152.000	1.560.000
METAIS E SEMIMETAIS								
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,0586	0,0155	0,0096	< 0,001	0,0117	< 0,001
Antimônio	mg/L	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bário Total	mg/L	0,7	0,008	0,107	0,041	0,044	0,057	0,049

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Berílio Total	mg/L	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro Total	mg/L	0,5	< 0,001	0,0168	< 0,001	< 0,001	0,011	0,0266
Cádmio Total	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0013	< 0,001
Cobalto Total	mg/L	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0013	< 0,001
Cobre Dissolvido	mg/L	0,009	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo Total	mg/L	0,05	< 0,001	< 0,001	0,0024	< 0,001	0,0045	0,0012
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,295	0,048	0,0986	0,0501	0,0861	0,0085
Lítio Total	mg/L	2,5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Manganês Total	mg/L	0,1	0,0257	0,0917	0,0685	0,037	0,185	0,0911
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Níquel Total	mg/L	0,025	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0021	< 0,001
Prata Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selênio Total	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Urânio Total	mg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanádio Total	mg/L	0,1	< 0,001	0,0019	0,0039	< 0,001	0,0049	0,0021

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Zinco Total	mg/L	0,18	0,0012	0,0042	0,0089	< 0,001	0,146	0,0976
SOLVENTES AROMÁTICOS VOLÁTEIS - BETX								
Benzeno	mg/L	0,005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Etilbenzeno	µg/L	90	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tolueno	µg/L	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Xilenos	µg/L	300	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI VOLÁTEIS								
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5	0,27	0,28	< 0,2	1,96	0,21	0,2
Índice de Fenóis	mg/L	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,1-Dicloroeteno	mg/L	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2,4,5-T	µg/L	2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,01	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003	< 0,000003
2,4-D	µg/L	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	< 0,1	< 0,005	< 0,1	< 0,005	< 0,1	< 0,005

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
2-Clorofenol	µg/L	0,1	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Acrilamida	µg/L	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Alaclor	µg/L	20	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Atrazina	µg/L	2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
Benzidina	µg/L	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Carbaril	µg/L	0,02	< 0,02	< 0,005	< 0,02	< 0,005	< 0,02	< 0,005
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,04	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Criseno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE)	µg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,1	< 0,03	< 0,01	< 0,03	< 0,01	< 0,03	< 0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Diclorometano	mg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	0,056	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Endrin	µg/L	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Estireno	mg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Glifosato	µg/L	65	< 25	< 25	< 5	< 5	< 25	< 25
Gution	µg/L	0,005	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Indeno(1,2,3,cd)pireno	µg/L	0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Lindano (g-HCH)	µg/L	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Malation	µg/L	0,1	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005
Metolacloro	µg/L	10	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Paration	µg/L	0,04	< 0,04	< 0,005	< 0,04	< 0,005	< 0,04	< 0,005
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	< 0,00001	< 0,000005	< 0,00001	< 0,000005	< 0,00001	< 0,000005

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
			P09		P10		P11	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Simazina	µg/L	2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
Tetracloreto de Carbono	mg/L	0,002	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Tetracloroeteno	mg/L	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Toxafeno	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tributilestanho	µg/L	0,063	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Triclorobenzenos	mg/L	0,02	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Tricloroeteno	mg/L	0,03	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Trifluralina	µg/L	0,2	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005	< 0,05	< 0,005
PCB´s - Bifenilas Policloradas	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

*Legenda: VMP – Valores Máximos Permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas classe 2. Para oxigênio dissolvido e pH, o VMP corresponde ao valor mínimo e à faixa limite estabelecida pela legislação, respectivamente. * Parâmetros medidos em campo. - Não se aplica ou não analisado. (1) O limite de nitrogênio amoniacal varia conforme o pH (2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 e 0,5 mg/L N, para pH > 8,5). Os resultados destacados em vermelho referem-se às concentrações acima do padrão da legislação.*

Durante as coletas, o tempo se manteve predominantemente bom, sendo registrada a ocorrência de chuvas no período de 24 horas antecedentes apenas na segunda campanha (fevereiro/2021). No entorno dos açudes amostrados observou-se ausência de mata ciliar (Tabela 8.1-27 e Tabela 8.1-28).

Tabela 8.1-27 - Registros de campo da Área de Influência Direta (AID) - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

REGISTROS DE CAMPO	AÇUDE QUIXABA			
	P01		P02	
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Data da Coleta	27/11/2020	10/02/2021	27/11/2020	10/02/2021
Hora da Coleta	11h20	09h45	11h50	10h41
Condição do Tempo Durante a Coleta	Bom	Bom	Bom	Bom
Chuva nas Últimas 24h	Não	Sim	Não	Sim
Mata Ciliar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Elaboração: Econsult, 2021.

Tabela 8.1-28 - Registros de campo em pontos dos açudes localizados fora dos limites das áreas de influência - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

REGISTROS DE CAMPO	AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
	P09		P10		P11	
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Data da Coleta	27/11/2020	10/02/2021	27/11/2020	11/02/2021	27/11/2020	10/02/2021
Hora da Coleta	8h45	13h29	16h00	11h23	9h45	11h30
Condição do Tempo Durante a Coleta	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Chuva nas Últimas 24h	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Mata Ciliar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Elaboração: Econsult, 2021.

A seguir, são descritos os resultados das principais variáveis analisadas na área de influência do PSQ, possibilitando estabelecer uma comparação entre os pontos analisados. Na representação gráfica, a linha tracejada vermelha representa o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2. Cabe indicar que não foram elaborados gráficos para os parâmetros cujos resultados foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico, em todos os pontos ou na maioria.

C.1. Parâmetros físico-químicos

Cianeto Livre

Os cianetos podem ser gerados em várias atividades industriais, tais como galvanização e produção de plásticos, sendo bastante tóxicos na forma iônica. A Resolução CONAMA nº 357/05 determina, para águas doces classe 2, o valor máximo de 0,005 mg/L de cianeto livre. Nas campanhas realizadas nos períodos seco (novembro/2020) e chuvoso (fevereiro/2021), em todas as amostras analisadas, as concentrações de cianeto livre permaneceram em níveis inferiores ao limite de quantificação do método analítico (< 0,001 mg/L), estando, portanto, em conformidade com a legislação, reproduzindo um resultado semelhante ao verificado nas quatro campanhas realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (vide Anexo 8.1-X).

Cloreto Total

O cloreto é um constituinte encontrado geralmente com baixas concentrações em águas naturais, exceto em zonas costeiras e em regiões do semiárido onde são maiores os níveis de evaporação das águas superficiais. Concentrações mais elevadas desse íon constituem indícios de contaminação das águas por esgotos sanitários. A Resolução CONAMA nº 357/05 determina o valor máximo de 250 mg/L para cloreto em águas doces classe 2.

Nos pontos P01 e P02, situados no açude Quixaba, foram detectadas concentrações de cloreto acima do padrão da legislação, em ambas as campanhas. Os valores sofreram um incremento no período chuvoso (fevereiro/2021), quando foram obtidos os máximos de 497 mg/L (P01) e 491 mg/L (P02). Nos demais pontos analisados, os níveis foram conformes com a legislação (Figura 8.1-171).

Nas amostragens conduzidas em 2011 em todos os pontos amostrados, os teores de cloreto variaram de 30 mg/L (P08, maio/2011) a 175 mg/L (P02, agosto/2011), indicando que não houve desconformidade do padrão legal (vide Anexo 8.1-X).

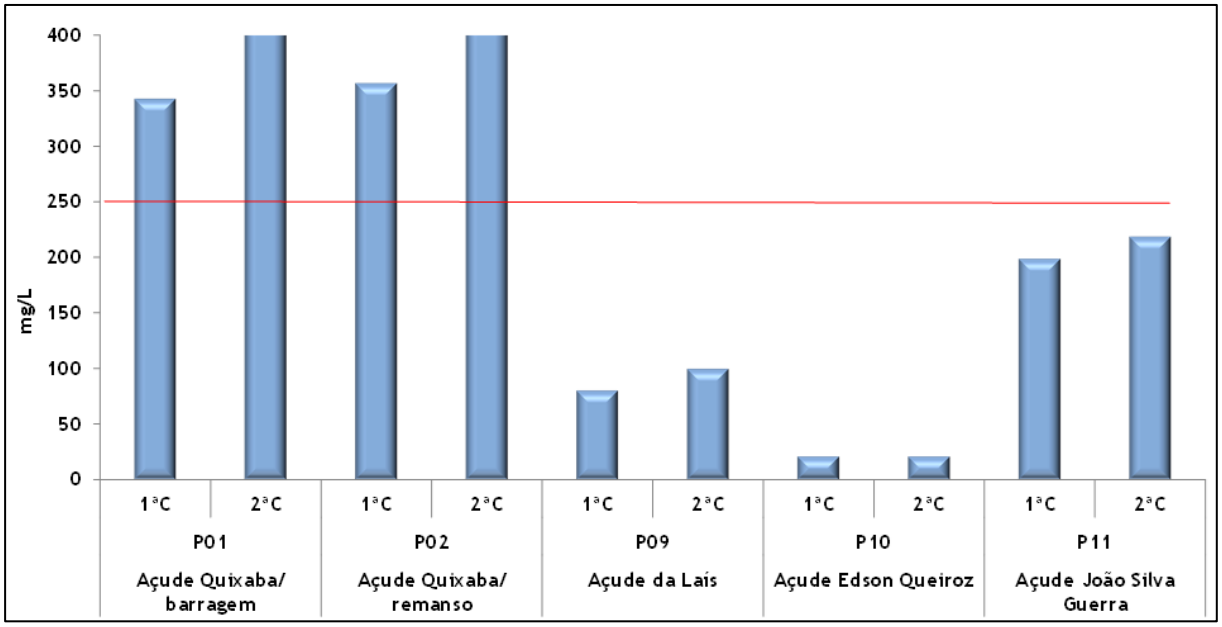


Figura 8.1-171 - Cloreto nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Cor Verdadeira

A cor verdadeira da água deve-se à presença de substâncias em solução, geralmente resultantes da decomposição de restos vegetais, tais como ácidos fúlvicos e húmicos, que conferem aos cursos d'água uma coloração amarelada a marrom, assumindo tonalidade mais escura na presença de compostos de ferro. A introdução de sólidos a partir da bacia de drenagem, a ressuspensão dos sedimentos e o desenvolvimento do fitoplâncton, em geral, afetam as propriedades óticas de um corpo d'água através do aumento da cor e também da turbidez.

A cor é um parâmetro estético, de especial interesse para mananciais destinados ao abastecimento público, já que níveis de coloração intensa tendem a causar rejeição das águas para consumo humano. Porém, níveis elevados de cor podem estar associados a parâmetros de interesse sanitário, como floração de algas, presença de metais e de outros contaminantes que causam problemas de saúde pública.

A Resolução CONAMA nº 357/05 determina o máximo de 75 mg Pt/L de cor verdadeira para águas doces classe 2. Nos pontos analisados os valores obtidos nas duas campanhas mais recentes (novembro/2020 e fevereiro/2021) foram condizentes com o padrão da legislação, com o máximo de 61,4 mg Pt/L, no ponto P02 (açude Quixaba), conforme Figura 8.1-172. O mesmo ocorreu nas quatro campanhas realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), tendo valores abaixo do limite estabelecido pela legislação (vide Anexo 8.1-X).

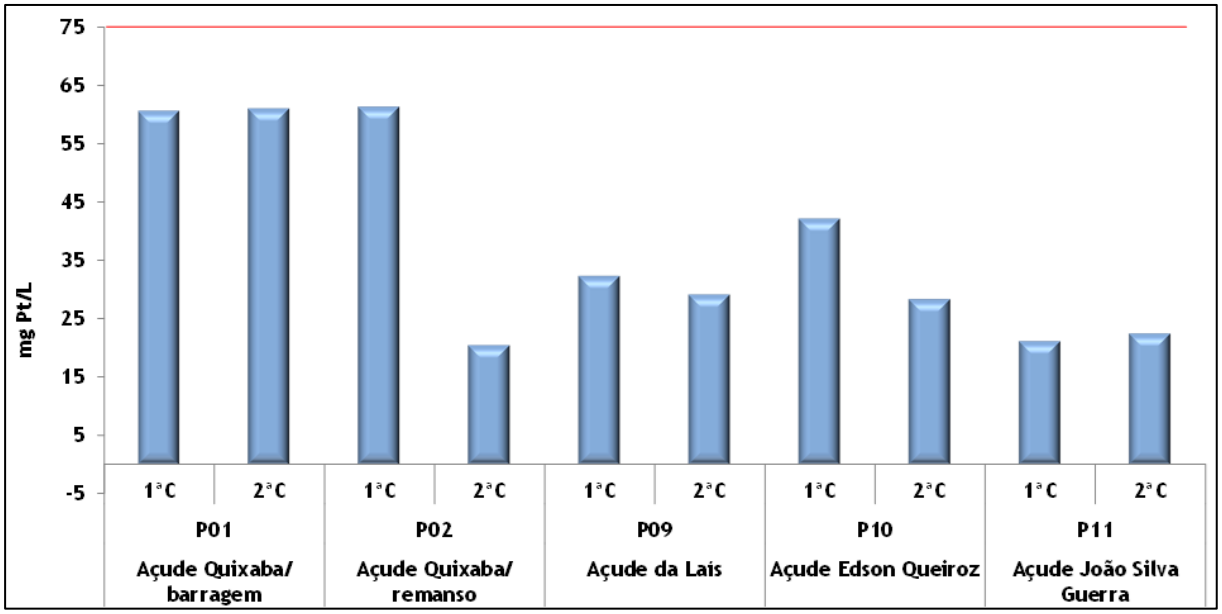


Figura 8.1-172 - Cor Verdadeira nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável. A Resolução CONAMA nº 357/05 determina, para águas doces classe 2, o valor máximo de 5 mg/L de DBO.

Na maioria dos pontos avaliados na campanha de novembro/2020 (período seco), as concentrações de DBO permaneceram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (3 mg/L), com exceção apenas do açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII), onde se obteve 4 mg/L, estando, portanto, todos os resultados em conformidade com a legislação.

Contudo, na campanha realizada no período chuvoso (fevereiro/2021), a maioria dos pontos apresentou concentrações de DBO superiores ao padrão legal, com 5,6 mg/L (P01) e 7,6 mg/L (P02), no açude Quixaba, e 6,8 mg/L no açude da Laís (P09) (Figura 8.1-173), o que pode refletir maior aporte difuso de matéria orgânica com a ocorrência das chuvas.

Mesmo com as desconformidades mencionadas, o resultado obtido no período mais recente (2020-2021), representa uma melhoria em relação aos dados obtidos no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando os sistemas aquáticos avaliados apresentaram elevados teores de DBO, com extrapolação do padrão da legislação, tanto no período seco como no chuvoso, atingindo pico de 31 mg/L (P01, açude Quixaba, abril/2011) (vide Anexo 8.1-X).

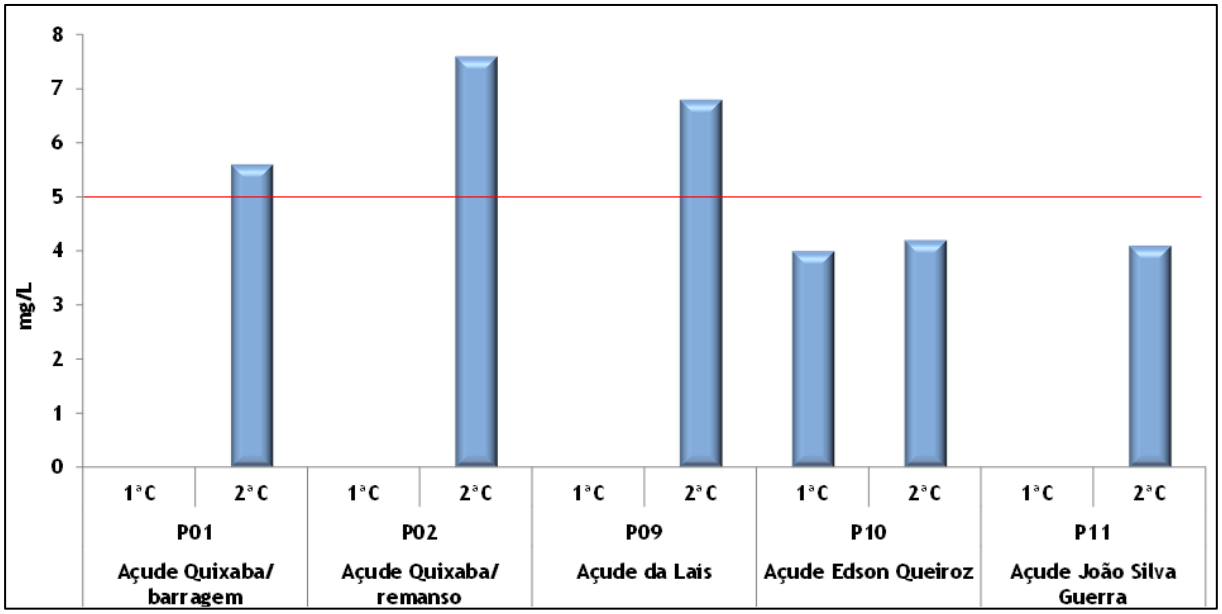


Figura 8.1-173 - Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

DQO – Demanda Química de Oxigênio

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Como a DBO afere apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproximar da DQO, maior é o potencial de degradação biológica dos compostos presentes em determinada amostra. Não há na Resolução CONAMA nº 357/05 padrões para esta variável.

Em novembro/2020 e fevereiro/2021, os valores de DQO variaram entre 49 mg/L (P10, açude Edson Queiroz) a 157 mg/L (P01, açude Quixaba), ambos verificados na campanha de fevereiro/2021 conforme Figura 8.1-174. Nos levantamentos conduzidos no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), o maior pico de DQO foi de 72 mg/L (P02 – açude Quixaba, abril/2011) (vide Anexo 8.1-X).

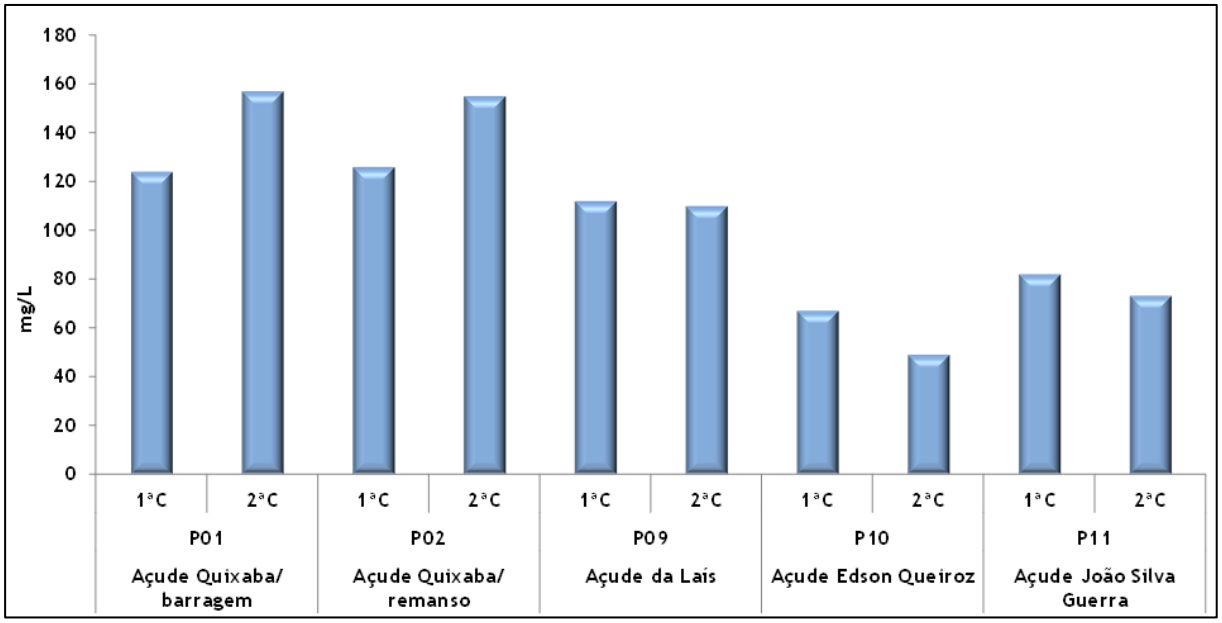


Figura 8.1-174- Demanda Química de Oxigênio - DQO nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Fluoreto Total

Fluoreto é a forma iônica do flúor, sendo normalmente encontrado em águas naturais em níveis traço, enquanto as concentrações elevadas geralmente estão associadas a fontes subterrâneas. Em locais onde existem minerais ricos em flúor, as águas podem ter concentrações que superam 10 mg/L. Alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade (CETESB, 2014). A Resolução CONAMA nº 357/05 determina o máximo de 1,4 mg/L de fluoreto para águas doces classe 2.

Na rede amostral, as concentrações de fluoreto em novembro/2020 e fevereiro/2021 atenderam ao padrão legal em todos os pontos avaliados, com níveis abaixo do limite de quantificação nos açudes Edson Queiroz (P10 – novembro/2020), Quixaba (P01 – fevereiro/2021) e João Silva Guerra (P11 - novembro/2020) a um máximo de 0,84 mg/L nos açudes Quixaba (P01) e da Laís (P09), ambos em novembro/2020(Figura 8.1-175). Padrão semelhante de baixas concentrações de fluoreto foi reportado nas amostragens do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando todas as amostras de fluoreto total permaneceram em níveis inferiores ao limite de quantificação do método analítico (vide Anexo 8.1-X).

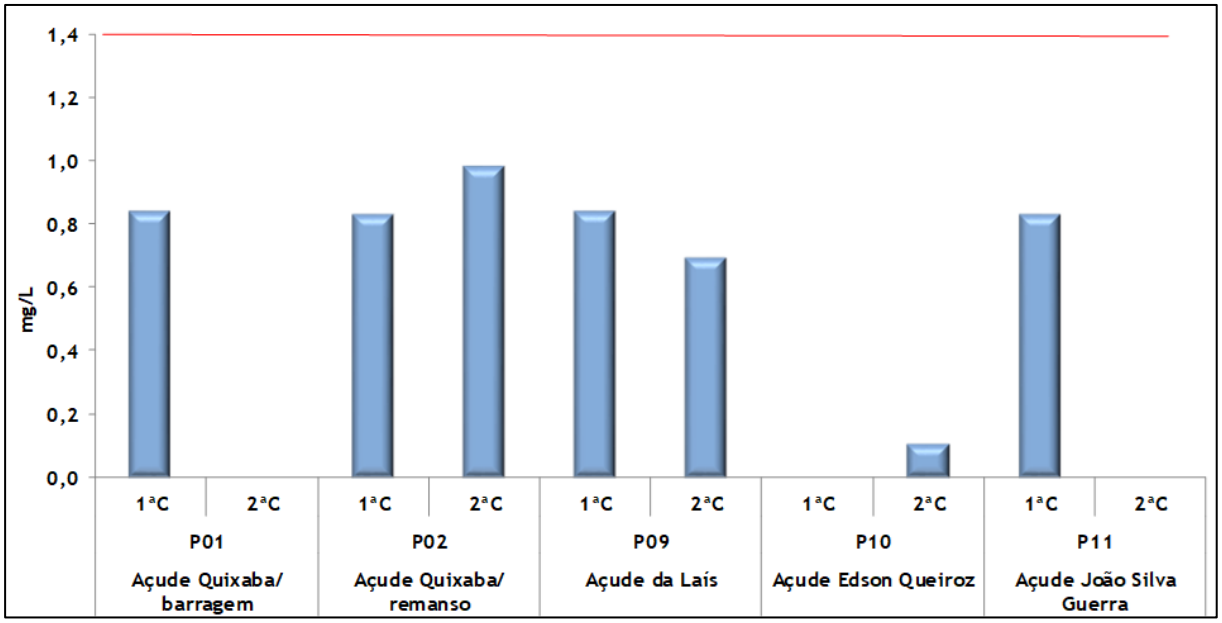


Figura 8.1-175 - Fluoreto Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Fósforo Total

O fósforo na água ocorre principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. As principais fontes de fósforo nas águas nas áreas urbanas são provenientes da introdução de esgotos domésticos, enquanto nas zonas rurais predominam as fontes difusas, associadas aos dejetos de bovinos, além de fertilizantes agrícolas. A Resolução CONAMA nº 357/05 define para ambientes lênticos (classe 2) o limite máximo de 0,03 mg/L de fósforo total.

As concentrações de fósforo total, nos açudes analisados, evidenciaram elevado conteúdo deste nutriente na maioria das amostras, com exceção apenas do açude da Laís (P09) com valor máximo de 0,0149 mg/L, em novembro/2021, e nos açudes Quixaba (P01) e João Silva Guerra (P11), também em novembro/2021, quando a concentração não atingiu o limite de quantificação do método analítico (<0,01 mg/L).

Nas demais amostras, houve extrapolação do padrão estabelecido pela legislação, com valores máximos no açude Quixaba, com 0,521 mg/L (P01) e 0,264 mg/L (P02), em fevereiro/2021. Esse resultado provavelmente se relaciona à decomposição de material orgânico acumulado no corpo hídrico, além da possível associação com a matriz geológica regional, rica em fosfato.

O diagnóstico de geologia (item 8.1.6) cita que, de acordo com Veríssimo e colaboradores (2016), as mineralizações de interesse na região ocorrem em três minerais de

fosfato. Acredita-se que o fósforo é de origem sedimentar, associada a depósitos de fosforito no mesmo ambiente de deposição do Grupo Itataia, mas que foi remobilizado e reconcentrado em eventos posteriores.

Cabe indicar ainda que, o açude Edson Queiroz é receptor de efluentes das comunidades rurais situadas no entorno o que potencializa o incremento deste nutriente.

De forma similar, nas quatro campanhas realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), também foram detectados níveis de fósforo superiores ao limite da legislação (Figura 8.1-176), em todos os pontos em abril/2011, julho/2011 e agosto/2011. Em maio/2011, apenas nos pontos P01 (0,03 mg/L) e P08 (<0,01 mg/L) houve conformidade com o padrão legal (vide Anexo 8.1-X).

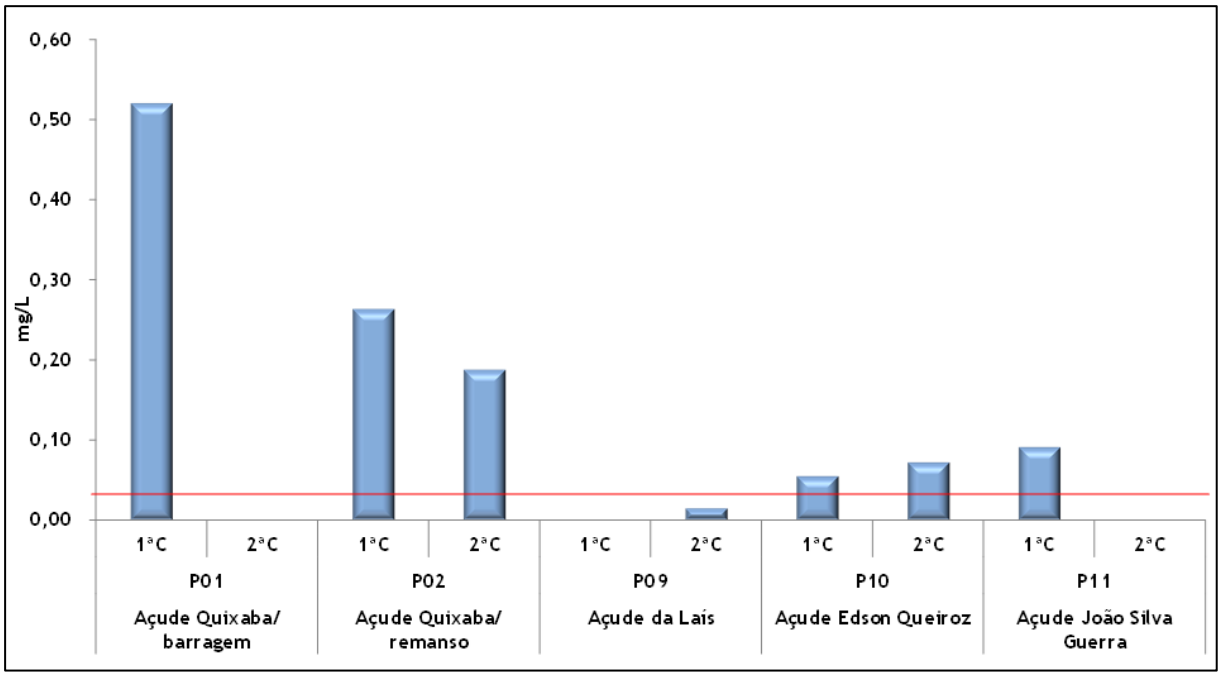


Figura 8.1-176 - Fósforo Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Série de Nitrogênio

O nitrogênio participa da formação de proteínas no metabolismo dos seres vivos, podendo ser encontrado no meio aquático na forma orgânica (microrganismos, detritos orgânicos) e na forma inorgânica, especialmente amônia, nitrito e nitrato. Os processos de decomposição biológica levam à amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos.

Em ambientes bem oxigenados, os produtos amoniacais se convertem rapidamente a nitritos, que são instáveis no ambiente e, em seguida, a nitratos, elementos conservativos facilmente assimilados pelos organismos autótrofos (algas e vegetais em geral).

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico e amoniacal. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como indústrias químicas, frigoríficos e curtumes.

Em águas doces classe 2, a Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece para nitrito o limite de 1 mg/L. Para nitrato, o valor máximo permissível é de 10 mg/L. Os valores máximos de nitrogênio amoniacal variam, segundo esta legislação, de acordo com o pH do ambiente, sendo: 3,7 mg/L para pH inferior a 7,5; até 2,0 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0; até 1,0 mg/L para pH entre 8,0 a 8,5; e 0,5 mg/L para pH superior a 8,5. Para nitrogênio orgânico e Kjeldahl total não há um padrão legal estipulado.

Nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro/2021, as frações de nitrogênio amoniacal e de nitrito não atingiram o limite de quantificação do método analítico na maioria dos pontos amostrados, com exceção apenas do açude Quixaba (P02), onde se obteve 0,108 mg/L de nitrogênio amoniacal, atendendo, portanto, ao padrão da legislação, em todos os açudes avaliados. As concentrações de nitrato também foram compatíveis com o limite da legislação, apresentando valores abaixo do limite de quantificação na maioria das amostras de fevereiro/2021, com máximo de 0,9 mg/L e 0,83 no açude Quixaba (P01 e P02), ambos em novembro/2020 (Figura 8.1-177).

Nas amostragens efetuadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), as concentrações dos compostos nitrogenados (amoniacal, nitrato e nitrito) também foram reduzidas e não extrapolaram o limite preconizado pela legislação (vide Anexo 8.1-X).

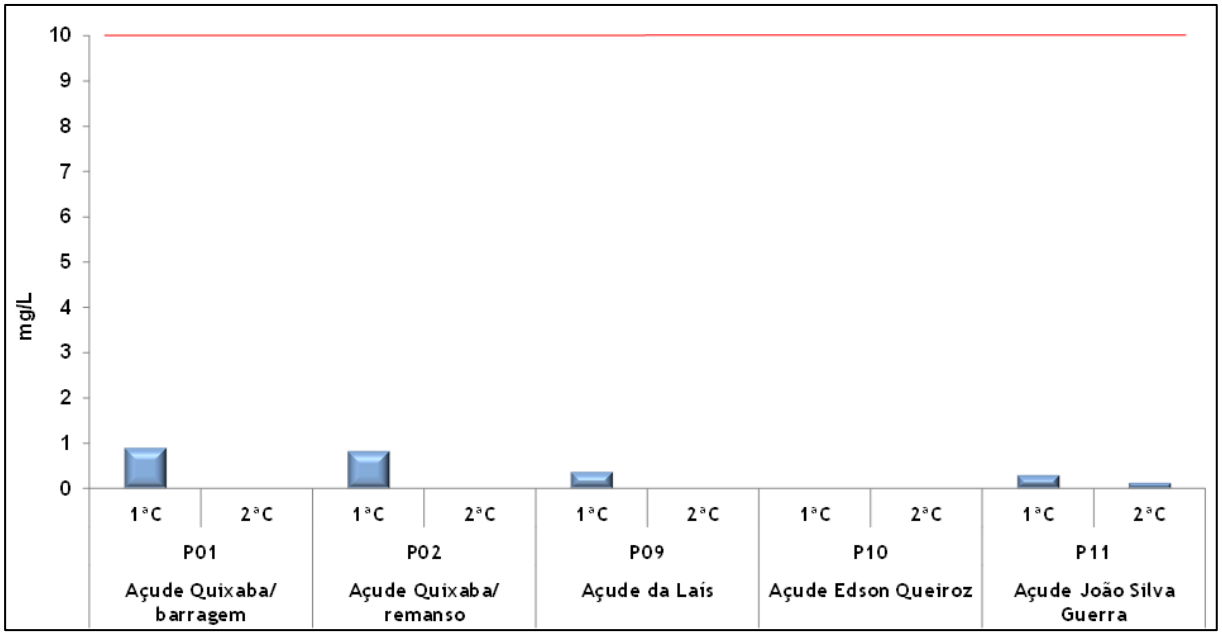


Figura 8.1-177 - Nitrato nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Óleos e Graxas

A presença de óleos e graxas nos corpos hídricos, além de acarretar problemas de origem estética, é prejudicial à biota aquática. A Resolução CONAMA nº 357/05 define que óleos e graxas estejam visualmente ausentes nas águas doces classe 2. Nas duas campanhas mais recentes (novembro/2020 e fevereiro/2021) não foi observada a presença de óleos e graxas nos açudes avaliados, assim como em todas as campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (vide Anexo 8.1-X).

Oxigênio Dissolvido – OD

O oxigênio dissolvido (OD) assume grande importância no corpo d'água, pois dele depende a sobrevivência de seres aeróbios. Sua ausência ou restrição conduz à redução da diversidade biológica, passando a prevalecer condições anaeróbicas e a formação de ambiente redutor, o que torna os metais pesados e os compostos de fósforo mais solúveis e biodisponíveis no ambiente.

A Resolução CONAMA nº 357/05 estipula que, para águas doces classe 2, o nível de oxigênio dissolvido seja, no mínimo, igual a 5 mg/L, concentração considerada adequada para a sobrevivência e desenvolvimento dos organismos aquáticos aeróbios.

Do ponto de vista ecológico, os teores de OD foram baixos, inferiores ao padrão da legislação, na maioria dos locais amostrados em novembro/2020 e fevereiro/2021, sobretudo

em novembro/2020 no açude Quixaba (P01 e P02) e da Laís (P09), onde os resultados apontam condições de anaerobiose (< 0,1 mg/L). Mesmo com um aumento da concentração de OD em fevereiro/2021, esses pontos permaneceram em desconformidade com a legislação com valores de 4,3 mg/L, 3,5 mg/L e 4,7 mg/L, respectivamente.

No açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII), a taxa de oxigênio foi de 4,5 mg/L e 4,4 mg/L, inferior ao padrão da legislação nas duas campanhas, enquanto no açude João Silva Guerra (P11, fora da AII) foi detectada a maior concentração em novembro/2020 , 5,1 mg/L, em conformidade com a legislação, decaindo ligeiramente para 4,9 mg/L, em fevereiro/2021 (Figura 8.1-178).

De acordo com Datsenko (1999), que avaliou o perfil de oxigênio em açudes do Ceará, esse parâmetro na região semi-árida é influenciado, principalmente, pelo processo do metabolismo de ecossistema (produção primária e decomposição de matéria orgânica) e por suas características morfométricas. Nas camadas superficiais pode ocorrer supersaturação de oxigênio devido ao processo de fotossíntese, enquanto em camadas mais profundas o conteúdo de oxigênio pode reduzir bruscamente.

Nas campanhas realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) foram registrados teores satisfatórios de oxigênio dissolvido, na maioria dos pontos, porém em alguns açudes também se detectou déficits de oxigênio, a exemplo dos pontos P08 (açude Morrinhos), em abril/2011 (4,2 mg/L) e P09 (açude da Laís), com 4,1 mg/L, 1,3 mg/L e 3 mg/L, respectivamente nos meses de maio/2011, julho/2011 e agosto/2011 (vide Anexo 8.1-X).

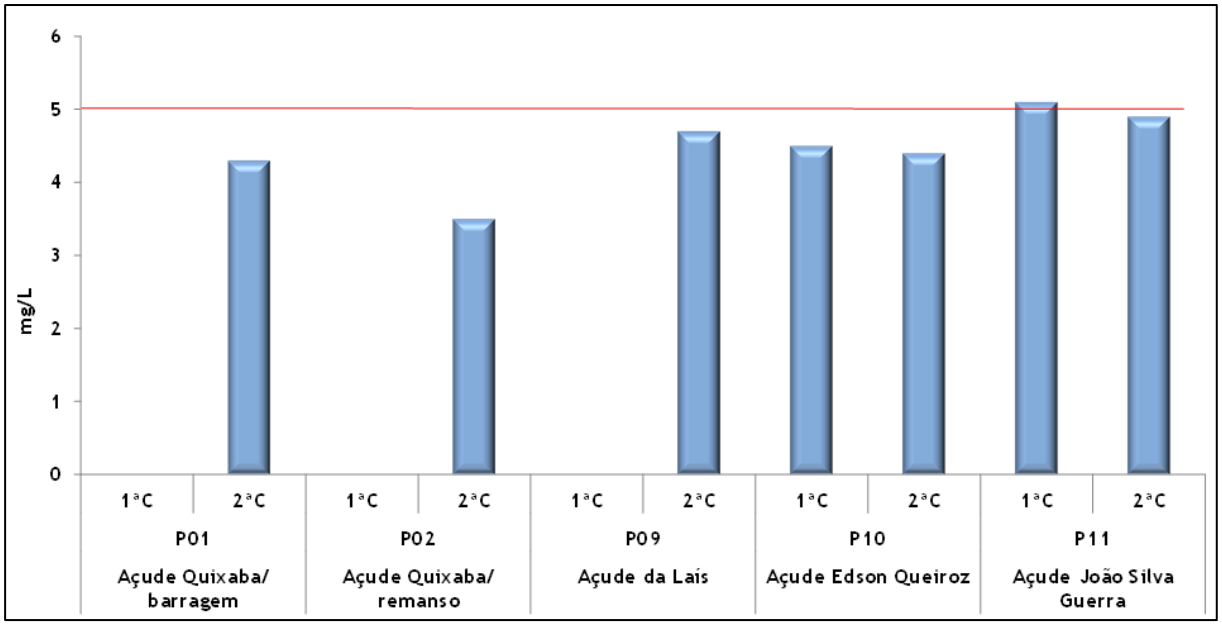


Figura 8.1-178 - Oxigênio Dissolvido nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra. Sua influência nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e na toxicidade de compostos diversos. Em meio ácido, os metais pesados tendem a ter maior biodisponibilidade, aumentando seu nível de toxicidade.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 as águas doces classe 2 devem manter pH na faixa entre 6 e 9. Nos açudes amostrados, o pH se manteve nesta faixa, com variação entre 8 no açude localizado a jusante da AII, Edson Queiroz (P10, fevereiro/2021) e 8,47 no açude Quixaba (P01, novembro/2020), evidenciando águas alcalinas (Figura 8.1-179). De forma similar, em todas as amostras coletadas nas campanhas do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) o pH foi predominantemente alcalino e enquadrado no intervalo da legislação (vide Anexo 8.1-X).

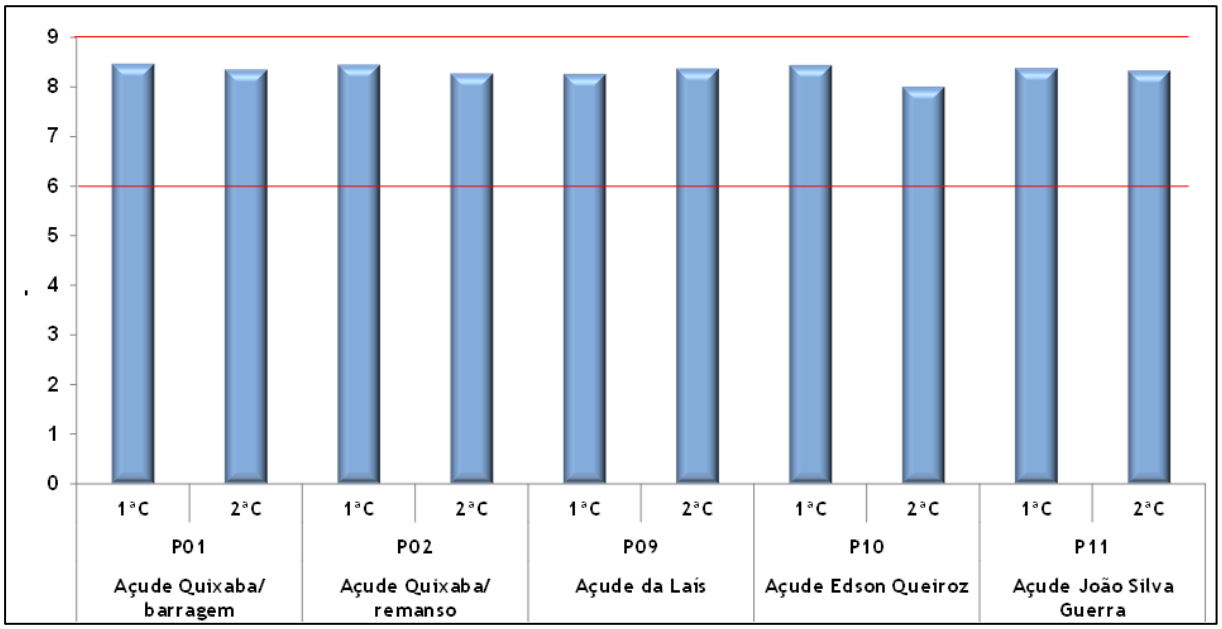


Figura 8.1-179 - Potencial Hidrogeniônico (pH) nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Sólidos Dissolvidos Totais

Nas águas naturais, os sólidos são encontrados em diversas frações. Os sólidos dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos entre outros íons, refletindo no resultado de diversos parâmetros, como salinidade, condutividade e pH. A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece limite de 500 mg/L desses constituintes para águas doces classe 2.

Nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro/2021 o conteúdo de sólidos dissolvidos nos açudes Quixaba (P01 e P02) e João Silva Guerra (P11, fora da AII) ultrapassou o padrão legal em ambas as amostragens, com valores máximos obtidos na segunda campanha de 1.396 mg/L, 1.459 mg/L e 519 mg/L, respectivamente (Figura 8.1-180). Em contraste, nos açudes da Laís (P09) e Edson Queiroz (P10), ambos localizados fora da AII, os resultados ficaram em conformidade com a legislação nas duas campanhas, com até 404 mg/L e 159 mg/L, respectivamente em fevereiro/2021 e novembro/2020.

Os levantamentos realizados no ano 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) também evidenciaram concentrações de sólidos dissolvidos acima do limite estipulado pela legislação, nos pontos P01 e P02 (açude Quixaba), nas quatro campanhas analisadas, variando entre 560 a 600 mg/L (P01) e de 554 a 586 mg/L (P02) (vide Anexo 8.1-X).

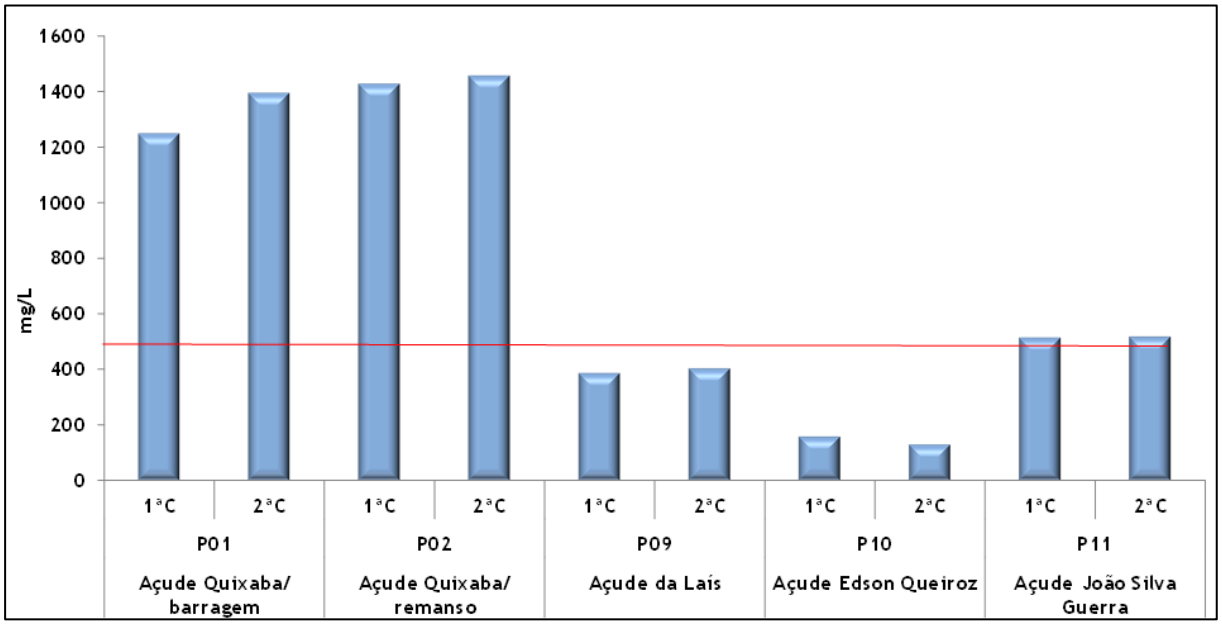


Figura 8.1-180 - Sólidos Dissolvidos Totais nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Sulfato e Sulfeto

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas, assim como pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas, é proveniente do uso de coagulantes.

Nos corpos d'água onde há depósito da matéria orgânica e baixos teores de oxigênio dissolvido, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo exalação do gás que

confere odor característico. A Resolução CONAMA nº 357/2005 define, para corpos d'água classe 2, o limite máximo de 250 mg/L de sulfato total e de 0,002 mg/L de sulfeto.

Na rede amostral, os dados obtidos em novembro/2020 e fevereiro/2021 apresentaram concentrações de sulfato em conformidade com o limite estabelecido pela legislação na maioria das amostras, com exceção apenas dos pontos P01 e P02 (açude Quixaba) na segunda campanha (fevereiro/21), os quais atingiram os valores máximos de 255 e 263 mg/L, respectivamente (Figura 8.1-181). Os níveis de sulfeto não atingiram o limite de quantificação do método analítico (< 0,002 mg/L), em todos os locais amostrados.

Nas coletas efetuadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), todos os teores de sulfato e de sulfeto não ultrapassaram o limite preconizado pela legislação, sendo que para concentração de sulfato os valores máximos obtidos foram de 6,3 e 8,9 mg/L nos pontos P01 e P02 (açude Quixaba), respectivamente (vide Anexo 8.1-X).

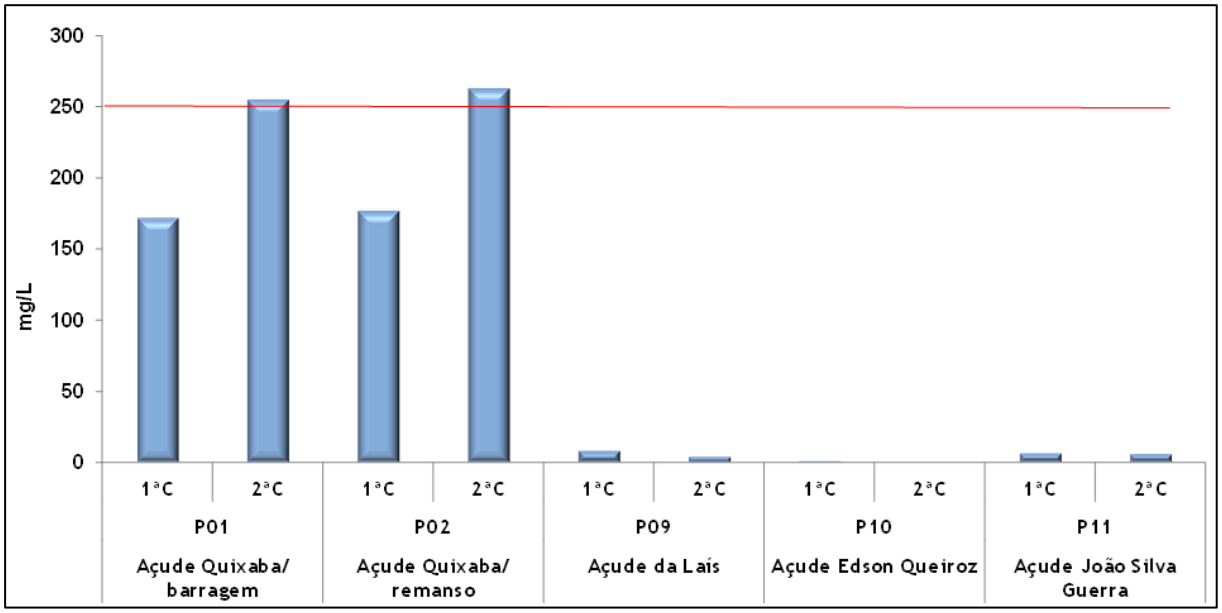


Figura 8.1-181 - Sulfato nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Turbidez

A turbidez da água é a medida da sua capacidade de dispersar luz em função das partículas em suspensão (silte, argila, microrganismos). Valores elevados de turbidez geralmente indicam contribuição de sólidos a partir da área de drenagem e podem interferir na atividade fotossintética de um corpo d'água. Quando sedimentadas, as partículas formam bancos de lodos que propiciam a digestão anaeróbia, levando à formação de gases. A Resolução CONAMA nº 357/05 determina o máximo de 100 UNT para águas doces classe 2.

Os resultados obtidos em novembro/2020 e fevereiro/2021, nos períodos seco e chuvoso, sucessivamente, evidenciam níveis de turbidez entre 11,9 UNT, no açude Edson Queiroz (P10) e 90,1 UNT no açude Quixaba (P02), ambos em fevereiro/2021, atendendo, portanto, ao limite da legislação (Figura 8.1-182).

Esse resultado é corroborado pelos levantamentos efetuados no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) quando também se registraram valores de turbidez em conformidade com o limite da legislação, nas estações seca e chuvosa, com máximo de 42 UNT (P02 – açude Quixaba, em maio/2011) (vide Anexo 8.1-X). De modo geral, os baixos índices de turbidez nestes açudes resultam do processo de decantação de sólidos favorecido em ambientes lênticos.

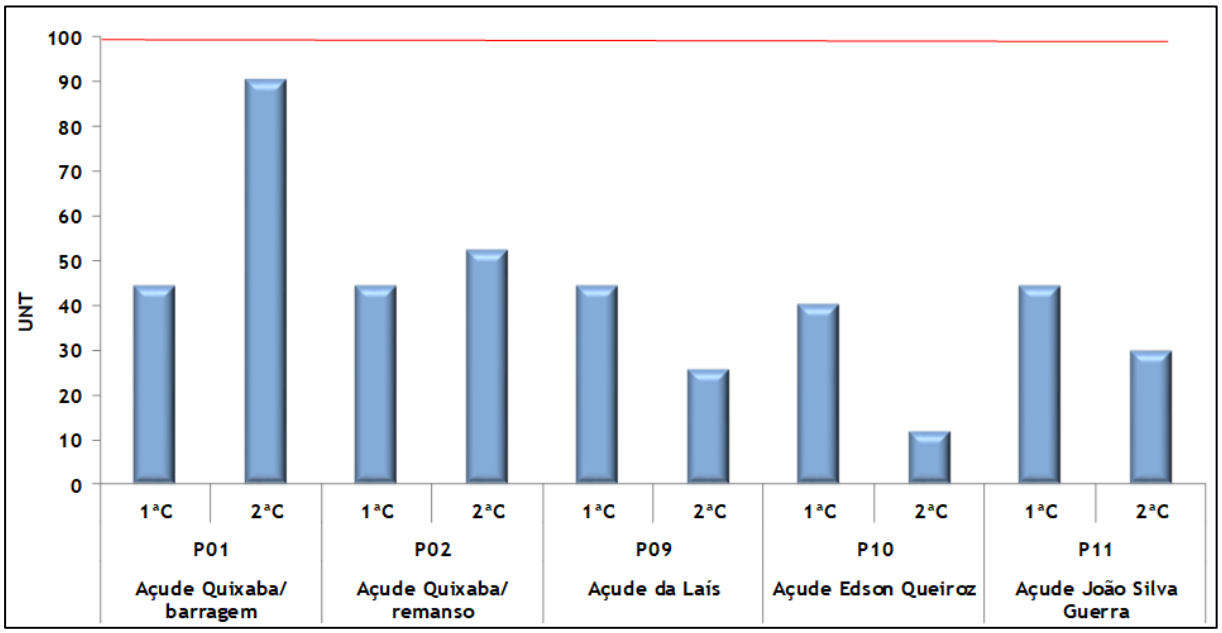


Figura 8.1-182 - Turbidez nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

C.2. Biológicos e bacteriológicos

Clorofila-a e Células de Cianobactérias

A clorofila-a, comum a todos os seres autótrofos, é o pigmento responsável pela assimilação da energia luminosa no processo de fotossíntese. Nos sistemas aquáticos, as algas e cianobactérias são os principais organismos capazes de realizar a fotossíntese, de forma que o aumento na concentração de clorofila-a indica geralmente maior desenvolvimento do fitoplâncton nesses ambientes. A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece para clorofila-a em corpos d'água classe 2 o valor máximo de 30 µg/L.

Nas campanhas realizadas em novembro/2020 e fevereiro/2021 os níveis de clorofila-a oscilaram entre 3,17 µg/L (P01- açude Quixaba – novembro/2020) e 17,2 µg/L (P02- açude Quixaba – fevereiro/2021), atendendo aos limites permitidos pela legislação (Figura 8.1-183). Na maioria das amostragens efetuadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) se obteve concentração deste constituinte em conformidade com o padrão legal, exceto nos pontos P01 e P02, no açude Quixaba, em abril/2011, quando se detectaram picos de 58 e 74 µg/L, respectivamente (vide Anexo 8.1-X).

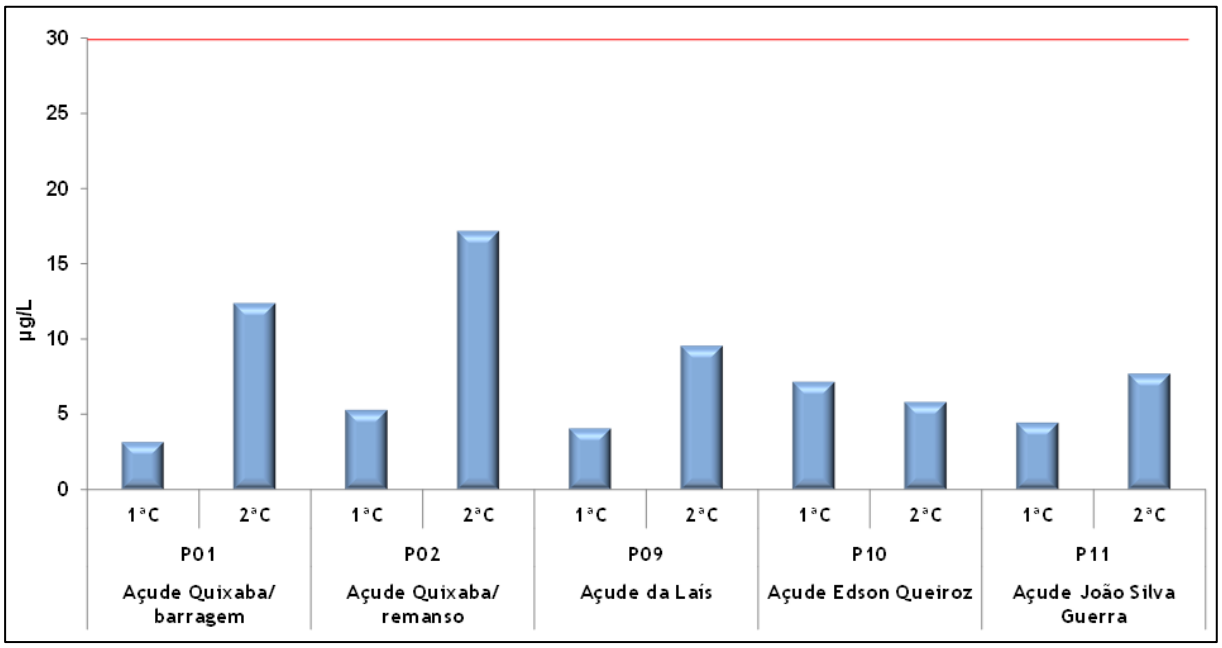


Figura 8.1-183 - Clorofila-a nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

A contagem de células de cianobactérias resultou em densidades entre 1.581 cél./mL (açude Quixaba – P02) e 1.560.000 cél./mL (açude João Silva Guerra – P11), ambos na segunda campanha (período chuvoso) conforme consta nas Tabela 8.1-25 e Tabela 8.1-26.. Com exceção do açude Quixaba, nos demais locais houve extrapolação do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 (50.000 cél./mL), em ao menos uma amostragem. A disponibilidade de nutrientes nos açudes amostrados, aliado à dinâmica lêntica, tende a promover o crescimento de algas e cianobactérias. A caracterização detalhada das algas e cianobactérias é abordada na avaliação da comunidade fitoplanctônica.

Coliformes Termotolerantes

Coliformes termotolerantes (ou fecais) são bactérias presentes nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, constituindo importante indicador da existência de microorganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

A bactéria *Escherichia coli* é integrante do grupo coliforme termotolerante, e é a mais indicada para determinação de contaminação fecal pelo fato de estar presente em grande quantidade em fezes de humanos e animais. A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o máximo de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros para águas classe 2.

Nas campanhas em foco (novembro/2020 e fevereiro/2021), em todos os açudes amostrados, os níveis de coliformes termotolerantes atenderam ao padrão legal, sendo que na maioria não se atingiu a quantificação do método analítico, exceto nos açudes Edson Queiroz (P10) e João Silva Guerra (P11), ambos localizados fora da AII, com máximo de 41 NMP/100 mL.

Um padrão semelhante de baixo conteúdo de coliformes termotolerantes foi reportado nas quatro amostragens efetuadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), nas quais houve registro pontual de duas desconformidades: pontos P01 (açude Quixaba) e P08 (açude Morrinhos), com 1.610 NMP/100 mL (abril/2011) e 1.120 NMP/100 mL (agosto/2011), respectivamente (vide Anexo 8.1-X).

Coliformes Totais

Os resultados de coliformes totais representam, em cada amostra, a soma dos coliformes de origem fecal e não fecal, sendo este último associado aos materiais em decomposição nos solos e no ambiente aquático. A Resolução CONAMA nº 357/05 não apresenta limite para esse parâmetro.

Os índices de coliformes totais superaram 24.200 NMP/100 mL em todos os pontos, em pelo menos uma campanha, conforme Figura 8.1-184. O menor resultado, de 1.965 NMP/100 mL, foi verificado no açude da Laís (P09), na primeira amostragem. Nas amostras analisadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), os valores de coliformes totais variaram entre 1.986 e 173.290 NMP/100 mL, ambos obtidos no açude Morrinhos (P08) nos meses de julho/2011 e abril/2011, respectivamente (vide Anexo 8.1-X).

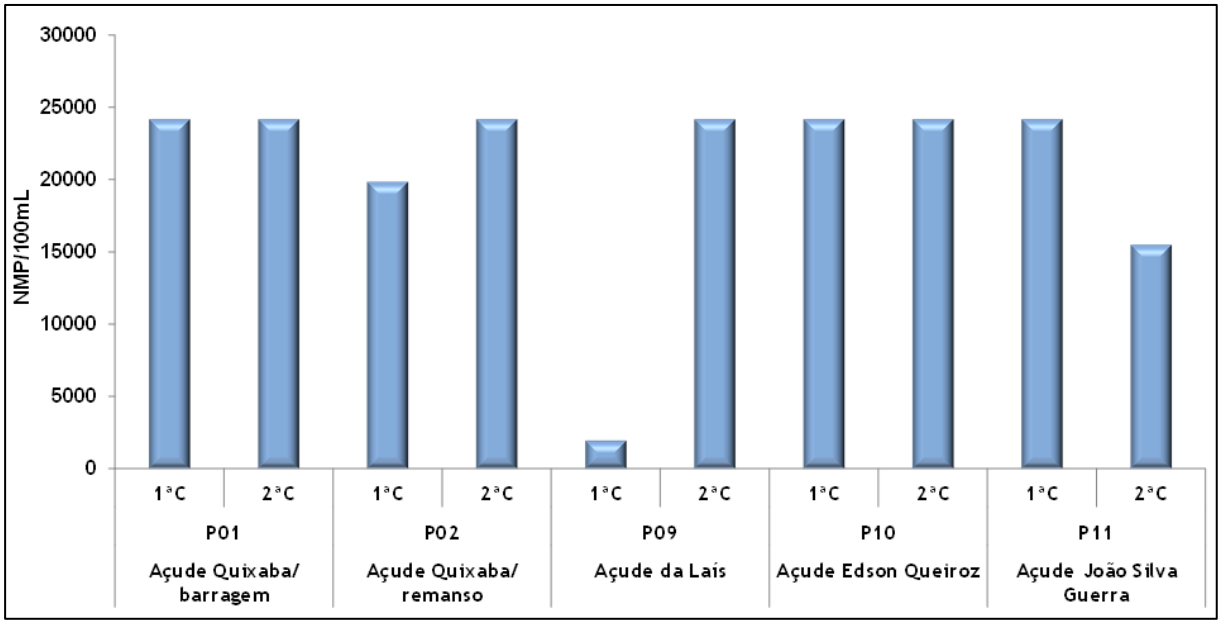


Figura 8.1-184 - Coliformes Totais nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

C.3. Metais e semimetais

No ambiente aquático natural, os metais e semimetais (arsênio) normalmente são encontrados em níveis traços e subtraços, podendo ocorrer nas formas dissolvidas, coloidal e particulada (não solúveis).

No caso de metais pesados, a toxicidade tende a ser mais elevada quando ocorrem dissolvidos na água. Em condições anóxicas, alguns metais como ferro e manganês são mobilizados dos sedimentos e permanecem dissolvidos na coluna d'água, enquanto outros metais, como cádmio, cobre, zinco e cromo, podem ser removidos da coluna d'água por precipitação na forma de sulfetos ou por outro tipo de redução, tornando-se insolúveis (CHAPMAN *et al.*, 2001).

Nas campanhas em foco (novembro/2020 e fevereiro/2021), os metais e semimetais antimônio total, arsênio total, berílio total, cadmio total, mercúrio total, prata total e selênio total não atingiram o limite de quantificação dos respectivos métodos analíticos em todas as amostras, mantendo-se em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05 na totalidade dos pontos amostrais.

Os metais alumínio dissolvido, bário total, boro total, chumbo total, cobalto total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, lítio, níquel total, urânio total e vanádio total atenderam aos limites permitidos pela legislação em todos os pontos amostrados.

Constatou-se que, do conjunto dos metais e semimetais avaliados somente manganês total e zinco total foram registrados acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2, conforme será detalhado a seguir.

Um padrão semelhante foi reportado nos levantamentos efetuados no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando as concentrações dos metais amostrados também atenderam aos padrões legais, com exceção de manganês, na maioria dos açudes (vide Anexo 8.1-X).

A seguir consta o detalhamento dos resultados de manganês total e zinco total, assim como de ferro e alumínio que são constituintes da matriz geológica regional.

Manganês e Zinco Total, Alumínio e Ferro Dissolvido

O manganês é um elemento encontrado na maioria das rochas ígneas, estando associado frequentemente ao ferro, com o qual possui alto grau de semelhança no comportamento químico no ambiente. A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o limite de 0,1 mg/L de manganês total para águas doces classe 2.

Os níveis de manganês total, nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro/2021, nos períodos seco e chuvoso, oscilaram entre 0,0257 mg/L, no açude da Laís (P09 – novembro/2020) e 1,18 mg/L, no açude Quixaba (P01 – fevereiro/2021). Nos dois pontos do açude Quixaba (P01 e P02), bem como no açude João Silva Guerra (P11), foram registradas não conformidades deste metal (Figura 8.1-185).

Na amostragem de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) esse metal ultrapassou o limite estabelecido pela legislação em todas as campanhas no açude Quixaba (P01 e P02) e açude da Laís (P09) atingindo valores máximos de 0,2988 mg/L, 0,4523 mg/L e 0,7646 mg/L, respectivamente, além dos açudes Morrinhos (P08, com 0,1387 mg/L, em abril/2011) e açude Edson Queiroz (P10, com 0,1486 mg/L, em maio/2011) (vide Anexo 8.1-X).

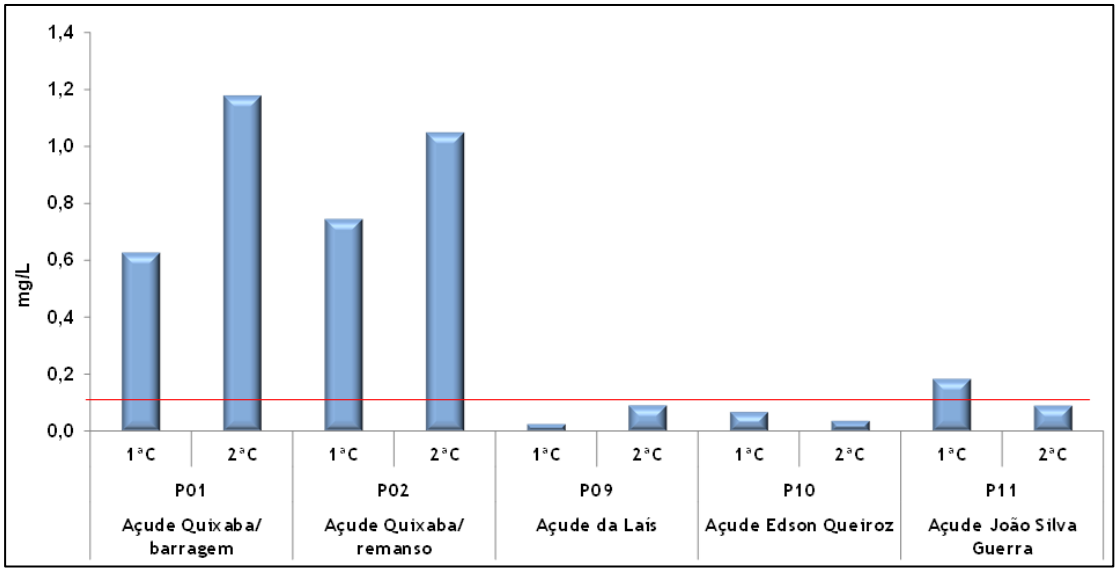


Figura 8.1-185 - Manganês Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

O zinco é um metal amplamente distribuído na natureza, sendo comum o seu uso na forma metálica ou em sais do metal, estando presente nas habitações (telhas, utensílios) e em produtos diversos, como insumos agropecuários.

A Resolução CONAMA nº 357/05 determina o limite de 0,18 mg/L para águas classes 2. Os valores obtidos na análise de zinco não superaram o limite da legislação na maioria da rede de amostragem, com exceção apenas do açude Quixaba (P02, maio/2011) que obteve valor de 0,206 mg/L (Figura 8.1-186).

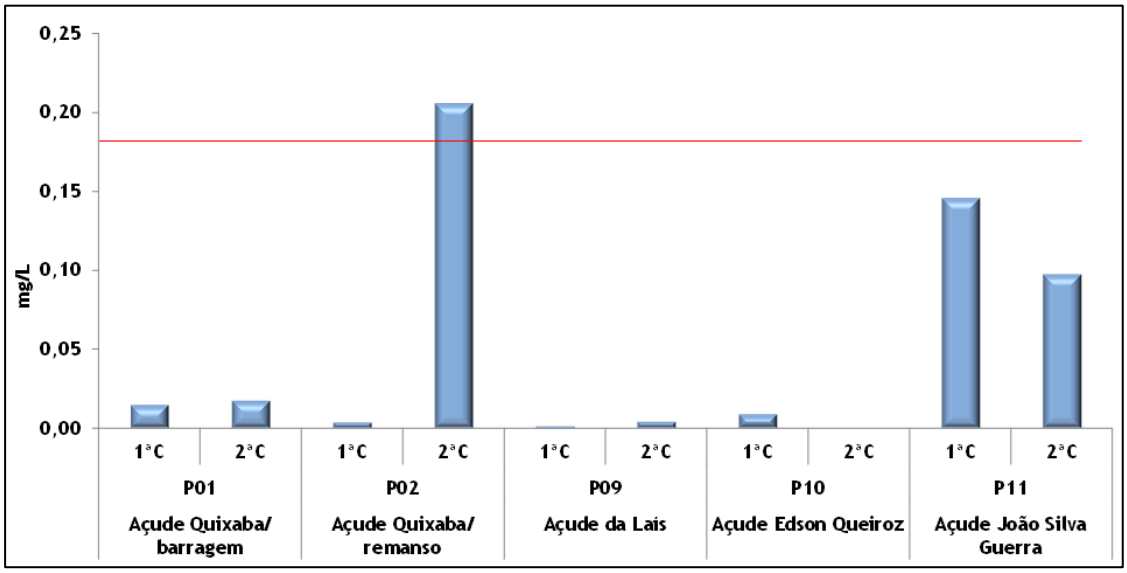


Figura 8.1-186 - Zinco Total nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

O alumínio é encontrado em jazidas minerais na forma de bauxita. Na água, o alumínio forma complexos com outros elementos como o fósforo, sendo influenciado por fatores como pH, temperatura, presença de sulfatos, de matéria orgânica e de outros ligantes. O aumento da concentração de alumínio nos corpos d'água, em geral, é devido ao transporte de sólidos a partir da bacia de drenagem, principalmente quando há processos de erosão do solo e margens dos rios.

A Resolução CONAMA nº 357/05 considera o limite máximo de 0,1 mg/L. Em novembro/2020 e fevereiro/2021, foram registradas baixas concentrações de alumínio dissolvido em todos os pontos amostrados, com máximo de 0,0586 mg/L no ponto P09 (açude da Laís, novembro/2020), estando, portanto, todos os resultados em conformidade com a legislação vigente (Figura 8.1-187).

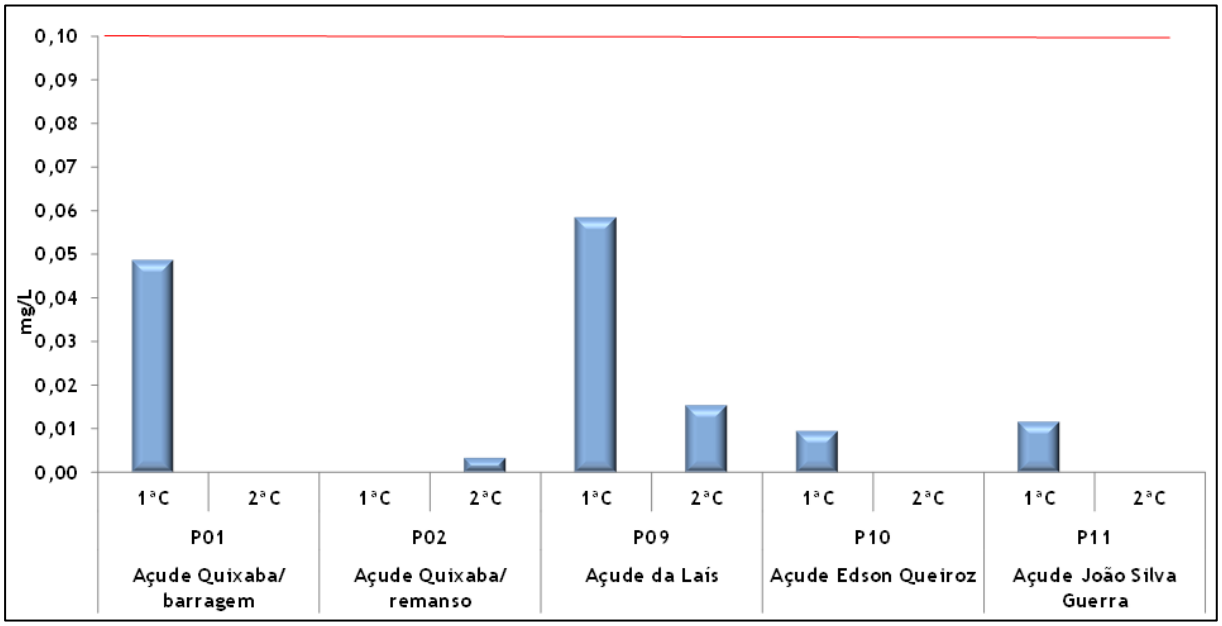


Figura 8.1-187 - Alumínio dissolvido nas águas superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Nas águas superficiais, a presença de ferro está associada às características geoquímicas regionais, quase sempre acompanhada pela ocorrência de manganês. Apesar de não ser um elemento tóxico, esse metal pode levar ao desenvolvimento de bactérias ferruginosas e produzir obstrução em canalizações. A Resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o limite de 0,3 mg/L para águas doces classe 2.

Nos açudes amostrados, os níveis de ferro dissolvido oscilaram entre 0,0085 mg/L, no açude João Silva Guerra (P11 – fevereiro/2021) a um máximo de 0,295 mg/L, no açude da

Laís (P09 – novembro/2020), de forma que todos os resultados se enquadram no padrão da legislação (Figura 8.1-188).

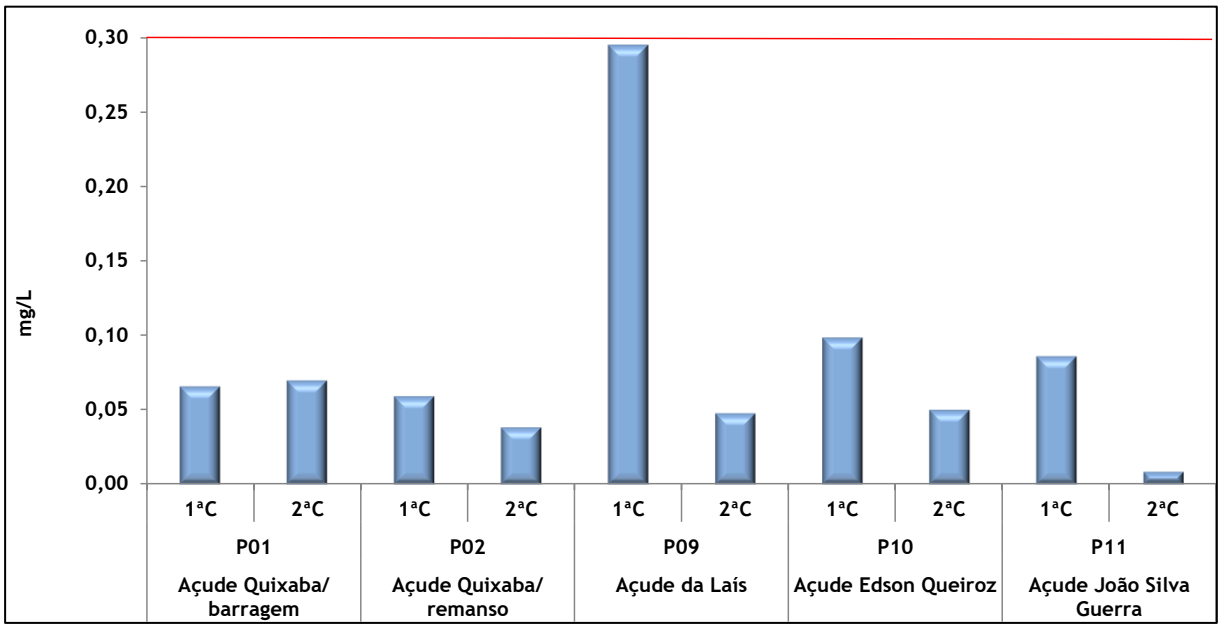


Figura 8.1-188 - Ferro Dissolvido nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Dados apresentados no diagnóstico de geologia (item 8.1.6) mostram que as mineralizações de interesse na região ocorrem em três minerais de fosfato. Acredita-se que o fosforo é de origem sedimentar, associada a depósitos de fosforito no mesmo ambiente de deposição do Grupo Itataia, mas que foi remobilizado e reconcentrado em eventos posteriores. A primeira fase é composta por fluorapatitas prismáticas (+albita +arfvedsonita +ferro-eckermanita) e a terceira fase consiste de apatitas (fluorapatita e hidroxiapatita) botroidais, com argilominerais e outros fosfatos de cálcio e alumínio. Ainda de acordo com o diagnóstico o Complexo Tamboril Santa Quitéria recobre a porção oeste da região de estudo.

Segundo a CPRM (2017), neste complexo, são ricas em ferro e assumem características álcali-cálcico a cálcio-alcalino, mas podem conter termos alcalinos. Dentre os elementos mais abundantes nos solos encontra-se o óxido de alumínio (Al2O3). Assim, conforme citado, a ocorrência de ferro e de alumínio nas águas possivelmente se relaciona à matriz geológica regional.

C.4. Variáveis orgânicas

Os compostos orgânicos liberados no meio ambiente compreendem diversos constituintes de amplas faixas de tamanhos de moléculas e de grupos funcionais. Dentre estes, destaca-se o conjunto de Substâncias Tóxicas Poluentes (STP) que compreende, entre outras, as bifenilas policloradas - PCBs, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPAs e também compostos orgânicos de metais. Apresentam como características alta hidrofobicidade, baixa reatividade no meio ambiente e grande tendência para se acumular, ou bioconcentrar, nos tecidos dos organismos vivos (SCHWARZENBACH, 1995).

Os compostos orgânicos também podem ser classificados em termos de volatilidade, compondo dois grupos principais – os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) que incluem os solventes aromáticos (BETX), e os Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (SVOCs), compreendendo os HPAs, os fenóis e surfactantes (LAS). Os PCBs entram na categoria dos não voláteis.

Os solventes aromáticos são hidrocarbonetos voláteis, representados principalmente pelo benzeno, etil-benzeno, tolueno e xileno (BETX), que consistem nos produtos de maior manipulação pelo setor industrial. O benzeno, além de atuar como solvente, é um composto intermediário na síntese de detergentes, pesticidas entre outros compostos. Os solventes aromáticos podem ser gerados por contribuição difusa a partir de pequenas fontes que estocam e consomem combustíveis em geral, incluindo postos de gasolina, pátios de lavagem de máquinas e caminhões, usualmente encontradas em zonas urbanas.

Na AID e ADA do PSQ, os resultados das análises de benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno, assim como dos compostos orgânicos semivoláteis (SVOCs), não atingiram o limite de quantificação do método analítico utilizado, estando em conformidade com o limite determinado pela legislação tanto nas campanhas mais recentes (novembro/2020 e fevereiro/2021), quanto em todas as coletas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (vide Anexo 8.1-X).

Dentre os compostos orgânicos avaliados, os resultados analíticos indicaram a presença de surfactantes em níveis condizentes com o padrão da legislação na maioria da amostragem, com exceção apenas do açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII), que obteve valor de 1,96 mg/L em fevereiro/2021, conforme ilustra a Figura 8.1-189. Estes compostos são designados “substâncias ativas ao azul de metileno” e apontam aporte de detergentes no ambiente aquático.

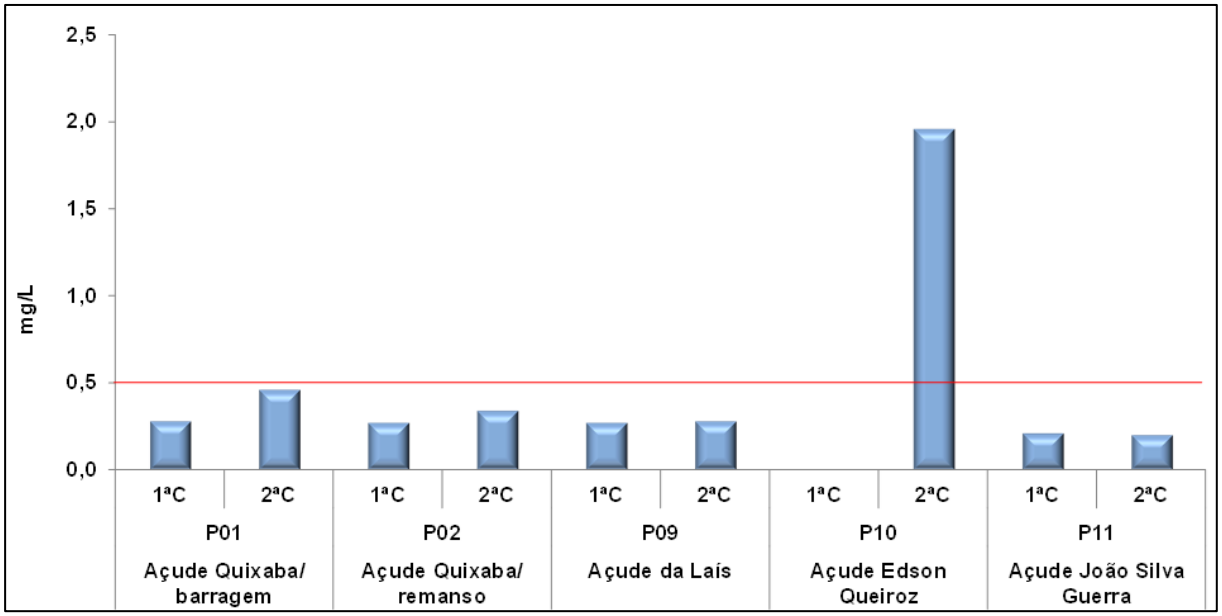


Figura 8.1-189 - Surfactantes nas Águas Superficiais - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

Elaboração: Econsult, 2021.

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) engloba um grupo de compostos que ocorrem naturalmente no carvão, petróleo bruto e gasolina e também são gerados durante a combustão incompleta ou pirólise de matéria orgânica e em vários processos industriais (CETESB, 2020).

Os resultados obtidos nos açudes avaliados, em novembro/2020 e fevereiro/2021, demonstram concentrações de HPAs inferiores ao limite de quantificação do método analítico e do limite determinado pela legislação, assim como na maioria das amostras coletadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), com exceção apenas de uma amostra coletada no açude Morrinhos (P08), em julho/2011, onde se obteve concentrações acima dos limites da legislação (0,1 µg/L) para benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno e criseno, conforme citado (vide Anexo 8.1-X).

Bifenilas Policloradas - PCBs

Os PCBs são produtos sintéticos, utilizados principalmente pela indústria elétrica, como fluído termoelétrico em transformadores e capacitores. O uso dos PCBs foi banido nos anos 80, porém, uma grande quantidade de equipamentos antigos e contendo estes compostos permanece em uso, constituindo fontes potenciais de contaminação para o meio ambiente, e, consequentemente, para o ecossistema aquático (FILLMAN et al., 2007).

Os resultados obtidos nas análises de PCBs totais em todas as amostras coletadas na rede de amostragem em novembro/2020 e fevereiro/2021 estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,001 µg/L), assim como nas campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (vide Anexo 8.1-X), estando, portanto, em conformidade com a legislação.

C.5. Índice de Estado Trófico – IET

Conforme citado no item B.1, o Índice de Estado Trófico leva em consideração os dados relativos à clorofila-a e ao fósforo total, tendo por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia e apontar o nível de enriquecimento das águas com nutrientes.

Os resultados do Índice de Estado Trófico – IET, levando em conta as concentrações de fósforo total e de clorofila-a obtidas em novembro/2020 e fevereiro/2021, demonstram maior grau de trofia obtido no açude Quixaba (P01 e P02), que foi classificado predominantemente como Eutrófico. Um baixo grau de trofia (Oligotrófico) foi detectado apenas no açude da Laís (P09, fora da AII) em novembro/2020, refletindo as menores concentrações de fósforo e de clorofila dentre os locais amostrados. Os açudes Edson Queiroz e João Silva Guerra mantiveram-se como Mesotróficos (Tabela 8.1-29 e Tabela 8.1-30).

Tabela 8.1-29 - Índice do Estado Trófico (IET) na AID - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

CURSOS D'ÁGUA	PONTOS	CAMPANHA	IET	CLASSIFICAÇÃO
Açude Quixaba/ barragem	P01	1ªC	62	Eutrófico
		2ªC	53	Mesotrófico
Açude Quixaba/ remanso	P02	1ªC	62	Eutrófico
		2ªC	63	Eutrófico

Elaboração: Econsult, 2021.

Tabela 8.1-30 - Índice do Estado Trófico (IET) dos Pontos Fora dos Limites das Áreas de Influência - PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

CURSOS D'ÁGUA	PONTOS	CAMPANHA	IET	CLASSIFICAÇÃO
Açude da Laís	P09	1ªC	51	Oligotrófico
		2ªC	53	Mesotrófico
Açude Edson Queiroz	P10	1ªC	58	Mesotrófico
		2ªC	58	Mesotrófico
Açude João Silva Guerra	P11	1ªC	58	Mesotrófico
		2ªC	53	Mesotrófico

Elaboração: Econsult, 2021.

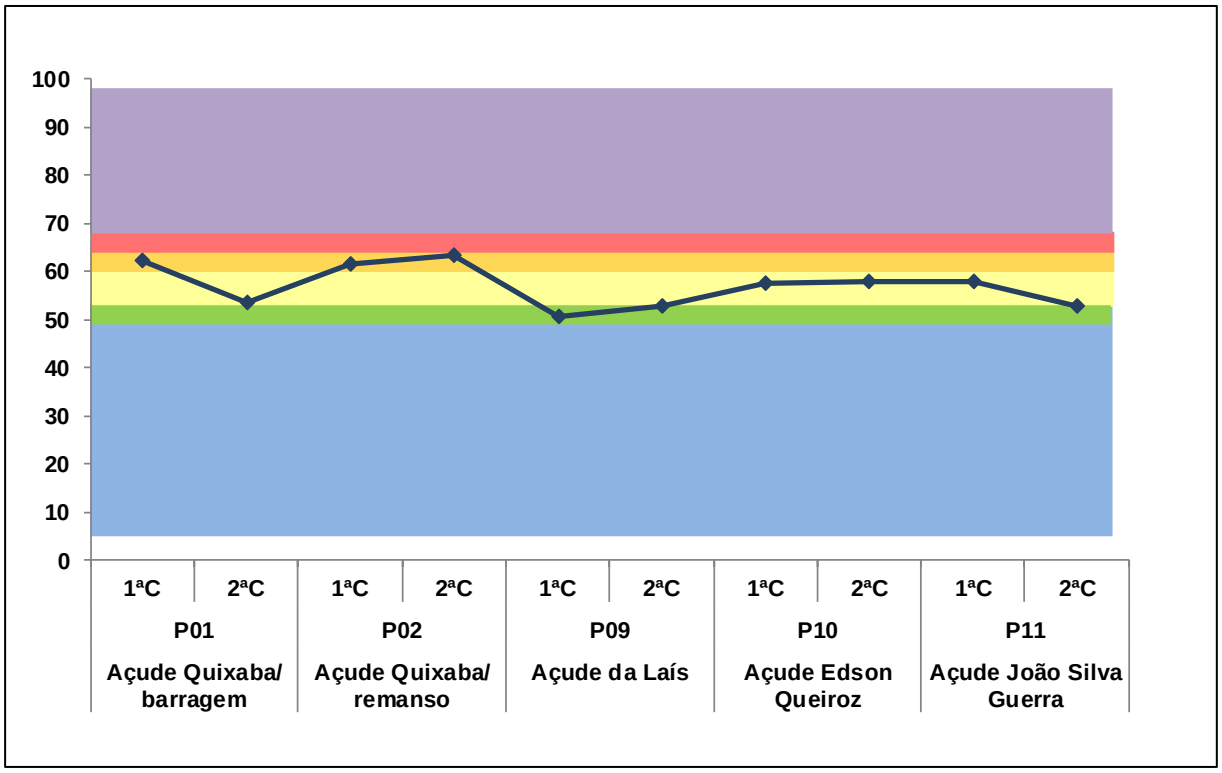


Figura 8.1-190 - Índice de Estado Trófico (IET) - PSQ – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

D. Resultados da qualidade dos sedimentos

A seguir consta a caracterização da qualidade dos sedimentos com base nos dados primários obtidos em novembro/2020 e fevereiro/2021, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente (Tabela 8.1-31), nos cinco pontos indicados na Figura 8.1-190. Os resultados foram comparados aos valores alerta estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 e às diretrizes de qualidade estipuladas pelo CCME (2001). Conforme citado, no presente relatório adotaram-se para comparação os dados obtidos nas quatro campanhas (Anexo 8.1-X), realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

Tabela 8.1-31 - Resultado das Análises da Qualidade dos Sedimentos na AID- PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
			P01		P02	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
% Sólidos	% p/p	-	83,1	81,6	81,5	47,8

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE		AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
				P01		P02	
				1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
NUTRIENTES E COT		**VALOR ALERTA**					
Carbono Orgânico Total	% p/p	10		0,15	0,44	0,22	1,41
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		101	287	398	1050
Fósforo Total	mg/kg	2.000		244	119	72,4	324
METAIS E SEMIMETAIS		**ISQG/TEL**	**PEL**				
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1	< 1	< 1	1,55
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo	mg/kg	35	91,3	< 1	2,46	1,26	5,53
Cobre	mg/kg	35,7	197	8,01	7,49	1,45	14,6
Cromo	mg/kg	37,3	90	26,1	21,3	5,22	29,1
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,0588
Níquel	mg/kg	18	35,9	12,8	10,1	2,62	18,3
Zinco	mg/kg	123	315	30,9	24	5,62	41,9
Cis Clordano (Alfa Clordano)	µg/kg	-	-	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
DDD (isômeros)	µg/kg	3,54	8,51	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,21
DDE (isômeros)	µg/kg	1,42	6,75	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,21
DDT (isômeros)	µg/kg	1,19	4,77	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,21
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	< 0,18	< 0,18	< 0,18	< 0,31
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	< 0,18	< 0,18	< 0,18	< 0,31
HCH Alfa	µg/kg	-	-	< 0,09	< 0,091	< 0,091	< 0,16
HCH Beta	µg/kg	-	-	< 0,09	< 0,091	< 0,091	< 0,16
HCH Delta	µg/kg	-	-	< 0,09	< 0,091	< 0,091	< 0,16
Lindano (g-HCH)	µg/kg	0,94	1,38	< 0,09	< 0,091	< 0,091	< 0,16
Trans Clordano (Gama Clordano)	µg/kg	-	-	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Bifenilas Policloradas	µg/kg	34,1	277	<3,5	< 3,5	<3,5	< 3,6
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Antraceno	µg/kg	46,9	245	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Benzo(a)antraceno	µg/kg	31,7	385	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE		AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO	
				P01		P02	
				1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Benzo(a)pireno	µg/kg	31,9	782	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Criseno	µg/kg	57,1	862	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	6,22	135	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Fluoranteno	µg/kg	111	2355	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Pireno	µg/kg	53	875	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,52
Total de HAPs	mg/kg	1.000	-	< 5,1	< 5,2	< 5,2	< 8,8

Legenda:. ISQG/TEL - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de causar efeitos adversos à biota (CCME, 2001); PEL - limiar acima do qual há maior probabilidade provocar efeitos adversos à biota (CCME, 2001). Valor Alerta – concentração estabelecida pela Resolução CONAMA nº 454/2012 acima da qual representa a possibilidade de causar prejuízos ao ambiente para nutrientes e carbono orgânico total - COT. (-) não se aplica.

Tabela 8.1-32 – Resultado das Análises da Qualidade dos Sedimentos dos Pontos Fora dos Limites das Áreas de Influência – novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
				P09		P10		P11	
				1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
FÍSICO									
% Sólidos	% p/p	-		75,7	78,8	64,7	85,3	84	82,2
NUTRIENTES E COT		**VALOR ALERTA**							
Carbono Orgânico Total	% p/p	10		0,2	0,18	0,9	0,12	0,12	0,16
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4.800		223	88,4	1.290	88,6	75,6	86,8
Fósforo Total	mg/kg	2.000		374	139	351	200	81,8	160
METAIS E SEMIMETAIS		**ISQG/TEL**	**PEL**						
Arsênio	mg/kg	5,9	17	2,48	< 1	2,61	< 1	1,08	2,14

Maria Claudia Paley Braga Filipe Martines Biazzi Ricardo Lieutaud Elcio Terron Carla Conde José Pedro de Paiva

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
				P09		P10		P11	
				1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo	mg/kg	35	91,3	2,77	2,03	5,91	2,34	1,77	3,31
Cobre	mg/kg	35,7	197	6,64	3,57	15,6	4,78	3,25	6,71
Cromo	mg/kg	37,3	90	13,1	6,3	29,9	42,7	5,52	9,11
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,0729
Níquel	mg/kg	18	35,9	6,74	2,9	15,1	10,7	1,87	4,57
Zinco	mg/kg	123	315	23,9	16,9	36,4	13,6	8,57	21,7
COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMIVOLÁTEIS									
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS									
Cis Clordano (Alfa Clordano)	µg/kg	-	-	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
DDD (isômeros)	µg/kg	3,54	8,51	< 0,13	< 0,13	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13
DDE (isômeros)	µg/kg	1,42	6,75	< 0,13	< 0,13	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13
DDT (isômeros)	µg/kg	1,19	4,77	< 0,13	< 0,13	< 0,15	< 0,13	< 0,13	< 0,13
Dieldrin	µg/kg	2,85	6,67	< 0,2	< 0,19	< 0,23	< 0,18	< 0,18	< 0,18
Endrin	µg/kg	2,67	62,4	< 0,2	< 0,19	< 0,23	< 0,18	< 0,18	< 0,18
HCH Alfa	µg/kg	-	-	< 0,099	< 0,095	< 0,12	< 0,088	< 0,089	< 0,091
HCH Beta	µg/kg	-	-	< 0,099	< 0,095	< 0,12	< 0,088	< 0,089	< 0,091
HCH Delta	µg/kg	-	-	< 0,099	< 0,095	< 0,12	< 0,088	< 0,089	< 0,091
Lindano (g-HCH)	µg/kg	0,94	1,38	< 0,099	< 0,095	< 0,12	< 0,088	< 0,089	< 0,091
Trans Clordano (Gama Clordano)	µg/kg	-	-	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
PCBS									
Bifenilas Policloradas	µg/kg	34,1	277	<3,5	< 3,5	<3,5	< 3,5	<3,5	< 3,5

PARÂMETROS	UNIDADE	DIRETRIZES DE QUALIDADE		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		AÇUDE JOÃO SILVA GUERRA	
				P09		P10		P11	
				1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAS)									
Acenafteno	µg/kg	6,71	88,9	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Acenaftileno	µg/kg	5,87	128	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Antraceno	µg/kg	46,9	245	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Benzo(a)antraceno	µg/kg	31,7	385	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Benzo(a)pireno	µg/kg	31,9	782	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Criseno	µg/kg	57,1	862	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	6,22	135	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Fenantreno	µg/kg	41,9	515	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Fluoranteno	µg/kg	111	2355	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Fluoreno	µg/kg	21,2	144	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
2-Metilnaftaleno	µg/kg	20,2	201	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Naftaleno	µg/kg	34,6	391	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Pireno	µg/kg	53	875	< 0,33	< 0,32	< 0,39	< 0,29	< 0,3	< 0,3
Total de HAPs	mg/kg	1.000	-	< 5,6	< 5,4	< 6,6	< 5	< 5,1	< 5,2

Legenda:. ISQG/TEL - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de causar efeitos adversos à biota (CCME, 2001); PEL - limiar acima do qual há maior probabilidade provocar efeitos adversos à biota (CCME, 2001). Valor Alerta - concentração estabelecida pela Resolução CONAMA nº 454/2012 acima da qual representa a possibilidade de causar prejuízos ao ambiente para nutrientes e carbono orgânico total - COT. (-) não se aplica.

A seguir, descrevem-se os resultados das principais variáveis analisadas nos sedimentos da AID e ADA do PSQ, possibilitando estabelecer uma comparação entre os pontos analisados. A linha vermelha nos gráficos corresponde às diretrizes de qualidade estipuladas pelo CCME (2001) ou os valores alerta estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012.

D.1. Carbono Orgânico Total – COT e Nutrientes

Na avaliação dos dados, verificou-se que as menores concentrações de carbono orgânico total – COT estiveram associadas aos açudes Edson Queiroz (P10, a jusante da AII), em novembro/2020 , e João Silva Guerra (P11, fora da AII), em fevereiro/2021, com 0,12 %, enquanto que o valor máximo foi de 1,41%, verificado no açude Quixaba (P02 – fevereiro/2021) ,o que indica maior concentração de matéria orgânica nos sedimentos deste açude, porém ainda em conformidade com o Valor Alerta da Resolução CONAMA nº 454/12 em toda a malha amostral, conforme Figura 8.1-191.

Nas quatro campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), as concentrações de COT registradas também ficaram abaixo do Valor Alerta da legislação em toda malha amostral, sendo o resultado máximo de 6,9 % obtido no ponto P01 (açude Quixaba), em abril/2011 (vide Anexo 8.1-X).

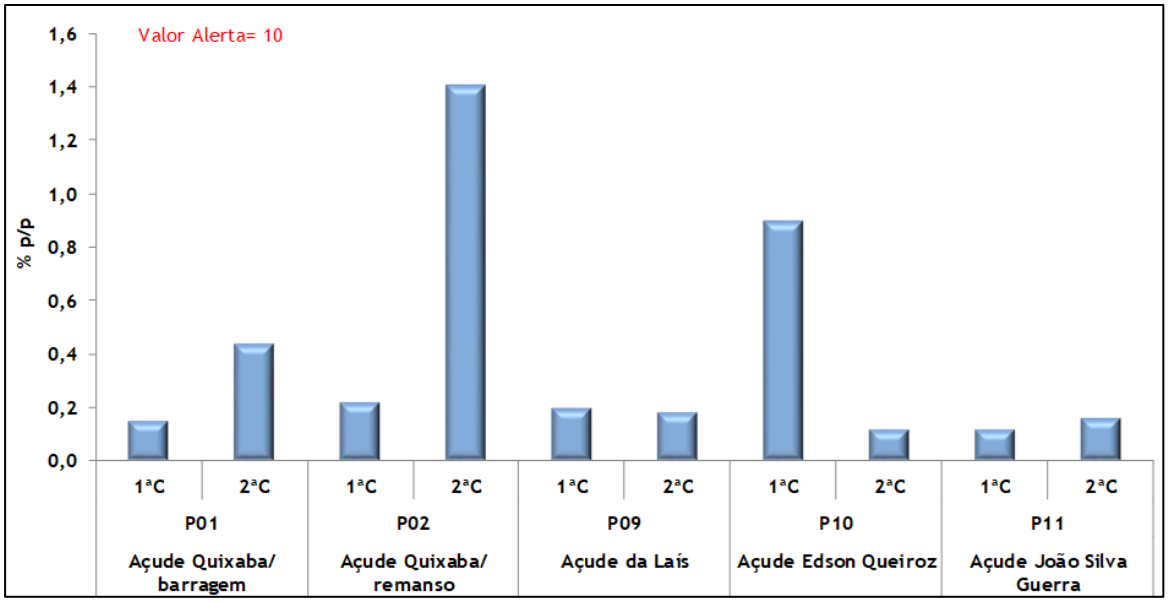


Figura 8.1-191 - Carbono Orgânico nos Sedimentos - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

Os níveis mais elevados de nitrogênio Kjeldahl total foram computados no ponto P10 (açude a jusante da AII, Edson Queiroz), em novembro/2020, com 1.290 mg/kg. Portanto,

as concentrações permaneceram compatíveis com o Valor Alerta da Resolução CONAMA nº 454/12 (4.800 mg/kg) em todas as amostras, conforme exposto no Figura 8.1-192, assim como observado nas coletas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando se obteve o máximo de 1.317 mg/kg no açude Quixaba (P02) (vide Anexo 8.1-X).

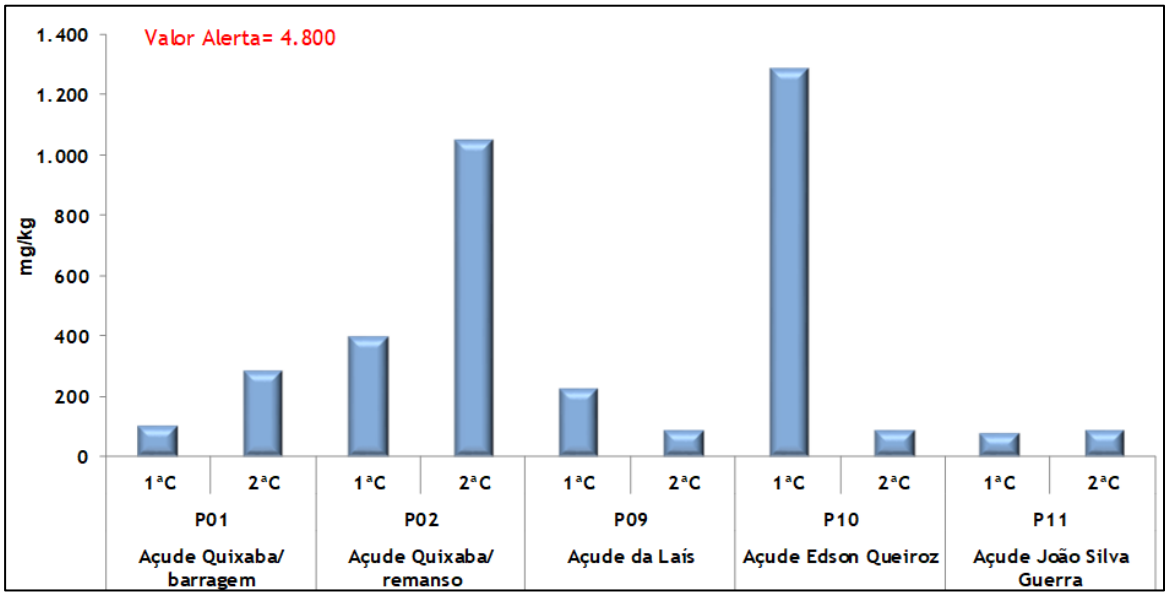


Figura 8.1-192 - Nitrogênio Kjeldahl Total nos Sedimentos- PSQ -novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

O fósforo total também permaneceu abaixo do Valor Alerta da Resolução CONAMA nº 454/12 (2.000 mg/kg), em todos os pontos, na amostragem do sedimento nas duas campanhas (novembro/2020 e fevereiro/2021). A menor concentração de fósforo total da malha amostral foi verificada no ponto P02 (açude Quixaba), com 72,4 mg/kg, enquanto o máximo foi observado no ponto P09 (açude da Laís, fora da AII) com 374 mg/kg, ambos em novembro/2020 (Figura 8.1-193).

Nas quatro campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), apenas no ponto P10 (açude a jusante da AII, Edson Queiroz) foram computadas concentrações deste nutriente acima do Valor Alerta em todas as coletas, atingindo máximo de 4.321 mg/kg (vide Anexo 8.1-X), tendo assim uma redução considerável neste açude nas campanhas mais recentes (novembro/2020 e fevereiro/2021).

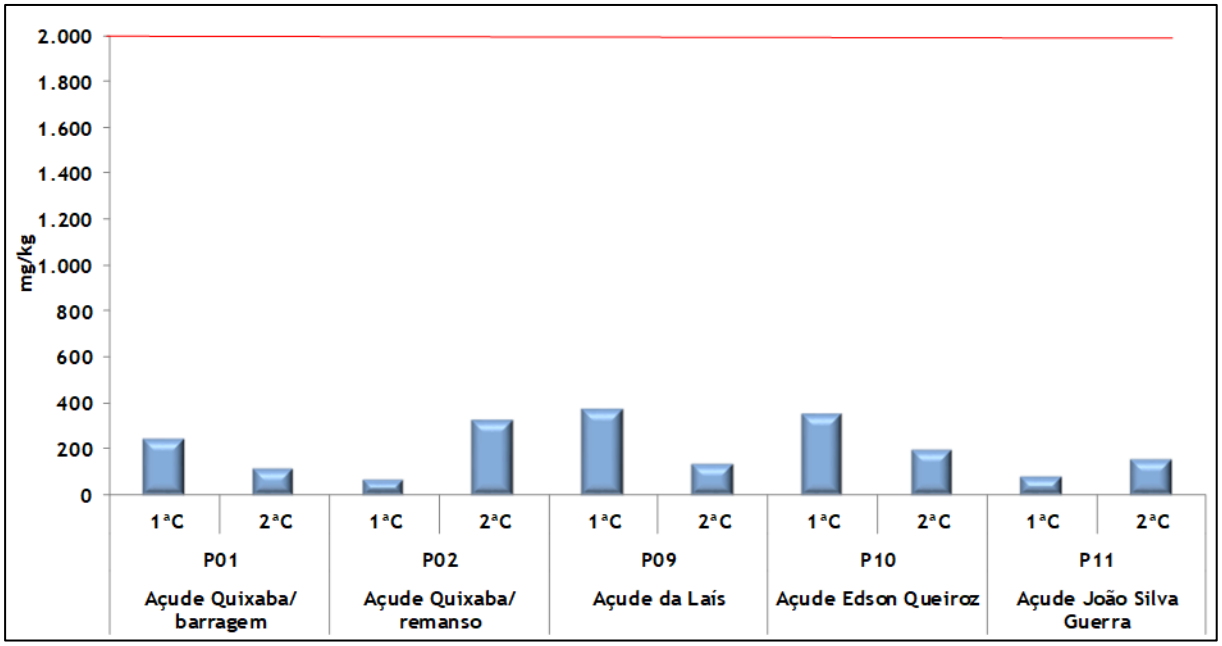


Figura 8.1-193 - Fósforo Total nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

D.2. Metais e semimetais

Nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro/2021 constatou-se que o metal cádmio ficou abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras. Os metais chumbo, cobre, mercúrio e zinco e o semimetal arsênio foram quantificados em concentrações compatíveis com os padrões estabelecidos pelo CCME (2001), em toda a malha amostral da AID e ADA do PSQ.

Do conjunto de metais avaliados apenas cromo e níquel foram detectados em desconformidade com a legislação vigente pontualmente, em apenas uma amostra na segunda campanha (fevereiro/2021), conforme detalhado a seguir.

Um padrão semelhante aos resultados obtidos em fevereiro/2021 foi reportado nas amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando a maioria dos metais pesados foi registrado em concentração inferior ao limite estabelecido pelo CCME (2001), com exceção do cobre, cromo e níquel que apresentaram teores que ultrapassaram o TEL. Ainda, nas amostragens anteriores, foi verificada extrapolação para o PEL apenas para cromo e níquel no açude Edson Queiroz, em julho/2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (vide Anexo 8.1-X).

Cromo

O cromo ocorre naturalmente na composição de vários minerais, frequentemente associado a outros metais, sendo também encontrado em águas receptoras de esgotos domésticos sem tratamento. Esse metal pode se acumular nos organismos aquáticos, principalmente em animais filtradores. As formas mais estáveis são o cromo trivalente e hexavalente, este último considerado cancerígeno ao ser humano. O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos (CETESB, 2014).

Nos sedimentos da malha amostral, os níveis desse constituinte ultrapassaram o TEL (37,3 mg/kg) do CCME (2001), apenas no açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII) em fevereiro/2021, com 42,7 mg/Kg (Figura 8.1-194).

Conforme citado anteriormente, esse metal também ultrapassou o limite estabelecido pela legislação nas amostras coletadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), com valores acima do TEL, em agosto/2011, na maioria dos pontos, sendo exceção apenas o açude da Laís (P09, fora da AII). Nos demais açudes a concentração variou de 59 mg/Kg no açude Morrinhos (P08) a 87 mg/Kg no açude Edson Queiroz (P10, a jusante da AII). Além disso, também foi registrado em julho/2011 um valor acima do PEL (111 mg/Kg) no açude Edson Queiroz (P10) (vide Anexo 8.1-X).

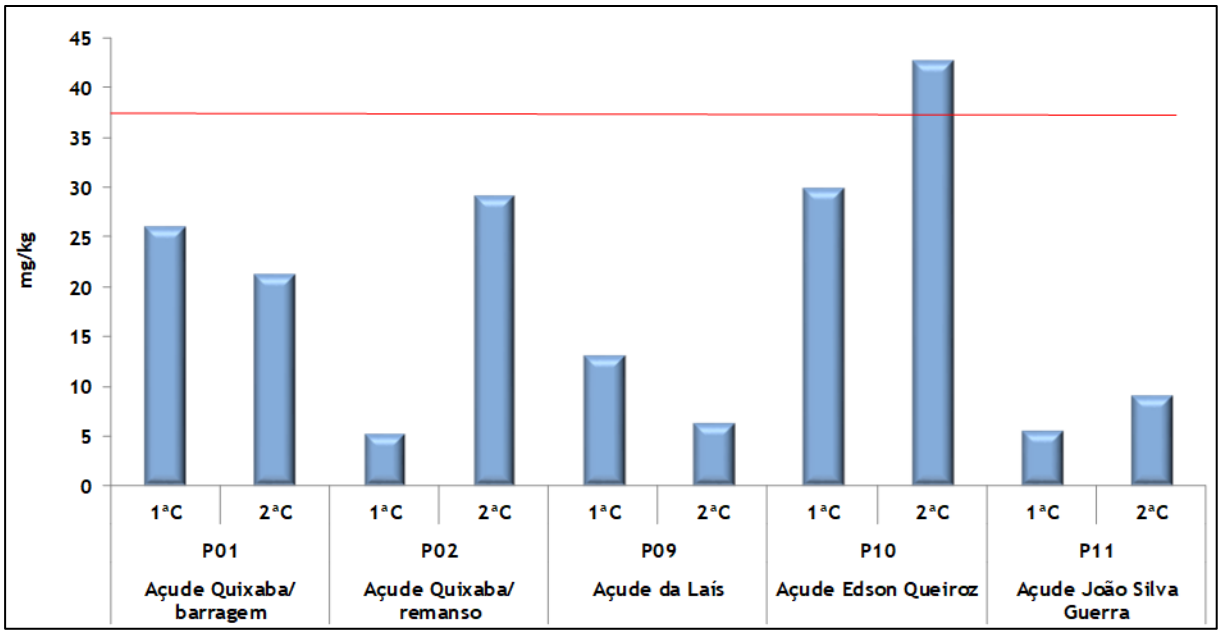


Figura 8.1-194 - Cromo nos Sedimentos – PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC)

Legenda: Linha vermelha representa o TEL (37,3 mg/kg) do CCME (2001).
Elaboração: Econsult, 2021.

Níquel

O níquel está presente naturalmente na crosta terrestre. Esse metal é utilizado principalmente na fabricação de aço inoxidável, na galvanoplastia do crômio para conferir adesão do crômio ao ferro e como catalisador em algumas reações de hidrogenação. Além disso, é usado na produção de ligas, baterias alcalinas, moedas, dentre outros (CETESB, 2014).

Na malha amostral do PSQ, esse metal foi detectado em concentração superior ao TEL (18 mg/kg) apenas no açude Quixaba (P02) com valor de 18,3 mg/kg, na segunda campanha (Figura 8.1-195). Esse resultado pode estar correlacionado a granulometria dos sedimentos, pois conforme descrito mais adiante, registrou-se predominância do substrato siltoso no ponto P02 (açude Quixaba) em fevereiro/2021, o que confere maior afinidade por determinados poluentes como metais, em comparação com sedimentos com granulometria mais grossa.

Esse metal também ultrapassou o TEL nas campanhas de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), no açude Quixaba (P01 com 19 mg/Kg, em julho/2011) e na amostragem de agosto/2011 nos açudes Quixaba (P01 com 28 mg/Kg), da Laís (P09 com 24 mg/Kg) e Edson Queiroz (P10 com 27 mg/Kg). Em padrão similar ao cromo, a concentração de níquel também ultrapassou o PEL no açude a jusante da AII, Edson Queiroz (P10 com 69 mg/Kg), em julho/2011.

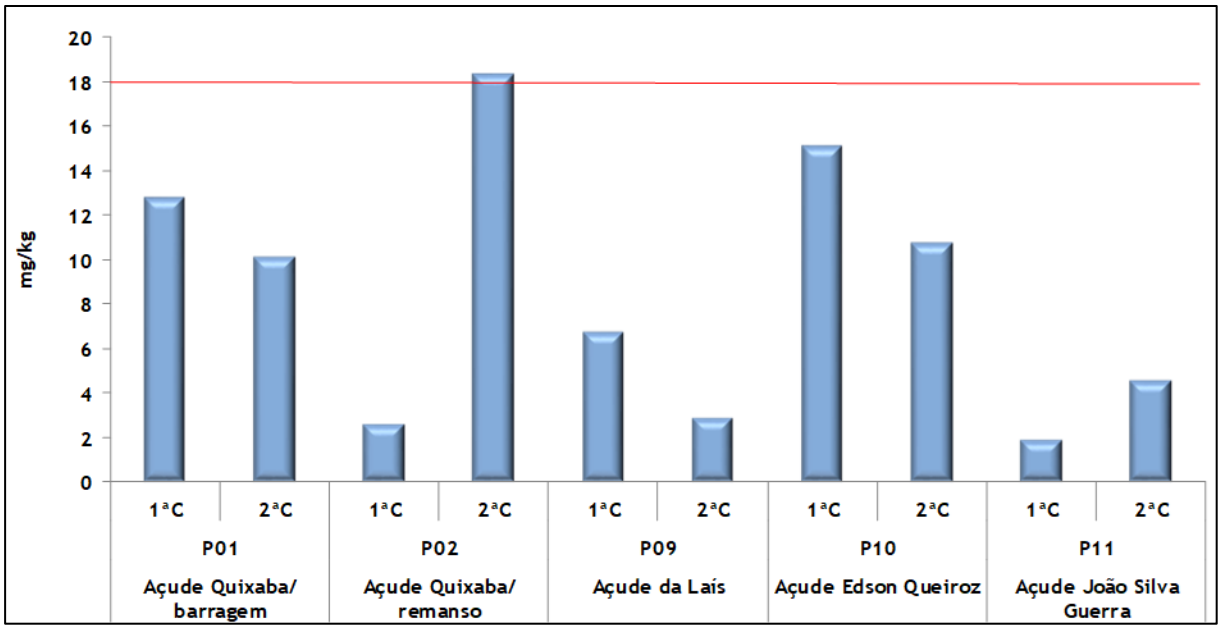


Figura 8.1-195 - Níquel nos Sedimentos – PSQ - Novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Legenda: Linha vermelha representa o TEL (18 mg/kg) do CCME (2001).
Elaboração: Econsult, 2021.

D.3. Pesticidas Organoclorados, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) e Bifenilas Policloradas (PCB's)

As concentrações dos pesticidas organoclorados, dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e das bifenilas policloradas não atingiram o limite de quantificação do método analítico nos açudes amostrados, tanto em novembro/2020 quanto em fevereiro/2021, estando, portanto, em conformidade com os padrões estipulados pelo CCME (2001), assim como nas campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), (vide Anexo 8.1-X).

D.4. Granulometria

A análise da composição granulométrica, em novembro/2020 e fevereiro/2021, evidenciou predominância de substrato constituído por areia fina, média e grossa na maioria das amostras, com exceção apenas do ponto P10 (açude a jusante da AII, Edson Queiroz), em novembro/2020, e do ponto P02 (açude Quixaba), em fevereiro/2021 , onde ocorreram predominância de sedimentos mais finos (silte), conforme Figura 8.1-196.

De acordo com Mudroch & Macknight (1997), estudos de correlação de metais com granulometria demonstram que, usualmente, partículas mais finas de sedimentos, tais como silte e argila, contêm concentrações mais elevadas de metais, os quais são fixados por adsorção sobre as superfícies das partículas. Além disso, os fundos em que predominam estas frações apresentam maior capacidade de retenção de água e nutrientes, em razão do reduzido espaço intersticial (MONTE SERRAT et al., 2002).

Nas campanhas realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), registrou-se predominância do substrato siltoso em toda a malha amostral, o que possivelmente se relaciona aos maiores teores de metais obtidos nessas amostragens (vide Anexo 8.1-X).

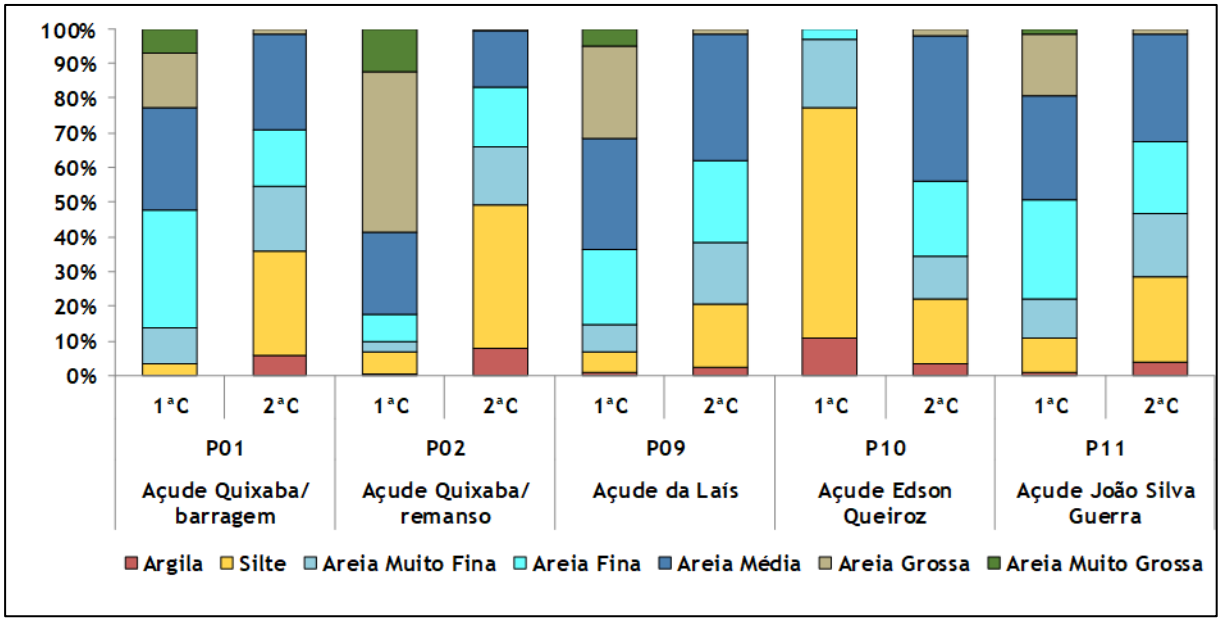


Figura 8.1-196 - Porcentagem da Composição Granulométrica nos Sedimentos - PSQ - novembro/2020 (1ªC) e fevereiro/2021 (2ªC).

Elaboração: Econsult, 2021.

8.1.9.4. Considerações Finais

As avaliações da qualidade das águas superficiais, realizadas em novembro/20 e fevereiro/21, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, evidenciaram que as águas nos açudes amostrados atenderam, em grande parte, aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2. Os parâmetros que apresentaram não conformidades em relação à legislação nestas amostragens foram cloreto total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), fósforo total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sulfato total, manganês total, zinco total, cianobactérias e surfactantes.

Do ponto de vista ecológico, os teores de oxigênio dissolvido foram baixos, inferiores ao padrão da legislação, na maioria dos locais amostrados, tendendo à anaerobiose nos açudes Quixaba e da Laís, no período seco (novembro/2020), possivelmente em função da dinâmica lêntica, onde a taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido é baixa, além de ser um ambiente no qual tende a ocorrer acúmulo de compostos orgânicos. No período chuvoso, registrou-se uma maior oxigenação das águas nesses locais, porém, os teores de OD mantiveram-se inferiores ao estipulado pela legislação.

A DBO apresentou desconformidade com o critério legal nos açudes Quixaba e da Laís, no período chuvoso (fevereiro/2021), o que reflete a introdução de materiais orgânicos nos corpos d'água. Concentrações de fósforo total acima do padrão legal foram detectadas na maioria dos açudes avaliados, incluindo o Quixaba, o que provavelmente se relaciona a

decomposição de material orgânico, além da possível associação com a matriz geológica regional, rica em fosfato.

A concentração de surfactantes, que reflete a introdução de detergentes, ultrapassou pontualmente o padrão da legislação, exclusivamente no açude Edson Queiroz, no período chuvoso. Os níveis de cloreto total e de sulfato total, que podem ser indicativos da introdução de efluentes domésticos, superaram o padrão da legislação nos pontos do açude Quixaba (P02), sendo o primeiro parâmetro desconforme nas duas amostragens e o segundo, apenas no período chuvoso.

A disponibilidade de nutrientes nos açudes amostrados, aliado a dinâmica lêntica, tende a promover o crescimento de algas e cianobactérias. As cianobactérias atingiram densidades superiores ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2, em ao menos uma campanha, na maioria dos pontos avaliados, exceto no remanso do açude Quixaba.

Foram registrados, nos açudes Quixaba e João Silva Guerra, níveis de sólidos dissolvidos e de manganês total não conformes com a legislação, provavelmente em decorrência dos processos erosivos na bacia de drenagem. O metal zinco se manteve acima do padrão legal apenas no açude Quixaba, no período chuvoso.

O Índice de Estado Trófico – IET demonstrou um grau de trofia entre Eutrófico, no açude Quibaxa e Mesotrófico, nos demais ambientes. Um baixo grau de trofia (Oligotrófico) foi detectado apenas no açude da Laís no período seco.

Na avaliação realizada em 2011, no geral, se obteve um padrão relativamente similar ao obtido nas amostragens mais recentes, com desconformidades de DBO, fósforo total, manganês total, sólidos dissolvidos totais, além de clorofila-a, coliformes termotolerantes e, pontualmente, alguns HPAs, sendo os três últimos parâmetros se mantiveram conformes nas amostragens mais recentes.

A análise dos sedimentos demonstrou ausência de contaminação por agrotóxicos e demais compostos orgânicos. Os metais dos sedimentos foram quantificados em concentrações compatíveis com os padrões estabelecidos pelo CCME (2001), na maioria da malha amostral, com exceção apenas do remanso do açude Quixaba e do açude Edson Queiroz, onde foram registradas não conformidades para níquel e cromo, respectivamente, ambas no período chuvoso.

Em síntese, os açudes amostrados apresentam indícios de introdução de matéria orgânica e de nutrientes, que podem acarretar processo de eutrofização do ambiente

aquático, assim como algumas interferências relacionadas ao aporte de sólidos da matriz geológica regional.

8.1.10. Usos das Águas Superficiais e/ou Subterrâneas

8.1.10.1. Considerações Metodológicas

A caracterização dos usos da água foi realizada através de pesquisa a dados secundários disponíveis nos órgãos públicos, na bibliografia especializada, entre outras fontes de consulta pertinentes ao tema.

Complementarmente foram realizados levantamentos primários na área de estudo, onde conjuntamente com as campanhas de qualidade da água e sedimentos foram realizadas observações dos principais usos existentes na AID e ADA.

8.1.10.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

Cabe à Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH) o planejamento e acompanhamento da gestão dos recursos hídricos na Bacia do Acaraú, conforme estabelecido na Política Estadual de Recursos Hídricos.

A efetiva condução dessa política é executada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), na condição de responsável pelo gerenciamento desses recursos, em parceria com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e com a participação do Comitê de Bacia. A COGERH desenvolve as atividades de administração, operação e manutenção da infraestrutura hídrica, além do monitoramento quali-quantitativo dos principais corpos de água da bacia.

Destaca-se, dentre as diversas atribuições, o papel da COGERH na condução do processo de 'alocação negociada de água', no qual se busca a solução de conflitos existentes pelo uso da água na bacia. Vale lembrar que o atendimento às demandas globais da bacia é viabilizado pela perenização dos escoamentos superficiais decorrentes do armazenamento de volumes nos reservatórios.

A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos previstos pela legislação e tem, por objetivo, assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos ao seu acesso, inclusive, observando e incentivando as suas múltiplas finalidades.

O processo de outorgas, no âmbito Federal, é regulado pela Lei 9433/977, que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definindo a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e pela Lei 9984/00, que deu origem à instituição da Agência Nacional de Águas (ANA), atribuindo à mesma a competência para outorgar o direito de uso dos recursos hídricos em corpos de água de domínio da União.

No âmbito do estado do Ceará, a outorga é regulamentada através do Decreto Estadual nº 23.067, de 11 de fevereiro de 1994, complementado com outros diplomas legais.

De acordo com o documentado por Nascimento *et al.* (2008), um dos padrões que sobressai na bacia do rio Acaraú é o escoamento superficial com rios de padrões dendríticos e intermitente sazonal. Tendo em vista que os rios são predominantemente intermitentes isso impede sua utilização contínua como mananciais de abastecimento público de água, dessedentação de animais, irrigação, insumo para indústrias, entre outros usos. Considerando que nessa região o clima é semiárido, a produtividade hídrica é limitada, o que resulta em escassez ou baixa disponibilidade dos recursos hídricos, conforme detalhado nos itens 8.1.7; 8.1.8 e 8.3.11.

Essa bacia apresenta uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 1.443.763.000 m^3 (SRH, 2021), em açudes públicos gerenciados pela COGERH, conforme apresentado no item 8.1.7.2.1. Esses açudes se situam fora da AII, destacando-se em termos de capacidade de acumulação os açudes Araras (Paulo Sarasate), Jaibaras (Ayres de Souza), Taquara e o Edson Queiroz. O conjunto de açudes mencionados apresenta capacidade de armazenamento hídrico de 1.531,11 hm^3 (SRH, 2021).

Segundo ANA (2017) sobre o levantamento de demandas por açude na bacia do rio Acaraú, fora dos limites da AII, observa-se que o reservatório Araras sozinho é responsável pelo abastecimento de mais de 50% das demandas de retirada identificadas. São também notórios os açudes Edson Queiroz e Ayres de Souza que, juntos, respondem pelo abastecimento de 30% das demandas consuntivas calculadas. Verifica-se um predomínio de usos prioritários na composição das demandas dos açudes da bacia, com destaque para o abastecimento urbano no reservatório Ayres de Souza e para as demandas difusas no reservatório Taquara.

Os únicos açudes em que foram identificadas captações para abastecimento industrial são Ayres de Souza, Edson Queiroz e Araras, tendo este último a maior vazão de captação para este fim (ANA, 2017).

Especificamente para o açude Edson Queiroz, esse mesmo levantamento verificou que a maior demanda do uso de suas águas (44%) se refere ao abastecimento humano urbano dos

municípios Groaíras, Santa Quitéria e Sobral; a segunda maior demanda está na irrigação (33%), seguida do abastecimento rural (11%) e, em proporções menores, estão a dessedentação animal e a indústria, com 9% e 3% das demandas, respectivamente.

Dados apresentados no item 8.1.9.2 deste diagnóstico sintetizam as principais características do açude Edson Queiroz (Tabela 8.1-33).

Tabela 8.1-33 - Principais características do açude Edson Queiroz

AÇUDE EDSON QUEIROZ	
Localização	Município de Santa Quitéria
Bacia Hidrográfica	Acaraú
Rio/Riacho Barrado	Groaíras
Área de contribuição	1.779,22 km^2
Capacidade	254.000.000 m^3
Vazão Regularizada	2.440 L/s

Fonte: COGERH, 2021 (disponível em http://www.cbhacarau.com.br/wp-content/uploads/2021/06/REUNI%C3%83O-DE-PAR%C3%82METROS-2021.pdf; consultado em 12/07/2021)

Em 22/06/2021 foi realizada a reunião ordinária do Comitê da Bacia do Acaraú, quando foram apresentados os dados relativos aos açudes que são operados nessa bacia hidrográfica, incluindo os do Açude Edson Queiroz. A equipe técnica da COGERH apresentou informações sobre a situação hídrica dos açudes como subsídio para a gestão da água, priorizando o abastecimento humano, a dessedentação animal e os seus múltiplos usos nos municípios da bacia. Na Figura 8.1-197 é apresentado o histórico recente do volume acumulado e da vazão alocada para usos múltiplos do Açude Edson Queiroz.

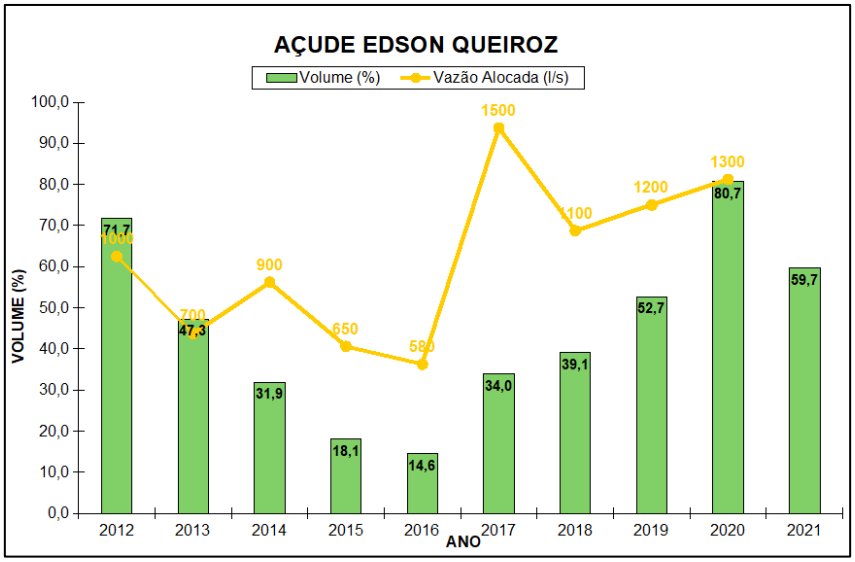


Figura 8.1-197 - Evolução do volume armazenado e vazão alocada no Açude Edson Queiroz - 2012 a 2021.

Fonte: COGERH, 2021 (disponível em http://www.cbhacarau.com.br/wp-content/uploads/2021/06/REUNI%C3%83O-DE-PAR%C3%82METROS-2021.pdf; consultado em 12/07/2021).

Dados apresentados na Nota Técnica 001/2021, elaborada pela Secretaria de Recursos Hídricos -SRH do Ceará (Volume V – Anexo 3-VII), apontam que, a partir dos meses de junho até dezembro, a pluviometria na bacia do rio Acaraú não é tão expressiva a ponto de possibilitar recarga aos reservatórios monitorados. Essa característica da região semiárida do Nordeste acarreta em grande variabilidade nos volumes aportados aos mananciais de abastecimento público. No Ceará, os volumes distribuídos são alocados anualmente, de maneira, descentralizada e participativa por meio dos Comitês de Bacias nos processos denominados:

+ Operação Emergencial (1º Semestre): no primeiro semestre do ano, durante a estação chuvosa, os reservatórios são operados de forma a garantir o atendimento dos usos múltiplos, sobretudo na estiagem.
+ Alocação Negociada de Água (2º Semestre): com o fim da estação chuvosa, os volumes são alocados pelos comitês.

No documento citado, são detalhadas as ações previstas na bacia tendo em vista aumentar a oferta hídrica. Este documento conclui sobre a possibilidade de atender à demanda de água do PSQ, levando em conta a vazão regularizada do açude Edson Queiroz (2.440 L/s) e sua demanda projetada para atender às demandas de abastecimento humano, indústria e usos difusos (811,5 L/s).

8.1.10.3. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

Na AID e ADA, a população é essencialmente rural, sendo assim o uso principal da água se dá para o abastecimento rural e a dessedentação de animais. O núcleo urbano de Santa Quitéria se situa a jusante dos limites das áreas de influência. Considerando que os riachos na AID e ADA são predominantemente intermitentes isso impede sua utilização contínua como mananciais de abastecimento público de água, dessedentação de animais, irrigação, insumo para indústrias, entre outros usos, conforme citado.

Nos assentamentos rurais da AID e ADA (Morrinhos e Queimadas), a população é suprida por cisternas e caminhões pipas.

Morrinhos possui um açude, porém está seco. Neste assentamento há ainda um poço profundo que tem vinculado a ele um projeto de dessalinizador que o assentamento possui, mas encontra dificuldades na instalação junto ao governo do estado e, enquanto isso, o abastecimento de água está sendo suprido através de carros-pipa. As casas em Morrinhos já possuem as cisternas e a comunidade recebeu o projeto de instalação de 11 cisternas de enxurrada com capacidade de 52 mil litros (RIBEIRO, 2016).

Com relação ao abastecimento de água, o assentamento Queimadas possui cisternas e há também dois poços em funcionamento, mas assim como nas demais comunidades rurais da região o abastecimento de água vem sendo garantido através de carros-pipa que trazem água do açude Edson Queiroz (RIBEIRO, 2016).

Na região de Santa Quitéria, fora dos limites da AID e ADA, as irrigações de pequenas lavouras de subsistências se fazem principalmente no final da estação chuvosa, ficando restritas à utilização das várzeas fluviais e das margens dos açudes, onde dominam as culturas de ciclo curto. Assim, é comum a prática das chamadas culturas de vazante, as quais, à medida que o nível das águas vai baixando, vão-se deslocando, progressivamente, do leito maior para o leito menor dos cursos d'água. Através dessa prática, largamente utilizada ao longo do canal principal do rio Acaraú e dos seus afluentes, os agricultores aproveitam as reservas de umidade da subsuperfície (SOBRINHO, 2006 *apud* SALES, 2020).

8.1.11. Hidrogeologia

8.1.11.1. Considerações Metodológicas

As informações apresentadas são compostas de dados primários obtidos em trabalhos de campo, e, de dados secundários existentes na literatura técnico-científica, estudos ambientais pretéritos, em bancos de dados e sistemas de informações. A caracterização do ambiente hidrogeológico foi realizada sobre uma base geral de Sistema de Informação Geográfica - SIG.

A caracterização da AII quanto aos seus aspectos hidrogeológicos, foi realizada a partir da descrição das unidades aquíferas definidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2001) e pelo cadastro nacional de poços tubulares, obtidos no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), em 24/02/2021.

Estes dados permitiram a definição dos domínios e subdomínios hidrogeológicos, assim como dos seus principais aspectos hidrodinâmicos e de qualidade e uso das águas subterrâneas.

A caracterização da forma de ocorrência e compartimentação dos aquíferos foi realizada com base nos tipos litológicos, sua distribuição e geometria espacial condicionada pelas estruturas e delineamentos geotectônicos.

Os dados primários para caracterização hidrogeológica da ADA, foram obtidos a partir dos dez poços de monitoramento instalados nas dez sondagens realizadas em fevereiro de 2011, apresentadas em Arcadis Logos (2014).

Os ensaios hidrogeológicos em poços de monitoramento foram realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), nos poços que apresentaram água no seu interior, pelo método slug test (Freeze & Cherry, 1979), e os cálculos para obtenção da condutividade hidráulica foram executados com o auxílio do aplicativo *Aquifer Test da Waterloo Hydrogeologic Inc*.

Em quatro poços de monitoramento sem coluna d'água (secos), foram realizados ensaios de infiltração, adicionando água no seu interior, e monitorado o rebaixamento com transdutor de pressão instalado a cerca de 10 cm acima do fundo, por um período de 24 horas, com objetivo de avaliar a condutividade hidráulica do maciço rochoso no local.

Com objetivo de identificar as variações sazonais no nível d'água subterrânea, foram realizadas medições do nível estático, ao longo de um ciclo hidrogeológico completo em 2011 e nas estações seca de 2020 e na chuvosa em 2021. Estas medições foram realizadas com medidor de nível elétrico, com precisão de 0,5mm. As medições contínuas com

transdutores de pressão abril a agosto de 2011, foram utilizadas para avaliar a recuperação dos poços após os eventos de amostragem. Os trabalhos de 2011 são apresentados em ARCADIS LOGOS, 2014. Os dados primários obtidos com o monitoramento foram analisados e cruzados com os dados pluviométricos da região, permitindo avaliar o comportamento dos aquíferos em resposta aos principais eventos de pluviosidade.

Os dados de disponibilidade efetiva de água subterrânea para o Município de Santa Quitéria são derivados dos dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (COGERH, 2002), do projeto Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba (Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional – SDLR, 2000) e do Levantamento de Poços Construídos de 2004 a 2016 da SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas (COGERH, 2016).

A definição de áreas das áreas de recarga, adotou critérios técnicos, das áreas de geomorfologia, geologia estrutural, geotecnia, pedologia, clima, vegetação e espeleologia, como fatores condicionantes para definição de áreas mais propensas a recarga de aquíferos.

O conceito de análise de vulnerabilidade de aquíferos pode ser definido como o conjunto de características intrínsecas dos estratos entre a zona saturada e a superfície do solo, que determinam sua suscetibilidade a sofrer os efeitos adversos de uma carga contaminante aplicada na região acima do nível freático (FOSTER, 1987).

A metodologia GOD utilizada, estabelece um índice de vulnerabilidade natural do aquífero, que é resultado de uma combinação de procedimentos propostos por Foster e Hirata (1988), e considerada uma metodologia empírica.

Para este estudo foi utilizada a versão de 2006, com modificações em relação a de 1998, decorrentes de ajustes através da experiência da aplicação deste método pelos próprios autores. O método GOD baseia-se na mensuração de três fatores:

+ Índice **G** (*ground water occurrence*): Identifica o tipo e grau de confinamento hidráulico da água subterrânea, com indexação numa escala de 0,0 a 1,0;
+ Índice **O** (*overall litology of aquifer*): Caracteriza a geologia da zona não saturada, quanto ao grau de consolidação e tipo de litologia, representado numa escala de 0,4 a 1,0; e
+ Índice **D** (*depth of water*): Se refere a profundidade do nível da água, com índice numa escala de 0,6 a 1,0.

Índice GOD: Índice máximo de vulnerabilidade do aquífero à contaminação proposto pelo método, correspondente a 1, representa a vulnerabilidade extrema; enquanto o mínimo

0 (zero), corresponde à vulnerabilidade insignificante. Todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade é determinado como a multiplicação dos valores obtidos em cada fator.

O modelo hidrogeológico conceitual da ADA (MHC-ADA), integra as informações de hidrogeologia, geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia e espeleologia. O MHC-ADA das Instalações Mineroindustrial e de Urânio, integrou dados primários das sondagens de reconhecimento e dos poços de monitoramento rasos (< 25,0 metros instalados em 2011), levantamentos geofísicos (2016 e 2021), e seis etapas de mapeamento de campo ao longo de 2011, 2020 e 2021.

Para a área da Jazida o MHC-ADA, utilizaram-se os dados secundários da seção hidrogeológica apresentada na Figura 8.1-209, levantamentos geofísicos (2002), dados dos estudos hidrogeológicos de Alcantara e Silva (2003), e análises de raio x em amostras de solo da Formação Alcantil de Lopes (2018), elaborados especificamente em estudos anteriores para o profundo conhecimento dos corpos mineralizados, e que tem um nível de detalhamento maior que os dados primários obtidos ao longo das campanhas de campo, face ao grande número de sondagens (250), atingindo profundidades superiores a 450 metros (abaixo da cota 100m).

Para obtenção do mapa potenciométrico, as medidas de nível d'água ao longo das campanhas de monitoramento, foram convertidas em carga hidráulica, através da diferença da cota do poço (em metros) pela medida do nível d'água (em metros).

A determinação das direções de fluxo foi realizada a partir da análise integrada dos dados geomorfológicos de relevo e hidrografia, dados geofísicos, dados geológicos obtidos em campo, ensaios hidrogeológicos, medições de nível d'água e cálculo de cargas hidráulicas, assim como a configuração do mapa potenciométrico elaborado por Alcantara e Silva (2003).

Devido as condições climáticas severas nos últimos anos, apenas 3 dos 10 poços de monitoramento apresentaram água no seu interior e que permitiram a obtenção de dados para cálculo da carga hidráulica. Em 2011 eram 6 de 10 poços com água apenas. Por estes motivos, para elaboração do mapa potenciométrico, foi adotada uma extrapolação empírica dos dados existentes, para regiões próximas com características semelhantes, com base nos seguintes critérios.

+ Dados atuais de cargas hidráulicas;
+ Gradiente hidráulico e o escoamento subterrâneo refletindo o relevo;
+ Condicionantes para o escoamento do fluxo da água subterrânea;

+ Análise de dados secundários.

Para caracterização das zonas de recarga, foi realizada uma análise integrada de dados de geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia e hidrografia. O resultado é um indicador de maior ou menor favorabilidade a recarga, resultante da relação entre parâmetro e causa.

O modelo hidrogeológico conceitual da ADA (MHC-ADA) foi elaborado a partir da análise integrada de todas as informações apresentadas nos capítulos de geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia e espeleologia.

8.1.11.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

8.1.11.2.1. Unidades Aquíferas

Na área de estudo a ocorrência da água subterrânea está condicionada aos meios, poroso, fissural e cárstico.

No **meio poroso** a circulação da água, está relacionada à porosidade primária dos sedimentos inconsolidados e solos do manto de intemperismo. Os baixos índices pluviométricos associados a longos períodos de estiagem, típicos do clima semiárido da região, controlam a intermitência da água subterrânea no meio poroso, da mesma forma que, nas águas superficiais, cuja relação é de caráter influente, ou seja, as águas superficiais das drenagens, contribuem para o abastecimento do meio poroso. Durante as campanhas de campo realizadas em novembro/2020 e junho/2021, não foi observado acúmulo de água nas camadas de solos superficiais da área avaliada, o que a caracteriza este meio como uma zona de condução, e não de armazenamento de água.

O **aquífero fraturado** é anisotrópico, com a condutividade hidráulica diretamente relacionada as estruturas representantes da porosidade secundária, tais como falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente em toda a unidade, com parâmetros como atitude, frequência, amplitude, abertura, rugosidade, material de preenchimento, diretamente relacionados a capacidade de armazenamento e de transmissividade do aquífero, e é representativo das unidades IM1, MS1 e MS2.

O **aquífero cárstico** é caracterizado pela rocha carbonática e suas descontinuidades geradas por dissolução em fraturas, falhas e contatos. Os principais fatores condicionantes ao armazenamento e da transmissividade da água subterrânea estão relacionados principalmente as configurações geométricas das cavidades, e a frequência de ocorrência e das demais estruturas. É representativo da Unidade MC1, que nas zonas de falhas e fraturas, e demais áreas onde não ocorre dissolução cárstica, apresenta comportamento de aquífero fraturado.

A configuração da forma de ocorrência e compartimentação dos aquíferos fraturados e cársticos na AII, é caracterizada pelos diferentes tipos litológicos e tem sua distribuição e geometria espacial condicionada pelas estruturas e delineamentos geotectônicos. A sua disponibilidade hídrica é limitada pelo arcabouço permeável (porosidades primárias e secundárias).

Na AII ocorrem quatro unidades hidrogeológicas (Quadro 8.1-29), representadas por quatro tipos rochosos, as quais são correlacionadas principalmente ao Domínio 4 de Metassedimentos/Metavulcânicas e ao Domínio Cristalino (Domínio 6) do Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2001), ilustrado no Mapa 8.1-22.

Quadro 8.1-29 – Unidades Hidrogeológicas

SIGLA	DESCRIÇÃO UNIDADE
IM1:	Unidade de rochas Ígneas e Metamórficas do Complexo Tamboril Santa Quitéria.
MS1:	Unidade de rochas metassedimentares representadas por Gnaisses da Formação Barrigas
MS2:	Unidade de rochas metassedimentares representadas por Quartizitos e Micaxistos da Unidade Independência do Complexo Ceará.
MC1:	Unidade de rochas metacarbonáticas da Formação Alcantil.

Elaboração BTB Explorers, 2021 modificado de ARCADIS LOGOS, 2014

370.000
380.000
390.000
400.000
410.000
420.000
430.000
9.510.000
9.500.000
9.490.000
9.480.000
Itatira
Catunda
IM1
MS2
MS2
MS2
MS2
MS2
MS2
MS2
MS2
MS2
MC1
MC1
MC1
MC1
MS1
MS1
MS1
MS1
MS1
MS1

Legenda

- ☉ Sede Municipal
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Estruturas

- Falha e/ou zona de cisalhamento
- Lineamento estrutural
- Zona de Cisalhamento Contracional
- Falha geofísica

Unidades Hidrogeológicas

- IM1 - Unidadede rochas ígneas e metamórficas
- MC1 - Unidadede rochas metacarbonáticas
- MS1 - Unidadede rochas metassedimentares - gnaisses
- MS2 - Unidadede rochas metassedimentares - quatzo e xistos

Oceano Atlântico
MA
CE
PI
RN
PB
PE
AL
SE
BA
Forquilha
Sobral
Irauçuba
Tejuçuoca
Pentecoste
General Sampaio
Paramoti
Santa Quitéria
Canindé
Catunda
Itatira
Choró
Madalena
Monsenhor Tabosa
Tamboril
Boa Viagem
Independência
Quixeramobim
Pedra Branca

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Hidrológico (Tetra Mais, 2021).

0 1 2 km
Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidade Aquíferas da AII

Mapa	Escala	Localização	
8.1-22	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

Conforme apresentado no Mapa 8.1-22, a Falha Groaíras, que atravessa a AII com direção NW-SE, define um contato abrupto de cunho regional, entre as unidades hidrogeológicas IM1 (a oeste) e a MS1 (a leste da falha).

Na unidade IM1 (rochas ígneas e metamórficas), que ocupa toda a porção oeste da AII, os aquíferos são, descontínuos, localizados e de pequenas dimensões, com vazões baixas e de águas salinas, devido à pouca ou nenhuma circulação subterrânea decorrente do expressivo grau de confinamento.

A unidade MS1 (rochas gnáissicas), representa a maior taxa de ocupação da AII a leste da Falha Groaíras, onde também ocorrem corpos estirados e deformados das unidades MS2 (quartzitos e micaxistos) e MC1 (metacarbonáticas).

Os quartzitos (MS2) e rochas metacarbonáticas (MC1) tem favorabilidade hidrogeológica diretamente relacionada à presença de estruturas e descontinuidades no maciço rochoso. A presença de foliações pronunciadas, falhas e fraturas em maior densidade, são favoráveis ao armazenamento e a transmissividade das águas subterrâneas.

As rochas da unidade MC1, têm como característica principal feições como condutos, cavernas e sumidouros, resultantes dos processos de dissolução em planos de falhas, fraturas e contatos. Essas feições conferem ao aquífero cárstico, uma porosidade secundária de relevância e favorável ao acúmulo de água subterrânea.

Devido às características anisotrópicas e composicionais da unidade MC1 (metacarbonatos) a condição de reservatório não se dá de maneira homogênea ao longo de toda a área de ocorrência (ARCADIS LOGOS, 2014), além do fator de risco de solapamento de solos devido a extração de água em ambientes cársticos, gerando vazios sujeitos a efeitos gravitacionais.

A água subterrânea na MC1, está associada às fraturas que eventualmente, podem ou não, ter sofrido processos de dissolução, ocasionando seu alargamento e favorecendo a transmissão e armazenamento da água (ARCADIS LOGOS, 2014). Se as fraturas e falhas sofreram dissolução, nestes locais prevalece o comportamento cárstico no aquífero, se não sofreram dissolução, o comportamento é de aquífero fraturado.

8.1.11.2.2. Dados de Poços Cadastrados no SIAGAS

A consulta ao Sistema de Águas Subterrâneas da CPRM – SIAGAS em fevereiro de 2021, na área de um polígono com coordenadas SIRGAS 2000 (24M) UTM 377.396; 9.516.516 para o vértice superior esquerdo; e UTM 423.960; 9476123 para o vértice inferior direito, identificou 105 poços na AII e seu entorno imediato.

Dentro da área da AII, estão localizados 24 destes 105 poços de abastecimento, conforme apresentado no Mapa 8.1-22. As principais características destes 24 poços, são apresentadas no Quadro 8.1-30.

Quadro 8.1-30 - Relação dos poços de captação de água subterrânea locados dentro dos limites da AII

POÇO		ANO	COORDENADAS UTM 24 M SIRGAS 2000		SITUAÇÃO	PROF (M)	VAZÃO (M3/H)	NE (M)	ND (M)	DADO CONSTRUTIVO	DADOS GEOLÓGICO	DADOS HIDROGEO.	ANÁLISE QUÍMICA	MUNICÍPIO
1	2300006263	1998	385903	9494607	Fechado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
2	2300006339	1998	382510	9494902	Equipado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Catunda
3	2300006580	1998	385639	9494229	Fechado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
4	2300006581	1998	394770	9493300	Abandonado	72	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria
5	2300006582	1998	392470	9495725	Fechado	42	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
6	2300006583	1998	401148	9489671	Fechado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
7	2300006584	1998	404115	9495559	Equipado	19	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria
8	2300006589	1998	394897	9493320	Abandonado	65	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria
9	2300006590	1998	412222	9482274	Abandonado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
10	2300006591	1998	405770	9480457	Equipado	60	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria
11	2300006595	1998	402984	9479542	Abandonado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
12	2300006596	1998	403013	9479431	Abandonado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
13	2300006604	1998	388733	9498402	Abandonado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria

POÇO		ANO	COORDENADAS UTM 24 M SIRGAS 2000		SITUAÇÃO	PROF (M)	VAZÃO (M3/H)	NE (M)	ND (M)	DADO CONSTRUTIVO	DADOS GEOLÓGICO	DADOS HIDROGEO.	ANÁLISE QUÍMICA	MUNICÍPIO
14	2300006605	1998	387538	9497370	Fechado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
15	2300006629	1998	408470	9495071	Fechado	59,7	0,85	5	46	sim	sim	sim	n.i.	Santa Quitéria
16	2300006630	1998	410322	9494477	Equipado	60	0,4	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
17	2300019370	2001	402024	9485807	Não instalado	72	4	28	54	sim	sim	n.i.	sim	Santa Quitéria
18	2300019372	2001	396545	9481838	seco	60	n.i.	n.i.	n.i.	sim	sim	n.i.	n.i.	Santa Quitéria
19	2300020449	2005	382148	9494510	Não instalado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Catunda
20	2300021594	2008	409252	9509584	Parado	70	n.i.	4,38	n.i.	sim	sim	sim	sim	Santa Quitéria
21	2300022571	2010	402164	9487050	n.i.	36	9,2	4,8	16,5	sim	sim	sim	sim	Santa Quitéria
22	2300021600	2008	381485	9497223	Parado	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	Catunda
23	2300023343	2014	406361	9480941	Bombeando	92	7,83	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria
24	2300023344	2014	409307	9493519	Bombeando	80	1,13	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	CE	Santa Quitéria

Legenda: n.i: não informado – NE: Nível Estático – ND: Nível dinâmico – Prof.: Profundidade
Fonte: SIAGAS-CPRM (disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_coordenada.php), acesso em 22/02/2021.

Conforme apresentado no Figura 8.1-198, dentre os 24 poços identificados na AII, 6 estão cadastrados como abandonados, 6 fechados, 2 parados, 1 não instalado, 1 sem informação quanto a sua situação, 4 com equipamentos e apenas 2 bombeando.

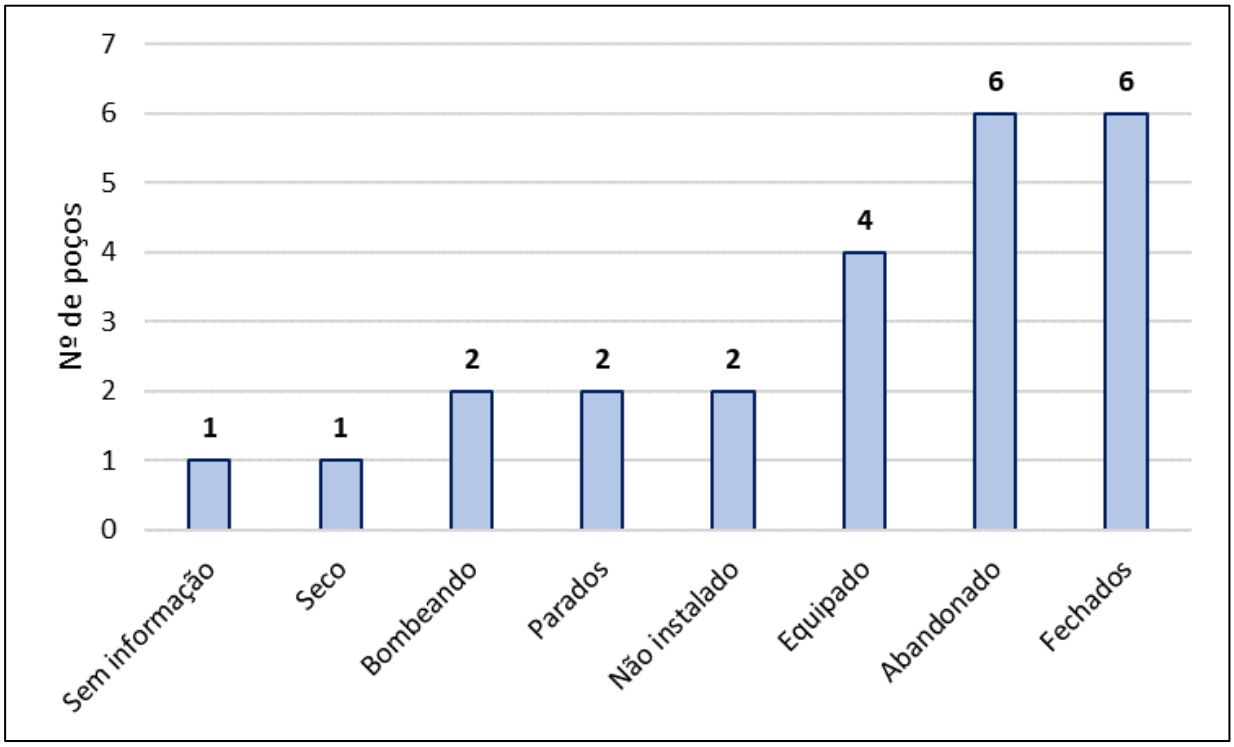


Figura 8.1-198 – Situação dos poços da AII.

Fonte: Siagas, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021

A maior parte dos poços tem como uso a destinação ao abastecimento múltiplo, exceto o poço 2300019370 que consta como não instalado e cadastrado como para uso urbano. No que se refere ao tipo de poço, com exceção do poço 2300006339 cadastrado como tipo amazonas, todos os demais são do tipo tubular.

Segundo o banco de dados do SIAGAS, em fevereiro de 2021, apenas 13 dos 24 poços apresentaram informação sobre suas profundidades totais, onde são reportados um mínimo de 19,0 metros e máximo de 92,00 metros de profundidade (Quadro 8.1-30).

Os dados de vazão são informados em apenas 6 poços, com mínimo de 0,4 m^3/h e máximo de 9,2 m^3/h. Os níveis estáticos em apenas 4 poços com mínimo de 4,38m e máximo de 28,0 m e os níveis dinâmicos informados em apenas 3 poços com mínimo de 16,50 m e máximos de 54,0 m de profundidade.

Em relação ao topo rochoso, foi atingido em 8,0 m no Poço 2300019372, em 9,0 m nos Poços 2300006629 e 2300022571, e em 15,5 m no Poço 2300021594.

Os poços com maior vazão informada, são o 2300019370 e o 2300022571 com 4,0 e 9,2 m^3/h, respectivamente. Estes poços estão instalados sobre a Falha do Rio Groaíras.

8.1.11.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.11.3.1. Unidades Aquíferas

As unidades aquíferas presentes na AID são as mesmas unidades IM1, MC1, MS1 e MS2 (Mapa 8.1-23), encontradas na AII. A unidade IM1, está representada apenas por uma porção no canto oeste da AID. As unidades aquíferas presentes na ADA são apenas as MC1 e MS1, onde a ocorrência da água subterrânea, assim como nas demais áreas, está condicionada aos meios fissural e cárstico, e ao meio poroso como zona de condução.

No **meio poroso** não foi observado acúmulo de água nas camadas de solos superficiais da área avaliada, o que a caracteriza este meio como uma zona de condução, e não de armazenamento de água.

O **aquífero fraturado** é caracterizado por falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente em toda a unidade, com parâmetros como atitude, frequência, amplitude, abertura, rugosidade, material de preenchimento, diretamente relacionados a capacidade de armazenamento e de transmissividade do aquífero, e é representativo das unidades IM1, MS1 e MS2. Segundo Botura (1982) este aquífero indica condições de confinamento das águas subterrâneas, devido provavelmente a zonas de pequena densidade de fraturamento da matriz rochosa.

O **aquífero cárstico** é caracterizado pela rocha carbonática e suas descontinuidades geradas por dissolução em fraturas, falhas e contatos. Os principais fatores condicionantes ao armazenamento e da transmissividade da água subterrânea estão relacionados principalmente as configurações geométricas das cavidades, e a frequência de ocorrência e das demais estruturas, e é representativo da Unidade MC1, que nas zonas de falhas e fraturas, e demais áreas onde não ocorre dissolução cárstica, apresenta comportamento de aquífero fraturado. Segundo Botura (1982) esta unidade indica que rochas mais alteradas (classe III) são menos permeáveis que as menos alteradas (classe II), provavelmente devido a presença de materiais de alteração preenchendo as fraturas, parcial ou totalmente. A partir de ensaios hidrogeológicos de curta duração, Botura (1982) sugere que devido ao rápido esgotamento, sugere um aquífero cárstico limitado com reduzido armazenamento.

Ainda segundo Botura (1982), nas porções da jazida com intercalação de rochas da unidade MS1 (biotita gnaisses) e da os mármores da unidade MC1, apresentam permeabilidade superior a dos mármores com intercalações de colofanito.

A configuração da forma de ocorrência e compartimentação dos aquíferos fraturados e cársticos presentes na AID/ADA, assim como na AII, é caracterizada pelos diferentes tipos litológicos e tem sua distribuição e geometria espacial condicionada pelas estruturas e delineamentos geotectônicos.

Neste capítulo será realizado um detalhamento das características e compartimentação das unidades aquíferas MS1 e MC1, que estão presentes em 100% da ADA e representam as principais unidades aquíferas da AID.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Santa Quitéria

Canindé

Itatira

PM-19 PM-21 PM-18 PM-20 PM-12 PM-11 PM-08 PM-08B PM-08A PM-15 PM-05 PM-13 PM-09 PM-07 PM-03A PM-02A PM-02 PM-04 PM-10 PM-03 INB PM-06 PM-17 (Substituição INB) PM-16 PM-01 PM-06A PM-23 PM-22 PM-01A PM-14

Riacho da Gangorra · Riacho do Barbado · Riacho das Guaribas · Riacho Tatu · Riacho Curimatã · Riacho Caramutim · Riacho Cunha Mota

400.000 410.000 420.000

Legenda

- Poços de monitoramento
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico
- Limite Municipal
- Hidrografia

Estruturas

- Falha e/ou Fratura
- Falha e/ou zona de cisalhamento
- Falha sinistral
- Lineamento estrutural
- Zona de Cisalhamento Contracional
- Falha geofísica

Unidades Hidrogeológicas

- IM1 - Unidadede rochas ígneas e metamórficas
- MC1 - Unidadede rochas metacarbonáticas
- MS1 - Unidadede rochas metassedimentares - gnaisses
- MS2 - Unidadede rochas metassedimentares - quatzo e xistos

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Mapa Hidrológico (Tetra Mais, 2021).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidades Aquíferas na AID/ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-23	1:75.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

8.1.11.3.2. Poços de Monitoramento

Para a obtenção de dados primários sobre os aquíferos existentes no local, foram instalados dez poços de monitoramento nas dez sondagens realizadas em fevereiro de 2011, pela empresa CAGEO e acompanhadas pela equipe contratada da ARCADIS LOGOS, 2014, distribuídos de forma a interceptar as águas subterrâneas provindas dos principais das duas unidades aquíferas presentes na ADA.

Os poços de monitoramento atendem aos requisitos das normas técnicas ABNT NBR 15495 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares. E ABNT NBR 12212 – Projeto de Poços para Captação de Água Subterrânea, que apresenta critérios para instalação de poços tubulares profundos com objetivo específico de abastecimento.

Os poços PMs-07, 09 e 10 foram instalados na unidade aquífera MC1 (Formação Alcantil)), e os demais na Unidade MS1 (Formação Barrigas). Cabe desatracar que os poços PMs-01, 04, 06 e 08, não atingiram o aquífero. A localização dos poços de monitoramento é apresentada no Mapa 8.1-23. Os perfis construtivos são apresentados no Anexo 8.1-XV.

As principais características observadas durante as perfurações são apresentadas no Quadro 8.1-31. No Quadro 8.1-32 são apresentadas as informações sobre a espessura do manto de alteração (solos), profundidade de penetração na rocha, além do grau de fraturamento e entradas de água, com base em dados empíricos. As fotografias dos poços podem ser observadas no relatório fotográfico presente no Anexo 8.1-XVI.

Quadro 8.1-31 – Características dos poços de monitoramento instalados em 2011

POÇO	COORDENADAS UTM 24M* SIRGAS 2000		COTA DA BOCA (M)	PROF. (M)	COTA DE FUNDO (M)	N.A. (M)	CARGA HIDRÁULICA (M)	SELO CIMENTO (M)	SOLO	ROCHA FORMAÇÃO UNIDADE
PM01	414606	9493925	449,80	20,89	428,91	seco	seco	3,0	Argilo arenoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM02	414700	9494739	444,00	20,88	423,12	seco	seco	6,0	Argilo arenoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM03	415227	9494667	454,00	20,71	433,29	19,5	434,50	8,0	Argilo arenoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM04	415654	9494864	460,00	20,82	439,18	seco	seco	18,0	Argilo arenoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM05	415257	9494945	449,00	20,60	428,40	16,29	432,71	9,0	Argilo arenoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM06	415029	9494595	457,00	24,91	432,09	22,88	434,12	14,0	Areno Argiloso	Gnaisse Barrigas MS1
PM07	414991	9495523	449,00	15,57	433,43	8,41	440,59	11,0	Ausente	Metacarbonática

POÇO	COORDENADAS UTM 24M* SIRGAS 2000		COTA DA BOCA (M)	PROF. (M)	COTA DE FUNDO (M)	N.A. (M)	CARGA HIDRÁULICA (M)	SELO CIMENTO (M)	SOLO	ROCHA FORMAÇÃO UNIDADE
										Alcantil MC1
PM08	414213	9496052	480,00	20,67	459,33	seco	seco	3,0	Areno Siltoso	Gnaisse Barrigas MS1
PM09	414756	9495379	445,60	21,02	424,58	8,53	437,07	3,0	Argiloso c/ pouca areia	Metacarbonática Alcantil MC1
PM10	413112	9494603	430,00	21,00	409,00	17,94	412,06	3,0	Argiloso c/ pouca areia	Metacarbonática Alcantil MC1

Elaboração: BTB explorers 2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

Quadro 8.1-32 – Manto de alteração, fraturas e entradas de água

POÇO	MANTO (M)	SOLO	PERFURAÇÃO NA ROCHA (M)	FRATURAMENTO	ENTRADAS DE ÁGUA	UNIDADE
PM01	4,0	Argilo arenoso	16,89	muito fraturado no topo tende a maciço na base	não interceptadas poço seco	MS1
PM02	6,0	Argilo arenoso	14,88	pouco fraturada	não interceptadas poço seco	
PM03	8,0	Argilo arenoso	12,71	medianamente a muito fraturado	recuperação extremamente lenta	
PM04	18,0	Argilo arenoso	2,82	medianamente fraturado	não interceptadas poço seco	
PM05	9,0	Argilo arenoso	11,60	medianamente fraturado	recuperação extremamente lenta	
PM06	14,0	Areno Argiloso	10,91	medianamente fraturado	C/ água em 2011. Seco 2020 e 2021	
PM08	3,0	Areno Siltoso	17,67	muito fraturado	não interceptadas poço seco	
PM07	0,0	Ausente	15,57	interceptou uma fratura com registro de perda de água	Rápida recuperação	MC1
PM09	<1,0	Argiloso c/pouca areia	20,02	pouco fraturado	Rápida recuperação	
PM10	<1,0	Argiloso c/pouca areia	20,00	pouco fraturado	Rápida recuperação	

Elaboração: BTB Explorers, 2021. Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

8.1.11.3.3. Slug Test em Poços de Monitoramento – Zona Saturada

Para caracterização da condutividade hidráulica da área de estudo foram realizados ensaios de permeabilidade do tipo *slug test* em quatro dos seis poços de monitoramento que apresentavam água. A localização dos pontos de ensaio, é apresentada no Mapa 8.1-23. Os quatro ensaios do tipo *slug test* (FREEZE & CHERRY, 1979) foram realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), com transdutores de pressão instalados a cerca de 30 cm do fundo de cada poço, com medições automáticas da variação dos níveis d'água, promovida pela

introdução de um tarugo de um volume conhecido em nylon com 1,5m de altura e 2'' de diâmetro. Os dados foram armazenados diretamente no transdutor e, posteriormente, transferidos para o computador para realização das análises.

A unidade aquífera MS1, teve a condutividade hidráulica caracterizada através do ensaio no PM 06; e a unidade metacarbonática MC1 através dos ensaios nos PMs 07, 09 e 10.

A Figura 8.1-199 apresenta as curvas de variação do nível d'água, e a Tabela 8.1-34 os resultados da condutividade e transmissividade hidráulica.

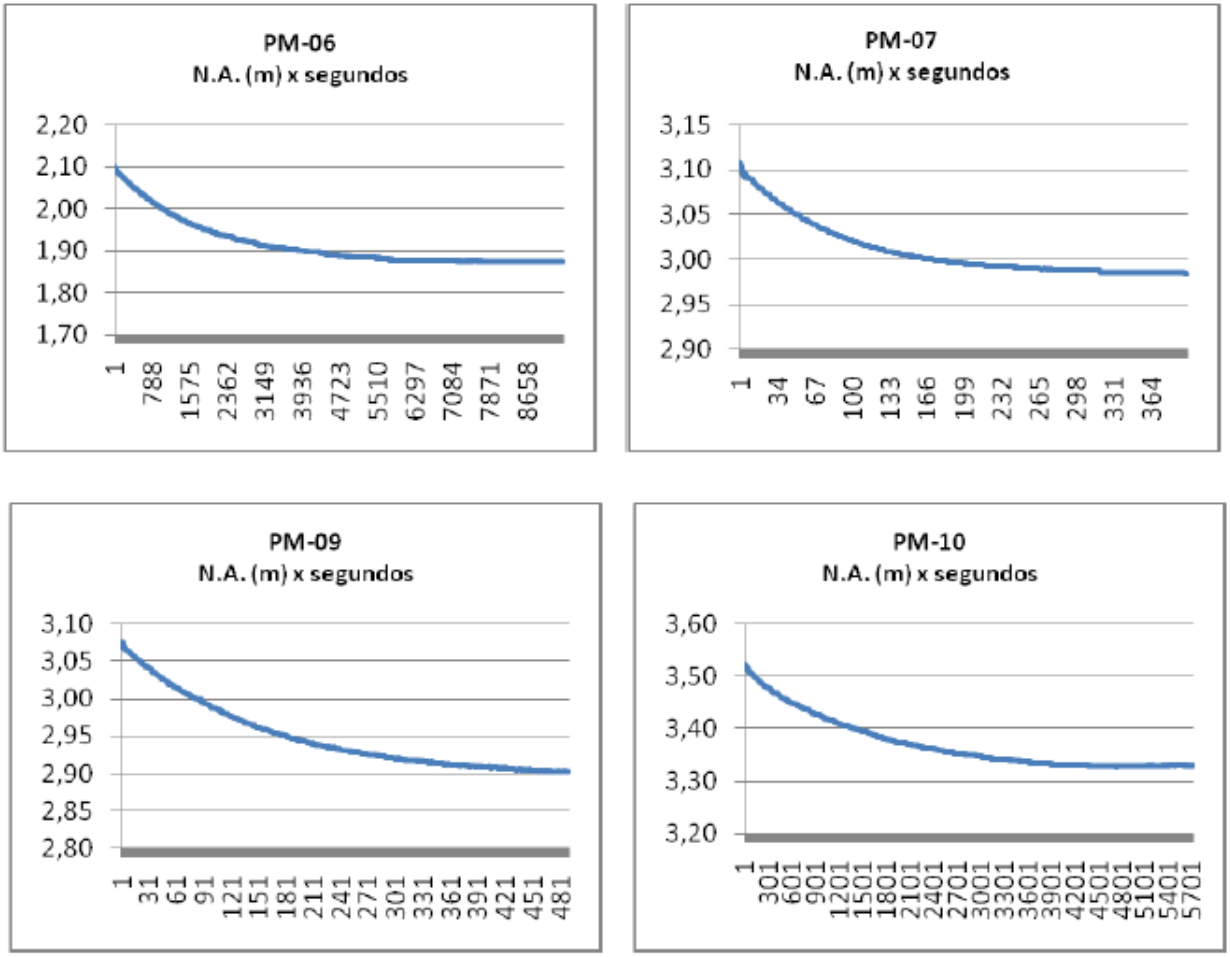


Figura 8.1-199 – Curvas de variação do nível d'água nos slugs tests

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Tabela 8.1-34 – Condutividade Hidráulica e Transmissividade – Slug Test em Poços

POÇO	UNIDADE	CONDUTIVIDADE (M/S)	CONDUTIVIDADE (CM/S)	COLUNA D'ÁGUA (M)	TRANSMISSIVIDADE (M^2/S)
PM06	MS1	$9,62^{E-09}$	$9,62^{E-07}$	2,021	$1,944^{E-08}$
PM07	MC1	$3,45^{E-08}$	$3,45^{E-06}$	7,159	$2,469^{E-07}$
PM09	MC1	$3,60^{E-08}$	$3,60^{E-06}$	12,485	$4,494^{E-07}$
PM10	MC1	$3,11^{E-09}$	$3,11^{E-07}$	3,063	$9,525^{E-09}$

Elaboração: BTB Explorers 2021 adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

O PM-06, único representante de ensaios de permeabilidade na zona saturada nas rochas Gnáissicas da Formação Barrigas, apresenta a menor condutividade hidráulica mais baixa entre os poços ensaiados, com valor da ordem de 9,62 x 10-9 m/s, seguido pelo PM-10 com valor de 3,11 x 10-9 m/s, valores considerados bem baixos. Os poços PM-07 e PM-09 apresentaram valores maiores e semelhantes entre si, respectivamente de 3,45 x 10-8 m/s e 3,60 x 10-8 m/s.

Com relação à transmissividade, o PM-10 apresenta o menor valor dentre todos os poços ensaiados, seguido pelo PM-06, com ordens de grandeza, respectivamente, de 10-9 e 10-8 m^2/s. Os poços PM-07 e PM-09 também apresentaram valores maiores, com ordem de grandeza de 10-7 m^2/s.

8.1.11.3.4. Ensaios de Perda D'água em Poços de Monitoramento – Zona Vadosa

Os ensaios de perda d'água apresentados neste item, servem para identificar as propriedades hidrodinâmicas da zona vadosa na unidade MS1. Os três poços instalados nas rochas metacarbonáticas da unidade MC1 (PM-06, PM-09 e PM-10), apresentavam coluna d'água em 2011 e tiveram suas propriedades hidráulicas caracterizadas através do método slug test, e por este motivo, não foram realizados ensaios de perda d'água na zona vadosa nestes poços.

A avaliação da permeabilidade da zona vadosa (condutividade hidráulica dos diversos ambientes na AID), cujos ensaios foram realizados em parcelas previamente planejadas e distribuídas em função das características pedológicas e geomorfológicas, espessura, estruturação, textura etc., são apresentados detalhadamente nos capítulos de Pedologia e Geotecnia.

Os ensaios de perda d'água em poços de monitoramento na zona vadosa da Unidade MS1, foram realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), em poços de monitoramento que não interceptaram água, (PMs-01, 02 e 04). Exclusivamente no PM-04 foram realizados dois

ensaios (A e B), com diferente volume de água adicionado em cada teste. A Figura 8.1-200 apresenta os resultados destes ensaios.

As curvas dos gráficos indicam que num período de 3,6 horas, ocorreu um rebaixamento de 3,0 cm no PM-01 e de 2,5 cm no PM-02.

Os resultados antagônicos referentes ao rebaixamento do nível d'água durante os ensaios PM-04 (A) (2,0 m) e PM-04 (B) (nulo), se dá pela diferença da espessura da coluna d'água dentro do poço PM-04, decorrente da quantidade de água utilizada em cada um dos ensaios.

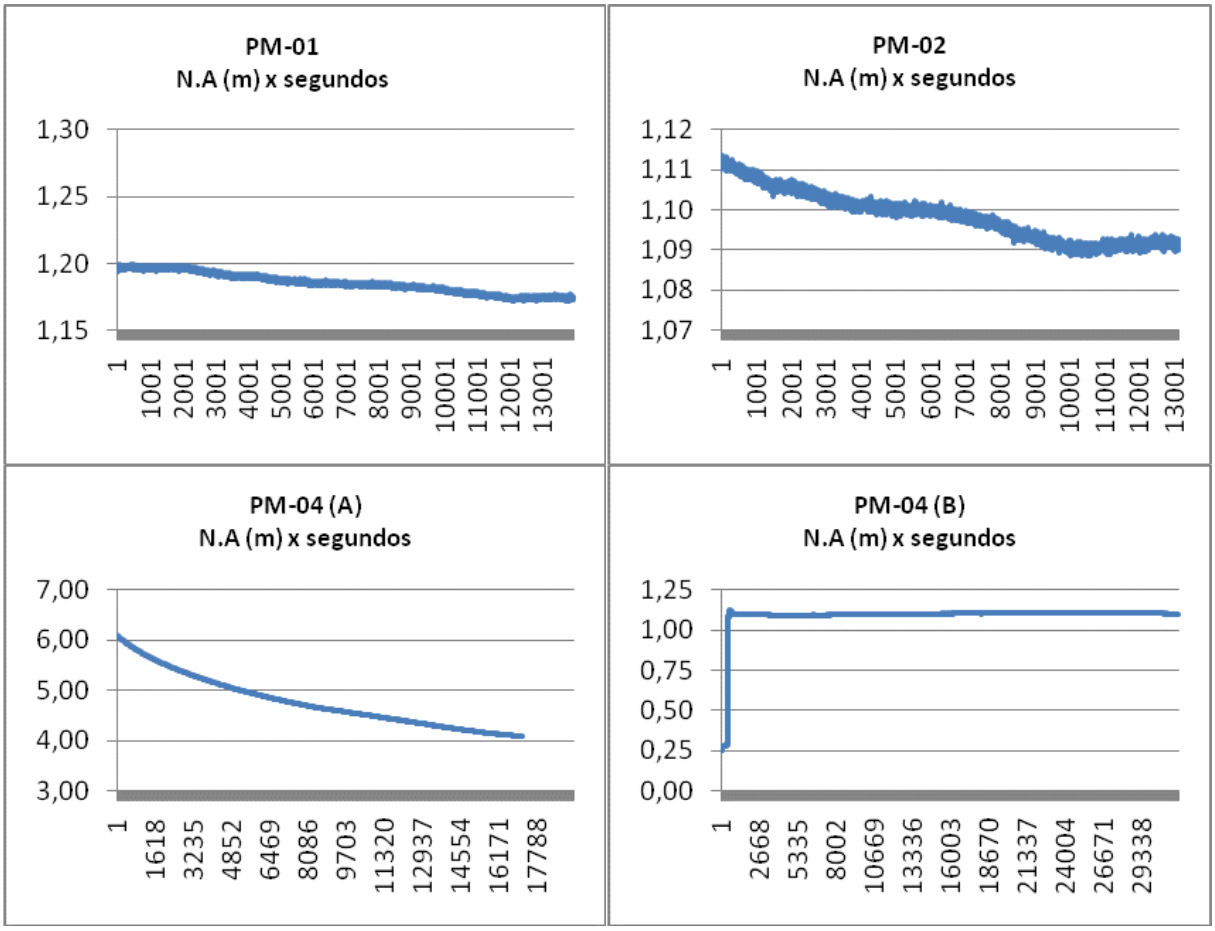


Figura 8.1-200 – Curvas de variação nos ensaios de perda d'água em poços.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

No ensaio PM-04 (B), foi gerado 1,1 m de altura de coluna d'água a partir do fundo, e não foi observado rebaixamento da coluna num período aproximadamente 8,0 horas, o que sugere a ausência de fraturas do fundo até 1,1 m acima do fundo do poço.

No ensaio PM-04 (A) foi gerado 6,0 m de altura de coluna d'água, a qual rebaixou 2,0 m em cerca de 4,0 horas. Esses dados sugerem uma perda de água, ou pela base da

cimentação na interface solo e rocha, ou pela eventual presença de fraturas ou falhas capazes de transmitir água. A Tabela 8.1-35 apresenta os valores obtidos para a condutividade hidráulica a partir dos ensaios de perda d'água.

Tabela 8.1-35 - Condutividade hidráulica a partir do ensaio de perda d'água em poços

POÇO	UNIDADE	CONDUTIVIDADE (M/S)	CONDUTIVIDADE (CM/S)
PM-01	MS1	$6,81^{E-11}$	$6,81^{E-09}$
PM-02	MS1	$1,02^{E-10}$	$1,02^{E-08}$
PM-04 (A)	MS1	$1,51^{E-09}$	$1,51^{E-07}$

Elaboração BTB explorers 2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

8.1.11.3.5. Níveis D'água Sazonais nos Poços de Monitoramento

Com objetivo de identificar as variações sazonais no nível d'água subterrânea, foram realizadas medições do nível estático ao longo de um ciclo hidrogeológico completo em 2011 e nas estações seca de 2020 e na chuvosa em 2021, com uso de medidor de nível elétrico. Os dados apresentados na Tabela 8.1-36, são os resultados das medições realizadas em campo durante a instalação dos poços (fev/11), das duas campanhas de campo recentes (nov/20 e jun/21) e nas 06 campanhas de amostragem das águas subterrâneas.

Tabela 8.1-36 - Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo

POÇO	PROF. TOTAL	FEV/11	ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	OUT/20	NOV/20	FEV/21	JUN/21
PM-01	20,89	s	s	s	s	s	s	s	s	s
PM-02	20,88	s	s	s	s	s	s	s	s	s
PM-03	20,71	19,50	20,06	18,64	19,33	20,00	18,50	18,05	19,26	19,44
PM-04	20,82	s	s	s	s	s	s	s	s	s
PM-05	20,60	16,29	16,97	16,25	16,01	15,92	18,95	18,88	o	19,56
PM-06	24,91	22,88	22,84	22,86	22,88	22,96	s	s	s	s
PM-07	15,57	8,41	8,66	8,22	8,27	8,50	12,20	13,85	12,61	12,29
PM-08	20,67	s	s	s	s	s	s	s	s	s
PM-09	21,02	8,53	9,50	7,71	8,29	8,64	s	s	s	s
PM-10	21,00	17,94	17,90	17,91	17,91	18,04	o	o	o	o

Elaboração: BTB Explorers, 2021 adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014
Legenda: n.e. = nível estático da água subterrânea. Prof = profundidade. (s) seco (o) obstruído, provavelmente galhos

Com objetivo de identificar as variações sazonais no nível d'água subterrânea e avaliar a recuperação dos poços após os eventos de amostragem, foram realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), medições do nível estático com uso de transdutores de pressão, no período que compreende as quatro primeiras campanhas de amostragem, entre abril e agosto de 2011, nos poços PM-05, PM-06, PM-07, PM-09 e PM-10.

Os dados armazenados no próprio equipamento foram transportados para o banco de dados após a última campanha de amostragem. Visando eliminar as interferências da variação na pressão atmosférica, foi realizado, o monitoramento com transdutor *Barologger*, mantido em campo fixado em uma cota conhecida.

Os dados primários obtidos com o monitoramento foram analisados e cruzados com os dados pluviométricos da região, no mesmo período, permitindo avaliar o comportamento dos aquíferos em resposta aos principais eventos de pluviosidade.

A Figura 8.1-201 mostra a evolução dos dados obtidos com o uso dos transdutores de pressão para todo o período em que os poços foram monitorados de abril a agosto de 2011. Estes dados foram corrigidos com os dados do *barologger*, cuja função é compensar as variações na pressão atmosférica. A Figura 8.1-202 demonstra a evolução pluviométrica na região durante os monitoramentos no referido período.

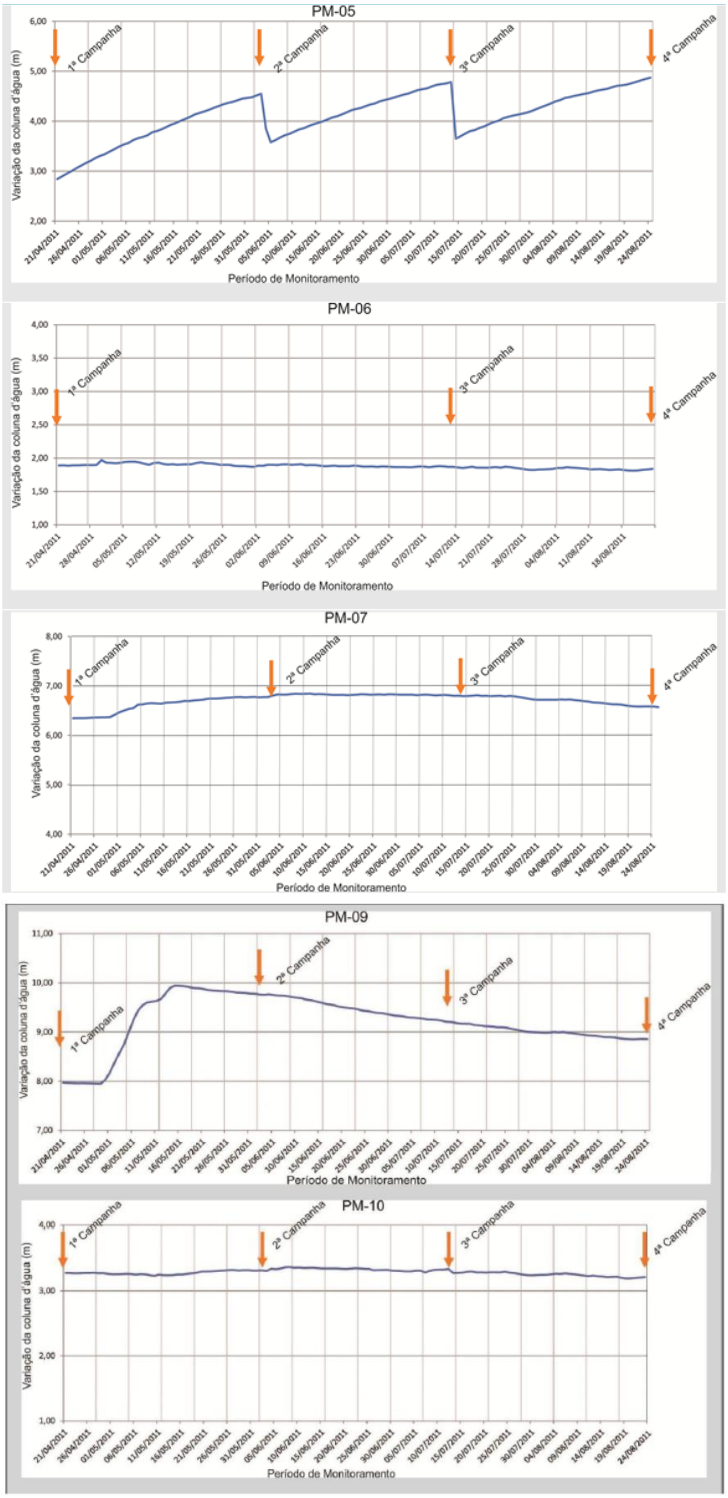


Figura 8.1-201 – Variação do N.A. de abril a agosto de 2011

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Os índices pluviométricos do posto de monitoramento Lagoa do Mato para os meses de abril a julho de 2011 (FUNCEME, em 26/08/2011), quando foram realizados os monitoramentos com o uso dos transdutores de pressão, são apresentados no Figura 1.1 57.

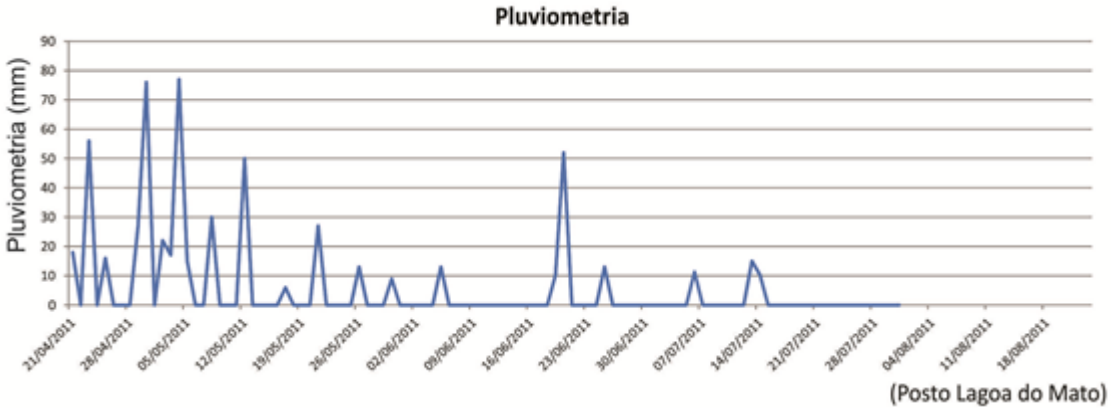


Figura 8.1-202 – Variação do índice pluviométrico entre abril e julho de 2011.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Os gráficos apresentados permitem analisar a resposta do nível d´água dos aquíferos MS1 e MC1, sob estresses impostos aos poços pelas amostragens, bem como a variação de longo prazo em função dos regimes pluviométricos.

O PM-05 na unidade aquífera MS1, apresentou a recuperação mais lenta, demorando cerca de 30 dias para atingir o nível estático. Este poço também apresenta resposta bastante sutil com relação aos eventos pluviométricos de maior intensidade, com um aumento gradativo da coluna d'água entre os meses de abril e agosto.

O PM-06, também na unidade aquífera MS1, apresentou recuperação do nível d´água após a amostragem rápida a ponto de se tornar imperceptível no gráfico; e resposta bastante sutil a eventos chuvosos, com pequena variação ascendente na curva registrada no final do mês de abril, mês mais chuvoso do ano avaliado (2011). A partir do mês de maio ocorrem pequenas flutuações no nível d'água, com tendência de queda registrada até o final de agosto, sendo que a partir do final de julho esta queda é um pouco mais acentuada

O PM-07 na formação Alcantil unidade aquífera MC1, apresentou resposta rápida aos eventos chuvosos de maior intensidade ocorridos no final do mês de abril e início do mês de maio, com curva em ascensão acentuada neste período até o início do mês de junho, quando estabilizou. A partir de 20/07/11 ocorre uma queda gradual na curva até o final de agosto, período correspondente ao início da estiagem na região. A recuperação nos períodos de amostragem é imperceptível na figura, sendo praticamente instantânea à medida que a água vai sendo retirada do poço.

O PM-09 também na formação na Formação Alcantil unidade aquífera MC1, foi o poço que apresentou variação mais acentuada com relação às chuvas ocorridas na região. Pode-se notar um rápido salto na curva (aumento de cerca de 2 m no nível d´água) no período de

chuvas mais intensas ocorridas no final do mês de abril e início do mês de maio, com pico no dia 15/05/11. Nos meses subsequentes, a curva tende a descender acompanhando a diminuição no índice pluviométrico até o final do monitoramento. Da mesma forma que no poço PM-07, a recuperação nos períodos de amostragem é imperceptível no gráfico, sendo praticamente instantânea.

O PM-10, na formação na Formação Alcantil unidade aquífera MC1, apresenta ascensão pouco acentuada na curva a partir do dia 16/05/11. Este fato reflete um atraso na resposta da coluna d'água em relação ao período mais chuvoso. A partir daí, a curva se mantém praticamente estável até a 2ª campanha de amostragem, quando é possível perceber um pequeno rebaixamento, demonstrando que a recuperação após a amostragem pode levar algumas horas. A partir do dia 13/07/11, a curva começa a declinar vagarosamente até o final de agosto, apresentando uma pequena queda abrupta, coincidente com a 3ª campanha de amostragem.

8.1.11.3.6. Mapa Potenciométrico

Para obtenção do mapa potenciométrico, as medidas de nível d'água ao longo das campanhas de monitoramento, foram convertidas em carga hidráulica, através da diferença da cota do poço (em metros) pela medida do nível d'água (em metros). Os resultados são apresentados na Tabela 8.1-37, indicando os resultados em separado para as unidades MS1 e MC1.

Tabela 8.1-37 – Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos

POÇO	COTA BOCA (M)	COTA FUNDO (M)	CARGAS HIDRÁULICAS EM METROS – UNIDADE AQUÍFERA MS1								
			FEV/11	ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	OUT/20	NOV/20	FEV/21	JUN/21
PM-01	449,8	428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9	<428,9
PM-02	444,0	423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1	<423,1
PM-03	454,0	433,3	434,5	433,9	435,4	434,7	434,0	435,5	436,0	434,7	434,6
PM-04	460,0	439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2	<439,2
PM-05	449,0	428,4	432,7	432,0	432,8	433,0	433,1	430,1	430,1	o	429,4
PM-06	457,0	432,1	434,1	434,2	434,1	434,1	434,0	<432,1	<432,1	<432,1	<432,1
PM-08	480,0	459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3	<459,3

POÇO	COTA BOCA (M)	COTA FUNDO (M)	CARGAS HIDRÁULICAS EM METROS – UNIDADE AQUÍFERA MC1								
			FEV/11	ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	OUT/20	NOV/20	FEV/21	JUN/21
PM-07	449,0	433,4	440,6	440,3	440,8	440,7	440,5	436,8	435,2	436,4	436,7
PM-09	445,6	424,6	436,5	435,5	437,3	436,7	436,4	<424	<424	<424	<424
PM-10	430,0	409,0	412,1	412,1	412,1	412,1	412,0	o	o	o	o

Legenda: (<) cota acima da qual não foi interceptado o nível d'água; (o) obstruído, provavelmente galhos de vegetação
Elaboração: BTB Explorers, 2021 adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014.

Os resultados das cargas hidráulicas indicam uma diminuição no volume dos aquíferos, quando comparados com os resultados da primeira medição em fevereiro de 2011, e em junho de 2021. Na unidade aquífera de rochas metassedimentares – MS1, o PM-05 apresentou redução de 3,3 metros no nível d'água; o PM-06 uma redução maior que 2,0 metros e secou. Na unidade aquífera de rochas metacarbonáticas – MC1, o PM-7 apresentou uma redução de 3,9 metros, e o PM-09 apresentou a maior redução de carga hidráulica entre 2011 e 2021, com mais de 11,9 metros de rebaixamento, passando a ficar seco, conforme identificado como seco em novembro de 2020.

A unidade aquífera de metacarbonáticas MC1 apresenta tanto o maior valor para carga hidráulica no PM-07 (436,71 m), como o menor no PM-10 (412,0 m). Assim como o maior rebaixamento de carga hidráulica identificado no PM-09 (mais de 11,9 metros). Estas informações corroboram com o apresentado por Botura (1982), que sugere um rápido esgotamento reflexo de um aquífero cárstico limitado com reduzido armazenamento.

Alcântara e Silva (2003), avaliaram a estrutura hidrogeológica da área da jazida, detalhadamente, quanto a sua extensão, profundidade, e propriedades hidráulicas; como em medidas de nível d'água em furos de sondagem; interpretação geológica de superfície e subsuperfície; descrição litoestrutural e características geotécnicas dos tipos de rochas, através de testemunhos de sondagens; e sondagem geofísica e perfis eletromagnéticos. As medidas de nível d'água iniciaram em 1984 com 18 furos (7 na zona elevada e 11 na baixada), finalizando em 1988 com medidas em 28 furos (8 na zona elevada e 20 na baixada).

Apesar do grande detalhamento das informações destes levantamentos na área da jazida no que se refere a unidade MC1, os dados e informações são representativos do+-período de 1984 a 2002. Apesar da caracterização das propriedades hidráulicas da unidade MC1 ainda serem condizentes com os dados levantados em 2011 através dos ensaios nos poços de monitoramento instalados na unidade MC1, devido ao rebaixamento de cargas hidráulicas maiores que 11,9 metros, os dados das cargas hidráulicas da área da jazida, não são representativos do cenário durante a elaboração deste estudo em 2021.

A Figura 8.1-203 e a Figura 8.1-204 a seguir, apresentam a configuração do mapa potenciométrico e as cargas hidráulicas segundo os estudos de Alcântara e Silva (2003).

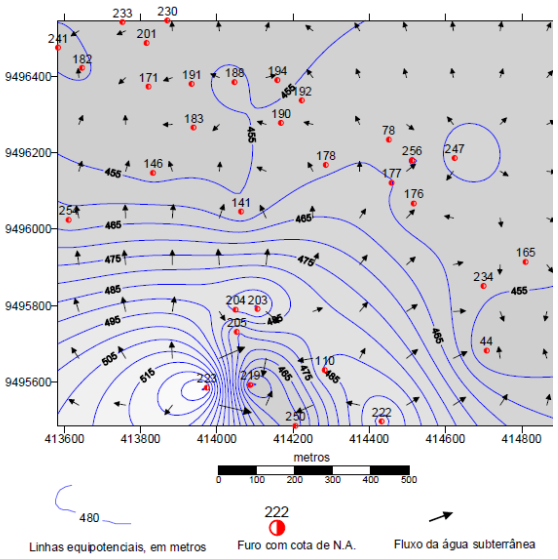


Figura 8.1-203 – Mapa potenciométrico

Fonte: Alcântara e Silva (2003).

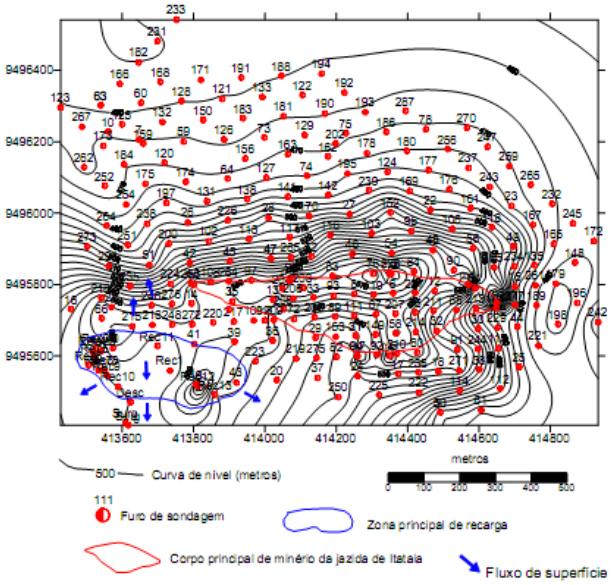


Figura 8.1-204 – Mapa topográfico

Fonte: Alcântara e Silva (2003).

Com base no estudo de Alcântara e Silva (2003), foram identificadas cargas hidráulicas em torno de 455 metros nas áreas baixas, e de 515 metros no topo da serra que contém o corpo do minério (Figura 8.1-203 e Figura 8.1-204).

Considerando que a cota topográfica no topo da serra é de 560 metros e 470 metros nas partes baixas, o estudo indica uma profundidade do nível d'água de 45 metros no topo e de 15 metros nas partes baixas, segundo dados de 1986 a 2002.

Para compensar a ausência de informações sobre o nível d'água, a seguir é apresentada uma abordagem da verificação dos indícios de níveis onde a água subterrânea não está presente, estabelecendo assim um parâmetro para verificação da ocorrência de água na cava durante os processos de exploração no local.

Segundo o perfil geológico apresentado por Veríssimo, et al (2016) com a indicação da Galeria 01 (Figura 8.1-205), que foi escavada na cota 480 durante os processos de pesquisa mineral, e que adentra e atravessa a serra na região onde está prevista a cava, fornecendo uma janela de inspeção pelo interior do corpo rochoso, e ainda segundo identificado durante os trabalhos de remoção de estruturas de sustentação para desativação da Galeria 01 em junho de 2021, foi verificado que a mesma não apresenta surgências de águas, ou qualquer sinal que indique a presença de nível água subterrânea no interior da galeria.

Considerando que o PM-08 está instalado na frente da Galeria 01, também na cota 480 metros, com a base na cota 459,3 metros e seco, o que indica que o nível d'água subterrânea

na área da cava, deve ocorrer abaixo dos 459 metros, cota próxima as cargas hidráulicas de 455 metros identificadas por Alcantara e Silva (2003) nas áreas baixas da jazida.

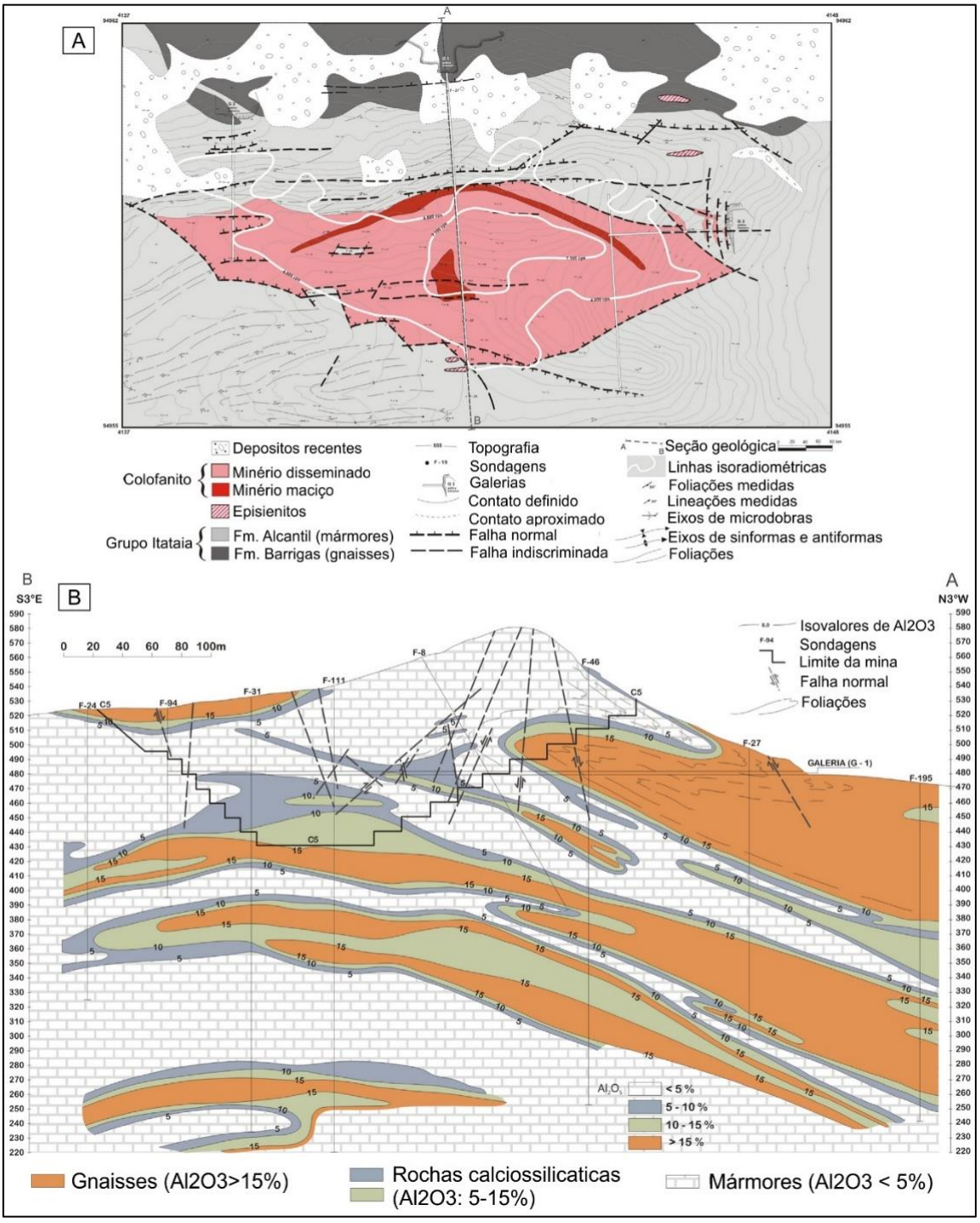


Figura 8.1-205 – (A) Mapa geológico do depósito de fosfato-urânio de Itataia, ilustrando o corpo principal de minério e sua associação com planos de falha; (B) Seção transversal através da zona mineralizada com curvas de isovalores de Al2O3. A seção AB está desenhada em (A) e mostra as principais estruturas dúcteis e rúpteis em (B); (linha vermelha) seção da Galeria G1 na cota 480m. (linha verde) Cota 459 de fundo no PM-08 sem água subterrânea. (linha preta) Cota 400 referente ao nível de base da cava

Fonte: BTB Explorers 2021, Adaptado de Veríssimo et al. (2016).

Os demais poços de monitoramento instalados nas áreas baixas, no entorno da jazida, são os PMs 07, 09 e 10, instalados respectivamente nas contas 449, 445 e 430 metros. As últimas medições de n.a. para estes poços indicam cargas hidráulicas de 436 metros (PM 07 e 09) e de 412 metros no PM-10.

Com base nas informações da carga hidráulica de 436 metros no PM-07, poço mais próximo a cava e com água no seu interior em junho de 2021; e da ausência de água no interior do corpo rochoso na cota 459 metros, segundo dados do PM-08; é inferido que o nível d'água na área da cava, esteja posicionado entre as cotas de 436 e 459 metros, segundo esta análise empírica com dados de junho de 2021. O que sugere que entre estas cotas e o nível de base da cava na cota 400 metros, deve ocorrer a presença de água subterrânea referente a Unidade Aquífera MC1.

O levantamento geofísico, realizado em 2002, identificou profundidades do nível de água com valores entre um mínimo de 5 metros e um máximo de 60 metros. Estes valores mínimos, podem estar relacionados a um aumento de resistividade em áreas úmidas e não propriamente relacionados com nível d'água subterrâneo.

O levantamento geofísico realizado em 2021, complementando as áreas da ADA onde serão implantadas no PSQ e a pilha de fosfogesso e cal, identificou através de contornos, estruturas verticalizadas associadas aos falhamentos. Além destas estruturas, descontinuidades litológicas compõem o grupo de feições mapeadas, sendo possível através dos resultados fornecidos extrair a profundidade, extensão e posição em linha de cada corpo ou anomalia.

Dados de resistividade elétrica obtidos em 2021, identificaram três zonas geoelétricas principais. A zona 1 classificou zonas úmidas e rochas alteradas em porções mais rasas, entre elas regolito e perfil de solo, os quais podem reter água nas frações mais argilosas. A zona 2 se refere a rochas pouco fraturadas, enquanto a zona 3 abrange rochas do embasamento, como rochas cristalinas inalteradas (rocha sã).

Os mesmos padrões de anomalias foram observados em diferentes seções geoelétricas e tiveram concordância em diversas situações. Foi encontrada correlação entre as quebras de resistividade de diferentes perfis, e identificadas unidades do mapa geológico local. Tanto a espessura da camada 1 (*layer1*) referente ao solo e a camada 2 (*layer2*) referente aos locais mais propensos à água subterrânea apresentaram boa estimativas de profundidade entre os limites traçados para cada *layer* e os resultados das sondagens.

Integrando dados geomorfológicos de relevo e hidrografia, dados geofísicos, dados geológicos obtidos em campo, ensaios hidrogeológicos, medições de nível d'água e cálculo

de cargas hidráulicas, foi traçado o mapa potenciométrico da ADA (Mapa 1.1 20), com extrapolação empírica dos dados para regiões próximas a base de dados, com características semelhantes, com base nos critérios a seguir.

Considerando os dados atuais de cargas hidráulicas se referem a dados de apenas 3 poços de monitoramento (PMs 03, 05 e 07) foi interpolada a carga hidráulica de 435 metros.

A comparação entre o mapa potenciométrico e o mapa topográfico de Alcantara e Silva (2003), permite identificar um fluxo de escoamento subterrâneo, refletindo a superfície do relevo, ou seja, curvas equipotenciométricas, em configuração semelhante as curvas topográficas. Com base neste comportamento da água subterrânea, foi traçada a curva equipotenciométrica calculada de 435 metros, e extrapolada pela AID, seguindo o contorno da curva topográfica coincidente.

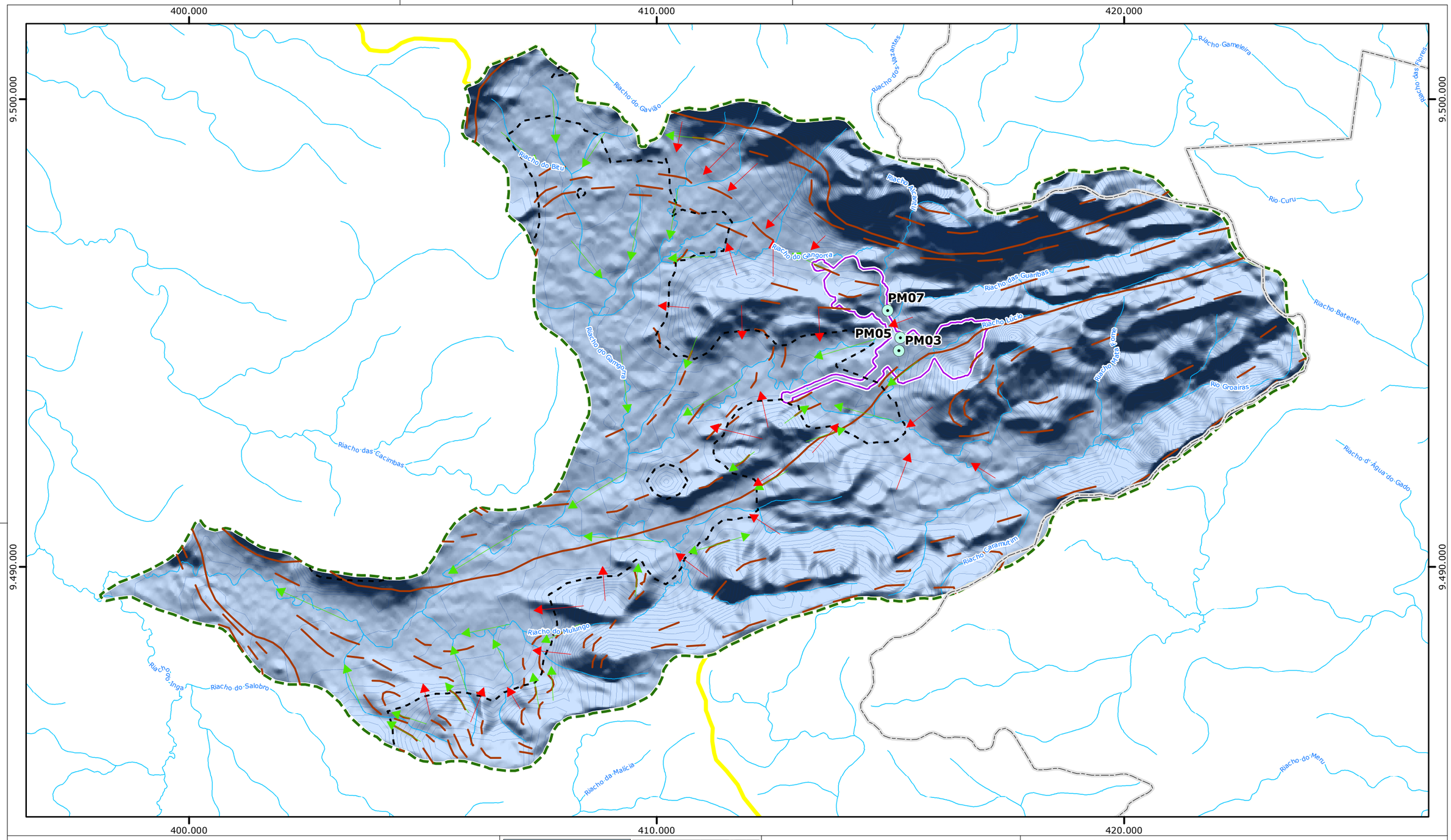
Considerando que as condicionantes para o escoamento do fluxo da água subterrânea são as estruturas geológicas (falhas e fraturas) e a forma do relevo, foram traçados dois indicadores de direção de fluxo da água subterrânea no mapa potenciométrico (Mapa 8.1-24). As setas identificadas nas cores vermelha para a condicionante do relevo com influência direta no gradiente hidráulico; e em azul as direções de fluxo sob condicionantes estruturais, ainda assim, considerando que mesmo continas nas estruturas, seu fluxo também é influenciado pelo gradiente hidráulico imposto pelo relevo.

Com base nestes critérios é observada uma direção de fluxo da água subterrânea, similar ao fluxo da água superficial, prevalecendo as resultantes finais das direções de fluxo impostas pelas condicionantes estruturais e refletidas tanto para as águas subterrâneas como para as águas superficiais.

Tanto as águas superficiais como as subterrâneas, tendem a se deslocar condicionadas principalmente pelos efeitos gravitacionais das diferenças de potencial hidráulico, com deslocamento da maior para menor carga hidráulica, o que caracteriza uma direção de fluxo predominante de NE para SW, de forma encaixada entre planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas.

Seguindo este fluxo NE para SW da zona de cisalhamento do Riacho Guaribas, as águas superficiais e subterrâneas do domínio geomorfológico A.2.2, tendem a desaguar no domínio geomorfológico A.1.1., representado por um relevo de colinas alongadas, declividade inferior a 5º, condição favorável a infiltração; que recebe os incrementos hídricos de montante da bacia hidrográfica, e ainda, no entroncamento entre as falhas Guaribas e Groaíras, as duas principais zonas de cisalhamento da AII condicionantes da condução e acumulação de águas subterrâneas.

Cabe ressaltar que os levantamentos espeleológicos não identificaram água no interior das cavidades mapeadas, e por isso não foram considerados para elaboração do mapa potenciométrico (Mapa 8.1-24 – Mapa Potenciométrico e de Direções de Fluxo da Água Subterrânea na AID).



Legenda

- Poços
- Limite Municipal
- Drenagem
- Linhas de Fluxo
- Linhas de Fluxo (estruturas)
- Linha Equipotencial (435) Carga Hidráulica em Jun/21
- Estruturas Geológicas
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- Área de Influência Direta
- AII do Meio Físico e Biótico

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Imagem - Basemap (ESRI, 2016).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa Potenciométrico e de Direções de Fluxo da Água Subterrânea na AID

Mapa	Escala	Localização	
8.1-24	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Patrick Martins	Ricardo Lieutaud

8.1.11.3.7. Disponibilidade Hídrica – Água Subterrânea

Os dados de disponibilidade efetiva de água subterrânea para o Município de Santa Quitéria são derivados dos dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (COGERH, 2002), do projeto Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba (Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional – SDLR, 2000) e do Levantamento de Poços Construídos de 2004 a 2016 da SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas (COGERH, 2016).

Os dados referidos acima indicam uma disponibilidade efetiva para toda a bacia hidrográfica do Rio Acaraú de 4.834,40 m^3/h. Considerando a capacidade instalada e instalável, apresenta uma oferta hídrica de 0,73 m^3/s, para bombeamento de doze horas por dia (COGERH, 2016). A disponibilidade efetiva para o município de Santa Quitéria é de 273,45 m^3/h, porém não há capacidade instalável (0,00 m^3/h) segundo dados da COGERH 2016.

A unidade MC1 das rochas metacarbonáticas, apresenta a maior favorabilidade hidrogeológica da AID/ADA. A água subterrânea na MC1, está associada às fraturas que eventualmente, podem ou não, ter sofrido processos de dissolução, ocasionando seu alargamento e favorecendo a transmissão e armazenamento da água (ARCADIS LOGOS,2014). Se as fraturas e falhas sofreram dissolução, nestes locais prevalece o comportamento cárstico no aquífero, se não sofreram dissolução, o comportamento é de aquífero fraturado.

A unidade MS1 de maior expressão em área na AID e ADA, formada de rochas metassedimentares, composta, essencialmente, por gnaisses com a ocorrência de água subterrânea associada às estruturas principais da rocha (foliações, falhas e fraturas).

A unidade associada aos xistos e quartzitos (MS2) apresenta, também, uma baixa expressividade em área e baixa favorabilidade hidrogeológica, assim como a unidade IM1 que está representada apenas por uma pequena área na borda oeste da AID.

A diminuição das cargas hidráulicas observadas através das medições dos níveis d'água nos poços de monitoramento em 2011 e 2021, identificaram que 3 dos 6 poços de monitoramento que estavam com água em 2011, foram identificados como secos a partir de novembro de 2020; o fato de apenas 09 dos 24 poços de abastecimento tubulares profundos existentes na AII, estarem em operação segundo o cadastro SIAGAS; e ainda, os baixos índices pluviométricos registrados nos últimos anos; são fatores que indicam condições de balanço hídrico subterrâneo negativo na região.

8.1.11.3.8. Áreas de Recarga

Os critérios técnicos utilizados de cada área de conhecimento, para estabelecer as áreas mais propensas a recarga de aquíferos é apresentado a seguir na Tabela 8.1-38.

Tabela 8.1-38 Critérios técnicos para definição das zonas favoráveis a recarga

ÁREA	PARÂMETROS	RELAÇÃO	CAUSA	EFEITO	RECARGA
Geologia	Reologia	Direta	Percolação	Positivo	Maior
Pedologia	Argila	indireta	Infiltração	Negativo	Menor
Geotecnia	Porosidade	Direta	Infiltração	Positivo	Maior
Geomorfologia	Declividade	Indireta	Infiltração	Negativo	Menor
Hidrografia	Drenagem	Direta	Infiltração	Positivo	Maior

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

O resultado da análise integrada é um indicador de maior ou menor favorabilidade a recarga, resultante da relação entre parâmetro e causa. O efeito positivo ou negativo desta relação, também está diretamente relacionado a favorabilidade da recarga dos aquíferos.

O fator chuva, foi considerado como parâmetro primordial por ocorrer de forma aleatória aos critérios adotados, e ser primordial para a recarga dos aquíferos, e a análise só faz sentido coma presença de chuva, única fonte de aporte de água aos aquíferos da região.

A temperatura do ar, apesar da relação direta com a taxa de evaporação, em linhas gerais apresenta distribuição quase homogênea sobre a área avaliada e, portanto, foi desconsiderada da análise.

A temperatura do terreno e a cobertura vegetal, também foram consideradas pouco significativas, frente aos demais parâmetros avaliados, uma vez que na presença de vegetação o fator absorção pelas raízes, reduz a disponibilidade para infiltração, por outro lado, áreas sem cobertura vegetal, possuem maior temperatura devido a exposição solar direta, o que acarreta num maior escoamento superficial e maior evaporação.

Os resultados das condutividades hidráulicas obtidas através dos ensaios de rebaixamento em 04 unidades pedológicas diferentes, obtiveram resultados na ordem de 10-04 cm/s para os solos, e por este motivo, os tipos pedológicos não foram considerados quanto a sua classificação, e sim quanto a presença ou não de argilas, que conforme os resultados dos ensaios granulométricos, tendem a ser mais arenosos, nos solos de alteração da formação Barrigas e mais argilosos nos solos da Formação Alcantil.

A presença de argila no solo, tem relação direta com a diminuição da capacidade da água em se mobilizar, face a sua baixa porosidade, e ainda a interação de forças intermoleculares entre a superfície da argila e a tensão superficial da água, causando a retenção de pequenas frações de água, e principalmente, pela menor porosidade específica dos solos argilosos, em relação a porosidade de granulações maiores de solo.

O fator mais importante para infiltração das águas meteóricas no meio poroso, é a relação indireta entra a Taxa de Infiltração e a Taxa de Declividade, em contraponto, a relação direta entre a Taxa de Escoamento e a Taxa de Declividade, onde, quanto maior a declividade, menor a infiltração e maior o escoamento, e assim vice-versa.

Uma vez que os padrões de relevo geomorfológicos são estabelecidos basicamente sobre critérios de formas de relevo que tem uma influência direta da declividade, estes parâmetros foram avaliados de forma integrada partindo do princípio de que as águas superficiais tendem a infiltrar em terrenos com menores declividades, e escoar em terrenos com maiores declividades, para áreas com menor declividade e maior porosidade, com maior favorabilidade de infiltração e percolação pelo solo.

Através do mapa de domínios geomorfológicos da AII (Item 8.1.4 – Geomorfologia) sobreposto ao MDE, é possível identificar as cristas de morros e montanhas do Planalto Residual Sertanejo, que delimitam a AID (Serra do Gavião (B.1.2) a NW, Serras do Céu, Canudo, Mata Fome e das Laranjeiras (B.2.2) a N/NE, e Serra do Quati (B.1.1) a S/SE, formando linhas de divisores de bacias hidrográficas com seus altos topográficos de 1.083,0 m, e configurando uma rede de drenagem em forma de delta invertido, com direção de fluxo de NE para SW, encaixados em planos de fraquezas da Falha do Riacho Guaribas. Os terrenos dessa região, com declividades elevadas (15 a 45°), são favoráveis ao escoamento superficial com baixa favorabilidade de recarga de aquíferos, condicionada as baixas taxas de infiltração.

As drenagens provindas do escoamento superficial do Planalto Residual Sertanejo, desaguam no Domínio Geomorfológico A.2.2 da Depressão Sertaneja, promovendo um incremento hídrico superficial e subterrâneo; representado por colinas de até 600m de altitude, e declividades de até 15%. Esta unidade representa uma média favorabilidade a recarga de aquíferos, uma vez que se encontra em relativo equilíbrio na relação entre infiltração e escoamento superficial, além de receber os incrementos hídricos de montante da bacia do riacho Guaribas.

Seguindo este fluxo NE para SW da zona de cisalhamento do Riacho Guaribas, as águas superficiais e subterrâneas do domínio A.2.2, tendem a migrar para o domínio A.1.1., representado por um relevo de colinas alongadas, declividade inferior a 5º, condição

favorável a infiltração; que recebe os incrementos hídricos de montante da bacia hidrográfica, e ainda, no entroncamento entre as falhas Guaríbas e Goraíras, as duas principais zonas de cisalhamento da AII condicionantes da condução e acumulação de águas subterrâneas.

Tanto as águas superficiais como as subterrâneas, tendem a se deslocar condicionadas principalmente pelos efeitos gravitacionais das diferenças de potencial da maior para menor carga hidráulica, com direção de fluxo de NE para SW, encaixados em planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas.

A área onde serão implantadas as unidades industriais e a Pilha de Fosfogesso e cal tem uma favorabilidade mediana de recarga do aquífero fraturado, em relação aos domínios geomorfológicos de montante (pouco favorável a recarga) e de jusante (favorável a recarga).

Com base nas colocações apresentadas neste capítulo, é identificado que as zonas de recargas principais dos aquíferos subterrâneos na AID/ADA, são dependentes principalmente do aporte superficial através e do escoamento e infiltração ao longo das drenagens intermitentes, quase que restritas a elas em áreas de baixa declividade, face a favorabilidade ao escoamento superficial promover uma menor taxa de infiltração em encostas com maiores declividades.

As zonas de recarga na AID/ADA são apresentadas no Mapa 8.1-25 e no Mapa 8.1-26.

400.000 410.000 420.000

9.500.000

9.490.000

Santa Quitéria

Canindé

Monsenhor Tabosa

Boa Viagem

Madalena

Serra do Gavião

Serra do Céu

Serra do Trapiá

Serra da Igreja

Serra do Canudo

Serra da Mata Fome

Serra das Laranjeiras

Serra do São Gonçalo

Serrote Arapuá

Serra do Quati

Legenda

- Limite Municipal
- Sede Municipal
- Serra
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Declividade (%)

- 0 - 5
- 5 - 15
- 15 - 30
- 30 - 45
- > 45

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Zona de recarda da AID

Mapa	Escala	Localização	
8.1-25	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

413.000 414.000 415.000 416.000 417.000

9.496.000

9.495.000

9.494.000

Serra do Trapiá

Serra da Igreja

Serra da Mata Fome

Legenda

Serra

Hidrografia

Área Diretamente Afetada

Declividade (%)

0 - 5

5 - 15

15 - 30

30 - 45

> 45

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Hipsometria - Projeto Topodata (INPE, 2020).
- Base Hidrográfica - ajustada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).

0 200 400 m

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Zona de recarga da ADA

Mapa	Escala	Localização	
8.1-26	1:15.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Jéssica Costa	Elcio Terron

8.1.11.3.9. Análise da Vulnerabilidade dos Aquíferos

A análise da vulnerabilidade dos aquíferos na ADA, e do meio pororso, adotaram a metodologia GOD que estabelece um índice de vulnerabilidade natural do aquífero, o qual se baseia na mensuração de três fatores, que resultam em um índice de vulnerabilidade:

- Índice **G** (*ground water occurrence*): Identifica o tipo e grau de confinamento hidráulico da água subterrânea, com indexação numa escala de 0,0 a 1,0.
- Índice **O** (*overall litology of aquifer*): Caracteriza a geologia da zona não saturada, quanto ao grau de consolidação e tipo de litologia, representado numa escala de 0,4 a 1,0.
- Índice **D** (*depth of water*): Se refere a profundidade do nível da água, com índice numa escala de 0,6 a 1,0.
- Índice **GOD**: O índice máximo de vulnerabilidade do aquífero à contaminação proposto pelo método correspondente a 1,0, enquanto o índice mínimo de 0,0 corresponde à vulnerabilidade insignificante.

Todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância. Sendo assim, o índice de vulnerabilidade é determinado como a multiplicação dos valores obtidos em cada fator, conforme apresentado na Tabela 8.1-39 a seguir. Os Gráficos da Figura 8.1-206, Figura 8.1-207 e Figura 8.1-208 apresentam o fluxograma de análise do índice GOD com os indicadores em azul representativos da Unidade MC1 (F. Alcantil) e em cinza os indicadores da Unidade MS1 (F. Barrigas).

Tabela 8.1-39 - Índice de Vulnerabilidade GOD por Unidade Aquífera e Meio Poroso

ÍNDICES	MEIO POROSO	UNIDADE MC1 (F. BARRIGAS)	UNIDADE MS1 (F. ALCANTIL)
Índice G	Não Confinado (1)	Não Confin. Coberto (0,6)	Não Confinado (1)
Índice O	Solo Residual (0,4)	Metamórfica (0,6)	Cárstico (1)
Índice D	Prof. < 5,0 m (0,9)	Prof. 5 a 20 m (0,8)	Todas Prof. (1)
Índice GOD	0,36	0,29	1
Vulnerabilidade	Média	Baixa	Extrema

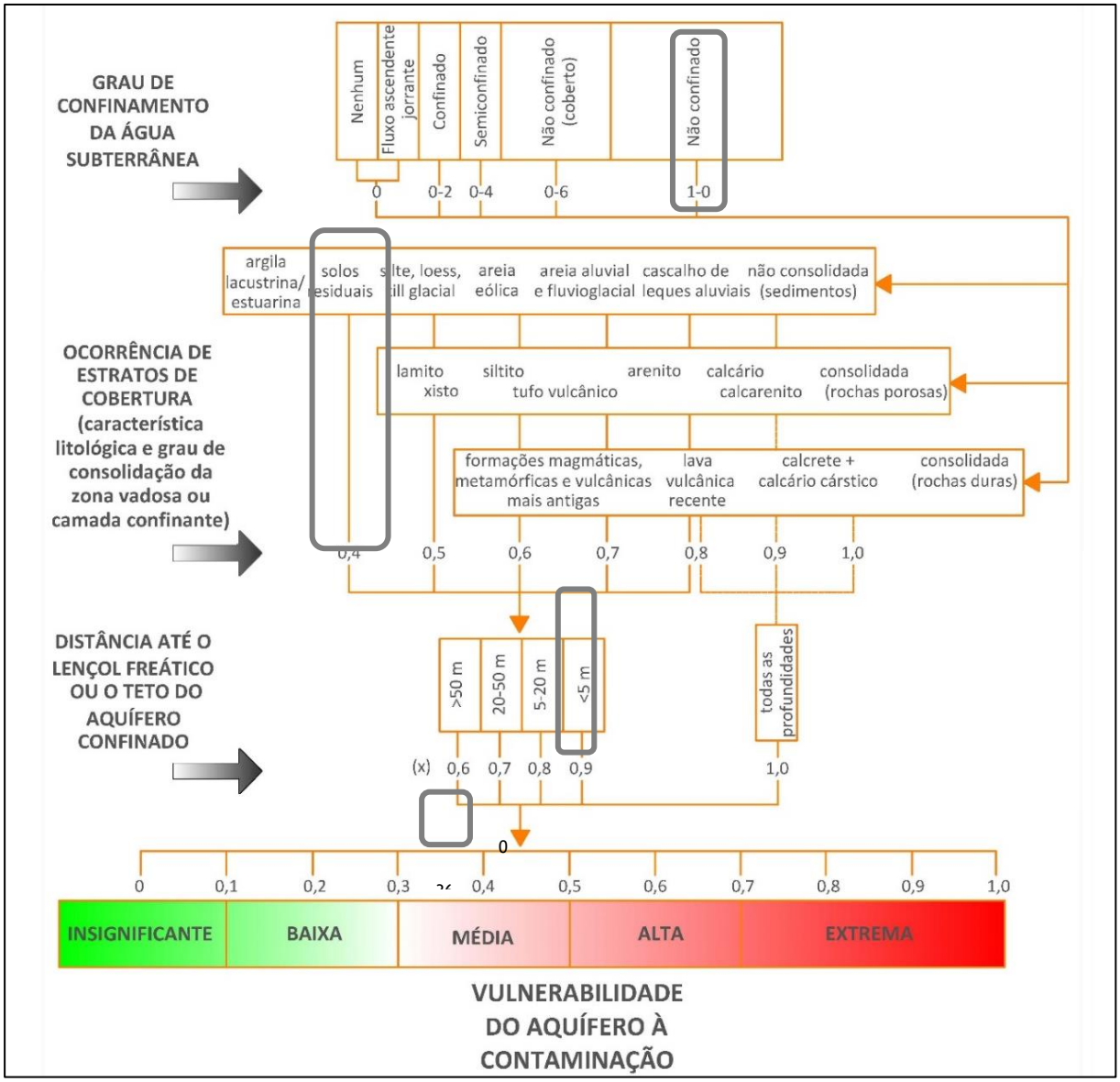


Figura 8.1-206 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do meio poroso

Fonte: Adaptado de Foster e Hirata (2006)

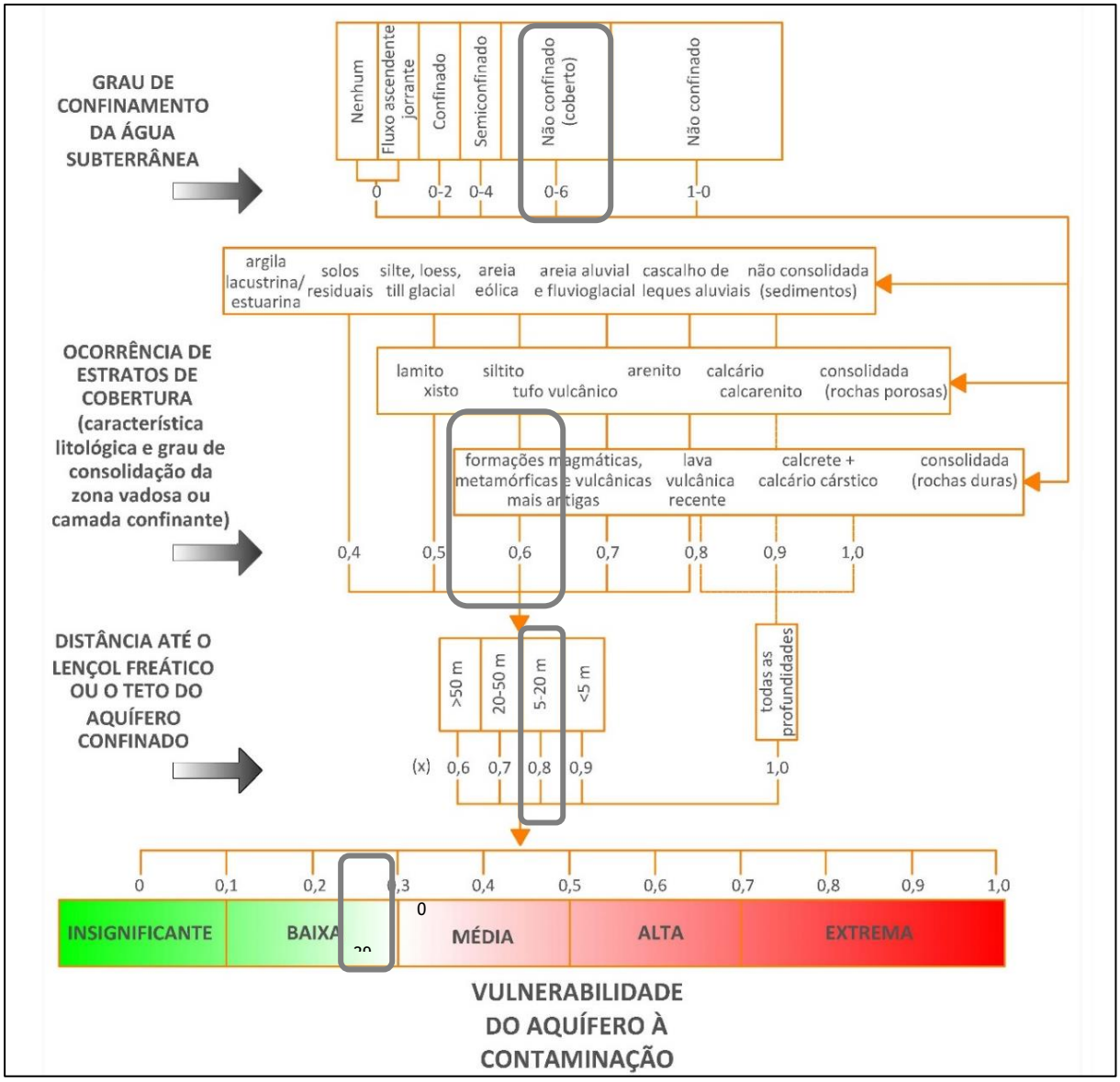


Figura 8.1-207 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade da unidade Aquífera MS1 (F. Barrigas)

Fonte: Adaptado de Foster e Hirata (2006)

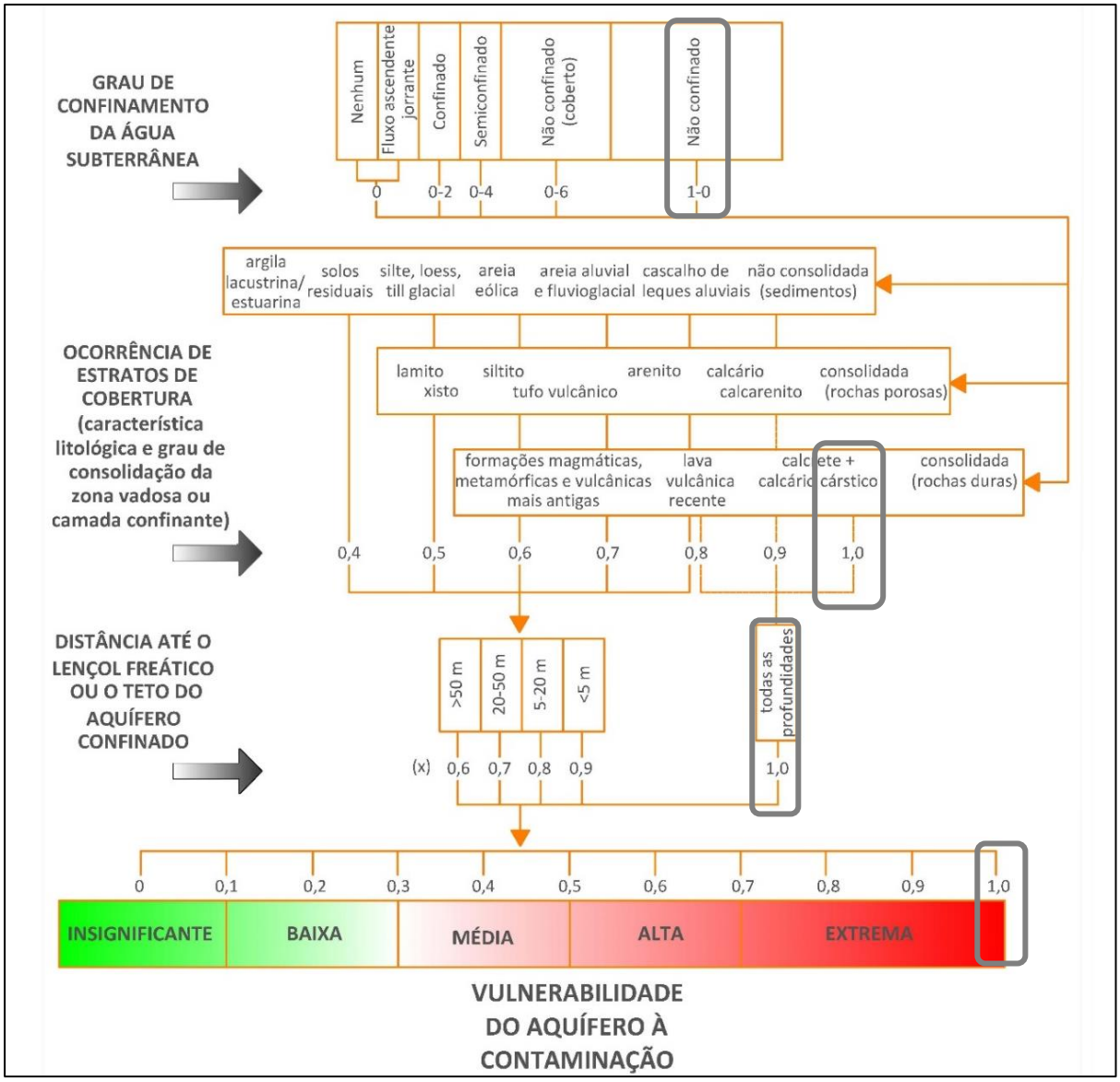


Figura 8.1-208 – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade da Unidade Aquífera MC1 (F. Alcantil)

Fonte: Adaptado de Foster e Hirata (2006)

Os resultados apontam para uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcantil) e vulnerabilidade baixa para Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas) e média para o meio poroso (Aluviões). Vulnerabilidade extrema significa que o aquífero da Formação Alcantil é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido. Vulnerabilidade média significa que o aquífero da Formação Barrigas e o meio poroso é vulnerável a alguns contaminantes quando continuamente lançados ou lixiviados.

Cabe ressaltar que na área da jazida as Unidades MS1 e MC1 (Formações e Barrigas Alcantil) estão interdigitadas, com mergulhos de até 30 graus e espessuras que variam de cerca de 20 m a até maiores que 100 m. As espessuras e geometrias de ambas as unidades são variáveis. Nestes locais a vulnerabilidade é considerada como extrema, assim como para a Formação Alcantil.

8.1.11.3.10. Modelo Hidrogeológico Conceitual - ADA/AID

O modelo hidrogeológico conceitual da ADA (MHC-ADA), foi elaborado a partir da análise integrada de todas as informações apresentadas nos capítulos de geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia e espeleologia na ADA e, também, no seu entorno na AID.

As formas de ocorrência da água subterrânea na AID/ADA, estão condicionadas aos meios fraturado e cárstico. No meio poroso, segundo dados das sondagens realizadas, não foi identificado acúmulo de água para configuração de aquífero, e deste modo é considerado neste estudo como uma zona de condução da água superficial para as águas subterrâneas, com a presença de água neste meio condicionada a precipitação e infiltração de águas superficiais, cujo regime na região é intermitente.

As unidades aquíferas presentes na ADA são as Unidades Aquíferas MC1 que corresponde as rochas da formação Alcantil e MS1 que corresponde as rochas da formação Barrigas. Na área da jazida estas unidades estão interdigitadas, com mergulhos de até 30 graus e espessuras que variam de cerca de 20 m a até maiores que 100 m. As espessuras e geometrias de ambas as unidades são variáveis.

A configuração da forma de ocorrência e compartimentação dos aquíferos fraturados e cársticos presentes na AID/ADA, assim como na AII, é caracterizada pelos diferentes tipos litológicos e tem sua distribuição e geometria espacial condicionada pelas estruturas e delineamentos geotectônicos, conforme apresentado detalhadamente no capítulo de geologia e através dos mapas e perfis.

A. Meio poroso

O meio poroso é representado principalmente por solos do manto de intemperismo das rochas das Formações Alcantil e Barrigas, e, secundariamente, por pequenas porções de sedimentos quaternários inconsolidados de ambiente pluvial ao longo das drenagens.

A circulação da água neste meio, está relacionada à porosidade primária dos sedimentos, decorrente da infiltração de águas superficiais, onde o regime hídrico bem definido entre estação seca e chuvosa, com baixos índices pluviométricos anuais, típicos do clima semiárido da região, controlam a intermitência da água subterrânea neste meio, normalmente restrita a este como zona de condução até os aquíferos rochosos sotopostos (Tabela 8.1-40)

Tabela 8.1-40 – Características do meio poroso na AID/ADA

CARACTERÍSTICA	FORMAÇÃO BARRIGAS	FORMAÇÃO ALCANTIL
Espessura manto alteração	4,0 a 18,0 m	<1,0m
Composição	Areno siltosa c/ argila	Argilo Arenoso c/ silte
Densidade dos grãos	2,5 a 2,6 (g/cm^3)	2,4 a 2,5 (g/cm^3)
Densidade do solo	1,3 a 1,8 (g/cm^3)	1,3 a 1,4(g/cm^3)
Porosidade total	24 a 32%	41 a 45%
Porosidade específica	3 a 7%	10 e 13%
Classe de permeabilidade	Média a alta	Baixa a média
Condutividade hidráulica	10 $^{-04}$ cm/s	10 $^{-04}$ a 10^{-06}cm/s
Classificação pH	Ácido (médio a forte)	Alcalino (fraco)
Fração de Carbono Orgânico	0,11 a 0,22%	0,32 a 1,17%
Matéria Orgânica	0,55 a 2,0%	0,19 a 0,38%
Condutividade elétrica	0,14 a 0,49%	0,21 a 0,56%
Umidade natural	15 a 23%	29 a 33%
Conteúdo de água	5 a 7%	9 a 10
Água disponível	8 a 9 %	13%

Elaboração BTB Explorers, 2021. Fonte ARCADIS LOGOS, 2014.

A condutividade hidráulica na ordem de 10-4 a 10-6 cm/s para os solos de alteração da Formação Alcantil, enquanto para os solos de alteração da Formação Barrigas, estão na ordem de 10-4 cm/s, o que sugere um fluxo mais rápido nos solos de alteração da Formação Barrigas, a depender do fator gradiente hidráulico.

Os maiores índices de matéria orgânica e pH mais alcalino, e maior concentração de alumínio nos resultados das análises químicas, estão relacionados aos solos de alteração da Formação Alcantil. A ausência de processos de laterização significativos nos horizontes de solo de alteração da região é indicativo de uma capacidade de migração iônica relativamente pequena (ARCADIS LOGOS, 2014).

A condutividade elétrica dos solos apresenta correlação direta com a presença de sais, devendo ser considerada um fator relevante na capacidade de corrosão de estruturas metálicas, juntamente com o pH, potencial de redução, aeração, e teor de umidade.

A condutividade elétrica significativamente maior nos solos associados à Formação Alcantil, apresentou valores máximos de 0,56 dS/m, equivalendo a uma resistividade de 188 ohms.m. Este valor classifica o solo como levemente corrosivo, sendo que os demais, incluindo todas as amostras coletadas no domínio dos gnaisses, apresentam caráter fracamente corrosivos (ARCADIS LOGOS, 2014).

A umidade natural dos solos relativamente elevada, com maiores teores nos solos da Formação Alcantil, está relacionada a capacidade de retenção de umidade de argilas presentes no solo do meio poroso da AID/ADA.

O meio poroso da AID/ADA, não acumula água em volume, portanto, não se trata de aquíferos freáticos do tipo livre em meios porosos e, deste modo, considerado apenas como zona de condução, onde a migração da água ocorre por percolação principalmente por efeito da gravidade, para os aquíferos rochosos que suportam os solos residuais, e a evaporação para o ambiente atmosférico.

A relação entre a água superficial e a água subterrânea presente no meio poroso, está diretamente relacionada a ocorrência de chuvas e a infiltração pelo solo superficial. A relação entre as águas subterrâneas e superficiais, é de caráter influente, onde as águas superficiais contribuem para o abastecimento do meio poroso. Este comportamento é identificado na intermitência de drenagens superficiais, que só ocorrem nos momentos das chuvas, devido aos processos de escoamento superficial. Cessando o aporte do regime pluvial, não ocorre abastecimento perene das drenagens a partir do meio poroso.

Os resultados de geofísica em 2016 e 2021, identificaram camadas superficiais do manto de alteração de solos, com baixa resistividade, que pode ser influenciada pela presença de níveis mais argilosos, ou ainda, a presença de umidade no solo subsuperficial, cuja ocorrência á favorável pela capacidade de retenção de umidade das argilas.

Os difratogramas dos resultados das análises de Raio-X em solos da área da jazida de Lopes (2018), indicam a presença de montmorilonita, caulinita e vermiculita. O índice de atividade das argilas (IA) obtido por meio de Ensaios de Limites de Atterberg, foi entre 0,27 e 0,43, valores característicos de argilas inativas, o que sugere uma baixa expansividade (ARCADIS LOGOS, 2014).

Os solos da AID/ADA, tem maior capacidade de infiltração em terrenos com baixa declividade, e com composição mais arenosa da Formação Barrigas, favorecendo a percolação por gravidade para níveis mais profundos até atingir o topo rochoso, e por vezes, migrar horizontalmente até atingir estruturas de foliações, falhas e fraturas.

B. Meio fraturado

O meio fraturado é anisotrópico, com sua condutividade hidráulica diretamente relacionada as estruturas representantes da porosidade secundária, representada por falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente tanto nas rochas das Formações Alcantil (Unidade Aquífera MC1) e Barrigas (Unidade Aquífera MS2).

Cabe ressaltar que na Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), devido a sua composição carbonática apresenta, onde ocorre dissoluções, comportamento de Aquífero Cárstico, porém, nas zonas que não apresentam processos de dissolução nos planos da porosidade secundária, apresenta comportamento de aquífero fraturado com algumas diferenciações, como a presença de material alterado no preenchimento de fraturas e falhas, que promovem uma condutividade hidráulica na ordem de 10^{-6} cm/s nestes meios preenchidos, quando comparados com resultados de condutividade hidráulica em meios fraturados não preenchidos por material de alteração, na ordem de 10^{-4} cm/s.

A Formação Alcantil (Unida Aquífera MC1) é formada por mármore quase puro, mármore dolomítico e rocha cálcio-silicática, com espessura variando, em média, de 40 a 150 m. A Formação Barrigas (Unidade Aquífera MS2) é formada por biotita gnaisses e porfiroblastos de granada, espessura variando de 10 a 60 m, conforme observada em seções geológicas verticais (ALCÂNTARA e SILVA, 2003).

Os aquíferos fraturados da AID/ADA são do tipo livre com coberturas de manto de alteração de ordem métrica, ou até mesmo com rochas expostas sem cobertura de solo na Formação Alcantil e na ordem de 20 metros na Formação Barrigas (Tabela 8.1-41).

Tabela 8.1-41 – Características do meio fraturado na AID/ADA

FORMAÇÃO	COMPOSIÇÃO	K* (CM/S)	MECANISMO DE RECARGA	CONDICIONANTE	
				PRINCIPAL	SECUNDÁRIO
Barrigas	Gnaisse	10^{-06} a 10^{-09}	Percolação via meio poroso	Estruturas Geológicas	Abertura Preenchimento Frequência
Alcantil	Mármore	10^{-06}	Percolação via meio poroso	Porosidade Secundária	

**(K) Condutividade hidráulica*
Elaborado por BTB Explorers 2021.

C. Aquífero cárstico

O aquífero cárstico é típico dos Mármores da Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), e está relacionado as descontinuidades geradas por dissolução, que ocorrem preferencialmente em fraturas, falhas e contatos. Os principais fatores condicionantes do armazenamento e da transmissividade da água subterrânea estão relacionados principalmente as configurações geométricas das cavidades, e a frequência de ocorrência das demais estruturas.

Segundo Botura (1982) esta unidade apresenta rochas mais alteradas (classe III) que são menos permeáveis que as menos alteradas (classe II), provavelmente devido a presença de materiais de alteração preenchendo as fraturas, parcial ou totalmente. Este fator pode explicar os resultados de condutividade menores na ordem de 10-6 cm/s obtidos nos ensaios hidrogeológicos desta unidade.

A partir de ensaios hidrogeológicos de curta duração, com rápido esgotamento, Botura (1982) sugere um aquífero cárstico limitado as zonas de dissolução, com reduzido armazenamento.

Ainda segundo Botura (1982), nas porções da jazida com intercalação de rochas da unidade MS1 (biotita gnaisses) e da os mármores da unidade MC1, apresentam permeabilidade superior a dos mármores com intercalações de colofanito.

Segundo o mapeamento realizado pelos estudos de cavidades, não foi identificada a presença de água em nenhuma das cavidades mapeadas na AID/ADA.

Quanto a favorabilidade a inundações, a área não é favorável a eventos de cheia, frente aos baixos índices pluviométricos do clima semiárido da região, e nos casos de ocorrência de alta densidade de precipitações pluviométricas, os corpos hídricos ficam

restritos aos canais de drenagem bem definidos e escavados no relevo de morros e serras, configurando redes de drenagem encaixadas em planos de fraquezas decorrentes das estruturas resultantes dos processos reológicos da rocha, em fundos de vales escavados pela própria ação intempérica dos escoamentos superficiais (Tabela 8.1-42).

Tabela 8.1-42 – Características do meio cárstico na AID/ADA

MEIO	FORMAÇÃO	COMPOSIÇÃO	K* (CM/S)	MECANISMO DE RECARGA	CONDICIONANTE	
					PRINCIPAL	SECUNDÁRIO
Cárstico	Alcantil	Mármore	Não avaliado cavidades sem água	Percolação	Dissolução em Estruturas Geológicas	Cavidade e Geometria

**(K) Condutividade hidráulica*
Elaborado por BTB Explorers 2021.

D. Modelo Conceitual Hidrogeológico – MHC -ADA/AID

A partir das precipitações pluviométricas que ocorrem na região, as drenagens provindas do escoamento superficial intermitente do Planalto Residual Sertanejo, desaguam no Domínio Geomorfológico A.2.2 da Depressão Sertaneja, promovendo um incremento hídrico superficial e subterrâneo; com média favorabilidade a recarga de aquíferos, uma vez que se encontra em relativo equilíbrio na relação entre infiltração e escoamento superficial, além de receber os incrementos hídricos de montante da bacia do riacho Guaribas.

Tanto as águas superficiais como as subterrâneas, tendem a se deslocar condicionadas principalmente pelos efeitos gravitacionais das diferenças de potencial da maior para menor carga hidráulica, com direção de fluxo de NE para SW, de forma encaixada entre planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas.

Seguindo este fluxo NE para SW da zona de cisalhamento do Riacho Guaribas, as águas superficiais e subterrâneas do domínio A.2.2, tendem a desaguar no domínio geomorfológico A.1.1., representado por um relevo de colinas alongadas, declividade inferior a 5º, condição favorável a infiltração; que recebe os incrementos hídricos de montante da bacia hidrográfica, e ainda, no entroncamento entre as falhas Guaribas e Groaíras, as duas principais zonas de cisalhamento da AII condicionantes da condução e acumulação de águas subterrâneas.

Quanto ao nível d'água subterrânea, é observado ao longo dos anos uma diminuição natural do volume de água nos aquíferos subterrâneos, o que sugere um balanço hídrico subterrâneo negativo na região.

Este rebaixamento natural do nível d´água subterrânea não permite identificar com precisão qual o nível d'água atual na serra que contém a mineralização. Segundo informações indiretas da ausência de água na galeria G-1 implantada na cota 480 metros; e a ausência de água na cota de fundo do PM-08 em 459 metros, instalado na entrada da Galeria G-1. Estas informações sugerem um rebaixamento de pelo menos 35 metros das cargas hidráulicas na área da jazida identificadas no ano de 1987 na cota 494 metros, se mantendo abaixo da cota 459 em junho de 2021.

Uma vez o PM-07, próximo a jazida, foi identificado o maior valor para carga hidráulica que na cota 436,7 m, foi então estabelecida uma zona de incerteza de ocorrência da água subterrânea na área da cava entre as cotas 436 e 459 metros.

Cabe ainda ressaltar, que ao longo dos anos, a tendência de diminuição das cargas hidráulicas (aumento da profundidade dos aquíferos) observada nos poços de monitoramento, por consequência dos índices pluviométricos da região, podem reduzir o nível d'água no local da área da mina, para baixo da cota 400 metros, cota prevista para o pit final de escavação na área da cava.

Estas variações de nível d'água e a indicação do pit final da cava, bem como a identificação da compartimentação estrutural e litológica na área da cava, podem ser observadas na Figura 8.1-209, que contém o perfil hidrogeológico C-D. As duas falhas normais, uma na porção central do perfil (entre os furos F-226 e F-40) e a outra mais a SE (entre os furos F-92 e F-12), atravessam todas os diferentes níveis bandados entre as rochas das Formações Barrigas e Alcantil, indicando que o regime de fluxos e intercomunicações entre os pacotes aquíferos é preferencialmente controlado pela condicionante estrutural.

Para melhor entendimento da compartimentação estrutural e litológica das unidades aquíferas na ADA na área prevista para instalações industriais, foram integrados dados dos levantamentos geofísicos, dados das sondagens realizadas para instalação dos poços de monitoramento e do mapa geológico, que identificaram de 04 a 06 feições estruturais subverticais por linha de levantamento Figura 8.1-210.

Na área da pilha de fosfogesso e cal, o perfil hidrogeológico foi elaborado com base no levantamento geofísico de 2021 e no mapa geológico, que identificaram entre 3 e 4 feições estruturais sub verticais por linha (Figura 8.1-211)

O perfil da área da jazida (Figura 8.1-209), tem um nível de detalhamento maior que os dados primários obtidos ao longo das campanhas de campo na área da Instalação de Urânio (Figura 8.1-210) e na pilha de fosfogesso e cal (Figura 8.1-211), e permite representar uma heterogeneidade das Formações Alcantil e Barrigas, que se apresentam no perfil de forma

interdigitadas, com mergulhos de até 30 graus e espessuras que variam de cerca de 20 m a até maiores que 100 m.

Estas interdigitações de níveis da Formação Barrigas, que tem um comportamento fraturado, em meio a Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), que tem um comportamento de fraturado (onde não ocorreu dissolução) e cárstico (nos locais com dissolução), permitem adotar o comportamento da unidade aquífera MC1 (fraturado +cárstico) para a região onde ocorrem estas interdigitações de Formações geológicas.

Com base nestes dados, parte-se da premissa que após a infiltração superficial, o fluxo vertical das águas subterrâneas é controlado principalmente pelas feições estruturais subverticais, e o fluxo horizontal pelas foliações e estruturas secundárias presentes nos diferentes litotipos da formação Alcantil e Barrigas e, também, nos contatos sub-horizontais entre as diferentes bandas ou camadas interdigitadas.

Os resultados da análise de Vulnerabilidade pelo método GOD indicam uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcantil) e vulnerabilidade baixa para Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas) e média para o meio poroso (Aluviões).

A Vulnerabilidade extrema significa que o aquífero da Formação Alcantil é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido, em função de ocorrerem rochas aflorantes da Formação Alcantil.

A Vulnerabilidade média significa que o aquífero da Formação Barrigas e o meio poroso são vulneráveis a alguns contaminantes quando continuamente lançados ou lixiviados.

Na área da jazida as interdigitações das rochas das Formações e Barrigas Alcantil na Unidades MC1 na área da jazida a vulnerabilidade é considerada como extrema, assim como para a Formação Alcantil.

As potenciais áreas fontes de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrânea, poderão ser as próprias atividades mineroindustriais e da instalação de urânio, a serem desenvolvidas no local.

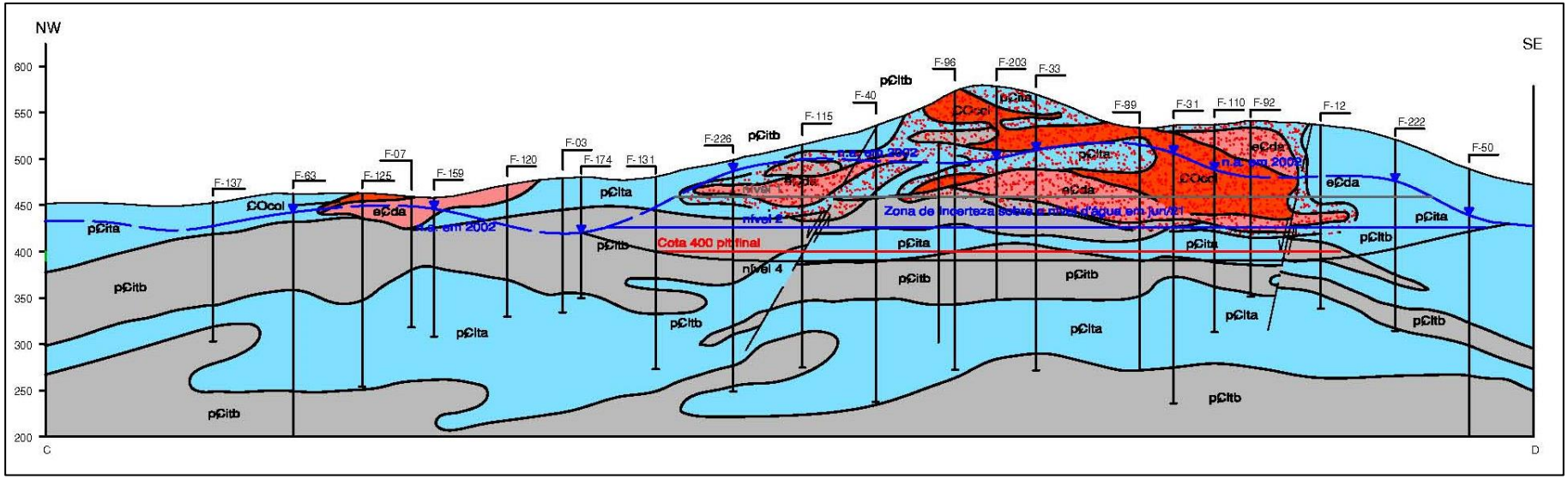


Figura 8.1-209 – Perfil Hidrogeológico C-D da Jazida, com níveis d'água medidos em 2002 e estimados em 2021, e indicação da cota 400m (pit final)

Elaboração: BTB Explores, 2021.

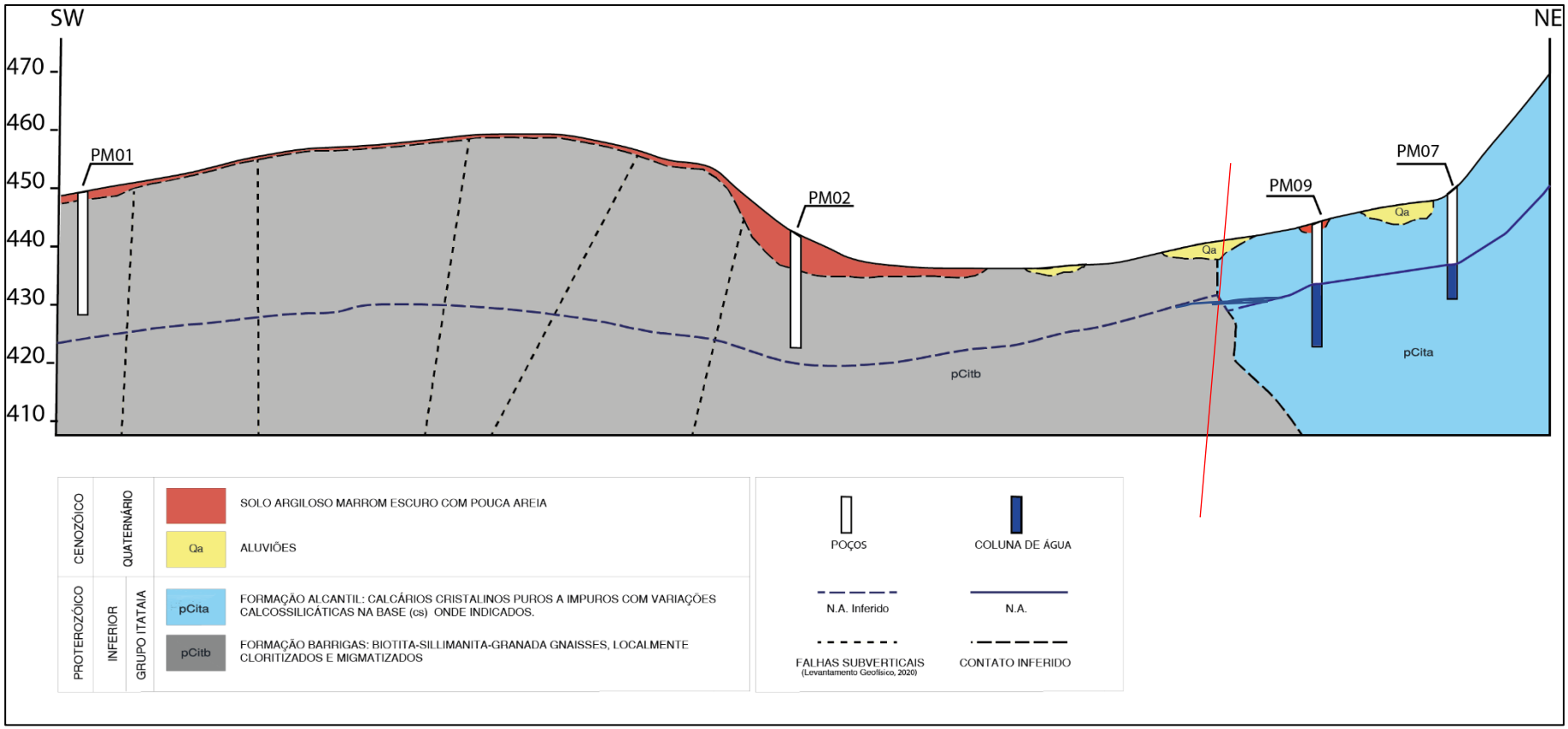


Figura 8.1-210 – Perfil Hidrogeológico NO na área das instalações industriais

Elaboração: BTB Explores, 2021

Figura 8.1-211 – Perfil Hidrogeológico na área da pilha de fosfogesso e cal

Elaboração: BTB Explores, 2021.

8.1.11.4. Considerações Finais

As formas de ocorrência da água subterrânea na AID/ADA, estão condicionadas aos meios fraturado e cárstico. As unidades aquíferas presentes na ADA são as Unidades Aquíferas MC1 que corresponde as rochas da formação Alcantil e MS1 que corresponde as rochas da formação Barrigas.

A configuração da forma de ocorrência e compartimentação dos aquíferos fraturados e cársticos presentes na AID/ADA, assim como na AII, é caracterizada pelos diferentes tipos litológicos e tem sua distribuição e geometria espacial condicionada pelas estruturas e delineamentos geotectônicos.

O meio poroso é representado por solos do manto de intemperismo das rochas das Formações Alcantil e Barrigas, e por sedimentos quaternários inconsolidados de ambiente pluvial ao longo das drenagens. A circulação da água neste meio, está relacionada à porosidade primária dos sedimentos, onde o regime hídrico bem definido entre estação seca e chuvosa, com baixos índices pluviométricos anuais, típicos do clima semiárido da região, controlam a intermitência da água no meio poroso, que atua como zona de condução até os aquíferos rochosos sotopostos, sem acumular água formando aquíferos freáticos.

O meio fraturado é anisotrópico, com sua condutividade hidráulica diretamente relacionada as estruturas representantes da porosidade secundária, representada por falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente tanto nas rochas das Formações Alcantil (Unidade Aquífera MC1) e Barrigas (Unidade Aquífera MS2).

Cabe ressaltar que na Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), devido a sua composição carbonática apresenta, onde ocorrem dissoluções, comportamento de Aquífero Cárstico, porém, nas zonas que não apresentam processos de dissolução nos planos da porosidade secundária, apresenta comportamento de aquífero fraturado, com algumas diferenciações, como a presença de material alterado no preenchimento de fraturas e falhas, que promovem uma condutividade hidráulica na ordem de 10^{-6} cm/s nestes meios preenchidos, quando comparados com resultados de condutividade hidráulica em meios fraturados não preenchidos por material de alteração, na ordem de 10^{-4} cm/s.

O aquífero cárstico é típico dos Mármores da Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), e está relacionado as descontinuidades geradas por dissolução, que ocorrem preferencialmente em fraturas, falhas e contatos. Ensaios hidrogeológicos de curta duração, com rápido esgotamento, sugerem um aquífero cárstico limitado as zonas de dissolução, com reduzido armazenamento. Segundo o mapeamento realizado pelos estudos de cavidades, não foi identificada a presença de água em nenhuma das cavidades mapeadas na AID/ADA.

Segundo o modelo hidrogeológico conceitual a recarga hídrica ocorre a partir das precipitações pluviométricas que ocorrem na região, as drenagens responsáveis pelo do escoamento superficial intermitente formadas no Planalto Residual Sertanejo, desaguam no Domínio Geomorfológico Depressão Sertaneja, promovendo um incremento hídrico superficial e subterrâneo; com média favorabilidade a recarga de aquíferos.

Tanto as águas superficiais como as subterrâneas, tendem a se deslocar condicionadas principalmente pelos efeitos gravitacionais das diferenças de potencial da maior para menor carga hidráulica, com direção de fluxo de NE para SW, de forma encaixada entre planos de fraquezas da zona de cisalhamento, e tendem a desaguar nos relevos de colinas alongadas com declividade inferior a 5º, condição esta, favorável a infiltração.

Após a infiltração superficial, o fluxo vertical das águas subterrâneas é controlado principalmente pelas feições estruturais subverticais, e o fluxo horizontal pelas foliações e estruturas secundárias presentes nos diferentes litotipos da formação Alcantil e Barrigas e, também, nos contatos sub-horizontais entre as diferentes bandas ou camadas interdigitadas.

Foi observado ao longo dos anos uma diminuição natural do volume de água nos aquíferos subterrâneos, o que sugere um balanço hídrico subterrâneo negativo na região.

Considerando os dados atuais disponíveis, poderá ocorrer a interceptação do nível d'água na área da cava entre dez a quinze anos após o início da operação da mina, de acordo com o Plano de Lavra do PSQ apresentado à ANM. Cabe ainda ressaltar, que ao longo dos anos, a tendência de diminuição das cargas hidráulicas (aumento da profundidade dos aquíferos), podem reduzir o nível d'água no local da área da mina, para níveis inferiores a cota 400 metros, prevista para o pit final de escavação na área da cava.

Os resultados da análise de Vulnerabilidade pelo método GOD indicam uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcantil) e vulnerabilidade baixa para Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas) e média para o meio poroso (Aluviões). A Vulnerabilidade extrema significa que o aquífero da Formação Alcantil é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido, em função de ocorrerem rochas aflorantes da Formação Alcantil. A Vulnerabilidade média significa que o aquífero da Formação Barrigas e o meio poroso são vulneráveis a alguns contaminantes quando continuamente lançados ou lixiviados.

Na área da jazida as interdigitações das rochas das Formações e Barrigas Alcantil na Unidades MC1 na área da jazida a vulnerabilidade é considerada como extrema, assim como para a Formação Alcantil.

As potenciais fontes de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrânea, poderão ser as próprias atividades mineroindustriais e da instalação de urânio, a serem desenvolvidas no local.

Conforme previsto nos Programas Ambientais o Consórcio Santa Quitéria continuará ampliando o conhecimento da geologia, hidrogeologia e geotecnia da ADA, por meio de sondagens, amostragens, poços de monitoramento que serão realizados para o detalhamento do Modelo Hidrogeológico apresentado e dos projetos de engenharia e plano de lavra.

8.1.12. Qualidade das Águas Subterrâneas

8.1.12.1. Considerações Metodológicas

Para caracterização hidroquímica das águas subterrâneas a nível regional na AII, foram utilizados os dados disponíveis no Relatório de Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Acaraú (COGERH, 2016), que apresenta apenas análise de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).

Os dados primários para caracterização hidroquímica a nível local na AID/ADA, foram coletados a partir de amostras de água no poço INB e nos 10 poços de monitoramento instalados em 2011 pela empresa CAGEO, através de seis campanhas de monitoramento realizadas pelo laboratório Merieux NutriSciences, quatro realizadas e distribuídas ao longo do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), e duas realizadas entre os anos de 2020 e 2021, para atualização das condições hidroquímicas. Estas seis campanhas realizadas de 2011 a 2021, contemplam variações sazonais e temporais que permitem avaliar as condições nas estações seca e chuvosa.

A caracterização hidroquímica e microbiológica da AID/ADA foi realizada por meio de análises laboratoriais conforme parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n°396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Os padrões de qualidade adotados para a água subterrânea na referida resolução, são para consumo humano, conforme padrões vigentes na data da sua promulgação em 2008.

Cabe ressaltar que em 4 de maio de 2021, passou a vigorar a Portaria GM/MS nº 888, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Mas considerando que a água subterrânea não será utilizada para consumo humano, e para atender ao termo de referência, neste

estudo, os Valores de Referência para o Padrão de Qualidade da Água Subterrânea adotados, são os da Resolução CONAMA n°396/2008.

Previamente as coletas das amostras de água subterrânea foram anotadas informações construtivas dos poços de monitoramento, tais como, diâmetro, nível estático, profundidade total, coluna d´água e volume de água contido.

A coleta das amostras de água subterrânea foi realizada pelo método de baixa vazão, com base na norma ABNT NBR 15847/2010 – Amostragem de Água Subterrânea – Métodos de Purga; e com o *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*, em todas as campanhas.

Nas campanhas de 2020 e 2021, passou a ser acoplada a célula de fluxo uma sonda multiparâmetro de pH/ORP (Eh)/CE/OD/T) e um medidor de turbidez, para medições *in situ* até a estabilização dentro de faixas de variação definidos na norma supracitada. Os certificados de calibração da sonda multiparâmetro emitidos pela rede metrológica são apresentados no Anexo 8.1-XVII.

As amostras foram acondicionadas em frascos específicos a cada parâmetro avaliado com a adição dos devidos preservantes. Para a análise de metais dissolvidos foi realizada filtração em campo por membrana 0,45 µm.

A análise de metais totais em água subterrânea, avalia todos os metais presentes na amostra, ou seja, tanto os metais dissolvidos na água, como também, os presentes nos particulados sólidos em suspensão, que não fazem parte da composição química da água.

A quantidade de particulados sólidos em suspensão, está diretamente relacionada com a presença de turbidez na água. A presença de turbidez, portanto, interfere nos resultados de metais totais na água.

Durante o processo de amostragem, para preservar a amostra e evitar a oxidação de metais, é realizada a acidificação até um pH <2, atendendo aos requisitos de preservação de amostras do *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Esta acidificação, promove a dissolução dos colóides particulados em suspensão. Uma vez que a composição típica dos solos da região, pode conter naturalmente a presença de metais, a alteração do pH para preservação da amostra, promove a migração de metais dos particulados sólidos para a fase dissolvida da água.

O ideal para analisar a hidroquímica das águas subterrâneas sem interferências de partículas sólidas, é analisar metais dissolvidos com a amostra filtrada ainda em campo. A

filtração permite avaliar os metais dissolvidos que compreendem íons livres, e ainda complexos inorgânicos e complexos orgânicos de baixo peso molecular – Gonçalves (2008).

A filtração deve ser realizada para assegurar a integridade da amostra de água, evitando que ocorram reações de oxiredução por exposição ao ar, tornando o metal insolúvel (US EPA,1996). Segundo Windom *et al.* (1991), muitos dos dados históricos de metais já publicados estavam erroneamente mais altos devido à turbidez na amostragem.

Todas as amostras foram armazenadas em caixas termoplásticas sob refrigeração <6ºC, e transportadas imediatamente ao laboratório, acompanhadas das cadeias de custódia que se encontram no Anexo 8.1-XVIII.

As análises laboratoriais foram todas realizadas pelo laboratório Merieux NutriSciences, que é acreditado pelo CGCRE-INMETRO segundo os requisitos ABNT NBR ISO/IEC 17025 instituída a partir de 2017 e, portanto, estes critérios se aplicam apenas as campanhas de 2020 e 2021. As referências metodológicas adotadas estão apresentadas no Quadro 8.1-33.

Quadro 8.1-33 – Referencias metodológicas adotadas – Análises de 2020 e 2021

PARÂMETRO	REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS
Turbidez:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 2130 B
Nitrato:	POP PA 124 – Rev.12
Condutividade:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 2510 B
Sólidos:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 2540 A, B, C, D, E
pH:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 4500H+ B
Coliformes:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 9223 B
Enterococcus:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 9230 D
OD:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 4500º G
Potencial Redox:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 2580 B
Temperatura:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 2550 B
Nitrito:	SMWW, 22ª Edição, 2012 – Método 4500 NO2- B
SVOC por LC/MS/MS:	POP PA 188
VOC Determinação:	EPA 8260 D: 2018 / Preparo: EPA 5021ª: 2014
SVOC Determinação:	EPA 8270 E-1:2018, POP PA 076/Preparo: EPA 3510 C:1996, 3535

PARÂMETRO	REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS
Metais T e D	ICP-MS Det.: SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 3125 B / Preparo: SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 3030 E, EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Enxofre (ICP-OES):	Determinação: EPA 6010 D-1 / Preparo: EPA 3051 A
Índice de Fenóis:	ISO 14402: 1999
Cianeto Total:	ISO 14403-2: 2012
Ânions:	EPA 300.0: 1993, 300.1: 1999, POP PA 032

Elaboração: BTB explorers,2021.

As Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) identificadas neste estudo, se referem as substâncias presentes na água subterrânea, antes da implantação do empreendimento, que caracterizam a assinatura hidroquímica das unidades hidrogeológicas MS1 e MC1, com base no escopo analítico avaliado.

Os valores basais das substâncias químicas de interesse nas águas subterrâneas, foram definidos segundo os resultados analíticos das amostras de água dos poços de monitoramento e do poço INB, considerando também as concentrações das SQIs presentes nos resultados analíticos das amostras de solo, análises petrográficas e principais ocorrências minerais nas áreas AID e ADA.

8.1.12.2. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

Segundo o Relatório de Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Acaraú (COGERH, 2016) a avaliação regional da qualidade das águas subterrâneas, identificou que no domínio cristalino, no município de Santa Quitéria, as águas não são adequadas para o consumo humano sem prévio tratamento, devido a concentrações regionais da ordem de 1.600 mg/L de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), acima do VMP de 1.000 mg/L da Resolução CONAMA 396/2008.

As concentrações iônicas das águas subterrâneas do domínio poroso no município de Santa Quitéria são inferiores à concentração das águas do domínio cristalino, com uma média de 750 mg/L de SDT (COGERH 2016, p.106).

Segundo as inspeções de campo, as interferências antrópicas mais comuns na AII, estão relacionadas a esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos também de origem domésticas, e criação de animais. Estes fatores podem causar a contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas.

8.1.12.3. Contexto Local – Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

8.1.12.3.1. Amostragem e Parâmetros Físicos *In Situ* das Águas Subterrâneas

As coletas foram realizadas em diferentes campanhas, de modo a identificar variações sazonais através da realização de análises físico-químicas e biológicas conforme parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n°396/2008. As descrições metodológicas e procedimentos de amostragem estão detalhadamente descritos no capítulo de considerações metodológicas.

Considerando os estudos anteriormente realizados e os levantamentos atuais foram realizadas no total seis campanhas para coleta de amostras de água subterrânea:

- 1ª campanha – de 13 a 16/04/2011, no período chuvoso;
- 2ª campanha – de 30/05 a 03/06/2011, transição entre período chuvoso e seco;
- 3ª campanha – de 11 a 14/07/2011, no período seco;
- 4ª campanha – de 22 a 26/08/2011, transição entre período seco e chuvoso;
- 5ª campanha – 26 de novembro de 2020, no período seco; e
- 6ª campanha – 09 de fevereiro de 2021, no período chuvoso.

As campanhas de amostragem em novembro de 2020 e fevereiro de 2021 foram realizadas pelo Laboratório Merieux NutriScience, com objetivo de atualizar as informações a respeito das características hidrogeoquímicas das unidades aquíferas MC1 e MS1. As campanhas realizadas em 2011 foram realizadas pelo Laboratório Bioagri (atual Merieux NutriScience) (ARCADIS, LOGOS, 2014).

Foram tomadas medidas para evitar os riscos de contaminação cruzada, utilizando-se luvas nitrílicas, filtros, mangueiras e bexigas descartáveis, assim como a descontaminação da bomba de bexiga em inox, com uso de sabão neutro não fosfatado de uso laboratorial e água deionizada. O Quadro 8.1-34, a seguir, apresenta a situação dos poços ao longo de cada campanha.

Quadro 8.1-34 – Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha

POÇO	1° ABR/2011	2° JUN/2011	3° JUL/2011	4° AGO/2011	5° NOV/2020	6° FEV/2021
PM-01	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**
PM-02	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**
PM-03	-	amostrado	-	-	amostrado	amostrado
PM-04	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**

POÇO	1° ABR/2011	2° JUN/2011	3° JUL/2011	4° AGO/2011	5° NOV/2020	6° FEV/2021
PM-05	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado
PM-06	amostrado	-	amostrado	amostrado	Seco	Seco
PM-07	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado
PM-08	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**	**seco**
PM-09	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	obstruído	seco
PM-10	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	obstruído	obstruído

Elaboração: BTB explorers,2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014. (-) não amostrado

Os resultados das medições dos parâmetros físicos das águas subterrâneas de Oxigênio Dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), pH, ORP (Eh), Temperatura (T) e nível d'água (N.A.), obtidas para cada campanha de monitoramento, estão representados na Tabela 8.1-43 e Tabela 8.1-44.

Tabela 8.1-43 - Leituras dos parâmetros físicos medidos in situ nos PMs da Unidade MC1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025.

CAMPANHA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
PM-07	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV /21**
OD (%)*	1,3	0,05	34,4	4,6	0,42*	0,24*
CE (µs/cm)	3118	3128	4778	3026	2516	2113
pH	6,79	6,89	6,95	7,02	6,68	6,90
Eh (mV)	-176,5	-252,8	-68,5	-213,7	-93,7	157,7
N.A. (m)	8,685	8,267	8,285	8,525	13,85	12,61
T (ºC)	30,2	30,3	30,0	30,4	29,7	30,72
PM-09	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV/21**
OD (%)	8,5	29,6	20,6	11,9	obstruído	Seco
CE (µs/cm)	1713	1092	1506	1578		
pH	6,81	6,99	6,99	7,03		
Eh (mV)	-37,1	-123,2	-96,9	174,6		
N.A. (m)	9,602	8,267	8,348	8,74		
T (ºC)	29,4	29,9	29	30,1		
PM-10	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV /21**
OD (%)	6,5	3,7	59,9	4,2	obstruído	obstruído

CAMPANHA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
CE (µs/cm)	1089	1094	1092	1101		
pH	6,98	7,07	7,59	7,11		
Eh (mV)	-91,3	-192,2	-121	-160,4		
N.A. (m)	18,481	18,262	18,355	18,476		
T (ºC)	30,6	31,6	30,1	30,6		

Elaboração: BTB explorers,2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014. ( ) OD em mg/L em nov/20 e fev/21.*

Tabela 8.1-44 - Leituras dos parâmetros físicos medidos in situ nos PMs da Unidade MS1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025.

CAMPANHA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
PM-03	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV/21**
OD (%)*	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,32*	0,8*
CE (µs/cm)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	934	1071
pH	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,07	6,54
Eh (mV)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	70,8	1,3
N.A. (m)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	18,8	19,26
T (ºC)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	28,1	30,64
PM-05	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV/21**
OD (%)*	4,4	4,2	11,7	12,6	0,17*	0,45*
CE (µs/cm)	1200	1174	1173	1173	1800	1542
pH	7,22	7,31	7,39	7,53	6,73	6,78
Eh (mV)	-236,5	-163,8	-144	-222,2	-31,9	162,7
N.A. (m)	17,34	16,645	16,475	16,421	18,05	19,45
T (ºC)	30,1	29,2	29,3	29,9	29,6	31,17
PM-06	**ABR/11**	**JUN/11**	**JUL/11**	**AGO/11**	**NOV/20**	**FEV/21**
OD (%)	1,8	n.a.	4,6	1,1	Seco	Seco
CE (µs/cm)	1976	n.a.	629	1858		
pH	6,73	n.a.	7,08	6,94		
Eh (mV)	197,6	n.a.	155,4	290,9		
N.A. (m)	23,15	n.a.	23,155	23,305		

CAMPANHA	1°	2°	3°	4°	5°	6°
PM-03	ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	NOV/20	FEV/21
T (ºC)	26,6	n.a.	29,4	29,7		

Elaboração: BTB explorers,2021, adaptado de ARCADIS LOGOS, 2014. ( ) OD em mg/L em nov/20 e fev/21.*

Os resultados das leituras dos parâmetros físicos medidos in situ nas águas subterrâneas do poço INB, para as campanhas de 2020 e 2021, são apresentados na Tabela 8.1-45 a seguir.

Tabela 8.1-45 - Parâmetros In Situ Poço INB (novembro/2020 e fevereiro/2021)

PARÂMETROS	5° CAMPANHA (NOV/20)	6ª CAMPANHA (FEV/21)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,54	3,4
Condutividade Elétrica (µs/cm)	2000	1630
pH	7,07	7,36
Eh-ORP (mV)	188,8	157,2
Temperatura (ºC)	31,2	29,7
Turbidez (NTU)	<0,1	2,36

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

8.1.12.3.2. Hidroquímica das Águas Subterrâneas

A. Padrões de qualidade para as águas subterrâneas

Os padrões de qualidade adotados para água subterrânea se referem aos Padrões para Consumo Humano estabelecidos pela Resolução CONAMA n°396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Os laudos analíticos emitidos pelo laboratório contendo os resultados originais são apresentados no Anexo 8.1-XIX e compreendem a análise de 53 parâmetros inorgânicos, 50 parâmetros orgânicos, varredura de 44 parâmetros agrotóxicos e 03 análises de microrganismos.

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea proveniente dos poços de monitoramento, com concentrações padronizadas em µg/L, e com destaque em vermelho para os resultados desenquadrados dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 396/2008, são apresentados no Anexo 8.1-XIX, e indicam o seguinte.

B. Resultados analíticos de água subterrânea

B.1. Resultados não quantificados PM-INB

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea, proveniente do PM-INB, não quantificaram (não detectaram) os compostos listados no Quadro 8.1-35, em todas as amostras em todas as campanhas avaliadas.

Quadro 8.1-35 – Parâmetros não Quantificados no PM-INB

INORGÂNICOS	ORGÂNICOS	PESTICIDAS
Antimônio	Acrilamida	Alaclor
Antimônio Dissolvido	Benzeno	Aldicarbe
Arsênio	Benzo(a)antraceno	Aldicarbesulfona
Arsênio Dissolvido	Benzo(b) fluoranteno	Aldicarbesulfóxido
Berílio	Benzo(a)pireno	Aldicarb+Sulfona+Sulfóxido
Berílio Dissolvido	Benzo(K)fluoranteno	Aldrin
Cádmio	Cloreto de Vinila	Dieldrin
Cádmio Dissolvido	Clorofórmio	Aldrin + Dieldrin
Chumbo	Criseno	Atrazina
Chumbo Dissolvido	1,2-Diclorobenzeno	Bentazona
Cianeto Total	1,4-Diclorobenzeno	Carbofurano
Cromo Dissolvido	1,2-Dicloroetano	Clordano (cis)
Mercúrio	1,1-Dicloroeteno	Clordano (trans)
Mercúrio Dissolvido	Cis-1,2-Dicloroeteno	Clordano (cis + trans)
Prata	Trans-1,2-Dicloroeteno	Clorotalonil
Prata Dissolvido	1,2-Dicloroeteno (cis+trans)	Clorpirifos
Selênio	Dibenzo antraceno	2,4 – D
Selênio Dissolvido	Diclorometano	p,p`-DDT
Fósforo	Estireno	p,p`DDE
	Etilbenzeno	p,p`-DDD
	Indeno(1,2,3-cd)pireno	DDT(p,p`-DDT+p,p`-DDD+DDE)
	PCBs (Somatoria 7)	Endossulfan Alfa
	PCB 28	Endossulfan Beta
	PCB 52	Endossulfan Sulfato

INORGÂNICOS	ORGÂNICOS	PESTICIDAS
	PCB 101	Endossulfan(a+b+Sulfato)
	PCB 118	Endrin
	PCB 138+158	Glifosato + AMPA
	PCB 153	Heptacloro
	PCB 180	Heptacloro Epóxido
	Tetracloreto de Carbono	Heptacloro Epóxido + Heptacloro
	1,2,3-Triclorobenzeno	Hexaclorobenzeno
	1,2,4-Triclorobenzeno	Lindano (g-HCH)
	1,3,5-Triclorobenzeno	Malation
	Triclorobenzenos	Metolacloro
	Tetracloroeteno	Metoxicloro
	Tricloroeteno	Molinato
	Tolueno	Pendimetalina
	m,p Xilenos	Pentaclorofenol
	o-Xilenos	Permetrina
	Xilenos	Propanil
		Simazina
		Trifluralina

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

B.2. Resultados desenquadrados dos VRs – Poço INB

Os resultados analíticos das amostras provenientes do Poço INB, apresentados no Anexo 8.1-XX, indicam alterações dos padrões de qualidade na forma de concentrações acima dos valores de referência para consumo humano da Resolução CONAMA nº 396/2008, as quais são listadas na Tabela 8.1-46.

Tabela 8.1-46- Substâncias detectadas acima do VR CONAMA 396 – Poço INB

1°CAMPANHA 04/2011	2° CAMPANHA 06/2011	3°CAMPANHA 07/2011	4°CAMPANHA 08/2011	5°CAMPANHA 11/2020	6° CAMPANHA 02/2021
SDT Nitrato	-	Coliformes Fecais E. Coli	SDT Coliformes Fecais E. Coli	SDT Coliformes Fecais E. Coli	Alumínio Cloreto Ferro Manganês

Elaboração: BTB EXPLORERS 2021.

A única ocorrência acima do VR para Alumínio Total, em fevereiro de 2021, não se confirmou na forma dissolvida, onde são analisados apenas os compostos químicos dissolvidos na água, sem interferências da turbidez ou particulados na amostra.

O Ferro e o Manganês, nas formas total e dissolvida, foram quantificados em todas as campanhas no Poço INB, mas acima do valor de referência (VR) apenas na última campanha em fevereiro de 2021. O Cloreto foi quantificado em todas as seis campanhas, mas também, apenas na última em fevereiro de 2021, em concentração acima e próxima ao VR. Este comportamento pode ser explicado pela interrupção do eventual bombeamento deste poço, que devido a presença de equipamentos de bombeamento metálicos, com a presença de sais representados pelos cloretos, podem promover a oxidação destes metais e transferência para a fase dissolvida na água subterrânea.

Sólidos dissolvidos totais (SDT) foram quantificados em todas as seis campanhas realizadas em concentrações próximas do VR. Em abril/11, agosto/11 e novembro/20, a concentração deste parâmetro foi quantificada acima do VR. Vale ressaltar que o mesmo é naturalmente presente na região em concentrações acima dos valores de referência segundo COGERH (2016).

Os parâmetros Coliformes Fecais e e.Coli foram quantificados acima dos padrões de referência nas campanhas realizadas em julho e agosto de 2011, e também em novembro de 2020.

B.3. Resultados não quantificados – PMs

Os resultados analíticos das amostras provenientes dos Poços de Monitoramento, apresentados no Anexo 8.1-XIX, indicam que dentre os 150 parâmetros avaliados ao longo das 06 campanhas realizadas nos poços de monitoramento com coluna d'água e condições de amostragem suficientes, 53 destes parâmetros estão abaixo dos limites de quantificação do método analítico.

A Tabela 8.1-47 a seguir apresenta a lista destes parâmetros, com indicação em separado, por unidade aquífera.

Tabela 8.1-47 – Parâmetros não quantificados nas Água Subterrâneas – Poços de Monitoramento

PARÂMETRO	UNIDADE MS1	UNIDADE MC1	PARÂMETRO	UNIDADE MS1	UNIDADE MC1
Antimônio	x	x	Benzo(a)pireno	x	x
Antimônio D*	x	x	Benzo(k)fluoranteno	x	x
Arsênio D*	x		Cloreto de vinila	x	x

PARÂMETRO	UNIDADE MS1	UNIDADE MC1	PARÂMETRO	UNIDADE MS1	UNIDADE MC1
Berílio	x	x	Clorofórmio	x	x
Berílio D*	x	x	Criseno	x	x
Cádmio	x	x	1,2-Diclorobenzeno	x	x
Cádmio D*	x	x	1,4-Diclorobenzeno	x	x
Chumbo		x	1,2-Dicloroetano	x	x
Chumbo D*	x	x	1,1-Dicloroeteno	x	x
Cobalto		x	cis-1,2-Dicloroeteno	x	x
Cobalto D*		x	trans-1,2-Dicloroeteno	x	x
Cobre		x	1,2-Dicloroeteno (cis+trans)	x	x
Cobre D*		x	Dibenzo(a,h)antraceno	x	x
Cromo D*		x	Diclorometano	x	x
Mercúrio	x	x	Estireno	x	x
Mercúrio D*	x	x	Etilbenzeno	x	x
Prata	x	x	PCB´s	x	x
Prata D*	x	x	Tetracloreto de Carbono	x	x
Selênio	x	x	1,2,3-Triclorobenzeno	x	x
Selênio D*	x	x	1,2,4-Triclorobenzeno	x	x
Urânio	x	x	1,3,5-Triclorobenzeno	x	x
Urânio D*		x	Triclorobenzenos	x	x
Acrilamida	x	x	Tetracloroeteno	x	x
Benzeno	x	x	Tricloroeteno	x	x
Benzo(a)antraceno	x	x	Tolueno	x	x
Benzo(b)fluoranteno	x	x	Xilenos	x	x
			Enxofre	x	x

Elaboração: BTB Explorers 2021.

B.4. Resultados desenquadrados dos VRs – PMs

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea provenientes dos Poços de Monitoramento, apresentados no Anexo 8.1-XIX, quando comparados com os VRs da resolução CONAMA 396/2008, indicam as seguintes concentrações acima dos padrões de qualidade apresentadas na Tabela 8.1-48, Tabela 8.1-49 e Tabela 8.1-50.

Tabela 8.1-48 - Parâmetros Inorgânicos Acima dos VRs na Água Subterrânea (µg/L) - Unidade MS1

PARÂMETRO	VR CONAMA 396	PM-03			PM-05		PM-06		
		JUN/11	NOV/20	FEV/21	NOV/20	FEV/21	ABR/11	JUL/11	AGO/11
Alumínio	200	1.362,5	1.780	522			243,2	1.296	
Cloreto	250.000						430.700		402.670
Ferro	300	1.951	7.870	10.900	2.140	2.130		1.028	
Ferro D*	300		7.050	7.990	1.090	1.200			
Manganês	100	433,9	768	1.350	415	489			
Manganês D*	100	413		1.240	378	435			
Níquel	20	23,1							
Nitrato	20	16.300							
SDT	1.000.000						1.048.000		1.211.000

Elaboração: BTB Explorers 2021.

Tabela 8.1-49 - Parâmetros Inorgânicos Acima dos VRs na Água Subterrânea (µg/L) -Unidade MC1

PARÂMETROS	VR CONAMA 396	PM-07						PM-09	
		ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	NOV/20	FEV/21	ABR/11	JUN/11
Alumínio	200						210		373,3
Cloreto	250.000	710.100	672.400	679.560	623.900		402.000		
Ferro	300					3.240	2.910		1.254,3
Ferro D*	300					2.970	2.580		

PARÂMETROS	VR CONAMA 396	PM-07						PM-09	
		ABR/11	JUN/11	JUL/11	AGO/11	NOV/20	FEV/21	ABR/11	JUN/11
Sódio	200.000	215.225	299.713	267.580	245.190				
Sódio D*	200.000	211.880	288.398	258.898	211.898				
SDT	1.000.000	2.185.000	2.243.000	1.870.000	1.674.000	1.201.000	1.027.000	1.197.000	

Elaboração: BTB Explorers 2021.

Tabela 8.1-50 - Resultados Analíticos em NMP/100mL - Microrganismos na Água Subterrânea - PMs

MICRORGANISMOS	VR CONAMA 396	PM-03		PM-05		PM-07	PM-10
		NOV/20	FEV/21	JUN/11	AGO/11	AGO/11	ABR/11
Coliformes Termotolerantes (*E. coli*)	Ausente	43.520	112.000	Presente	Presente	Presente	Presente
Coliformes Fecais	Ausente	43.520	112.000	Presente	Presente	Presente	Presente

Elaboração: BTB Explorers 2021.

As elevadas concentrações de sólidos dissolvidos totais (SDT), apesar de acima do VR da Resolução CONAMA 396/2008, estão de acordo com a média regional indicada no Relatório de Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Acaraú (COGERH, 2016), com concentrações regionais da ordem de 1.600.000 µg/L de SDT no domínio cristalino, no município de Santa Quitéria. A unidade MC1 apresenta concentrações mais elevadas de STD em relação a unidade MS1.

Em relação aos parâmetros inorgânicos analisados nas duas fases de ocorrência (Total e Dissolvida), vale ressaltar que as concentrações nas amostras não filtradas para análises das frações total, podem representar falsos positivos relacionados a presença de turbidez na água; enquanto a utilização de filtração 0,45µm para a amostragem da fase dissolvida, como adotado na presente amostragem, elimina as partículas sólidas presentes na água, produzindo resultados mais representativos da hidroquímica da água subterrânea sem interferência de particulados sólidos.

A realização das análises nas duas fases (total e dissolvida) é importante para avaliar as condições hidroquímicas do meio. De um modo geral, amostras representativas das águas subterrâneas devem apresentar uma turbidez baixa, uma vez que a representatividade de fluxos subterrâneos é do tipo laminar (sem turbulência) com turbidez incipiente devido à baixa energia do meio, que resultam em concentrações na fase dissolvida e total próximas, com leve tendência de superioridade na fase total.

As alterações dos padrões de qualidade em relação ao Ferro e Alumínio são mais marcantes no Unidade Aquífera MS1, que apresenta maior frequência de concentrações acima dos VR, assim como maiores concentrações.

Nas duas unidades aquíferas (MC1 e MS1) o alumínio na forma dissolvida não apresenta nenhum resultado acima do valor de referência, por outro lado, as concentrações de ferro em algumas amostras se apresentam acima do valor de referência, tanto na forma total como na forma dissolvida, em outras acima do VR apenas na forma total o que pode ser efeito da turbidez na água, e em outras, abaixo dos VRs tanto na forma dissolvida como na forma total. Em todas as amostras as concentrações de metais dissolvidos são menores que as de metais totais.

As alterações de padrões de qualidade para Manganês estão restritas a unidade MS1, tanto na fase total, como na fase dissolvida.

A anomalia de níquel total, identificada exclusivamente na unidade MS1, apenas na primeira campanha (abril/2011) no PM-03, não se confirmou na análise de níquel dissolvido

realizada na mesma campanha, e nem nas campanhas posteriores, tanto para níquel total como dissolvido.

O parâmetro nitrato, também identificado exclusivamente na unidade MS1 acima do VR na amostra proveniente do PM-03, apenas na primeira campanha e não se confirmou nas campanhas posteriores.

Nas duas unidades aquíferas ocorrem concentrações de cloreto acima dos VR, porém, em maior frequência na unidade MC1, que também apresenta concentrações mais elevadas para este parâmetro quando comparados com os resultados analíticos para a unidade MS1.

Os resultados de cloretos indicam uma frequência de ocorrência em 100% das análises nas unidades hidrogeológicas MS1 e MC1. Os resultados da unidade metassedimentar (MS1- Formação Barrigas) tem concentrações mínima de 56.900 µg/L e máxima de 430.700 µg/L, enquanto os resultados da unidade metacarbonática (MC1 – Formação Alcantil) apresentam um range com concentrações entre 22.920 µg/L e 710.100 µg/L.

O sódio tem 100% de frequência de ocorrência em todas as amostras provenientes das duas Unidades Aquíferas, mas tem maiores concentrações na unidade MC1, que inclusive é a única que apresenta alterações de qualidade para este parâmetro.

A anomalia de índice de fenóis identificada no PM-03 (MS1) na 5ª campanha (novembro/2020), em concentração acima, porém, próxima ao valor de referência de 3,0 µg/L, não se confirmou em fevereiro de 2021.

Os resultados de coliformes termotolerantes e e.coli, apresentam alterações de padrões de qualidade recentes e crescentes no PM-03, e em 2011 nos PMs 05, 07 e 10. As únicas fontes ativas para este tipo de contaminante observadas nas áreas avaliadas são a urina e fezes de origem animal, visto que se trata de material facilmente encontrado pelos solos da região advindos de criações que são mantidas soltas e que vagueiam livremente nessas áreas.

C. Valores basais de qualidade das águas subterrâneas AID/ADA

A qualidade da água subterrânea é influenciada, principalmente, pelas características do solo, litotipos e processos geoquímicos do meio onde está inserida. As assinaturas geoquímicas naturais são diretamente influenciadas pela natureza das rochas e solos que constituem o aquífero, e podem naturalmente apresentar elementos e compostos em concentrações acima dos limites permissíveis para o consumo, como é o caso das concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais apresentadas no contexto da AII.

Deste modo, a definição dos valores basais das substâncias químicas de interesse nas águas subterrâneas, foi fundamentado nos resultados analíticos das amostras de água dos 10 poços de monitoramento, e do poço INB, considerando também os resultados analíticos das amostras de solo por onde a água permeia, e em análises petrográficas e das ocorrências minerais no entorno (AID e ADA) com as quais as águas subterrâneas entram em contato.

Os resultados analíticos não quantificados (Quadro 8.1-35 e Tabela 8.1-47) apresentados anteriormente são parâmetros ausentes ou em tão baixa concentração, que não permitem sua detecção pelas análises laboratoriais. Deste modo o padrão basal para estes compostos é a não quantificação, e no caso dos compostos quantificados, ficam mantidos os padrões legais como padrões de qualidade ambiental, que após a implantação da Instalação Mineroindustrial e Instalação de Urânio, é recomendável realizar a comparação com os valores de referência da Resolução CONAMA 420/2009 que estabelece os valores de referência para solos e águas subterrâneas em áreas contaminadas a partir de atividades antrópicas e prevê o uso e ocupação industrial da área. Estes resultados se referem principalmente a Compostos Orgânicos e Agrotóxicos.

Os compostos quantificados em concentrações que se enquadram nos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 39/2008, com frequência, sugerem se tratar de concentrações naturais basais da região.

As substâncias químicas de interesse identificadas neste estudo, se referem as substâncias presentes na água subterrânea antes da implantação do empreendimento, o que caracteriza a assinatura hidroquímica natural dos valores basais das unidades hidrogeológicas MS1 e MC1, exceto para parâmetros microbiológicos referentes a fezes de animais de criação presentes na área.

A seguir são apresentadas as considerações sobre os valores basais para estas substâncias químicas de interesse identificadas.

C.1. Sólidos Dissolvidos Totais – SDT

O parâmetro de sólidos dissolvidos totais (SDT) refere-se à concentração de íons dissolvidos presentes nas águas, e na rede de monitoramento se encontra com as seguintes concentrações.

+ MS1: mínima de 380.000 µg/L e máxima de 1.211.000 µg/L;
+ MC1: mínima de 595.000 µg/L e máxima de 2.243.000 µg/L.

As elevadas concentrações de SDT identificadas nos resultados analíticos estão de acordo com a média regional indicada no Relatório de Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio

Acaraú (COGERH, 2016), com concentrações regionais da ordem de 1.600.000 µg/L de SDT no domínio cristalino, no município de Santa Quitéria.

As elevadas concentrações de SDT são influenciadas pelas as altas concentrações de Sulfatos, Sulfetos, Cloretos e Metais Dissolvidos.

Entre os principais íons de fontes naturais estão:

+ Cálcio (Ca2+) amplamente distribuído em rochas e solos, proveniente de diversas fontes geológicas como exemplo anortita (CaAl2Si2O8) e calcita (CaCO3);
+ Magnésio (Mg2+) que tem como mineral fonte a biotita [K(Mg, Fe)3AlSi3O10(OH)2];
+ Potássio (K+) que devido à sua intensa participação em processos de troca iônica, da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e de seus sais absorvidos por vegetais, possui normalmente concentrações mais baixas nas águas quando comparadas com as de cálcio e de magnésio, e que possui como minerais fontes feldspatos potássicos como microclima (KalSi3O8) e o ortoclásio.
+ Sódio (Na+) possui ampla distribuição em minerais fontes, solubilidade elevada e difícil precipitação dos seus compostos químicos em solução.

Os principais ânions que ocorrem naturalmente em águas subterrâneas são:

+ Cloretos (Cl-) que são solúveis e estáveis em solução e dificilmente formam precipitados, que pode ter como minerais fontes de cloro a halita (NaCl) e silvita (KCl);
+ Sulfatos (SO42-) nas águas estão relacionados à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita;
+ Bicarbonatos (HCO3-) podem precipitar com certa facilidade como bicarbonato de cálcio (CaCO3), mas estes íons não sofrem oxidação e nem redução nas águas naturais.

C.2. Cloreto

O cloreto é o ânion Cl- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas; mas também pode ser oriundo de descargas de esgotos sanitários que podem apresentar concentrações de cloreto que ultrapassam 15.000 µg/L.

Os resultados de cloretos indicam uma frequência de ocorrência em 100% das análises, com as seguintes concentrações:

+ MS1: mínima de 56.900 µg/L e máxima de 430.700 µg/L;
+ MC1: mínima de 22.920 µg/L e máxima de 710.100 µg/L.

O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. A concentração de cloreto em águas de abastecimento humano constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor "salgado" na água. Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações acima de 1.000 mg/L.

C.3. Sódio

O sódio tem 100% de frequência de ocorrência, em todas as amostras provenientes das duas Unidades Aquíferas. Apresenta maiores concentrações na unidade aquífera de rochas metacarbonáticas MC1, que inclusive é a única que apresenta alterações de qualidade para este parâmetro, cujo VR é de 200.000 µg/L segundo a Resolução CONAMA 396/2008.

O sódio é constituinte natural das águas, elemento abundante na região, com sais altamente solúveis em água. O aumento das concentrações de sódio na água pode ocorrer de lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais, porém, ainda não existem fontes ativas na AID e ADA.

+ MS1: mínima de 46.600 µg/L e máxima de 165.398 µg/L (Sódio Total);
+ MC1: mínima de 11.169 µg/L e máxima de 299.713 µg/L (Sódio Total).

C.4. Nitrato

O Nitrato foi quantificado em 25 das 30 amostras de água subterrânea e se apresentou desenquadrado dos padrões de qualidade por estar em concentração acima do VR, em uma única amostra na unidade MS1. As únicas fontes desta anomalia existentes na área, estão relacionadas a dejetos de animais de criação. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte de nitrogênio, devido à presença de proteínas e pela hidrólise da urina na água.

+ MS1: mínima de 119 µg/L e máxima de 16.300 µg/L
+ MC1: mínima de 547 µg/L e máxima de 6.600 µg/L

A única anomalia de nitrato, se refere a concentração máxima de 16.300 µg/L, anomalia esta que não se confirmou nas demais campanhas de amostragem, e que, portanto, deve ser desconsiderada dos valores basais para este parâmetro.

C.5. Alumínio

As elevadas concentrações de Alumínio Total na água subterrânea são de origem natural, devido a composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos

resultados analíticos das amostras de solo (Anexo 8.1-III), nas descrições petrográficas (Item 8.1.6 – Geologia – Contexto Local – Litosolo)).

+ MS1: mínima de 23,6 µg/L e máxima de 1.780 µg/L (Alumínio Total)
+ MC1: mínima de 1,36 µg/L e máxima de 373,3 µg/L (Alumínio Total)

Nas duas unidades aquíferas (MC1 e MS1), o alumínio na forma dissolvida não apresenta nenhum resultado acima do valor de referência, e apresenta maiores concentrações na Unidade MS1.

C.6. Ferro

Assim como o alumínio, as elevadas concentrações de Ferro são de origem natural, devido a composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos resultados analíticos das amostras de solo (Anexo 8.1-III), nas descrições petrográficas ((Item 8.1.6 – Geologia – Contexto Local – Litosolo), e conforme títulos minerários para extração de Ferro, levantados no capítulo títulos minerários.

+ MS1: mínima de 5,1 µg/L e máxima de 10.900 µg/L (Ferro Total)
+ MC1: mínima de 0,586 µg/L e máxima de 3.240 µg/L (Ferro Total)

Nas duas unidades aquíferas (MC1 e MS1), as concentrações de ferro, se apresentam acima do valor de referência tanto na forma total como na forma dissolvida, com maiores concentrações representadas na Unidade MS1.

C.7. Manganês

As alterações de padrões de qualidade para Manganês, estão restritas a unidade MS1, tanto na fase total, como na fase dissolvida.

+ MS1: mínima de 4,0 µg/L e máxima de 1.350 µg/L
+ MC1: mínima de 1,1 µg/L e máxima de 338 µg/L

As elevadas concentrações também são de origem natural, devido a composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos resultados analíticos das amostras de solo (Anexo 8.1-III). Os resultados indicam que as rochas da Unidade MS1 apresentam teores mais elevados deste composto metálico.

C.8. Níquel

A anomalia de níquel total, identificada exclusivamente na unidade MS1, apenas na primeira campanha no PM-03, não se confirmou na análise de níquel dissolvido realizada na

mesma campanha, e nem nas campanhas posteriores, tanto para níquel total como dissolvido.

+ MS1: mínima de 1,06 µg/L e máxima de 23,1 µg/L (Níquel Total)
+ MC1: mínima de 1,0 µg/L e máxima de 7,0 µg/L (Níquel Total)

C.9. Urânio

O urânio não foi quantificado em todas as amostras provenientes da Unidade MC1, e em 11 das 12 amostras da Unidade MS1. Apesar da Unidade MC1 abrigar a jazida de Urânio, as amostras de água subterrânea obtidas não estão sobre a áreas da jazida. A única amostra que quantificou urânio nos poços de monitoramento foi a amostra proveniente do PM-05 em junho de 2011 e, ainda assim, apenas na forma Total, não se confirmando a anomalia na forma dissolvida. Nas últimas duas campanhas do poço INB na Unidade MS1, também foi identificado traços de Urânio na água subterrânea.

A concentração máxima de urânio identificada foi 1,85 µg/L no PM-05, é inferior ao VR de 15 µg/L da CONAMA 396/2008 e, devido à baixa frequência de quantificação e apenas na unidade MS1 (03 de 30 amostras), não representa risco ao meio ambiente nestas condições naturais conforme avaliado.

C.10. Bário

Compostos de bário ocorrem naturalmente na água na forma de carbonatos em algumas fontes minerais.

+ MS1: mínima de 61,6 µg/L e máxima de 286,1 µg/L (Bário Total)
+ MC1: mínima de 38,7 µg/L e máxima de 376,9 µg/L (Bário Total)

C.11. Boro

Compostos de boro não são encontrados livres na natureza e podem ter origem a partir de alguns minerais como: ulexita, tincal, turmalina e kernita. Na AID/ADA, este elemento ocorre naturalmente na água subterrânea, uma vez que não existem fontes ativas antrópicas na área estudada.

+ MS1: mínima de 46,0 µg/L e máxima de 155,2 µg/L (Boro Total)
+ MC1: mínima de 26,8 µg/L e máxima de 322,9 µg/L (Boro Total)

C.12. Sulfatos

Sulfatos (SO42-) nas águas estão relacionados à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita;

+ MS1: mínima de 4.212,0 µg/L e máxima de 155.300,0 µg/L
+ MC1: mínima de 1.610,0µg/L e máxima de 247.000,0 µg/L

C.13. Demais Parâmetros Inorgânicos

Os parâmetros inorgânicos quantificados em ocorrências esporádicas e em baixas concentrações são o Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Lítio, Molibdênio, Nitrito, Vanádio e Zinco. Estes elementos são naturais devido a composição das rochas e dos solos da região, com os quais a água subterrânea entra em contato.

C.14. Parâmetros Orgânicos

Dentre os 44 parâmetros orgânicos apenas os Fenóis foram quantificados pelas análises químicas nas campanhas de abril e julho de 2011, e em concentrações que se enquadram nos padrões de qualidade da CONAMA 396. Todos os demais parâmetros orgânicos, não foram detectados pelas análises químicas.

A anomalia de índice de fenóis identificada no PM-03 (MS1) na campanha de novembro de 2020, em concentração acima, porém próxima ao valor de referência de 3,0 µg/L, não se confirmou em fevereiro de 2021.

C.15. Coliformes termotolerantes e e.coli

Os resultados de coliformes termotolerantes e e.coli, apresentam alterações de padrões de qualidade recentes e crescentes no PM-03, e em 2011 nos PMs 05, 07 e 10. As únicas fontes ativas para este tipo de contaminante, são a urina e fezes de origem animal soltos pela área, que vagueiam pela área de estudo, conforme verificado durante as inspeções de campo.

8.1.12.4. Considerações Finais

A qualidade da água subterrânea é influenciada pelas características do solo, litotipos e processos geoquímicos do meio onde está inserida, onde as assinaturas geoquímicas naturais são diretamente influenciadas pela natureza das rochas e solos que constituem o aquífero, e podem naturalmente apresentar elementos e compostos em concentrações acima dos limites permissíveis para o consumo, como é o caso das concentrações de Sólidos Dissolvidos Totais apresentadas no contexto regional da AII.

Os valores basais das substâncias químicas de interesse nas águas subterrâneas, foram fundamentados nos resultados analíticos das amostras de água; nos resultados analíticos das amostras de solo por onde a água permeia, e em análises petrográficas e das ocorrências minerais no entorno (AID e ADA) com as quais as águas subterrâneas entram em contato.

Os padrões legais estabelecidos como parâmetros de qualidade ambiental, são os valores de investigação da Resolução CONAMA 420/2009, que estabelece os valores de referência para solos e águas subterrâneas em áreas de atividades antrópicas, considerando o uso pretendido para a área.

As substâncias químicas de interesse identificadas neste estudo, se referem as substâncias presentes na água subterrânea antes da implantação do empreendimento, o que caracteriza a assinatura hidroquímica natural dos valores basais das unidades hidrogeológicas MS1 e MC1. Este parâmetro não se aplica aos compostos microbiológicos, que podem estar relacionados a fezes de animais de criação já existentes na área avaliada.

As substâncias químicas de interesse na a água subterrânea, e que tiveram suas concentrações máximas e mínimas caracterizadas ao longo de diferentes anos e em diferentes ciclos hidrogeológicos ao longo das diferentes estações do ano, são: sólidos totais dissolvidos, cloreto, sódio, nitrato, alumínio, ferro, manganês, níquel, urânio, bário, boro, sulfatos, chumbo, cobalto, cobre, cromo, lítio, molibdênio, nitrito, vanádio e zinco.

Os resultados de coliformes termotolerantes e e.coli, apresentam alterações de padrões de qualidade recentes e crescentes. As únicas fontes ativas para este tipo de contaminante, são a urina e fezes de origem animal soltos pela área.

8.1.13. Patrimônio Espeleológico

O presente Estudo do Patrimônio Espeleológico teve como objetivo revalidar os estudos espeleológico já realizados na área do PSQ (ARCADIS LOGOS, 2014) e que compreenderam os aspectos das geoespeleologia e bioespeleologia. Pata tal além da validação das informações já existentes, visando maior segurança dos dados e informações referentes ao tema, foi realizada uma nova prospecção espeleológica considerando o novo layout do empreendimento PSQ.

Além disso, visando definir eventuais impactos sobre as cavidades da região, considerando a operação do empreendimento, foi realizado o estudo sismográfico espeleológico que objetivou a definição do critério de segurança de cada cavidade, caracterização da vibração a ser emitida (modelo numérico), como também definir o limite operacional e elementos de controle.

Considerando que o estudo anterior foi realizado previamente a nova legislação sobre o tema, foi realizado um estudo integrado cuja metodologia foi padronizada para todas as cavidades já estudadas e para as identificadas durante a nova prospecção. Tais

procedimentos foram realizados em conformidade com a IN nº 02 de 2017 e, além de revalidar os dados já existentes, objetivou-se elucidar os questionamentos no Parecer Técnico02001.003419/2016-12 COMOC/IBAMA (SEI nº 3025688). Cabe ressaltar que foi realizado um novo estudo completo que abrangeu todas as cavidades da área estudada (ADA do empreendimento e *buffer* de 250 metros). Todos os elementos gráficos (mapas e ilustrações) consideraram as normas estabelecidas referente ao tema, além das exigências do TR.

As atividades de coleta da fauna cavernícola foram realizadas em conformidade com a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico ABIO n.º 06/2020, emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e contemplaram as estações de seca e chuva.

A seguir, de forma sucinta, são apresentados os principais dados levantados durante as atividades dos Estudos do Patrimônio Espeleológico na área do Projeto Santa Quitéria. Os procedimentos, dados, discussões e resultados detalhados (Prospecção Espeleológica, Diagnóstico Espeleológico e Relevância, Proposta de Área de Influência Espeleológica e Avaliação de Impacto ao Patrimônio Espeleológico) são apresentados no Anexo 8.1-I.

8.1.13.1. Introdução

O Projeto Santa Quitéria situa-se no município homônimo, na Fazenda Itataia, região centro-norte do Estado do Ceará, distando 210 km da capital, Fortaleza. O empreendimento resulta da união das Indústrias Nucleares do Brasil – INB e Fosfatados do Norte-Nordeste S.A. - FOSNOR, configuradas no Consórcio Santa Quitéria, e tem como principal objetivo a exploração e o beneficiamento do minério de fosfato associado ao urânio, denominado colofanito.

O contexto de licenciamento ambiental desse empreendimento abarca um extenso histórico de estudos espeleológicos, iniciados no ano de 2011, para subsidiar o Processo n.º 02001.005454/2004-24, no IBAMA, que resultou na emissão de diversos Pareceres Técnicos por esse órgão ambiental durante as análises, dentre os quais destacam-se os últimos documentos: Parecer Técnico 02001.003419/2016-12 COMOC/IBAMA e Parecer Técnico 99/2017-COMIP/CGTEF/DILIC.

Em uma etapa mais recente, o aprimoramento da rota tecnológica, conforme apresentado no Capítulo 6, e a consequente redução da área diretamente afetada - ADA resultaram na abertura do novo Processo junto ao IBAMA, de n.º 02001.014391/2020-17. Com o objetivo de apresentar os estudos espeleológicos da área à luz da legislação vigente, e em resposta ao novo Termo de Referência (TR) emitido pela IBAMA, o Consórcio Santa Quitéria

contratou a Tetra Mais e a Carste Ciência Ambiental, em outubro de 2020, para a condução dessa temática no âmbito desse licenciamento. Assim, este documento apresenta os resultados dos estudos sobre o patrimônio espeleológico local para a apreciação do órgão ambiental licenciador, compreendendo:

I. Atualização do inventário de cavidades na ADA acrescida do buffer de 250 m e mapeamento de todas as feições;
II. Aplicação do Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017 para as cavidades com desenvolvimento linear - DL inferior a 5 m;
III. Diagnóstico espeleológico e análise de relevância;
IV. Proposta de área de influência das cavidades;
V. Avaliação de impactos ambientais ao patrimônio espeleológico.

O relatório foi estruturado em seis encartes. O primeiro inclui a contextualização sobre o histórico dos estudos espeleológicos na área do projeto e detalha os métodos aplicados. As complementações no levantamento espeleológico e o inventário atualizado das cavidades da área são apresentados no segundo encarte. Posteriormente, os resultados da classificação de relevância das cavernas são discutidos, inicialmente para aquelas com DL inferior à 5 m e na sequência para as maiores. O quarto encarte retrata a proposta de delimitação das áreas de influência espeleológica, sendo sucedido pelos estudos de avaliação de impactos a esse patrimônio, no encarte cinco. Por fim, o encarte seis apresenta as considerações finais e as referências bibliográficas do trabalho.

8.1.13.2. Metodologia

8.1.13.2.1. Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica representou a primeira etapa dos estudos espeleológicos. Baseou-se no levantamento da literatura científica em plataformas de periódicos e livros, além de relatórios técnicos anteriores da área de estudo. Incluiu ainda a organização cartográfica dos aspectos geológicos e fisiográficos da região, sempre priorizando as bases em melhor escala, bem como a consulta aos bancos de dados espeleológicos: o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CANIE/CECAV) e o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC/SBE).

8.1.13.2.2. Prospecção Complementar

A. Potencial espeleológico

A avaliação do potencial espeleológico consiste em um procedimento de grande importância nos trabalhos de prospecção, uma vez que oferece indicativo das áreas mais propensas à ocorrência de cavidades naturais subterrâneas. Tal informação auxilia os trabalhos em campo, orientando as equipes quanto às regiões que devem ser percorridas com mais atenção.

A análise multicritério é aplicada de forma a integrar os diversos fatores ambientais que influenciam no potencial espeleológico. Com o auxílio do *software* ArcGis 10.5 realizou-se o cruzamento dos planos de informação acerca da litologia (compilação de dados geológicos realizada por Tetra Mais 2021), estruturas geológicas (Carta geológica SB.24-V-B-V - Itatira (CPRM 2008, escala 1:100.000), declividade (Curvas de nível com equidistância de 1 m disponibilizadas pela Tetra Mais 2021), hidrografia (IBGE 2013) e afloramentos rochosos definidos a partir do aerolevantamento com VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado). Para cada uma das cinco variáveis mencionadas, foram estabelecidas classes, de acordo com a variação desses fatores na área de estudo. Tanto para as classes quanto para as variáveis, foram determinados pesos, diretamente relacionados ao maior ou menor grau que esses exercem sobre a potencialidade espeleológica. A soma dos pesos para as variáveis atingiu 1,0. O peso das classes, por sua vez, variou de 1 (menor influência) a 4 (maior influência). A tabela a seguir apresenta as variáveis e respectivas classes estabelecidas para a análise de multicritério, bem como os pesos considerados, aplicados para a área.

Para o enquadramento das unidades litoestratigráficas nas classes litológicas estabelecidas, foram adotadas as considerações de Jansen et al (2012), com pequenas adaptações, conforme figura adiante.

Quadro 8.1-36 - Variáveis, classes e respectivos pesos da análise multicritério para definição do potencial espeleológico da área do projeto

VARIÁVEIS	PESOS DAS VARIÁVEIS	CLASSES	PESOS DAS CLASSES	FONTE
Litologia	0,40	Alto	3	Tetra Mais (2021)
		Médio	2	
Afloramentos	0,30	Presença	4	Traçados a partir do aerolevantamento com VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado)
		Ausência	1	
	0,07	0 - 0,38	1	

VARIÁVEIS	PESOS DAS VARIÁVEIS	CLASSES	PESOS DAS CLASSES	FONTE
Densidade de estruturas (km/km²)		0,38 - 1,11	2	Carta geológica SB.24-V-B-V - Itatira (CPRM 2008, escala 1:100.000)
		1,11 - 2,07	3	
		2,0 - 3,80	4	
Densidade de drenagem (km/km²)	0,03	0 - 0,47	1	IBGE (2013)
		0,047 - 0,48	2	
		0,84 - 1,14	3	
		1,14 - 1,58	4	
Declividade (graus)	0,2	0 – 10	1	Curvas de nível com equidistância de 1 m disponibilizadas pela Tetra Mais (2021)
		10 – 20	2	
		20 – 30	3	
		> 30	4	

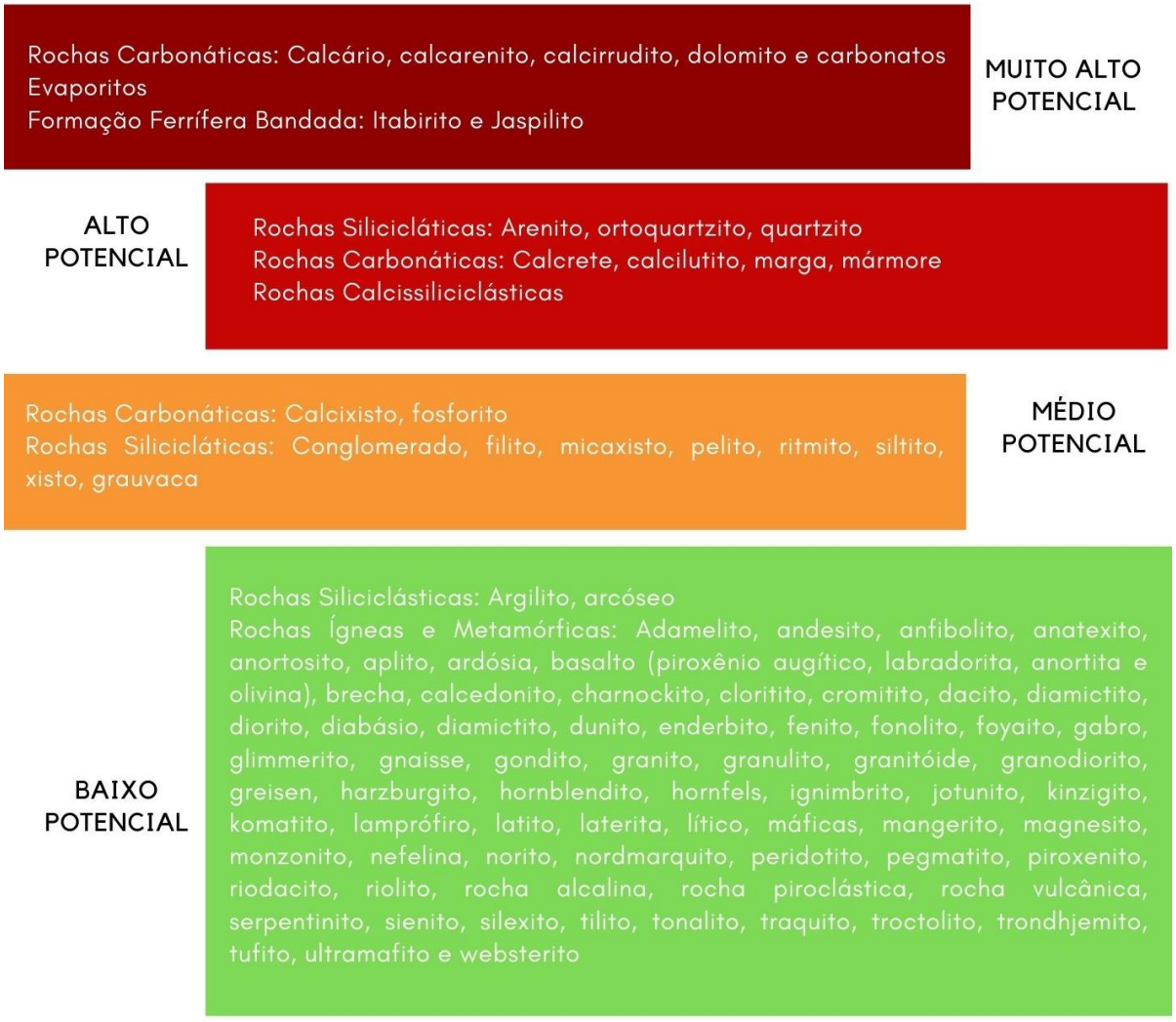


Figura 8.1-212 - Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas de acordo com a litologia, segundo Jansen et al. (2012).

B. Caminhamento espeleológico

A partir dos dados de potencialidade gerados, e tendo como base as características do terreno, estipulou-se a densidade e o formato da malha de caminhamento.

Como a densidade é planejada em função do tipo do relevo, da visibilidade do terreno, também influenciada pelo tipo de vegetação, e do potencial espeleológico, essa varia ao longo da área a ser prospectada. No presente estudo, foi estipulada uma malha de caminhamento paralela, com a equidistância inicial proposta variando entre 60 m a 100 m para os locais de médio e baixo potencial espeleológico. Para os locais com afloramentos rochosos, de alto e muito alto potencial, a malha de caminhamento empregada foi assimétrica, percorrendo todo maciço rochoso aflorante, em malha densa de caminhamento.

O caminhamento sistemático foi balizado pela análise documental e cartográfica, e registrado por meio de aparelho GPSMap Garmin 62s, no sistema de coordenadas planas na projeção UTM, fuso 24M, Datum Sirgas 2000.

A prospecção da área do Projeto Santa Quitéria foi realizada em duas campanhas. A primeira no período entre 01 e 07 de dezembro, e 18 a 23 de dezembro de 2020, com uma equipe de campo, e a segunda entre 06 a 25 de janeiro de 2021, com duas equipes. Cada equipe foi composta por dois integrantes, um coordenador e um auxiliar. Ao coordenador atribuiu-se a responsabilidade de orientação acerca dos procedimentos, manejo do GPS, programação de campo, organização dos equipamentos e descrição geral das atividades. Aos auxiliares coube a navegação ao longo das trilhas e prestação de auxílio ao coordenador em todas as atividades necessárias.

C. Cadastro espeleológico

Cavidades naturais subterrâneas são definidas pelo Decreto Federal n.º 99.556, de 1º de outubro de 1990, com nova redação dada pelo Decreto Federal n.º 6.640, de 07 de novembro de 2008, como:

"[...] todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante" (BRASIL 2008).

Por esse motivo, como premissa dos trabalhos, todas as feições acessíveis pelo ser humano seriam registradas pela prospecção executada pela Carste na área do empreendimento, assumindo, ainda, como condição para o cadastro, o fechamento do plano do ponto zero (ou seção inicial).

A metodologia aqui adotada para a definição desse plano tem como base as convenções estabelecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) e Instituto Chico Mentes (ICMBio), que determinam o início da cavidade a partir do ponto mais externo onde seja possível o fechamento de um plano vertical, sempre perpendicular ao eixo do conduto, que toque a rocha ou solo em todo o seu perímetro, ou seja, paredes, teto e piso. Desse modo, um plano vertical será mais inclinado na medida em que o conduto assim o faz, até tornar-se horizontal em condutos verticais ou abismos.

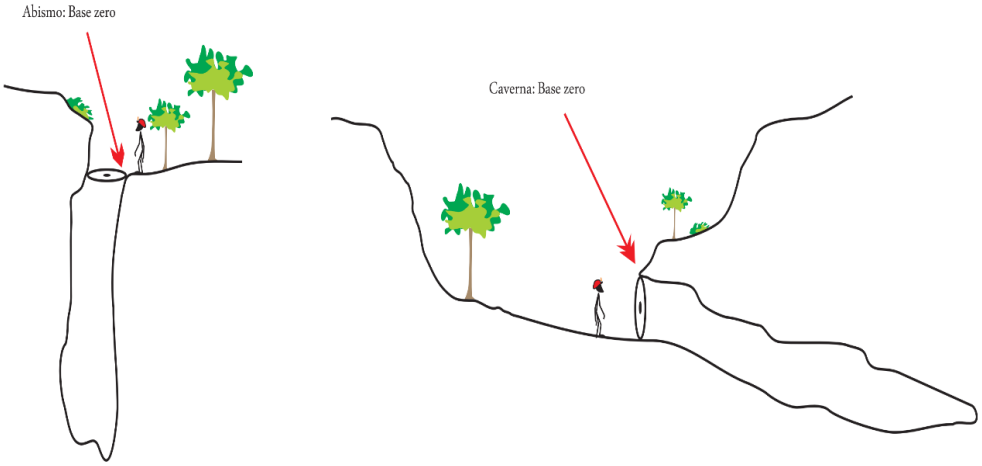


Figura 8.1-213 - Convenção para se determinar o início da cavidade, segundo CECAV/ICMBIO.

Uma vez atendidos esses dois critérios (acessibilidade e fechamento do plano do ponto zero), as cavidades encontradas são cadastradas e identificadas, por meio da fixação junto à entrada de pequenas placas de alumínio com o nome da cavidade, além de fitas de vinil coloridas, visando auxiliar o trabalho das próximas equipes.

Para cada feição cadastrada, o procedimento inclui coleta das coordenadas planas, por meio de aparelho GPS de navegação, registro fotográfico e o preenchimento da ficha de campo, que contempla as características gerais de cada feição.

D. Espeleotopografia

Para fins do presente estudo, classificou-se como "cavidades anteriormente cadastradas" aquelas catalogadas no licenciamento anterior, conforme estudos da Arcadis (2013, 2014, 2015, 2016), Carste (2013) e ORB (2015). As "cavidades novas" são aquelas identificadas no estudo atual referenciado como Carste (2021). O mapeamento de todas as cavidades do projeto foi realizado em dois momentos distintos: outubro e novembro de 2020 (para as cavidades anteriormente cadastradas); fevereiro e março de 2021 (para as cavidades novas).

Os equipamentos utilizados incluem bússola Suunto KB-14 e clinômetro Suunto PM-5, além de trena laser Leica Disto A3. O caminhamento da topografia seguiu o método de bases fixas, com estabelecimento de bases sempre que detectadas alterações na morfologia da caverna.

Os dados da topografia foram tratados utilizando o *software* OnStation (2000), para que se possa ter a visualização dos dados da linha de trena de forma tridimensional. A declinação magnética é obtida através do *software* Geomag (Versão 3 2010).

A cartografia final foi realizada com auxílio do *software* de plataforma CAD (AutoCAD 2012). As linhas de trena foram declinadas e georreferenciadas. Nesse programa, finalizaram-se os itens da planta baixa, como contorno das paredes, plano da seção inicial, linha d'água, entre outros, e também, as seções transversais e perfis longitudinais. Nesta etapa, os atributos espeleométricos da caverna, incluindo projeção horizontal (método da descontinuidade, descrito a seguir), desnível, área e volume foram calculados.

A seção inicial é um elemento fundamental para que se realizem os cálculos espeleométricos. Estende-se por seção inicial "plano horizontal que se insere totalmente dentro da boca da cavidade" (Auler et al 2001). Esse plano deve compreender uma área onde o topógrafo consiga visualizar as paredes, teto e o piso da cavidade. Em determinados casos, devido à morfologia da linha d'água, a seção inicial acaba por dividir uma caverna, apontado cálculos espeleométricos independentes para as cavidades. Todos os cálculos são elaborados a partir da seção inicial, desprezando assim a linha d'água e bases externas.

No cálculo da projeção horizontal, utiliza-se o princípio da descontinuidade (Rubbioli e Moura 2005) que desconsidera a largura dos condutos no cálculo final. Deste modo, a soma do comprimento de um conduto é feita em seu eixo central. No cruzamento entre dois condutos, essa medição é interrompida de modo a não incluir o comprimento lateral do novo conduto. Os canalículos que possuem uma entrada que permita a passagem apenas de membros superiores e ou inferiores do corpo humano são desconsiderados no cálculo de projeção horizontal, sendo representados no mapa por linha tracejada (contorno inferido). Dessa forma, apenas as passagens plenamente acessíveis serão consideradas nos cálculos.

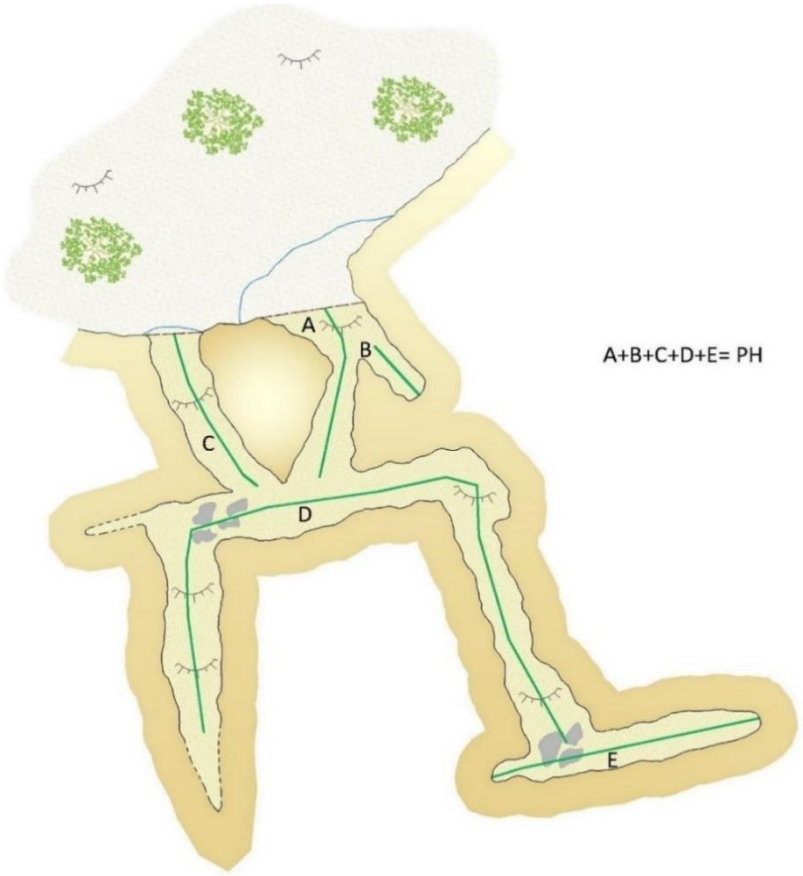


Figura 8.1-214 - Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade.

O desnível é o resultado da diferença altimétrica das bases topográficas que estão após a seção inicial. Importante salientar que, na etapa de campo, as bases que estarão visadas acima do nível do piso terão sua altura registrada. Em casos de patamar, paleopiso, nível superior e claraboia, sua altura será considerada no cálculo do desnível.

A área será obtida a partir da planta baixa das cavernas. Em caso de ocorrência de pilares, colunas de grande diâmetro e blocos com dimensões consideráveis (em relação às seções e perfis) as suas áreas foram calculadas individualmente e subtraídas do valor total. Em planta baixa, o nível superior é apenas indicado, sendo seu detalhamento e cálculo espeleométrico feitos separadamente. A área total será o resultado da soma da área da planta baixa de todos os níveis de piso, descontadas as áreas dos pilares.

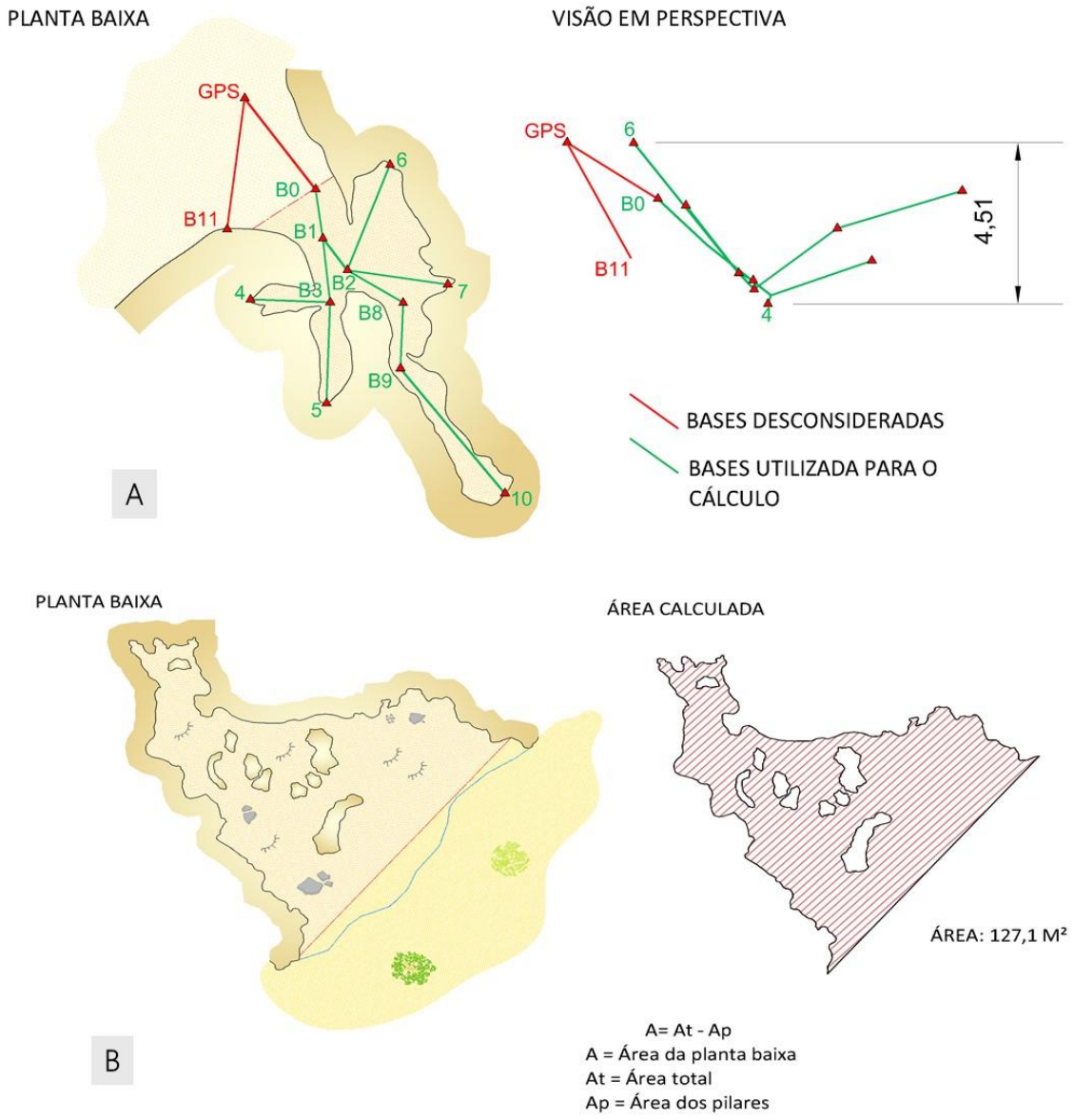
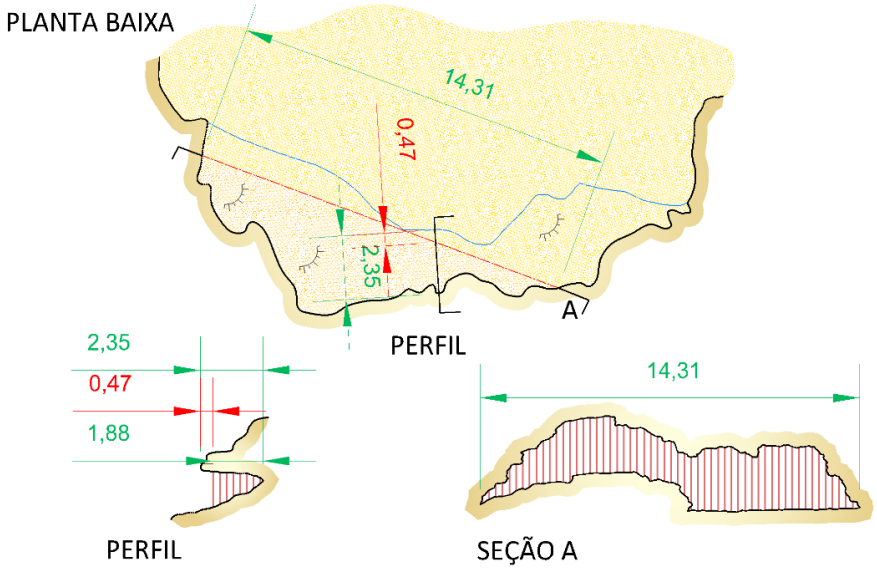


Figura 8.1-215 - Medição do desnível da caverna (A); medição da área da caverna desconsiderando as áreas dos pilares (B).

O volume será calculado a partir do produto entre a área total da feição estudada e a soma da altura média de seus condutos e salões obtidos a partir das seções. Para a obtenção da altura média, é necessário que sejam feitas seções em pontos representativos da feição espeleológica onde existam mudanças morfológicas do piso, do teto e/ou das paredes.

Para que, assim, se calcule um valor mais próximo da realidade, são feitas seções longitudinais sempre no eixo central do conduto e o maior número possível de seções transversais. Quanto mais seções forem consideradas, maior será a precisão do cálculo do volume.



ALTURA MÉDIA

$h_1 = \frac{s_1}{d_1}$

h_1=altura média
s_1=área da seção
d_1=distância da seção

VOLUME

$V = A \times \frac{(h_1 + h_2)}{n}$

V = Volume
A = área da planta baixa
h_1 = altura média da seção
n = número de seções

Figura 8.1-216 - Cálculo do volume de uma caverna a partir da altura média das seções verticais.

Para o cálculo do desenvolvimento linear (DL), a medida da distância ao longo do eixo da cavidade foi obtida considerando a inclinação do mesmo. Foram considerados para os cálculos as informações contidas nas bases topográficas, bem como as linhas de trena e desnível das cavidades; abruptos e suaves. Com os dados georreferenciados e visualizados em plataforma 3D, associados aos perfis indicados nos mapas, foi possível precisar o valor do DL de cada uma das cavidades analisadas.

Especificamente, o cálculo de DL em gabinete necessita das bases e linhas de trena tabuladas, digitalizadas e processadas em um *software* específico de topografia. Para tal atividade, utiliza-se o *software* OnStation que permite visualizar os dados topográficos levantados em campo. Esse software permite a conversão do arquivo trabalhado em formato .DXF, formato este suportado pela plataforma CAD. Em ambiente CAD, é possível visualizar as informações trabalhadas no OnStation em formato tridimensional e calcular as distâncias por meio do dimensionamento alinhado das linhas de trena, onde serão mensuradas as distâncias considerando a inclinação dos condutos. Ainda em ambiente CAD estes dados são digitalizados, bem como os perfis e seções delineadas em campo. Por meio do conjunto desses dados, considerando as medidas efetuadas em 3D e aferindo os perfis desenhados pelos topógrafos, é executado o cálculo final de DL.

8.1.13.2.3. Aplicação do Art. 12º da IN MMA N.º 02/2017

A Instrução Normativa n.° 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, publicada em 1 de setembro de 2017, aponta em seu Art. 12º, que as cavidades naturais subterrâneas com menos que 5 metros de desenvolvimento linear serão classificadas com baixo grau de relevância, desde que demonstrada a inexistência de zona afótica; destacada relevância histórico-cultural ou religiosa; presença de depósitos químicos, clásticos ou biogênicos de significativo valor cientifico, cênico ou ecológico; função hidrológica expressiva para o sistema cárstico.

No Projeto Santa Quitéria foram identificadas 34 cavidades com DL inferior a 5 m. Os critérios considerados para avaliação de cada um desses atributos são detalhados nos tópicos a seguir.

A. Zona afótica

A zona afótica pode ser definida como uma área existente no interior das cavidades na qual há ausência total de luz, refletindo tendência na estabilização das condições ambientais (temperatura e umidade). De acordo com Trajano e Bichuette (2006):

"Onde a escuridão é total e há frequentemente tendência a estabilidade ambiental. Nesta zona distingue-se a zona de temperatura variável onde há flutuações de temperatura mesmo que pequenas, é a zona de temperatura constante, onde as temperaturas mantem-se em torno da média anual externa da região, e a umidade relativa do ar geralmente está próxima a saturação (100%)"

As variações de luminosidade dependem das condições do tempo, com a variação da insolação na superfície ao longo do dia e do ano, da incidência de luz direta no interior das cavidades, bem como pelas condições ambientais do entorno vinculadas às características da cobertura vegetal. A entrada de luz é facilitada sobretudo pela quantidade e proporção de aberturas existentes (entradas, sendo estas acessíveis ou não).

B. Relevância histórico cultural ou religiosa

Este item é conceituado na IN Nº 2/2017 como:

> "Cavidades que apresentam testemunho de interesse arqueológico da cultura paleoameríndia do Brasil, tais como: inscrições rupestres, poços sepulcrais, jazigos, aterrados, estearias, locais de pouso prolongado, indícios de presença humana através de cultos e quaisquer outras não especificadas aqui, mas de significado idêntico a juízo de autoridade competente" (Anexo I da IN Nº 02/2017).

Considerando essa definição, buscou-se identificar os diversos indicadores do uso pretérito ou atual das cavidades analisados durante os trabalhos de campo, com enfoque no apontamento da existência de pinturas rupestres, muro de pedra, vestígio arqueológico e artigos religiosos (santos, velas).

Esse atributo foi avaliado por equipe de arqueólogos especialistas e o relatório com detalhamento do trabalho se encontra no Anexo 8.1-I.

C. Depósitos clásticos, químicos e biogênicos

A presença de depósitos clásticos, químicos, biogênicos de valor científico, cênico e ecológico foi atestada e caracterizada em cada cavidade. Para os depósitos químicos, a presença de tipologias incomuns de espeleotemas considerando a amostra local e regional foi adotada como indicativo de valor científico. Por sua vez, a característica cênica dos depósitos químicos, apesar da subjetividade da análise, foi vinculada ao desenvolvimento, maturidade e destaque em relação aos demais. Sobre os depósitos clásticos, foram considerados como critérios para avaliação do valor científico, a ocorrência de sedimentos consolidados como brechas e conglomerados, que podem registrar informações sobre fases evolutivas da cavidade e do contexto de inserção, com relação a dinâmica sedimentar pretérita.

Em relação aos depósitos biogênicos, entende-se como valor ecológico a ocorrência expressiva de guano (acúmulo de fezes de aves, morcegos ou insetos); fezes e carcaças (recurso temporário composto por restos de animais mortos, vertebrados ou invertebrados), e bolotas de regurgitação (massa, de formato arredondado, composta por partes do alimento não digerido pelo animal) de forma expressiva ou generalizada pela cavidade. A importância destes atributos está relacionada a significância destes elementos como recursos para a fauna cavernícola.

D. Função hidrológica expressiva para o sistema cárstico

A IN Nº 2/2017, conceitua sistema cárstico como:

> “Conjunto de elementos interdependentes, relacionados a ação da água e seu poder corrosivo junto a rochas solúveis, que dão origem a sistemas de drenagem complexos, englobando sistemas de cavernas e demais feições superficiais destes ambientes, como as dolinas, sumidouros, vales secos, maciços rochosos com presença de lapias, e outras áreas de recarga. Incluem-se neste conceito todas as formas geradas pela associação de águas corrosivas e rochas solúveis que resultam na paisagem cárstica. É constituída por suas diversas zonas: exocarste, epicarste e endocarste” (Anexo V da IN Nº 02/2017).

Para as cavidades em rochas não carvonáticas, as interações naturais entre os sistemas hidrológicos e as cavidades, bem como a interdependência entre os diversos elementos da paisagem, a função hidrológica foi interpretada como de importância para o sistema hidrológico em detrimento do cárstico. Desta forma, a simples ocorrência de feições hidrológicas ativas, ou indicativos destas no interior das cavidades, não determina, por si só, a importância da função hidrológica, considerando o viés sistêmico. Para isso, a conectividade entre os elementos hipógeos e epígeos deve ser interpretada. Nascentes, sumidouros e ressurgências são elementos diagnósticos de conexões do sistema hidrológico, e por isso foram considerados como critério para definição da expressiva função hidrológica da cavidade, bem como a ocorrência de trechos de cursos d'água significativos no interior das cavernas, que possam ser importantes para a recarga. Dessa forma, as feições hidrológicas, ou indícios destas, foram caracterizados tendo em vista sua importância potencial na manutenção da vazão e qualidade de água para o sistema.

8.1.13.2.4. Geoespeleologia

A. Campo

O estudo geoespeleológico das 90 cavidades com DL superior a 5 m foi realizado por equipes compostas por geólogos/geógrafos e auxiliares de campo, em duas campanhas: i) 10 a 24 de fevereiro de 2021; e ii) 10 a 31 de março de 2021.

B. Inserção na paisagem

A análise da inserção das cavernas na paisagem envolve a caracterização do entorno, modo de inserção e declividade da vertente, tipo de cobertura do solo e feições de relevo, identificação das áreas de captação hidrológicas e cobertura vegetal.

C. Análise litoestrutural

Objetiva identificar e caracterizar o litotipo no qual as cavidades se desenvolvem. Estruturas geológicas presentes foram descritas e, quando possível, medidas. Estas podem representar descontinuidades importantes que condicionam a circulação de fluidos no interior do maciço rochoso, além de intervir direta ou indiretamente nos processos de gênese e desenvolvimento das cavidades. As medidas das estruturas foram tomadas com bússola de marca Brunton Geo, modelo DF5008.

D. Morfologia e espeleometria

Na análise morfológica, buscou-se interpretar o padrão planimétrico das cavidades, bem como as macro, meso e micro formas em seu interior, correlacionando-as aos dados estruturais e litológicos. Utilizou-se a planta baixa e as seções transversais e longitudinais.

As cavidades foram também avaliadas quanto às suas dimensões, nos critérios de projeção horizontal, desnível, área e volume aproximado. Os dados dimensionais foram estatisticamente tratados, espacialmente localizados e comparados com amostra local e regional, conforme preconiza a legislação espeleológica.

E. Hidrologia

Com o objetivo de caracterizar a dinâmica hidrológica das cavidades, foi avaliada a presença de processos e feições hidrológicas ou vestígios relacionados a essas feições. Estes foram descritos quanto a sua intensidade, localização na caverna, dimensão das feições (quando aplicado).

Figura 8.1-217 - Avaliação das lapiás junto aos afloramentos da área, para interpretação do direcionamento das águas meteóricas junto aos maciços residuais.

F. Depósitos clásticos, químicos e orgânico

Depósitos de sedimentos clásticos foram classificados conforme sua granulometria e descritos de modo a fornecer pistas sobre sua origem e sedimentação. Os depósitos orgânicos também foram descritos de forma breve, quando existentes. Os depósitos químicos (espeleotemas) foram identificados, fotografados e descritos individualmente, por tipo.

G. Espeleogênese

Com base nas principais referências bibliográficas sobre a gênese de cavernas carbonáticas e em gnaisse e na análise e correlação dos atributos físicos, a espeleogênese foi discutida, considerando especialmente os possíveis fatores controladores e os indicadores da evolução.

8.1.13.2.5. Aspectos Socioeconômicos e Histórico-Culturais

Esta análise foi realizada por meio de diagnóstico arqueológico não interventivo de cavidades naturais (Peruaçu 2021) apresentado no Anexo 8.1-I do Estudo completo do Patrimônio Espeleológico.

8.1.13.2.6. Bioespeleologia

A. Sazonalidade amostral

O inventário bioespeleológico nas cavidades foi efetuado entre os meses de dezembro de 2020, janeiro, março, junho e agosto do ano de 2021.

A delimitação das estações seca e úmida foi correlacionada aos dados pluviométricos de precipitação anual (2020 e 2021) fornecidos pela FUNCEME a partir da estação meteorológica de Lagoa do Mato (189) localizadas na região do projeto, assim como é apresentado no diagnóstico ambiental de clima do EIA (Tetra Mais 2021).

De uma forma geral, as atividades de campo aconteceram em dois períodos climáticos distintos - estação seca e estação úmida, compreendendo também, períodos de transição entre as estações seca e chuvosa. Para o presente estudo, foram categorizadas como "Estação Seca" aquelas coletas realizadas durante os meses de dezembro de 2020, janeiro e agosto de 2021. Já a campanha indicativa da "Estação Úmida" refere-se àquela realizada durante os meses de março e junho de 2021. As datas de inventário para as estações seca e úmida em cada cavidade encontram-se discriminadas na página seguinte.

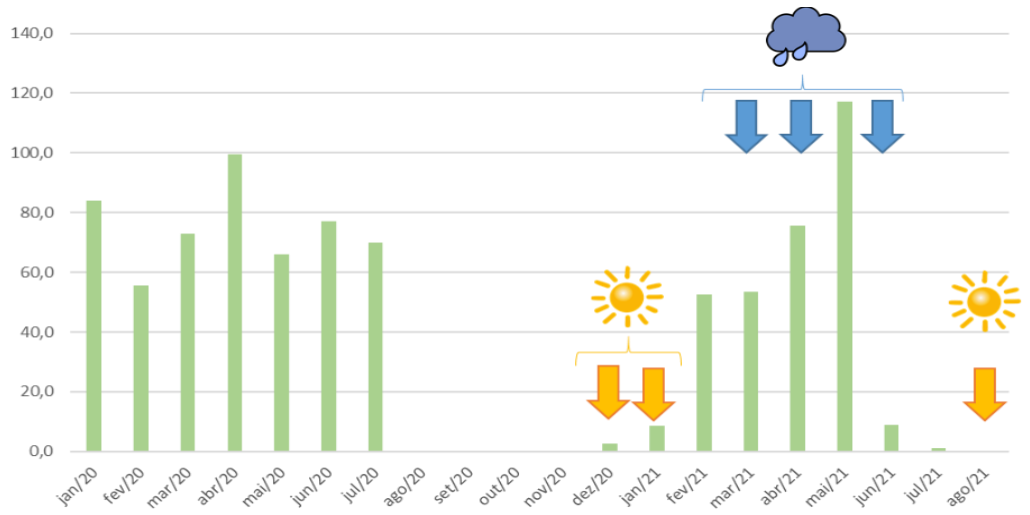


Figura 8.1-218 - Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 - Estação Meteorológica - Lagoa do Mato.

CAVIDADE	CAMPANHA SECA	CAMPANHA ÚMIDA
E-04	10/12/2020	25/03/2021
E-06	09/01/2021	24/03/2021
E-07	12/12/2020	16/03/2021
E-08	09/01/2021	24/03/2021
E-09	12/12/2020	16/03/2021
E-11	09/01/2021	24/03/2021
E-12	11/12/2020	15/03/2021
E-13	10/01/2021	25/03/2021
E-14	10/01/2021	25/03/2021
E-15	11/12/2020	17/03/2021
E-16	11/12/2020	17/03/2021
E-17	10/01/2021	25/03/2021
E-18	09/01/2021	25/03/2021
E-19	11/01/2021	24/03/2021
N-01	07/08/2021	16/03/2021
N-02	06/12/2020	16/03/2021
N-03	06/12/2020	16/03/2021
P-01	12/12/2020	15/03/2021
P-02	12/12/2020	15/03/2021
P-03	13/12/2020	15/03/2021
P-05	12/01/2021	27/03/2021
P-06/P-07	12/01/2021	27/03/2021
P-08	13/01/2021	26/03/2021
P-09	13/01/2021	26/03/2021
P-11	14/12/2020	03/04/2021
P-12	14/12/2020	03/04/2021
P-14	14/12/2020	03/04/2021
P-16	13/12/2020	15/03/2021
P-17	14/01/2021	27/03/2021
P-18	14/12/2020	23/03/2021
QUI-01	15/01/2021	22/03/2021
QUI-02	05/12/2020	11/03/2021
QUI-03	15/01/2021	22/03/2021
QUI-06	15/01/2021	22/03/2021
QUI-07	15/01/2021	22/03/2021
QUI-08	05/12/2020	11/03/2021
QUI-09	05/12/2020	11/03/2021
QUI-10	05/12/2020	11/03/2021
S-01	10/12/2020	12/03/2021
S-03	09/12/2020	12/03/2021
SQ-0001	03/08/2021	30/03/2021
SQ-0002	03/08/2021	09/06/2021
SQ-0008	03/08/2021	09/06/2021
SQ-0010	04/08/2021	29/03/2021
SQ-0012	04/08/2021	09/06/2021
SQ-0016	04/08/2021	09/06/2021
SQ-0021	07/08/2021	11/06/2021
SQ-0026	06/08/2021	01/04/2021
SQ-0027	06/08/2021	01/04/2021
SQ-0029	07/08/2021	04/04/2021
SQ-0032	07/08/2021	04/04/2021
SQ-0033	04/08/2021	10/06/2021
SQ-0034	04/08/2021	29/03/2021
SQ-0035	04/08/2021	29/03/2021
SQ-0037	06/08/2021	01/04/2021
SQ-0039	06/08/2021	01/04/2021
SQ-0040	06/08/2021	01/04/2021
SQ-0041	06/08/2021	10/06/2021
SQ-0044	05/08/2021	23/03/2021
SQ-0045	05/08/2021	28/03/2021
SQ-0046	05/08/2021	23/03/2021
SQ-0047	04/08/2021	10/06/2021
SQ-0048	04/08/2021	28/03/2021
SQ-0049	05/08/2021	23/03/2021
SQ-0050	05/08/2021	28/03/2021
SQ-0051	05/08/2021	10/06/2021
SQ-0052	05/08/2021	10/06/2021
SQ-0055	05/08/2021	28/03/2021
SQ-0057	06/08/2021	10/06/2021
SQ-0058	06/08/2021	23/03/2021
SQ-0059	05/08/2021	10/06/2021
SQ-0060	06/08/2021	28/03/2021
W-01	04/12/2020	13/03/2021
W-02	07/12/2020	13/03/2021
W-03	07/12/2020	18/03/2021
W-04	07/12/2020	18/03/2021
W-05	07/12/2020	13/03/2021
W-10	07/12/2020	18/03/2021
W-11	07/12/2020	18/03/2021
W-13	04/12/2020	10/03/2021
W-14	08/12/2020	14/03/2021
W-16	08/12/2020	14/03/2021
W-17	08/12/2020	14/03/2021
W-18	04/12/2020	10/03/2021

Figura 8.1-219 - Datas de inventário de fauna nas cavidades estudadas.

Importante ressaltar que não somente os dados pluviométricos foram utilizados para embasar a delimitação das estações de coleta, mas também as características da vegetação local no momento das amostragens. A vegetação da região é característica de Caatinga, de porte arbóreo, ocupando o sopé dos morros residuais e toda a Depressão Sertaneja.

A vegetação típica da Caatinga faz parte de um outro bioma global denominado de Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos – FATSS. As plantas das FATSS desenvolveram adaptações para sobreviver às condições adversas que incluem precipitação irregular e secas recorrentes.

A característica mais marcante das plantas é a deciduidade da maior parte de suas árvores e arbustos. É esse atributo que confere o nome à vegetação, pois Caatinga significa "floresta branca" na língua Tupi, fazendo menção à penetração da luz até o solo quando as árvores estão desfolhadas durante a estação seca.

Como a disponibilidade de água é um fator limitante ao desenvolvimento e ciclo de vida das plantas, há uma sincronia entre a produção de folhas e flores com a estação chuvosa. A partir de precipitações mínimas, as folhas aparecem rapidamente e as plantas completam seus ciclos reprodutivos em um curto espaço de tempo (FERNANDES e QUEIROZ, 2018). Portanto, durante as oportunidades de coletas, foram registradas as características da vegetação local de forma a corroborar com a estação climática de amostragem correspondente. Durante os meses de dezembro de 2020, janeiro e agosto de 2021, verificou-se a vegetação seca, acinzentada, com poucas folhas verdes. Já durante os meses de março e junho de 2021, foi observada alta densidade de folhagens na vegetação de entorno, o que indica que o solo permanecia úmido.

Figura 8.1-220 - Características da vegetação da Caatinga durante as oportunidades de amostragem. Vegetação seca nos meses de dezembro de 2020, janeiro e agosto de 2021. Vegetação verdejante nos meses de março e junho de 2021.

B. Atividades de campo

No que diz respeito às atividades de bioespeleologia, uma vez que a IN MMA nº 02/2017 fez necessária uma nova abordagem dos dados coletados em campo e análise dos atributos de relevância, ficou alinhada a necessidade de novas coletas de material biológico nas cavidades. Cabe destacar que já foram apresentados estudos de relevância, elaborados pela ORB (2015) para 24 cavidades do Projeto Santa Quitéria e o Termo de Referência referente ao Processo nº 02001.014391/2020-17, emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, solicita expressamente que o empreendedor apresente um estudo integrado, com metodologia padronizada para todas as cavidades do projeto, em conformidade com a IN MMA nº 02/2017.

Ademais, o material biológico coletado nas cavidades amostradas nos anos de 2012 e 2014 está devidamente tombado nos Museus, fato esse que inviabiliza o pareamento das amostras, uma vez que as coleções se encontram inacessíveis devido ao cenário de pandemia que acomete o país e o mundo. Dessa forma, este estudo considera exclusivamente os dados coletados pela Carste nos anos de 2020 e 2021, de modo a possibilitar o pareamento e a melhor análise dos dados, conferindo a devida relevância às cavidades do Projeto Santa Quitéria à luz da legislação vigente.

O trabalho de inventariamento da fauna foi subsidiado pela Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico ABIO n.º 06/2020, emitida pelo IBAMA (Anexo 8.1-XXI).

Para a realização do levantamento faunístico foi utilizado o método de busca ativa. Este método envolve a busca, na maior diversidade possível de ambientes encontrados no interior das cavernas estudadas (substrato rochoso, depósitos clásticos, depósitos orgânicos), por representantes do maior número de *taxa* possível. Tais espécimes foram registrados e os testemunhos capturados manualmente, com o auxílio de pincel e pinças. Os invertebrados coletados foram acondicionados em recipientes contendo álcool 70% para fixação.

A busca foi efetuada na totalidade da área das cavidades e os diversos microhabitats encontrados foram amostrados. O tempo de coleta variou conforme a heterogeneidade de substratos observados na cavidade, sendo estimado um período de 30 minutos por 10m^2, para cada coletor.

Para o inventariamento de Chiroptera (morcegos), foram estabelecidas etapas para a obtenção dos dados: (i) localização dos morcegos dentro da caverna; (ii) tempo de espera até que os indivíduos se acostumem com a presença dos biólogos; (iii) realização de registro fotográfico; e (iv) captura dos espécimes para identificação, com posterior soltura.

O tamanho de cada população foi estimado por meio de senso visual. A captura dos quirópteros nas cavidades foi realizada por coleta ativa, com uso de puçás com hastes extensíveis. O tempo de duração desse procedimento variou entre campanhas, devido à necessidade de se capturar indivíduos das diferentes espécies de quirópteros observados nas cavidades. Os indivíduos capturados foram colocados em sacos de pano (20 x 20 cm) para verificação das seguintes características: sexo, condição reprodutiva, estágio de desenvolvimento, peso (com auxílio de dinamômetro adequado ao porte do espécime) e medição de dados biométricos (com auxílio de paquímetro de precisão), conforme Anexo 8.1-I. A identificação foi feita preferencialmente em campo, com auxílio de bibliografia especializada, e os indivíduos liberados após os procedimentos. Em caso de dúvidas taxonômicas e/ou para servir de *voucher*, alguns exemplares foram coletados para posterior identificação. Os morcegos selecionados como *voucher* foram eutanasiados e submetidos a técnicas usuais de preparação e preservação de material biológico para depósito em coleção científica.

O inventário dos demais vertebrados envolveu somente o registro fotográfico de espécimes ocasionalmente encontrados nas cavidades, não havendo coleta dos indivíduos. A determinação das espécies preconizou o envio das imagens fotográficas para avaliação do especialista do grupo taxonômico em questão, e comparação das identificações presentes em materiais bibliográficos especializados.

Informações adicionais obtidas para os organismos registrados compreendem: número de indivíduos, eventuais comportamentos e interações ecológicas observadas durante o levantamento faunístico, como predação e parasitismo.

Evidências indiretas de ocorrência de fauna, como ninhos, penas, casulos, pelos, fezes e pegadas também foram registradas.

Para a caracterização ecológica do ambiente interno das cavidades do projeto, durante as atividades de campo, foram registradas, qualitativamente, as seguintes informações ambientais:

+ Condições de luminosidade – a incidência de luz solar no interior das cavidades será registrada, definindo uma divisão do ambiente subterrâneo em três áreas: I) Zona de Entrada (E), quando percebida incidência de luz direta; II) Zona de Penumbra (P), quando percebida incidência de luz indireta; III) Zona Afótica (A), quando da total ausência de luz. Vale destacar que é comum observar divergências no padrão de zonação, em algumas cavidades, entre as duas campanhas de campo. Nesses casos, opta-se por apresentar, neste relatório, o padrão em que a cavidade apresentou a maior diversidade de zonas;

- Umidade do piso – avalia-se, por observação visual, se o piso da cavidade se encontra seco (piso sem umidade), úmido (piso molhado onde não se consegue observar água) ou encharcado (piso molhado onde se consegue observar água);
- Água – observa-se, quando presente, água no interior das cavidades em diferentes formas: poça/lago (acúmulo pontual de água, independentemente do tamanho), gotejamento (presença de gotas de água na parede ou no teto), drenagem (curso d'água, em calha, que atravessa ou é formado no interior da cavidade), escoamento (água que escorre sem calha ou caminho definidos);
- Organismos fotossintetizantes e fungos – a presença de líquens, musgos, alga, pteridófita, broto, árvore e fungos no interior das cavidades será registrada, por se constituírem em importantes contribuintes no aporte de matéria orgânica no sistema cavernícola;
- Substratos orgânicos – presença de substratos potenciais ao estabelecimento de fauna cavernícola. Ressalta-se que, na obtenção desse tipo de informação, serão amostrados tanto ambientes terrestres quanto aquáticos, quando houver. Nesse sentido, os substratos observados serão classificados em sete tipos: I) guano de morcegos, aves e insetos; II) material vegetal (qualquer estrutura morta de origem vegetal, com capacidade de armazenar e disponibilizar biomassa, durante o processo de decomposição, como: folhiço, galhos, gravetos, raízes, flores, frutos, sementes, etc.); III) detritos (material orgânico de origem animal ou vegetal de difícil descrição); IV) raízes; V) carcaças; VI) fezes de vertebrados não voadores; VII) bolotas de regurgitação;
- Interações ecológicas – presença de interação ecológica entre dois ou mais indivíduos pertencentes à mesma morfoespécie ou não;
- População excepcional em tamanho – presença de número excepcionalmente grande de indivíduos da mesma morfoespécie no interior da cavidade;
- Nidificação de aves silvestres – presença de ninhos ativos e inativos de aves silvestres no interior das cavidades, atestando sua utilização como local de nidificação.

C. Atividades de laboratório

Os exemplares de invertebrados coletados em campo foram triados em laboratório com o uso de estereomicroscópio, separados em grupos taxonômicos e posteriormente identificados com o auxílio de chaves de descrição de características morfológicas. Invertebrados foram individualizados como morfoespécies/morfótipos levando-se em consideração as distinções entre os aspectos morfológicos e quando não houve a possibilidade de identificação até o nível taxonômico de espécie. O refinamento das

identificações e a análise de troglomorfismos, endemismos ou registro de espécies novas, foram efetuados com o auxílio de especialistas dos grupos taxonômicos.

Quadro 8.1-37 - Responsáveis pelas identificações apresentadas no estudo

GRUPO TAXONÔMICO	TAXONOMISTA RESPONSÁVEL
Annelida	MsC. Nathalie Sanches
Gastropoda	Prof. Dr. Luiz Ricardo Simone (USP)
Amblypygi, Araneae, Opiliones, Scorpiones, Schizomida	Prof. Dr. Adalberto Santos (UFMG)
Acari	PhD. Marcel Araújo (UFSCar)
Pseudoscorpiones	Dra. Renata de Andrade
Collembola	Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho (UEPB)
Blattaria, Dermaptera, Diptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Hymenoptera, Neuroptera, Orthoptera, Zygentoma	PhD. Luciane Pereira (UFV)
Archaeognatha, Coleoptera, Diplura, Diptera, Homoptera, Hymenoptera, Isoptera, Psocoptera	Dra. Laila Heringer (UFMG)
Lepidoptera	MsC. Christie Morais (UFOP)
Diplopoda, Chilopoda	MsC. Jéssica Scaglione Gallo (UFSCar)
Isopoda	Dra. Camile Sorbo Fernandes (UFSCar)
Anura, Reptilia	Dr. Felipe Leite (UFV)
Chiroptera	Dra. Carla Nobre (UFMG), Dra. Patricia Pilatti Alves (UFPE), Marina Bento, Marcela Talyuli, Vitor Alves da Silva

As instituições de depósito para o material biológico coletado nessas cavidades são: Universidade Federal de Lavras (Invertebrados cavernícolas dos grupos Annelida, Diplura, Insecta, Malacostraca, Maxilipoda, Mollusca, Nematoda, Onychophora e Platyhelminthes), Universidade Federal de Minas Gerais (Arachnida, Myriapoda e Chiroptera), Coleção de Referência de Fauna de Solo - Laboratório de Sistemática de Collembola e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Informa-se que o processo de tombamento do material biológico coletado nas cavidades do projeto encontra-se em andamento, motivo pelo qual as Guias de Recebimento das instituições depositárias (*Invoice of Specimens Form*) não puderam ser disponibilizadas.

D. Análises

As cavidades foram analisadas objetivando apresentar suas caracterizações ambientais bem como a composição da fauna subterrânea. O número de espécies foi alcançado com base nos valores de riqueza absoluta contemplando as estações seca e úmida. Destaca-se que tais valores foram obtidos considerando o número de morfótipos de invertebrados coletados. Curvas de acumulação de espécies para as cavidades do projeto foram obtidas através do reescalonamento das curvas de riqueza de espécies esperadas (Mao Tau ou curva do coletor), bem como seus intervalos de confiança de 95% (Gotelli e Colwell 2001). Para estas análises utilizou-se o programa EstimateS 8.2 (Colwell 2013). Objetivando obter um cenário mais acurado da riqueza da fauna cavernícola, realizou-se a exclusão dos *singletons*, de maneira a se retirar os dados discrepantes da amostra.

A diversidade taxonômica (Clarke e Warwick 1999), incluiu a avaliação de reamostragens em 1000 réplicas aleatórias a partir da amostragem inicial. O índice selecionado considera o grau de parentesco entre os morfótipos amostrados, incluindo informações acima do nível de espécie – refinamento sistemático que nem sempre é possível de se atingir, em especial à fauna subterrânea, na qual diversas espécies carecem de descrição formal ou mesmo faltam estudos biogeográficos e de distribuição - sem que haja subestimativas de diversidade. Os valores de Distinção Taxonômica (TD) são dados através de:

$$\Delta = \frac{\sum\sum_{i<j} w_{ij} x_i x_j}{\sum\sum_{i<j} x_i x_j + \sum_i x_i (x_i - 1)/2},$$

Onde wij é tratado como wij = 0 quando I e j são a mesma espécie, wij = 1 quando pertencem ao mesmo gênero e o x refere-se ao valor de abundância.

A estimativa de diversidade foi calculada com base na abundância absoluta de espécies de invertebrados e de vertebrados amostradas em campo. Os valores do índice de Distinção Taxonômica (TD) para cada cavidade foram calculados com o auxílio do programa estatístico PAST v.3.13 (Hammer et al 2001).

Para a avaliação da similaridade, aplicou-se o índice de Søresen que utiliza os parâmetros de riqueza de espécies (presença ou ausência) para cada cavidade que compreenda a amostra. Dessa forma, não se desconsidera qualquer espécie coletada, o que permite aplicar a mesma importância a todas as espécies. O índice de similaridade de Sørensen-Dice considera a presença de espécies em determinada amostra sem contabilizar o número de indivíduos de cada táxon separadamente. Tal índice não é influenciado por flutuações populacionais e espécies mais abundantes, minimizando também a influência de

outliers existentes nos dados (Dice 1945, Sørensen 1948, Shamir et al 2019), situações que são frequentes em ambientes cavernícolas. O índice gera um coeficiente de associação que considera a ocorrência do mesmo táxon em amostras distintas, ou seja, quanto mais próximo de 1 forem os valores, mais as comunidades são mais semelhantes entre si e, quanto mais próximo de zero, mais divergentes (Magurran 2013, Zar 1999).

8.1.13.2.7. Análise de Relevância

A definição do grau de relevância das cavidades de estudo foi pautada nas determinações do Decreto Federal n.º 6640, de 07 de novembro de 2008 e na IN MMA n.º 02, de 30 de agosto de 2017.

A. Discriminação litológica

De acordo com o Decreto Federal n.º 6.640, em seu artigo 2º, §1º, "a análise dos atributos geológicos, para a determinação do grau de relevância, deverá ser realizada comparando cavernas da mesma litologia". O primeiro passo, então, envolveu a determinação da litologia das cavernas.

B. Escalas de análise

A IN MMA n.º 02/2017 define que os atributos das cavidades deverão ser avaliados sob o enfoque regional e local. O enfoque local, segundo a referida Instrução Normativa, será limitado à unidade geomorfológica que apresenta continuidade espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área, desde que contemplada a área de influência da cavidade. Já o enfoque regional deverá compreender uma unidade espeleológica, definida por uma área que apresente homogeneidade fisiográfica. Tal homogeneidade está comumente associada, segundo o documento, à ocorrência de rochas carbonáticas e suas formas de relevo tipicamente cársticas, como dolinas, sumidouros, ressurgências, vales cegos, lapiás e cavernas, delimitadas por um conjunto de fatores ambientais específicos para sua formação. No presente estudo, a definição das escalas de análise se pautou em referências da literatura comumente aplicadas nos estudos da região.

C. Análise de relevância

A definição do grau máximo de relevância depende da presença de, pelo menos, um dos 11 atributos listados no Art. 3º da IN MMA n.º 02/2017:

I. gênese única ou rara;
II. morfologia única;
III. dimensões notáveis em extensão, área ou volume;

IV. espeleotemas únicos;
V. isolamento geográfico;
VI. abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais;
VII. hábitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relíctos;
VIII. hábitat de troglóbio raro;
IX. interações ecológicas únicas;
X. cavidade testemunho; ou
XI. destacada relevância histórico-cultural ou religiosa.

Para os demais graus de relevância, o Art. 4º da IN MMA n.º 02/2017 determina que a análise deverá considerar, segundo os enfoques local e regional, os atributos, grupos de atributos, pesos e contribuições, conforme Anexo II do mesmo documento.

O resultado final para cada grupo de atributos foi obtido pela somatória do resultado parcial de cada atributo avaliado, que, por sua vez, será resultado da multiplicação dos valores do peso e da contribuição de cada atributo. Somente os resultados finais que sejam iguais ou superiores a 30% do valor potencial máximo para cada grupo de atributos serão considerados minimamente significativos para fins de avaliação do grau de relevância da cavidade subterrânea. A importância dos atributos das cavidades naturais foi definida como acentuada, significativa ou baixa de acordo com o número de grupos de atributos minimamente significativos, avaliados sob os enfoques local e regional. O resultado final da relevância depende da correlação entre os graus de importância em ambos os enfoques, conforme fluxograma a seguir.

Figura 8.1-221 - Classificação de importância relativa aos atributos da cavidade natural subterrânea avaliados sob os enfoques local e regional.

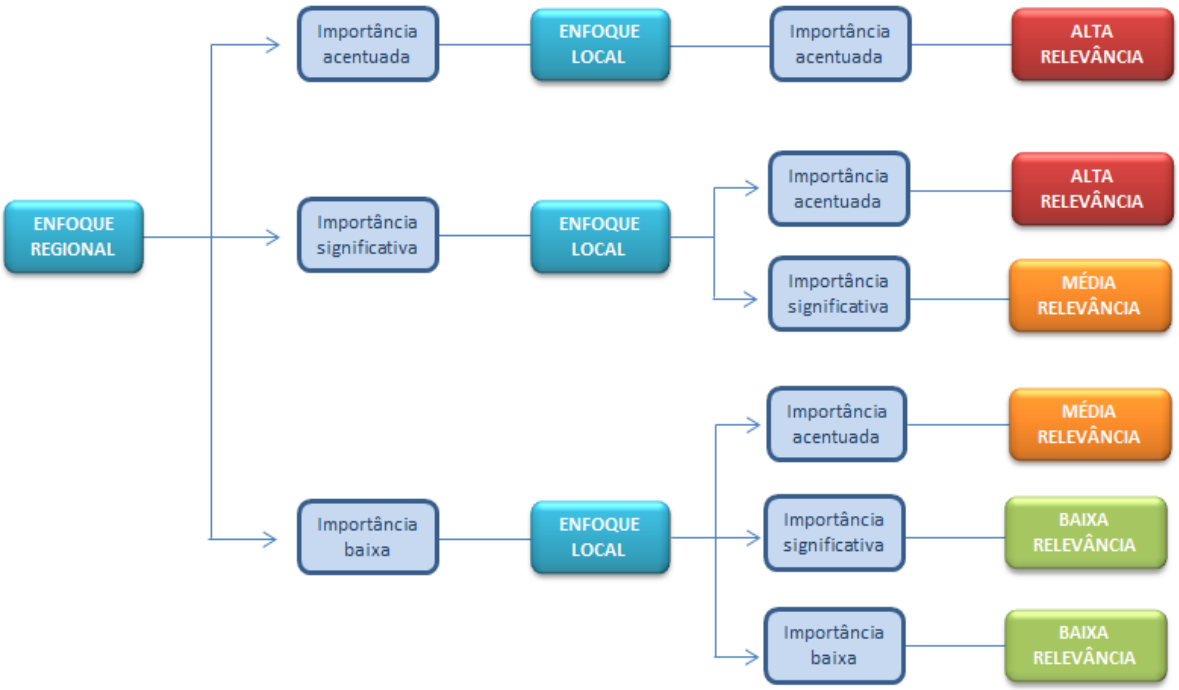


Figura 8.1-222 - Fluxograma de classificação de relevância conforme IN MMA n.º 02/2017.

8.1.13.2.8. Área de Influência Espeleológica

O novo estudo de área de influência espeleológica foi realizado para todo o conjunto de cavidades do Projeto Santa Quitéria, e adotou como base a caracterização física e biótica de cada feição. Dados de atributos bióticos e abióticos das áreas de inserção das cavernas foram registrados em campo, por equipe compostas por uma geógrafa, um biólogo e um auxiliar de campo, entre os dias 15 e 28/03/2021. Objetivou-se nessa ocasião realizar a caracterização do entorno, através da descrição dos processos de vertente, rotas

preferenciais de escoamento hídrico, características geomorfológicas das encostas, tipo de cobertura vegetal, mecanismos de aporte hídrico e de aporte de nutrientes às cavernas, além de informações relacionadas a elementos geológicos que propiciam conexão entre as cavernas. Nessa etapa, foram realizadas fotografias aéreas por veículo aéreo não tripulado (VANT), modelo DJI Phantom 4 Pro, equipado com câmera 20 MP (5472 × 3648), f/2.8, CMOS.

As bases legais para o desenvolvimento deste trabalho se pautam na Resolução CONAMA Nº 347, de 10 de setembro de 2004. As diretrizes apresentadas nos documentos técnicos do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV 2013, 2016a, 2016b) são referência técnica para o estudo, somadas à bibliografia científica sobre o tema.

De acordo com o disposto nos procedimentos estabelecidos pelo ICMBio/CECAV (2013), em relação aos aspectos físicos, propõe-se a análise de parâmetros que contemplem a integridade física, através da manutenção do aspecto morfológico original da caverna. Também são recomendadas análises que envolvam a dinâmica evolutiva das cavernas. Quanto aos elementos bióticos, ICMBio/CECAV (2013) recomenda a apresentação de estudos que permitam a compreensão da estrutura e funcionamento do ecossistema em questão, abordando aspectos que contemplem a conexão do sistema subterrâneo assim como a contribuição hídrica, da fauna trogloxena/acidental e dos sistemas radiculares no abastecimento trófico das cavidades.

Sendo assim, subsidiados pelas orientações estabelecidas por ICMBio/CECAV (2013), os critérios de avaliação da área de influência espeleológica consideraram: manutenção da integridade física das cavidades, manutenção da dinâmica evolutiva das cavidades, manutenção da conectividade do sistema subterrâneo, manutenção do aporte de nutrientes.

8.1.13.3. Resultados e Considerações Finais

Os estudos espeleológicos do Projeto Santa Quitéria foram pautados nos procedimentos e critérios estabelecidos nas normas de abrangência nacional, como a Resolução CONAMA n.º 347/2004, o Decreto Federal n.º 6640/2008 e a IN n.º 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, com o objetivo de subsidiar o licenciamento ambiental do empreendimento.

As validações e complementações do cadastro espeleológico local culminaram no inventário de 124 cavidades, das quais 36 estão localizadas fora do buffer de 250 m da ADA, incluídas por estudos anteriores. Esse cenário contribuiu para a ampliação do conhecimento sobre o patrimônio espeleológico local, em um contexto de raros registros para além do limite do projeto, o que certamente oferece maior segurança técnica para definição de características recorrentes ou raras.

As cavernas de estudo estão inseridas especialmente em terço médio e superior dos morros residuais que formam Inselbergs da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo, em substrato carbonático (89%) e em gnaisse (11%). Sobre a espeleometria, 12 cavernas carbonáticas se destacaram por apresentarem dimensões notáveis em relação a outras cavidades nessa litologia das escalas local e regional, categorizando-as com máxima relevância. Os processos hidrológicos reconhecidos estão associados principalmente à percolação de águas pluviais, estando ausentes as feições perenes, bem como qualquer conexão com o aquífero cárstico. Coraloides e crostas são os espeleotemas mais comuns nas cavernas, considerando as duas litologias de análise. O atributo "sedimentação clástica ou química com valor científico" foi assinalado para 10 cavidades, devido ao potencial paleontológico.

O inventário bioespeleológico, por sua vez, resultou em um total de 309 espécies. Dessas, nenhuma foi identificada como troglomórfica/troglóbia, mas dez delas foram caracterizadas como táxons novos, carentes de descrição científica, registrados em 68 cavidades. No que tange à classificação dos atributos de relevância, destaca-se que 13 cavidades foram categorizadas com máxima relevância pelo registro de morcegos da espécie Furipterus horrens, constante na lista nacional de espécies ameaçadas. Além do mais, 36 cavidades apresentaram espécies com função ecológica importante e em 20 houve registro de população residente de quirópteros. Pela presença de morcegos do gênero Peropteryx, 29 cavernas foram classificadas com a presença do atributo "trogloxeno obrigatório". Ao todo, seis cavernas foram consideradas local de nidificação de aves silvestres. A maior parte das cavidades apresentou média riqueza e média diversidade de espécies.

A espacialização das ocorrências espeleológicas na área de estudos permitiu a individualização de seis grupos, em compartimentos de paisagem distintos. Investigações sobre as relações existentes entre os ambientes subterrâneos e o entorno no qual se inserem possibilitaram a proposição de 12 áreas de influência espeleológica para toda a amostra de estudo, revelando as regiões essenciais à manutenção do equilíbrio ecológico e da dinâmica evolutiva no meio cavernícola.

O estudo de avaliação de impacto ao patrimônio espeleológico buscou estabelecer, por meio de uma análise sistêmica, considerando as alterações previstas no meio, os processos naturais atuantes na área e nas cavidades, além das fragilidades naturais reconhecidas, uma hipótese de cenário futuro em que o ambiente estará exposto. Como resultado, foi sinalizado o grau de vulnerabilidade das cavidades e das áreas de influência propostas aos impactos potenciais estabelecidos, que pode ser adotado como um norteador das ações de controle ambiental do empreendimento.

8.1.14. Recursos Minerários

8.1.14.1. Considerações Metodológicas

O levantamento dos recursos minerais da área de estudo foi realizado com base na compilação das ocorrências minerais já reconhecidas e divulgadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, além do levantamento dos títulos minerários concedidos pela Agência Nacional de Mineração – ANM nas áreas de influência estudadas. Estes levantamentos foram realizados considerando os limites da AII/AID e ADA.

Para o levantamento das ocorrências minerais foram consultadas as Folhas geológicas Quixadá (SB-24-V-B, 1:250.000) e Taperuaba (SB.24-V-B-II, 1:100.000) acessadas em 30/10/2020. Além das ocorrências registradas nas folhas citadas, o banco de dados foi complementado com dados consultados no portal da CPRM (https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/, acesso online em 26/11/2020).

8.1.14.2. Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

A distribuição geral das ocorrências minerais registradas nas folhas geológicas Quixadá (SB-24-V-B, 1:250.000) e Taperuaba (SB.24-V-B-II, 1:100.000) é apresentado no Figura 8.1-223.

Conforme apresentado no Figura 8.1-223 as ocorrências registradas na área de estudo totalizam 20, sendo 8 delas localizadas somente na AII (6 de calcário e 2 de quartzo leitoso), 9 na AID (8 de calcário e 1 fósforo e urânio) 3 na ADA (2 de calcário, fosforo e urânio e 1 calcário e urânio), conforme apresentado no Quadro 8.1-38.

Quadro 8.1-38 – Ocorrências minerais registradas por área de influência (AID/ADA)

AII	Substância	Nº de ocorrências
Total AII: 8	Calcário	6
	Quartzo Leitoso	2
AID	Substância	Nº de ocorrências
Total AID: 9	Calcário	8
	Fósforo e Urânio	1
ADA	Substância	Nº de ocorrências
Total ADA: 3	Calcário, Fósforo e Urânio	2
	Calcário e Urânio	1

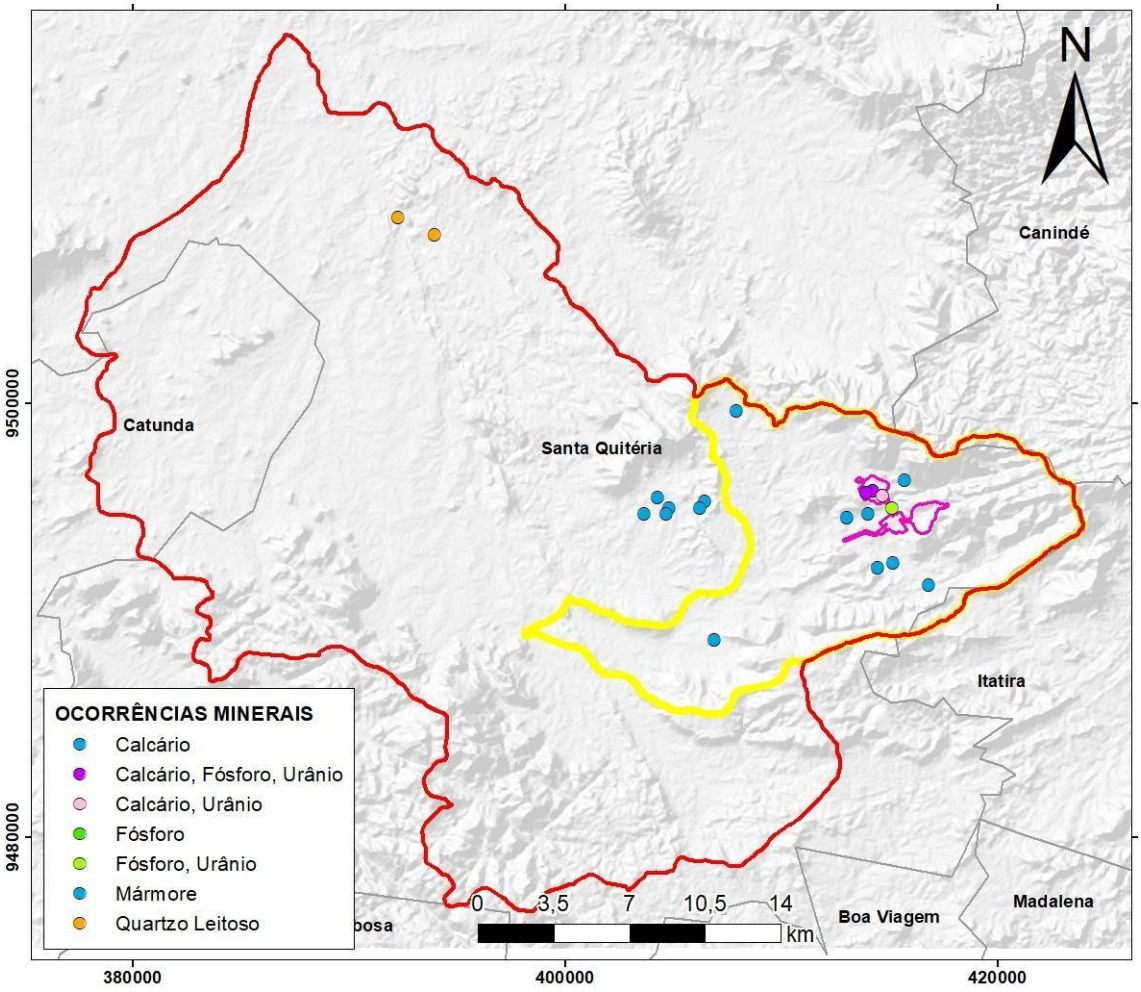


Figura 8.1-223 - Distribuição das ocorrências minerais e localização em relação às áreas de influência: AII (polígono vermelho), AID (polígono amarelo) e ADA (polígono magenta).

Conforme apresentado na Figura 8.1-224, a maior parte das ocorrências registradas (70%) correspondem a substância calcário, as quais estão predominantemente distribuídas nas rochas metacarbonáticas da Formação Alcantil. Nesta unidade também são observados registros de calcários e urânio (1) e calcário fósforo e urânio (2), que juntos totalizam 15% dos registros da área de estudo.

A ocorrência de fósforo e urânio representa 5% dos registros da área de estudo e está relacionada a unidade Gnaisses, Migmatitos e xistos nas proximidades nas rochas metacarbonáticas, onde também são registradas ocorrências pontuais de calcário.

As ocorrências de quartzo leitoso (10%) se encontram distribuídas entre a Unidade de Quartzito e na Unidade de Rochas Calciossilicáticas.

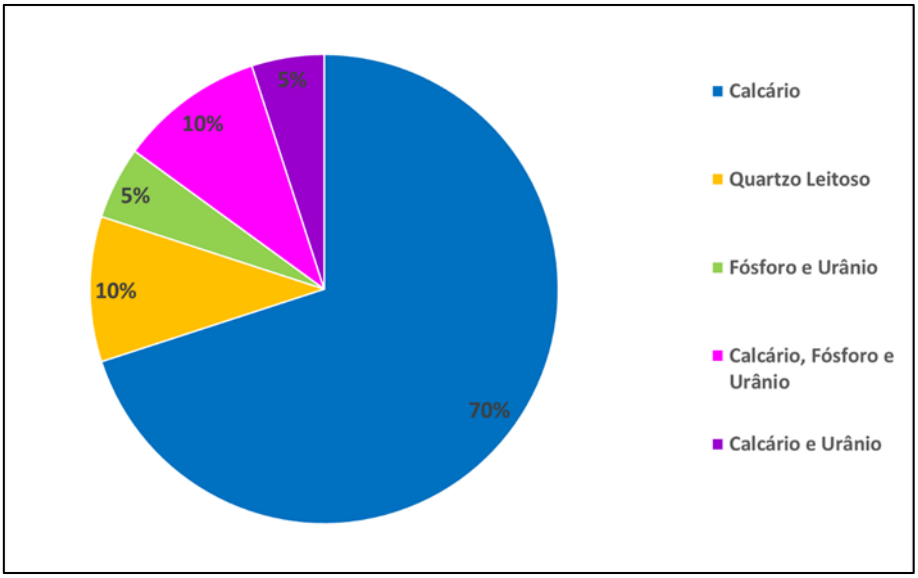


Figura 8.1-224 – Distribuição total das substâncias das ocorrências minerais

Elaboração: BTB Explores, 2021.

Considerando as informações sobre os títulos de direito minerário obtidas pelo Sistema de Informações Geográfica sobre Mineração – SIGMINE da ANM[5], nos limites da AII foram levantados 70 títulos minerários.

Tais títulos estão associados às substâncias diversas como: minério de cobre, calcário, quartzito, fosfato, mármore, minério de ferro, granito e argila. Os dados de cada processo foram agrupados e foi atribuído um número identificador (ID) a cada processo correspondente com as poligonais representadas no Figura 8.1-223 e no Mapa 8.1-27. Este número corresponde com os dados apresentados no Anexo 8.1-XXII – Tabelas com os Títulos Minerários existentes na AII/AID/ADA.

Os mapas a seguir exibem a distribuição dos títulos minerários classificados pelas substâncias de interesse (Mapa 8.1-27) e classificados pela situação do processo cadastrado (Figura 8.1-225).

5 disponível em https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908, consultado em 01 de março de 2021

370.000 380.000 390.000 400.000 410.000 420.000 430.000 440.000

9.510.000 9.500.000 9.490.000 9.480.000

CANINDÉ

Itatira

Catunda

Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- AII do Meio Físico Biótico
- AID do Meio Físico Biótico
- Área Diretamente Afetada

Título Minerário - Substância

- ARGILA
- CALCÁRIO
- FOSFATO E URÂNIO
- GRANITO
- MINÉRIO DE COBRE
- MINÉRIO DE FERRO
- MÁRMORE
- QUARTZITO
- DADO NÃO CADASTRADO

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Agência Nacional de Mineração (ANM, 2021).

0 2 4 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa dos títulos minerários da área de estudo classificados pela substância de interesse

Mapa	Escala	Localização	
8.1-27	1:210.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	08/11/2021	Letícia Trombeta	Daniela Lavignatti

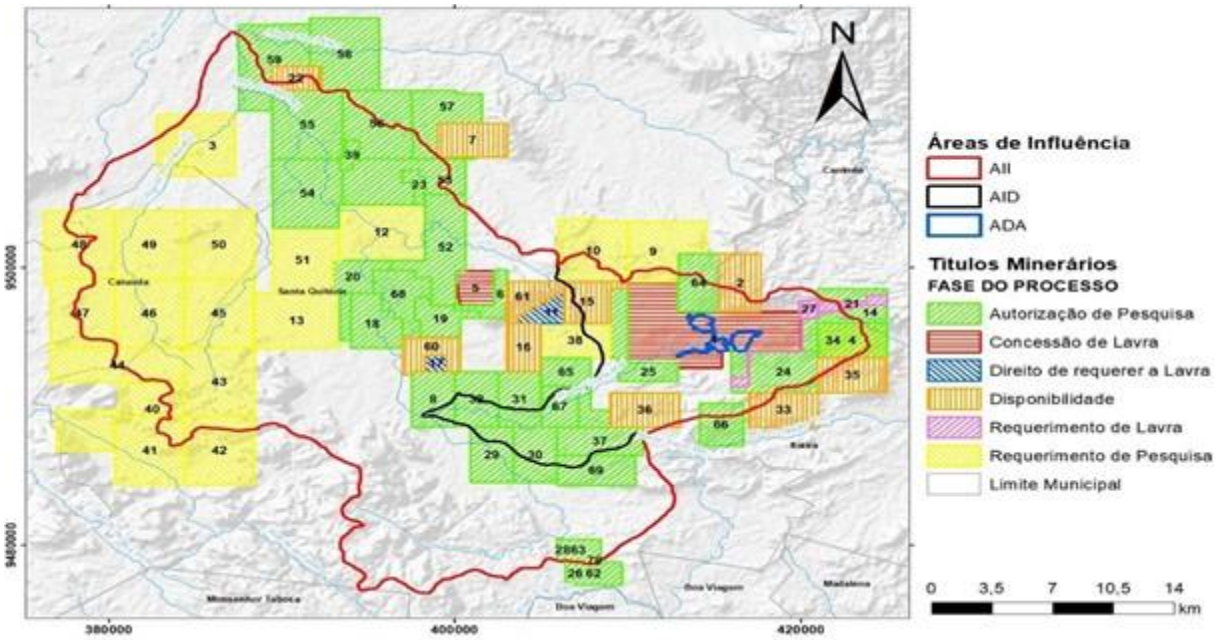


Figura 8.1-225 - Mapa dos títulos minerários da área de estudo classificados pela situação do processo cadastrado.

As substâncias de interesse dos títulos minerários cadastrados na área têm como uso descrito a aplicação para fins de revestimento, fabricação de cimento e cal, uso industrial, e fabricação de fertilizantes e corretivos para solo.

Dentre o total de 70 títulos, 21 (30%) são relacionados a minério de cobre, 17 (24%) são relacionados a calcário, 12 (17%) relacionados a quartzito, 5 (7%) relacionado a calcário, 4 (6%) relacionado a mármore, 4 (6%) relacionados a minério de ferro, 3 (4%) referente à substância granito, 2 (3%) à argila e 2 títulos estão em processo de disponibilidade sem substância cadastrada. Os dados podem são sumarizados no Quadro 8.1-39 e na Figura 8.1-226.

Quadro 8.1-39 – Relação entre substâncias e número de títulos

SUBSTÂNCIA	Nº DE TÍTULOS	(%)
Minério de Cobre	21	30,0
Calcário	17	24,3
Quartzito	12	17,1
Fosfato	5	7,1
Mármore	4	5,7
Minério de Ferro	4	5,7
Granito	3	4,3
Argila	2	2,9

SUBSTÂNCIA	Nº DE TÍTULOS	(%)
Não cadastrados	2	2,9

Fonte: ANM 2021. Elaboração: BTB Explores.

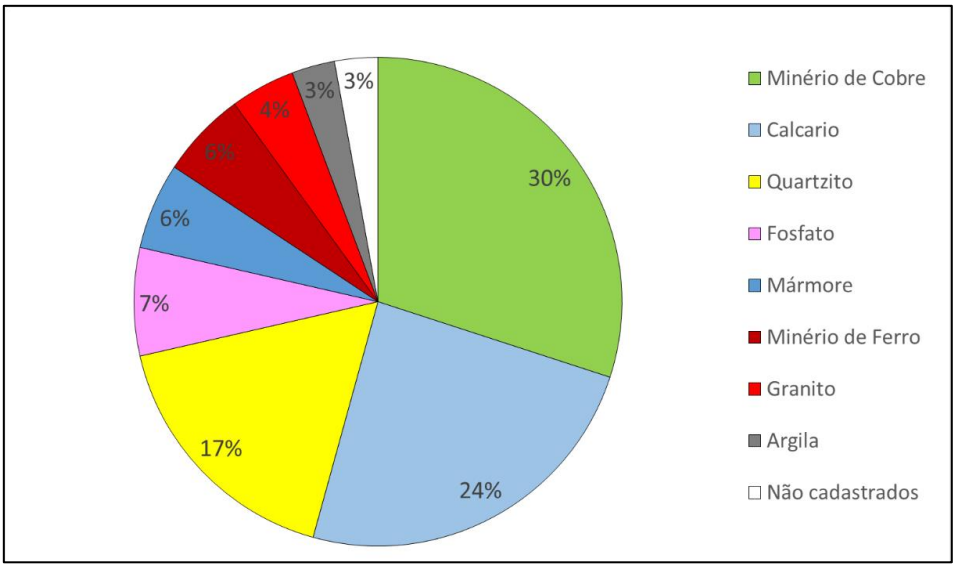


Figura 8.1-226 – Distribuição dos títulos por substância de interesse

Fonte: ANM 2021. Elaboração: BTB Explores.

Dentre os 70 títulos minerários da área de estudo, 34 (48%) se encontram em fase de autorização de pesquisa, 20 (29%) em fase de requerimento de pesquisa, 10 (14%) em regime de disponibilidade, 2 (3%) em fase de concessão de lavra, 2 (3%) em fase de direito de requerer a lavra e 2 (3%) em fase de requerimento de lavra, conforme apresentado na Figura 8.1-227 e no Quadro 8.1-40.

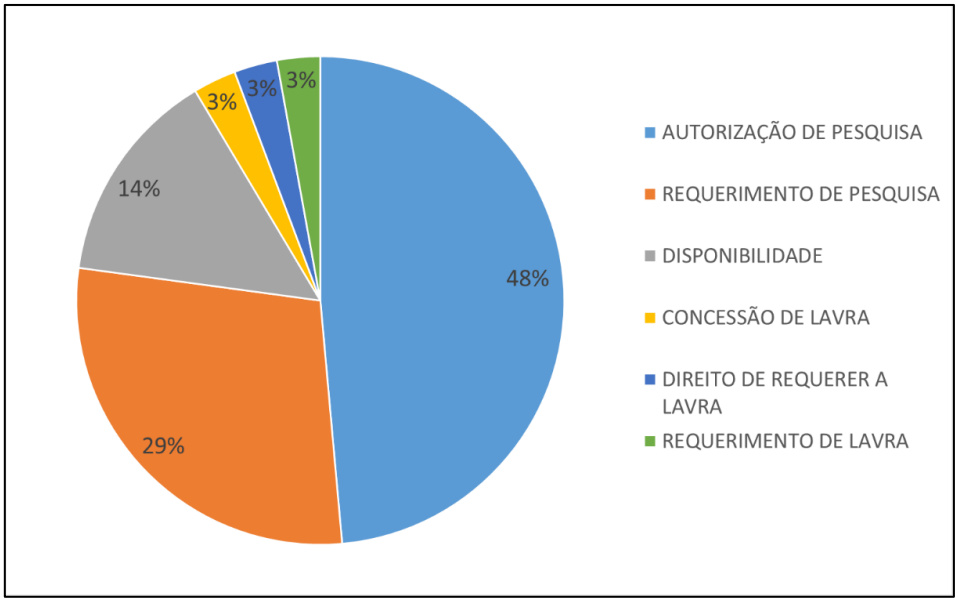


Figura 8.1-227 – Distribuição dos títulos por fase do processo

Fonte: ANM 2021. Elaboração: BTB Explores.

Quadro 8.1-40 – Relação entre a fase do processo e número de títulos

FASE DO PROCESSO	Nº DE TÍTULOS	(%)
Autorização de pesquisa	34	48,6
Requerimento de pesquisa	20	28,6
Disponibilidade	10	14,3
Concessão de lavra	2	2,9
Direito de requerer a lavra	2	2,9
Requerimento de lavra	2	2,9

Fonte: ANM 2021. Elaboração: BTB Explores.

Dos títulos minerários registrados até março de 2021, dentro dos limites estabelecidos para a AII, 33 se encontram em fase de autorização de pesquisa, oito em regime de disponibilidade, um em fase de concessão de lavra e dois em regime de requerimento de pesquisa.

Os processos em fase de disponibilidade estão relacionados a áreas desoneradas oriundas do indeferimento dos pedidos de pesquisa, da não aprovação dos relatórios de pesquisa, caducidade de alvarás de pesquisa, renúncias à autorização de pesquisa, descarte de áreas e áreas com relatório de pesquisa negativo. A áreas estão em disponibilidade até que um eventual interessado protocolize requerimento de pesquisa.

Cabe destacar que, a área do Projeto Santa Quitéria está inserida na Fazenda Itataia, em uma área de 4.042 hectares de propriedade da INB e na poligonal do direito minerário referente ao Processo nº 800.095/1990 da Agência Nacional de Mineração (ANM), englobando uma área de 4.001,04 hectares, cuja Portaria de Lavra foi emitida em 03/10/2005 à INB. As pesquisas apontaram que a jazida de Itataia é a maior reserva de urânio do Brasil.

Desta forma, os trabalhos realizados durante as pesquisas geológicas, no âmbito do processo ANM nº 800.095/1990, confirmaram que na área do empreendimento o colofanito constitui o principal minério de interesse, ocorrendo em uma faixa de cerca de 400 m x 800 m.

8.1.14.3. Considerações Finais

As ocorrências registradas na área de estudo, segundo o banco de dados no portal da CPRM, totalizam 20, sendo 8 na AII (6 de calcário e 2 de quartzo leitoso), 9 na AID (8 de calcário e 1 fósforo e urânio) 3 na ADA (2 de calcário, fosforo e urânio e 1 calcário e urânio). A maior parte das ocorrências (70%) correspondem ao calcário. A ocorrência de fósforo e urânio representa 5% dos registros.

Considerando as informações sobre os títulos de direito minerário obtidas pelo Sistema de Informações Geográfica sobre Mineração, nos limites da AII foram levantados 70 títulos minerários, com uso descrito a aplicação para fins de revestimento, fabricação de cimento e cal, uso industrial, e fabricação de fertilizantes e corretivos para solo.

O Projeto Santa Quitéria está inserido na Fazenda Itataia, em uma área de 4.042 hectares de propriedade da INB e na poligonal do direito minerário referente ao Processo nº 800.095/1990 da Agência Nacional de Mineração (ANM), englobando uma área de 4.001,04 hectares, cuja Portaria de Lavra foi emitida em 03/10/2005 à INB. As pesquisas apontaram que a jazida de Itataia é a maior reserva de urânio do Brasil.

8.1.15. Conclusão – Meio Físico

Na região do PSQ, as precipitações apresentam valores anuais abaixo de 800 mm, corroborando com a sua inserção no polígono das secas. Nas estações e postos pluviométricos analisados verificou-se que os totais anuais variaram entre 355,7 mm e 712,8 mm. As temperaturas recebem influências pelo seu posicionamento, próximo ao equador, submetendo a região a forte radiação solar. As temperaturas médias anuais é de 27°C, com variação média anual de 2,8°C na estação Quixeramobim e de 3,3°C na estação Itataia. Na estação Santa Quitéria a média anual é 28,4°C, com variação média anual de 3,4°C.

Quanto a qualidade do ar, observou-se que os receptores do entorno do PSQ não estarão expostos a concentrações de partículas e gases em níveis prejudiciais à saúde, e que as emissões registradas durante as campanhas realizadas não constituem potencial incômodo aos residentes ou ofereceram riscos ambientais e sociais estando de acordo com a Resolução CONAMA nº 491/18.

De acordo com a ABNT/NBR nº 10.151, os valores registrados para ruídos excederam em nove de 10 pontos amostrados durante o período diurno. Essa mesma cponstatação ocorreu durante o período noturno, porém em um número menor de pontos (três dos 10 amostrados). Quanto as vibrações, apesar dos picos registrados em determinados momentos, não são consideradas como eventuais riscos às edificações ou dados à saúde.

A região do PSQ está inserida no domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos caracterizado por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas, onde se destacam duas macrounidades geomorfológicas. Os Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo) representados por relevo montanhoso na região nordeste; e à Depressão Sertaneja representada por relevo aplainado nas regiões sul e sudoeste da área.

A Depressão Sertaneja ocupa cerca de 75% da AII e é caracterizada por relevo relativamente plano com superfície dissecada, suavemente ondulada. A Jazida de Itataia está localizada no Serrote da Igreja, elevação que corresponde a uma forma de relevo isolada (*inselberg*), com amplitude pouco superior a 100 m e declividade entre 10 e 20º. Sua morfologia apresenta interflúvios côncavos e encostas convexas, com baixa densidade de drenagem.

O vale do riacho das Guaribas, curso d´água intermitente localizado na base da Serra do Céu, conforma um vale encaixado delimitado por encostas íngremes, com declividades entre 20º e 30º e altitude variando de 470 m a 580 m.

Nas adjacências da margem esquerda do riacho Groaíras ocorre à unidade de relevo dissecado relativamente plano da Depressão Sertaneja, na qual predominam colinas e morrotes baixos. Nesta área, o relevo apresenta amplitudes menores que 100 m (comumente abaixo de 20 m) e declividades predominantemente inferiores a 5°, localmente atingindo 10°.

A rede de drenagem é encaixada em planos de fraquezas decorrentes das estruturas resultantes dos processos geológicos da rocha, formando fundos de vales escavados pela própria ação intempérica dos escoamentos superficiais.

De acordo com o mapeamento pedológico realizado pelo IBGE no âmbito do programa de Mapeamento de Recurso Naturais (MRN), na AII do PSQ predominam cinco ordens principais de solo, a saber: Luvissolos Crômicos, Planossolos Háplico, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho e Chernossolo Rêndzico.

Considerando as significativas oscilações térmicas, principalmente as ocorridas ao longo do dia, contribuem para a ação de processos intempéricos físicos que provocam a fragmentação das rochas e a formação de blocos de rocha geralmente angulosos, mas pouco contribuem para a formação dos solos. Os baixos índices de pluviosidade anual não favorecem a atuação dos processos de intemperismo químico, de forma que mesmo os solos residuais de alteração de rocha são pouco expressivos na área.

Este contexto resulta em um arcabouço pedológico muito homogêneo e monótono, onde todo terreno é marcado por extensas ocorrências de Neossolos predominantemente Litólicos, e subordinadamente Flúvicos, com ocorrências conjuntas de Chernossolo Rêndzicos e Cambissolos Vermelhos, além de áreas com afloramentos rochosos.

Nos locais onde os Neossolos Litólicos dão lugar a solos mais evoluídos, observa-se a influência da rocha aflorante sobre os horizontes desenvolvidos. Esta correlação é embasada, principalmente, nas diferenças geoquímicas marcantes entre os principais litotipos, em especial entre os gnaisses e migmatitos, e os metacarbonatos (calcissilicáticas e mármores), que por serem ricos em cálcio, condicionam a formação dos horizontes chernozêmicos.

Os resultados de condutividade hidráulica, todos na ordem de 10^{-04} cm/s, estão de acordo com as condutividades médias para solos contendo silte, areia fina, e argila segundo Fetter, C. W. (1994).

Para análise dos padrões de qualidade do solo, foram consideradas a Resolução CONAMA nº 420/2009. Nenhum dos resultados analíticos laboratoriais de solo, apresentou concentração maior do que o Valor de Investigação (VI) da referida Resolução, mesmo considerando os valores mais restritivos associados a uso preponderante agrícola.

Os compostos metálicos Alumínio, Ferro e Manganês foram identificados em todas as amostras e representam as maiores concentrações. Por se tratar de compostos naturalmente presentes e abundantes nos solos brasileiros a Resolução CONAMA nº 420/2009, não estabelece valores orientadores estabelecidos para estas substâncias. No caso do alumínio, estes teores podem ser justificados pelos litotipos que originaram o solo, basicamente gnaisses, caracteristicamente ricos neste elemento devido aos minerais micáceos e feldspatos. Estes, por sua vez, quando submetidos à ação do intemperismo podem liberar o metal proporcionando o enriquecimento dos respectivos solos.

Cabe ressaltar que os hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos aromáticos indicativos de produtos derivados de petróleo; compostos organoclorados, fenóis não clorados e ésteres ftálicos indicativos de substâncias químicas industriais; pesticidas organoclorados indicativos de eventual contaminação por conta de utilização agrícola do solo; estão todos em concentrações abaixo dos VPs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Quanto a fragilidade a erosão, maior parte da AID e praticamente toda a ADA possui Muito Baixa a Baixa fragilidade à erosão, o que coincide com as áreas mais suaves de todo o Sul e centro-oeste da área onde predominam o relevo da Depressão Sertaneja. As áreas de fragilidade Média a Alta, coincidem com as porções inferiores das encostas mais íngremes, principalmente das serras e serrotes localizados nas porções Leste e Nordeste da AID, onde predominam as formas de relevo do Planalto Residual Sertanejo e onde se encontra a Serra do Céu, cuja encosta corresponde ao local de maior fragilidade à erosão na AID. Isto se deve às altas declividades, significativo comprimento de rampa e presença de Neossolos Litólicos e Cambissolos Vermelho-Amarelos.

Os valores de condutividade elétrica dos solos apresentam correlação direta com a presença de sais, devendo ser considerada um fator relevante na capacidade de corrosão de estruturas metálicas, juntamente com o pH, potencial de redução, aeração, e teor de umidade dos solos. A condutividade elétrica nos solos associados à Formação Alcantil classifica o solo como levemente corrosivo, sendo que para os demais solos, apresentam caráter fracamente corrosivos.

A condutividade hidráulica para os solos de alteração da Formação Alcantil está na ordem de 10^{-4} a 10^{-6} cm/s, e para solos no domínio dos gnaisses da Formação Barrigas, estão na ordem de 10^{-4} e10^{-5} cm/s, que são condizentes com as frações granulométricas identificadas.

A AID apresenta, predominantemente, uma suscetibilidade Muito Baixa a Baixa para movimentação de massa, associada a uma Muito Baixa fragilidade à erosão. As áreas mais críticas a instabilidades se referem as encostas da Serra do Céu, ao Norte da AID, as quais são caracterizadas por Média a Alta suscetibilidade a movimentos de massa, associada à média fragilidade à erosão.

As encostas das serras e serrotes da AID apresentam Média suscetibilidade à movimentação de massa, e Muito Baixa a Baixa fragilidade à erosão. Em áreas de afloramentos rochosos associadas a regiões com declives, predominam Média a Alta suscetibilidade a movimentos de massa, representadas por queda, tombamento e rolamento de blocos. Localmente, ocorrem pontos de Média a Alta suscetibilidade a problemas geotécnicos associados a terrenos cársticos.

Na área da Jazida, as superfícies sujeitas a escorregamentos são representadas pelas descontinuidades associadas às foliações com mergulho predominante para Sudeste, as quais, podem condicionar instabilizações, além da sua combinação com as fraturas subverticais, originando cunhas e blocos potencialmente instáveis. O fato de as foliações apresentarem três rumos de mergulho distintos caracteriza uma situação de instabilidade de taludes com direções NE e com inclinação para SE ou para NW e; com direções N-S a NNW-SSE com inclinação para E a ENE.

Na região onde se pretende implantar a cava, a foliação apresenta mergulho predominante para SSE, onde na parede direita do trecho inicial da galeria G3, foram observados deslizamentos de pequeno porte ao longo do plano da foliação e queda de blocos isolados pela intersecção desta estrutura com fraturas subverticais NE e NW.

Além da orientação das estruturas, as condições geomecânicas do maciço têm papel fundamental na estabilidade dos taludes de cortes compartimentou o maciço da região em três classes geotécnicas. A classe I, caracterizada por rochas sãs ou praticamente sãs, pouco fraturadas e RQD acima de 50%, se localiza nas porções mais profundas do maciço, eventualmente intercalada com faixas de rocha com qualidade inferior. A classe II está distribuída na forma de lentes ou porções isoladas em meio às outras duas classes. A classe III, correspondendo a rochas com alto grau de alteração, muito fraturada e baixo RQD, se encontra, predominantemente, nas porções superficiais do maciço, porém podendo atingir mais de 100 metros de profundidade.

No presente estudo foi adotada a divisão litoestratigráfica proposta por Mendonça et al (1982), a qual, apesar de não levar em conta eventos estruturais existentes na região (pois correlaciona as Formações estratigraficamente), permite uma maior subdivisão do Grupo Itataia, nas Formações Serra do Céu (base), Laranjeiras, Barrigas e Alcantil (topo).

A Formação Laranjeiras juntamente com a Formação Serra do Céu perfaz o limite Leste e Norte da AID. A Formação Serra do Céu é predominantemente constituída por migmatitos, biotita-silimanita-granada-gnaisses localmente migmatizados, com inserções subordinadas de anfibólio-gnaisses e metarcóseos. A Formação Laranjeiras é composta por quartzitos e perfaz as cristas e cimeiras das Serras da Cacimba, Mata Fome, do Céu e Laranjeiras, e é constituída por quartzitos puros e micáceos, localmente ferríferos.

A Formação Barrigas é representada por gnaisses pelíticos aluminosos, é constituída por biotita-silimanita-gnaisses e biotita-plagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada, localmente apresentando migmatização em diferentes graus, comumente cloritizadas, processo este resultado de retrometamorfismo de fácies anfibolito para xisto verde.

A Formação Alcantil é composta em sua poção basal por rochas calciossilicáticas (diopsiditos e escapolitas-diopsiditos) que gradam para mármores com diferentes graus de pureza. Estes litotipos, ocasionalmente, apresentam alto teor de Magnésio (Mg). Os principais corpos de minério fosfático (colofanito), ocorrem associados às rochas carbonáticas e calcissilicáticas compondo um padrão de preenchimento de fraturas e falhas do tipo stockwork.

As fases de deformação dúctil que afetaram as rochas da região alteraram a geometria e distribuição espacial das unidades até então depositadas. São comuns dobras complexas, geralmente isoclinais, frequentes nas associações litológicas com contrastes reológicos e gerando transposições em condições de deformação progressiva.

As foliações são paralelas aos contatos litológicos e apresentam predominância de baixos ângulos de mergulho (aproximadamente 20º) com rumo predominante para Sul e Sudeste, com pequenas variações para noroeste e nordeste. Localmente, podem apresentar mudanças severas nas orientações e mergulhos, devido aos diversos padrões de dobramento superimpostos às rochas.

As fraturas e falhas se apresentam agrupadas em três famílias com direções médias NNW-SSE, NW-SE e E-W, normalmente com mergulhos subverticais apresentando pequenas dispersões. Suas características são praticamente homogêneas em toda a área, independentemente dos litotipos, apresentando superfícies geralmente planas, lisas a rugosas, seladas ou com aberturas milimétricas, algumas vezes preenchidas por argilas resultantes da alteração da própria rocha, e geralmente secas. Localmente, nas áreas de ocorrência de mármores, são observadas descontinuidades com maior abertura, derivadas da ação de processos cársticos de dissolução.

Os cursos d´água que drenam a AID e ADA do PSQ são contribuintes da margem direita do rio Groaíras, a exemplo da sub-bacia do riacho Cunha-Moti. Nessa região de clima semiárido fatores associados ao rápido escoamento superficial, intensa evaporação e reduzida infiltração limitam o fluxo dos recursos hídricos superficiais, se destacando os cursos d'água intermitentes.

Os cursos d'água nas áreas de influência do PSQ são considerados de águas doces Classe 2. Os potenciais fontes de poluição na AID e ADA são principalmente de origem difusa, relacionadas ao aporte de dejetos de animais, com destaque para a criação de caprinos, além de agricultura de subsistência. As cargas de origem orgânica e fecal concentradas na bacia de drenagem e no leito seco dos riachos no período de estiagem podem alcançar os açudes na época chuvosa, alterando a qualidade das águas do ponto de vista ecológico e sanitário.

As avaliações da qualidade das águas superficiais, realizadas em novembro/20 e fevereiro/21, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, evidenciaram que as águas nos açudes amostrados atenderam, em grande parte, aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces Classe 2. Os parâmetros que apresentaram não conformidades em relação à legislação nestas amostragens foram Cloreto Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfato Total, Manganês Total, Zinco Total, Cianobactérias e Surfactantes.

Do ponto de vista ecológico, os teores de oxigênio dissolvido foram baixos, inferiores ao padrão da legislação, na maioria dos locais amostrados, tendendo à anaerobiose nos açudes Quixaba e da Laís, no período seco (novembro/2020), possivelmente em função da dinâmica lêntica, onde a taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido é baixa, além de ser um ambiente no qual tende a ocorrer acúmulo de compostos orgânicos. No período chuvoso, registrou-se uma maior oxigenação das águas nesses locais, porém, os teores de Oxigênio Dissolvido mantiveram-se inferiores ao estipulado pela legislação.

Em síntese, os açudes amostrados apresentam indícios de introdução de matéria orgânica e de nutrientes, que podem acarretar processo de eutrofização do ambiente aquático, assim como algumas interferências relacionadas ao aporte de sólidos da matriz geológica regional.

Os estudos espeleológicos do Projeto Santa Quitéria foram pautados nos procedimentos e critérios estabelecidos nas normas de abrangência nacional, como a Resolução CONAMA n º 347/2004, o Decreto Federal n.º 6640/2008 e a IN n.º 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, com o objetivo de subsidiar o licenciamento ambiental do PSQ.

As validações e complementações do cadastro espeleológico local culminaram no inventário de 124 cavidades, das quais 36 estão localizadas fora do *buffer* de 250 m da ADA, incluídas por estudos anteriores. Esse cenário contribuiu para a ampliação do conhecimento sobre o patrimônio espeleológico local, em um contexto de raros registros para além do limite do projeto, o que certamente oferece maior segurança técnica para definição de características recorrentes ou raras.

A implantação do Projeto Santa Quitéria resultará na interferência em cinco cavidades naturais, classificadas nos graus de relevância Médio (uma) e Baixo (quatro), o que atesta a possibilidade do requerimento de supressão por parte do empreendedor ao órgão licenciador, conforme Decreto Federal n.º 6640/2008. A implantação do empreendimento envolverá, portanto, a perda de 4% das ocorrências espeleológicas locais, todas elas passíveis de supressão, conforme a classificação de relevância proposta.

8.2. Meio Biótico

Conforme apresentado no início do presente capítulo, os estudos e levantamentos de dados primários do Meio Biótico foram realizados de forma a contemplar um ciclo hidrológico completo (sazonalidade) (estações seca e chuvosa) da região do PSQ.

Os estudos contemplam o detalhamento do esforço amostral para cada grupo em cada fitofisionomia, apresentando a curva do coletor em cada item específico. Visando estabelecer uma área controle que não receberá influência do empreendimento (durante as fases de implantação e operação), optou-se pela implantação deste ponto amostral fora dos limites da AID.

No item de Flora e para cada grupo faunístico são apresentados os resultados dos levantamentos através de listas de espécies considerando: lista de espécies geral, indicação de espécies por ponto de coleta, por dia de coleta contemplando o número de espécimes encontrados de cada espécie, quando possível, com denominação taxonômica em nível específico.

O estado de fragmentação e conectividade da paisagem foi avaliado e é apresentado em item específico do presente diagnóstico. Foi considerou o cenário com e sem a inserção do empreendimento dentro do contexto da análise de espécies de flora e fauna, com destaque aos exemplares presentes nas listas oficiais de fauna ameaçada, considerando as listagens nacional (MMA) e internacional (IUCN);

Todos os dados coletados em campo foram georreferenciados e os dados brutos encontram-se anexados ao presente documento. Além disso, as coordenadas dos pontos e áreas amostrais são apresentadas na projeção DATUM SIRGAS 2000.

As espécies de maior interesse econômico, as endêmicas, as ameaçadas de extinção, raras, de interesse para saúde pública e bioindicadoras foram identificadas e destacadas em item específico dentro da apresentação dos resultados e discussões de cada grupo.

Cabe destacar que as atividades de levantamento de fauna foram realizadas de acordo com a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (Abio nº 03/2020).

8.2.1. Ecossistemas Terrestres

8.2.1.1. Fauna

A região Nordeste do Brasil apresenta distintas coberturas vegetais pertencentes aos domínios morfoclimáticos da Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado. As características únicas das zonas de transição (ecótonos) resultam em sistemas únicos de fauna e flora (FERREIRA, 2006). Estudos conduzidos, principalmente de cunho compilatório, sugerem nesta região ocorram cerca de 386 espécies de peixes (LIMA *et al.*, 2017), 200 espécies de anfíbios, 350 espécies de répteis (RODRIGUES et al., 2003; LOEBMANN & MAI, 2008; ANDRADE *et al.*, 2012A ; 2012b; GUEDES *et al.*, 2014; FREITAS, 2015).; MESQUITA *et al.*, 2017), 548 espécies de aves (ARAUJO & SILVA, 2017), 183 espécies de mamíferos (CARMIGNOTTO & ASTÚA, 2017), sem contar a diversa variedade de invertebrados.

Por se tratar de uma zona transicional entre domínios morfoclimáticos, a maior parte da fauna da Região Nordeste é caracterizada como de ampla distribuição entre os biomas. Essa riqueza, entretanto, não ocorre de forma igual ao longo de todo o espaço geográfico, variando de acordo com particularidades edáficas e vegetacionais. O interior do Ceará apresenta formações peculiares inseridas no domínio morfoclimático das Caatingas (*sensu* AB'SABER, 1977) entremeadas por importantes áreas transicionais de Cerrado. Nesta região, como formações vegetacionais mais conspícuas, ocorrem fitofisionomias de aspecto xérico na forma de savanas estépicas e campos rupestres (ARAÚJO *et al.*, 2006; FERREIRA, 2006).

A Caatinga e Cerrado, frente a ambientes mais úmidos como Amazônia e Mata Atlântica, já foram descritos na literatura como possuindo uma baixa biodiversidade, com poucas espécies e baixo grau de endemismo (SILVA *et al.*, 2003), contudo, estudos recentes (CRUZ *et al.*, 2005; LEAL *et al.*, 2005; ARAUJO, 2009; FREITAS, 2010; LOEBMANN & HADDAD, 2010; LAS-CASAS *et al.*, 2012) vêm demonstrando que estes são biomas tão ou mais ricos que os demais (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2003).

As atividades de mineração são frequentemente associadas aos diversos impactos de origem antrópica, destacando-se alterações na paisagem, supressão de vegetação nativa e poluição de solo e água (MECHI & SANCHES, 2010). O impacto mais direto e evidente para a fauna terrestre é a perda do habitat, onde a área ocupada pela paisagem natural é substituída pela áre de lavra do empreendimento em si, trazendo consigo a supressão da vegetação original e o consequente afugentamento da fauna local. Os impactos indiretos, são causados pela emissão de resíduos, sejam gases, líquidos ou sólidos, ou mesmo de ruído sonoro, que podem ter uma influência para além dos limites do empreendimento em si, afetando principalmente a região circunvizinha.

A ação em médio e longo prazo destes potenciais efeitos sobre as comunidades faunísticas ainda não são totalmente conhecidos na região Nordeste brasileira. Apesar do constante aumento no número de estudos desenvolvidos no Brasil que abordam este tipo de interferência antrópica, a grande parte destes é realizada em formações ombrófilas (VIELLIARD & SILVA, 1990; ALEIXO & VIELLIARD, 1995; MACHADO, 1995; DARIO, 1999; GIMENES & ANJOS, 2000; VIELLIARD, 2000; MARSDEN et al., 2001; ANJOS, 2002; GALETTI et al., 2003; MALDONADO-COELHO & MARINI, 2003; RIBON et al., 2003) e alguns no Cerrado (CHRISTIANSEN & PITTER, 1997; ALMEIDA et al., 1999; MARINI, 2001; ANDRADE & MARINI, 2001), sendo precária a avaliação das consequências destes na Caatinga (MARINI & GARCIA, 2005) e ambientes transicionais.

A seguir são apresentados os resultados obtidos ao longo de duas campanhas de inventário faunístico visando subsidiar com informações o processo de licenciamento da instalação do Projeto Santa Quitéria, localizado no município de Santa Quitéria, Ceará.

8.2.1.1.1. Área de Estudo e Áreas Amostrais

A área de estudo se insere no Bioma Caatinga e se localiza na Fazenda Itataia e em seu entorno, onde prevalece a fisionomia de Savana-estépica (ou Caatinga) arborizada, com áreas de Savana Estépica Florestada nas maiores declividades.

Ao longo da AID são observadas áreas recobertas por estas duas fitofisionomias e coleções hídricas, que são componentes importantes da paisagem, por representarem área de dessedentação e de atratividade para a fauna. Tais características foram observadas para a determinação da localização das áreas amostrais. A seguir são ilustradas as características ambientais dos pontos amostrais (Figura 8.2-1 a Figura 8.2-28).

Figura 8.2-1 – Vista geral do ponto amostral 1 - Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-2 – Vista geral do ponto amostral 1 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-3 – Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-4 – Vista geral do ponto amostral 2 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-5 – Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-6 – Vista geral do ponto amostral 3 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-7 – Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-8 – Vista geral do ponto amostral 4 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-9 – Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-10 – Vista geral do ponto amostral 5 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-11 – Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-12 – Vista geral do ponto amostral 6 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-13 – Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-14 – Vista geral do ponto amostral 7 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-15 – Vista geral do ponto amostral 8 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-16 – Vista geral do ponto amostral 8 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-17 – Vista geral do ponto amostral 9 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-18 – Vista geral do ponto amostral 9 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-19 – Vista geral do ponto amostral 10 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-20 – Vista geral do ponto amostral 10 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-21 – geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-22 – Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-23 – Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-24 – Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-25 – Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-26 – Vista geral do ponto amostral 13 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-27 – Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-28 – Vista geral do ponto amostral 14 – Área controle, durante a segunda campanha.

Para a determinação das áreas amostrais para a fauna terrestre e a biota aquática, inicialmente procedeu-se a definição das diferentes áreas de influência do empreendimento, pois as unidades amostrais para levantamento de dados primários seriam estabelecidas na A Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de Influência Direta (AID). A ADA foi definida como a área na qual será instalado o empreendimento, e que por consequência, sofrerá os maiores impactos relacionados ao mesmo, pois é onde haverá conversão do uso do solo para abrigar as estruturas do projeto. A ADA abrange, portanto, uma área de aproximadamente 380 hectares compostos majoritariamente por Savana-Estépica Arborizada.

A Área de Influência Direta foi definida como a microbacia do rio Mulungu, até seu deságue no rio Groaíras, incluindo, portanto, seus afluentes, como o riacho Bitu, o riacho mulungu e o riacho Curimatã e o riacho Gangorra, em uma área total de 17.546 hectares. A AID também é dominada formações de savana-estépica em diferentes níveis de conservação, além de áreas mais antropizadas, como açudes e áreas destinadas à agricultura de subsistência.

Foram então estabelecidos pontos em áreas identificadas como recobertas por ambas as fitofisionomias identificadas (Savana Estépica Arborizada e por Savana Estépica Florestada), localizados na AID e na ADA (Tabela 8.2-1). Cabe ressaltar ainda que, a acessibilidade das áreas foi um ponto crucial, também considerado para o estabelecimento dos pontos de amostragem. Sobre este aspecto, a experiência na execução do EIA anterior (ARCADIS LOGOS, 2014) foi fundamental na seleção das áreas.

Para obtenção de um parâmetro comparativo isento de influência do empreendimento, uma área controle também foi definida. Esta área é representada pelo 14º ponto de amostragem para vertebrados (Tabela 8.2-1).

Devido as peculiaridades de cada grupo faunístico, algumas adaptações relacionadas às áreas amostrais foram necessárias. Neste caso, ressalta-se que para o diagnóstico de insetos vetores de interesse médico-sanitário foram consideradas áreas específicas, próximas aos assentamentos humanos, tendo em vista tratar-se de fauna sinantrópica e periantrópica. Já para a biota aquática foram considerados os pontos já amostrados quando do EIA anterior (ARCADIS LOGOS, 2014), em quatro campanhas previamente realizadas para caracterização da comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton), invertebrados bentônicos, macrófitas e ictiofauna.

As áreas de amostragem de fauna estão apontadas no Mapa 8.2-1e as coordenadas das áreas amostrais utilizadas são apresentadas na Tabela 8.2-1 como também na descrição das metodologias de cada grupo faunístico.

Tabela 8.2-1 - Pontos de amostragem durante o levantamento dos vertebrados na área de influência do Consórcio Santa Quitéria.

Ponto amostral	UTM 24M (Datum SIRGAS 2000)		Fitofisionomia predominante	Área de Influência
	X	Y		
1	411511	9494599	Savana Estépica Arborizada	AID
2	412895	9494847	Savana Estépica Florestada	AID
3	415332	9494868	Savana Estépica Arborizada	ADA
4	414221	9496666	Savana Estépica Florestada	ADA
5	415298	9496179	Savana Estépica Florestada	AID
6	415660	9496122	Savana Estépica Florestada	AID
7	413854	9493592	Savana Estépica Arborizada	AID
8	415294	9492822	Savana Estépica Arborizada	AID
9	412969	9496550	Savana Estépica Arborizada	AID
10	415426	9495743	Savana Estépica Florestada	AID
11	414024	9495966	Savana Estépica Florestada	ADA
12	413618	9494678	Savana Estépica Arborizada	AID
13	415202	9494322	Savana Estépica Arborizada	ADA
14	419362	9491057	Savana Estépica Arborizada	Controle

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

Canindé

Santa Quitéria

Itatira

CE-366 CE-168

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Legenda

- Rodovias
- Via Local
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico
- Pontos de Amostragem de Vertebrados
- Área Amostral

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidades Amostrais da Fauna de Vertebrados

Mapa	Escala	Localização	
8.2-1	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V03	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

O desenho amostral do presente estudo foi baseado em um esforço suficiente para caracterizar a fauna dos diferentes grupos, fazendo uso de métodos consagrados em seus respectivos meios. As espécies registradas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível. Os espécimes que não puderam ser identificados em campo foram coletados e encaminhados para tombamento na coleção zoológica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), conforme Declaração de Depósito apresentado no Anexo 8.2-I.

As amostragens foram realizadas em duas etapas, uma na estação seca (novembro/2020) e outra na estação chuvosa (fevereiro/2021) considerando a média histórica de pluviosidade da região (Figura 8.2-29). Foi observado, porém, uma anomalia pluviométrica quando da ocorrência da segunda campanha, na estação chuvosa, cujo atraso no início das chuvas resultou em amostragem em período ainda de baixa pluviosidade.

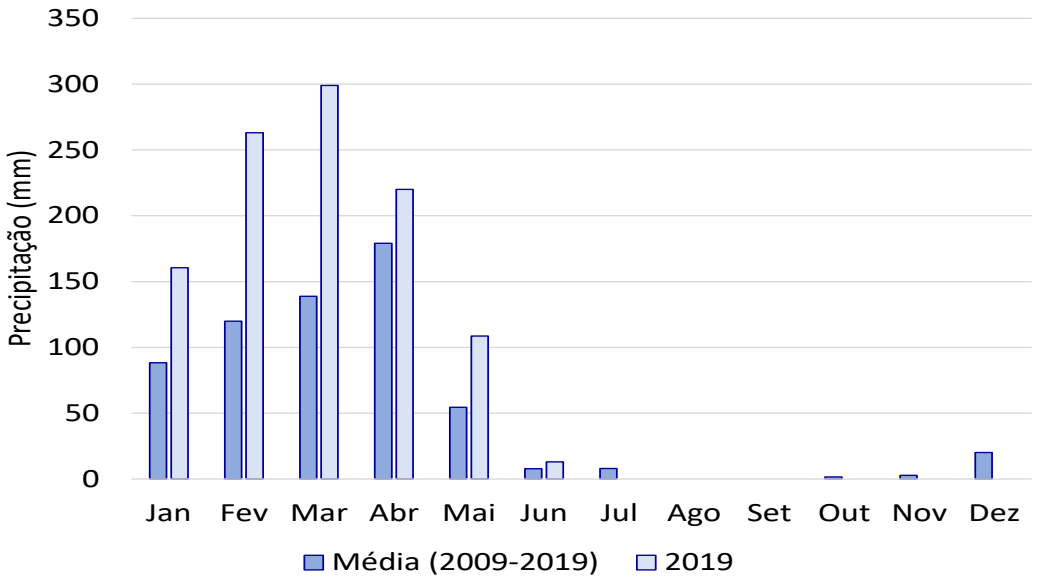


Figura 8.2-29 – Precipitação média na área do projeto nos últimos onze anos

Fonte: INMET, 2019

Cabe destacar que a estrutura do relatório foi baseada em parâmetros comparativos, sempre considerando as informações regionais disponíveis (dados secundários) com as informações encontradas durante a realização dos trabalhos de campo (dados primários). Devido ao diferente nível de conhecimento ecológico de cada grupo faunístico estudado no presente EIA, a área definida como de interesse para busca de dados secundários variou fortemente entre grupos, porém, mantendo-se sempre a maior proximidade possível com a AII.

Tais buscas de referências bibliográficas para composição de dados secundários, e, portanto, de espécies de potencial ocorrência na área de estudo (AII) foi baseada

principalmente na representatividade fisionômica das referências encontradas, no estado de conservação dos remanescentes relatados e na coerência biogeográfica dos registros citados.

Assim, em ordem crescente de tamanho de área para busca de dados secundários, fez-se uso dos limites da AII, do município de Santa Quitéria, a microrregião de Santa Quitéria (incluindo os municípios de Boa Viagem, Canindé, Catunda, Cariré, Forquilha, Groaíras, Hidrolândia, Irauçuba, Itatira, Monsenhor Tabosa, Pires Ferreira, Sobral e Varjota), o estado do Ceará, e, por fim, os estados do nordeste brasileiro abrangidos pela Caatinga, bioma predominante na área de estudo.

8.2.1.1.2. Herpetofauna

A. Introdução

Durante muito tempo a herpetofauna da Caatinga, quando comparada aos outros biomas sul-americanos, foi considerada pobre, com baixa riqueza, predominância de espécies generalistas, de ampla distribuição, ou, oriundas dos biomas adjacentes, especialmente o Cerrado (VANZOLINI et al., 1980). Gradualmente, porém, com o aumento de estudos na região, a herpetofauna da Caatinga vem se mostrando diversa e com alto grau de endemismos (ARAUJO et al., 2005; RODRIGUES, 2005).

Englobando todas as fitofisionomias inseridas na área geográfica do bioma, inclusive as conhecidas como brejos de altitude (ilhas relictuais de mata, que são favorecidas por condições naturais mais amenas que aquelas das caatingas circundantes), são descritas atualmente cerca de 324 espécies para herpetofauna do bioma sendo 98 anfíbios e 226 répteis (79 lagartos, 20 anfisbenídeos, 114 serpentes, 10 quelônios, 3 Crocodilianos) (A. GARDA et al., 2017; MARQUES et al., 2017; D. MESQUITA et al., 2017; RODRIGUES, 2003).

Entre as espécies da herpetofauna da Caatinga, 22 espécies são consideradas ameaçadas pela atual Portaria MMA nº 444/2014 (MMA, 2014) compilada pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018). Para os anfíbios há 1 espécie listada, já para os répteis são listadas 21. Tais espécies são em sua grande maioria endêmicas e de distribuição bastante restrita ou ocorrendo em habitats específicos. Já no apêndice II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção – CITES (CITES, 2021), três espécies do bioma são citadas como ameaçadas.

Anfíbios e répteis são particularmente vulneráveis aos efeitos das atividades antrópicas que alteram a cobertura vegetal original, como supressão vegetal e fragmentação de

habitats. Alguns répteis podem ser importantes em estudos ambientais para a conservação de regiões naturais já que, por ocuparem o topo de várias cadeias alimentares, eles exigem uma oferta alimentar que sustente suas populações, fazendo com que o grupo funcione como excelente bioindicador de primitividade dos ecossistemas (MOURA-LEITE et al., 1993).

Os anfíbios têm sido sugeridos por vários autores como potenciais indicadores de qualidade ou degradação ambiental. A pele permeável e o ciclo de vida em ambiente aquático e terrestre são características que os tornam suscetíveis a alterações no ambiente, tanto físicas (umidade e temperatura, por exemplo) como químicas (poluição, por exemplo). Muitas espécies dependem simultaneamente de ambientes aquáticos e terrestres, em boas condições de conservação, para sua sobrevivência (LAURIE J VITT et al., 1990).

Esta seção trata do diagnóstico da herpetofauna terrestre nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha de seca, 05 a 17 de novembro de 2020; 2ª campanha no período chuvoso, 31 de janeiro a 11 de fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Levantamento de herpetofauna- Dados secundários

O levantamento dos dados secundários referentes à herpetofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria, foi realizado por meio de consulta à bibliografia especializada, publicada em artigos científicos e livros. Devido à escassez de estudos realizados próximos a região de interesse, o Estado do Ceará foi utilizado como referência, porém, a grande maioria dos bons inventários para herpetofauna realizados no Estado, ocorreram em regiões de fitofisionomias, condições climáticas e ambientais distintas de regiões de Caatinga típica. Assim, foram utilizados estudos geograficamente mais abrangentes, levantados na literatura especializada. Além disso, o Estudo de Impacto Ambiental previamente realizado na área do projeto (ARCADIS LOGOS, 2014), permitiu a comparação de dados e uma melhor caraterização da comunidade. Foram consideradas as seguintes fontes neste levantamento:

+ ARCADIS LOGOS (2014) – Neste trabalho foi reunida as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessários para a composição do Estudo de Impacto Ambiental – Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Como resultado o relatório aponta a ocorrência de 46 espécies da herpetofauna na área de estudo.
+ RODRIGUES (2003) – Faz um compilado da Herpetofauna da Caatinga a partir de dados disponíveis na coleção do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

- GARDA et al. (2017) – Revisam o conhecimento atual sobre ecologia, biodiversidade, biogeografia e conservação de anfíbios da Caatinga.
- MESQUITA et al. (2017) – Revisam a literatura sobre a origem e diversificação dos lagartos da Caatinga, fornecem uma lista e categorizam os padrões de distribuição.
- MARQUES et al. (2017) – Guia ilustrado contendo as espécies de serpentes já registradas na Caatinga.
- ROBERTO & LOEBMANN (2016) – Fornecem uma lista de anfíbios e répteis registrados para o estado do Ceará.
- BORGES-NOJOSA, et al (2021) – Lista de Répteis do Ceará.
- CASSIANO-LIMA (2021) – Lista de Anfíbios do Ceará.

As áreas de influência do empreendimento caracterizam-se por ambientes típicos de Caatinga, com diversidade de fitofisionomias naturais, além de ambientes alterados pelo homem, como açudes, e pastagens. Conforme os tipos de ambientes identificados, elaborou-se uma lista de espécies de potencial ocorrência para a área do projeto, tendo como base a lista geral de espécies da herpetofauna da Caatinga e as listas para os seus grupos mais representativos (Anfíbios, Lagartos e Serpentes). Esta lista foi construída a partir das espécies registradas para o Estado do Ceará, considerando as características ambientais da área e os requisitos ecológicos das espécies. Assim, foram compiladas 97 espécies de potencial ocorrência, sendo 31 de Anfíbios e 66 de Répteis (Anexo 8.2-II).

B.2. Levantamento de herpetofauna- Dados primários

O levantamento de dados ocorreu em duas campanhas de campo, uma no período seco (entre os dias 07 e 17 de novembro de 2020), e a outra no período chuvoso (entre os dias 31 de janeiro e 11 de fevereiro de 2021), coletando dados na AID, na ADA e no ponto controle. A coleta de dados foi realizada através de busca visual ativa e da instalação de armadilhas de interceptação e queda (“pitfalls”).

Em ambas as campanhas o trabalho de campo efetivo foi de 10 dias de amostragem. Complementarmente, foram utilizados dados referentes aos encontros casuais de animais, fornecidos pelas outras equipes de fauna que estavam em campo. Tais dados não foram utilizados nas análises estatísticas, uma vez que não foram obtidos por metodologias padronizadas de amostragem.

Foram instaladas armadilhas de interceptação e queda nos quatorze pontos amostrais selecionados (Tabela 8.2-2). Em cada ponto, foram utilizados 10 baldes de 60 litros, dispostos em linha, enterrados com a boca ao nível do solo, com distância média de 10 metros entre eles e interligados por uma cerca guia. Feita de lona plástica, a cerca guia foi mantida em posição vertical por estacas de madeira (Figura 8.2-30). As armadilhas foram

vistoriadas, sempre que possível, em dois períodos, no início e fim do dia para a identificação, coleta ou soltura dos animais capturados. O esforço amostral foi de 140 armadilhas/dia, totalizando 1.400 armadilhas/dia por campanha (10 baldes x 10 dias x 14 pontos), perfazendo 2.800 armadilhas/dia no total (2 campanhas).

Tabela 8.2-2 -Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas de interceptação e queda durante o levantamento da herpetofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
Ponto 1	411511	9494599	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 2	412895	9494847	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 3	415332	9494868	Savana Estépica Arborizada	ADA
Ponto 4	414221	9496666	Savana Estépica Florestada	ADA
Ponto 5	415298	9496179	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 6	415660	9496122	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 7	413854	9493592	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 8	415294	9492822	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 9	412969	9496550	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 10	415426	9495743	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 11	414024	9495966	Savana Estépica Florestada	ADA
Ponto 12	413618	9494678	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 13	415202	9494322	Savana Estépica Arborizada	ADA
Ponto 14	419362	9491413	Savana Estépica Arborizada	Controle

Elaboração: Tetra Mais, 2021

A busca ativa ocorreu no período diurno e noturno com registro acústico, fotográfico e captura para identificação dos espécimes. As buscas foram realizadas através de transectos aleatórios em cada ponto amostral (Figura 8.2.1 1), investigando possíveis microhábitats (serrapilheira, debaixo de troncos caídos e pedras, buracos no chão ou em árvores, ambientes aquáticos, cupinzeiros etc.), a fim de se amostrar, ao máximo, a heterogeneidade ambiental presente na área de estudo (CRUMP & SCOTT, 1994; VANZOLINI et al., 1980).

Nos transectos de cada um dos 14 pontos foram dispendidas um total de 2 horas de esforço amostral no período diurno e 2 horas no período noturno, por 3 pesquisadores, resultando em um esforço amostral de 12 horas/homem por ponto por campanha. Totalizando um esforço de 336 horas/homem (14 pontos x 4 horas x 3 pesquisadores x 2 campanhas).

Figura **8.2-30. Armadilhas de Interceptação e queda (AIQ), instaladas para a amostragem da herpetofauna para o diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 412895, S 9494847)**

Figura 8.2-31 – Método de busca ativa utilizado para diagnostico para herpetofauna do Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 414221, S 9496666; UTM 24M: E 415426, S 9495743)

B.3. Análise de dados

Para a quantificação da diversidade, foi utilizado o Índice de Shannon-Winner (H'), que é baseado na abundância proporcional das espécies, considerando tanto a riqueza das espécies quanto a sua equidade. Esse método é geralmente escolhido pela sua alta capacidade discriminante (KREBS, 1989; Magurran, 2004). Ainda, o emprego do índice de

Shannon_Weaver foi atribuído por ser um índice utilizado em situações em que a comunidade inteira não pode ser inventariada (amostras). A equitabilidade foi avaliada utilizando o índice da Equidade de Pielou (J'), associada ao Índice de Shannon.

A eficiência amostral foi determinada pela construção de curvas de acumulações de espécies (sensu GOTELLI & COLWELL, 2001). Estas curvas possibilitam avaliar o quanto o número de espécies observadas se aproxima do número de espécies supostamente presentes (riqueza estimada) naquele ambiente. Por meio da análise do comportamento desta curva, pode-se sugerir, a partir de estimadores de riqueza, o número de espécies que ainda não foram observadas na área (CHAZDON et al., 1998).

Para calcular essa estimativa, foram utilizados os estimadores de riqueza Chao 2 e Jacknife 1, os quais apresentaram melhor performance em testes em área de Caatinga. As análises referentes à curva de rarefação e estimativa de riqueza de espécies foram realizadas utilizando o software Estimates v.9.0 (COWELL, 2013).

A fim de verificar a relação entre os pontos amostrados, de acordo com o compartilhamento de espécies registradas, foi realizada uma análise de agrupamento (UPGMA) a partir do índice de similaridade de Jaccard. Este índice foi selecionado devido ao conjunto de dados empregado na análise de similaridade utilizar apenas informações de presença e ausência, dessa forma, permitindo o uso de dados métodos que não possibilitam a contabilização de abundância. Os dados de abundância total foram convertidos em dados de abundância relativa. Nesta análise foi utilizado o programa R.

Finalmente, para verificar se existe diferença na composição de espécies e abundância entre as áreas amostrais, foi realizada uma ANOVA one way ($p < 0,05$) a partir do total de espécies registrados em cada ponto amostral. A posteriori, foi realizado um teste de Tukey para identificar onde estariam as possíveis diferenças ($p > 0,05$). A hipótese nula testada foi de que as áreas não diferem quanto à composição de espécies. Na ANOVA as áreas foram consideradas como fatores para comparação em relação à composição da comunidade (presença/ausência) e abundância das espécies. Os dados foram transformados em logaritmo natural. Os testes foram feitos considerando as duas campanhas em conjunto, para herpetofauna e para o grupo dos lagartos.

C. Resultados e Discussão

C.1. Composição faunística

Na primeira campanha foram registrados 493 indivíduos de 22 espécies, sendo 3 de anfíbios e 19 de répteis (12 de lagartos e 7 de serpentes). Entre os anfíbios a espécie mais

abundante foi *Rhinella granulosa* (n = 4), entre os répteis foram os lagartos *Tropidurus hispidus* (n = 211) e *Ameivula ocellifera* (n = 118).

Já na segunda campanha foram registrados 541 indivíduos de 21 espécies, sendo 3 de anfíbios e 18 de répteis (12 de lagartos e 6 de serpentes). Entre os anfíbios a espécie mais abundante foi *Leptodactylus troglodytes* (n = 14), entre os répteis foram os lagartos *Tropidurus hispidus* (n = 212) e *Ameivula ocellifera* (n = 148).

Considerando os resultados compilados das duas campanhas realizadas, foram registrados 1034 indivíduos, sendo 5 espécies de anfíbios, 13 de lagartos e 10 de serpentes, totalizando 28 espécies para herpetofauna (Tabela 8.2.1 2). A espécie de anfíbio mais abundante foi *Leptodactylus troglodytes* (n = 14) e para os répteis, as espécies mais abundantes foram os lagartos *Tropidurus hispidus* (n = 423), *Ameivula ocellifera* (n = 266). Os lagartos foram responsáveis por mais de 95% dos indivíduos registrados (Figura 8.2.1 4). A Tabela 8.2-3 apresenta os resultados das duas campanhas de campo realizadas na área do projeto.

Tabela 8.2-3 - Espécies da herpetofauna registradas na área do empreendimento durante o levantamento de dados primários na área do Projeto Santa Quitéria.

	DP (1C)	DP (2C)	DP	DP (ADA)	DP (AID)	DP (AC)	EIA 2014	END	CITES	IUCN
ANURA	**3**	**3**	**5**	**3**	**3**	0				
Bufonidae										
Rhinella granulosa	x		x		x		x			LC
Rhinella jimi		x	x		x		x			LC
Hylidae										
Scinax x-signatus	X		x	x			x			LC
Leptodactilydae										
Leptodactylus troglodytes	x	x	x	x	x		x			LC
Phyllomedusidae										
Pithecopus nordestinus		x	x	x			x			DD
SQUAMATA										
Lagartos	**12**	**12**	**13**	**11**	**13**	**6**				
Gekkonidae										

	DP (1C)	DP (2C)	DP	DP (ADA)	DP (AID)	DP (AC)	EIA 2014	END	CITES	IUCN
Hemidactylus agrius	x	x	x	x	x		x			LC
Lygodactylus klugei	x		x	x	x		x	x		LC
Gymnophthalmidae										
Vanzosaura multiscutata	x	x	x	x	x	x	x			LC
Iguanidae										
Iguana Iguana		x	x		x		x		II	LC
Mabuyidae										
Brasiliscincus heathi	x	x	x		x		x			LC
Phyllodactylidae										
Gymnodactylus geckoides	x	x	x	x	x		x			LC
Phyllopezus pollicaris	x	x	x	x	x		x			LC
Sphaerodactylidae										
Coleodactylus meridionalis	x	x	x	x	x	x	x			LC
Teiidae										
Ameiva ameiva	X	x	x	x	x	x	x			LC
Ameivula ocellifera	X	x	x	x	x	x	x			LC
Salvator merianae	x	x	x	x	x		x		II	LC
Tropiduridae										
Tropidurus hispidus	x	x	x	x	x	x	x			LC
Tropidurus semitaeniatus	x	x	x	x	x	x	x	x		LC
Serpentes	**7**	**6**	**10**	**4**	**7**					
Boidae										
Boa constrictor		x	x		x		x		II	NE
Corallus hortulanus		x	x	x						LC
Colubridae										

	DP (1C)	DP (2C)	DP	DP (ADA)	DP (AID)	DP (AC)	EIA 2014	END	CITES	IUCN
Oxybelis aeneus	x		x							LC
Dipsadidae										
Apostolepis cearensis	x		x		x					LC
Oxyrhopus trigeminus	x	x	x		x		x			LC
Philodryas nattereri	x		x	x						LC
Taeniophallus occipitalis	x		x		x					LC
Elapidae										
Micrurus ibiboboca	x	x	x	x	x		x			NE
Viperidae										
Crotalus durissus		x	x		x		x			LC
Leptotyphlopidae										
Epictia borapeliotes	x	x	x	x	x		x			LC
TOTAL	**22**	**21**	**28**	**18**	**23**	**6**		**2**	**3**	

Legenda: DP – dados primários, espécies registradas na área do empreendimento; DP(ADA) – área diretamente afetada; DP(AID) – área de influência direta; DP(CON) – Ponto controle; EIA 2014 – registradas no EIA 2014 (ARCADIS LOGOS, 2014); END – Espécie endêmica da Caatinga; CITES – Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção – Apêndice II (CITES, 2021); e IUCN – Categoria de ameaça de acordo com a International Union for Conservation of Nature: LC – Pouco preocupante (= não ameaçada), NE – Não avaliada, DD – Dados Insuficientes (IUCN, 2021).

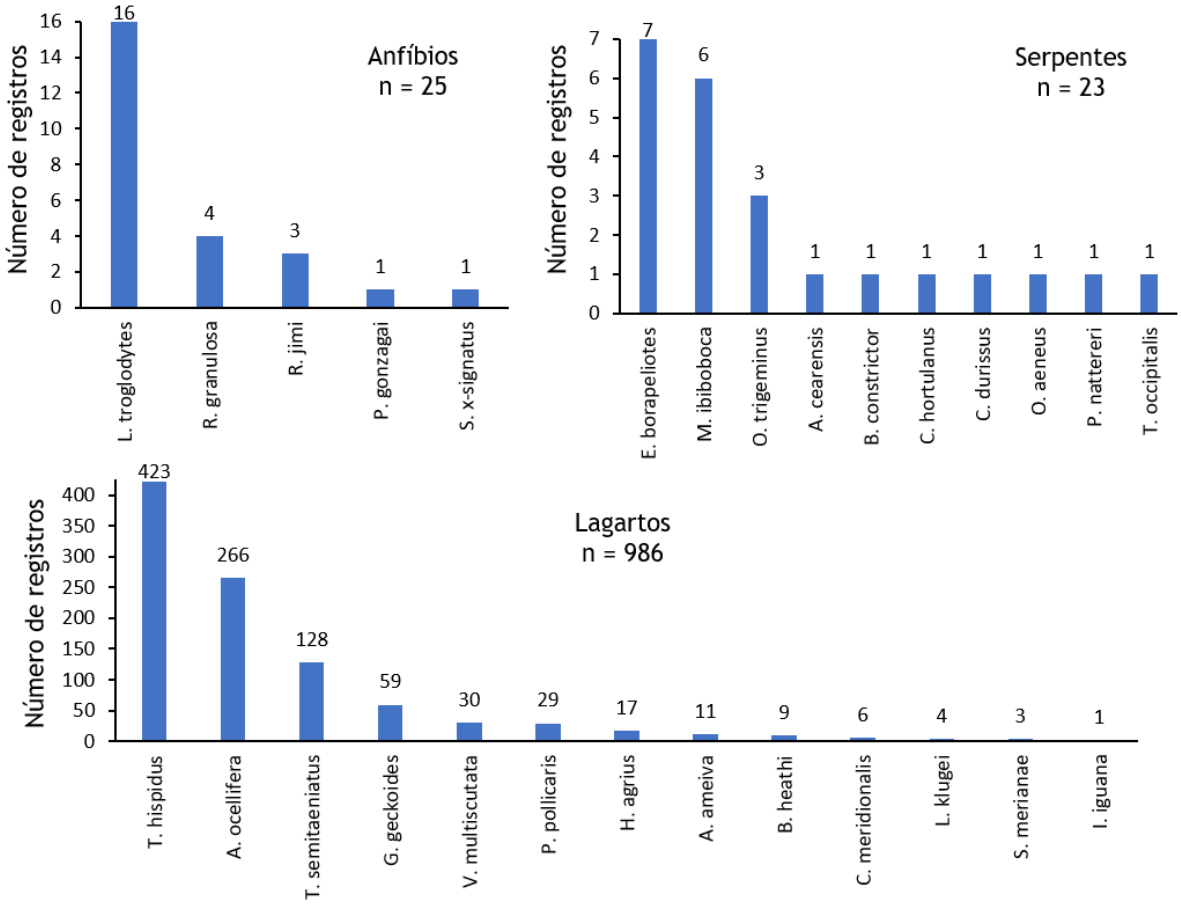


Figura 8.2-32 – Abundância de espécies da herpetofauna encontrada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.

Na ADA foram registradas 18 espécies da herpetofauna, sendo três anfíbios, 11 lagartos e quatro serpentes. Já na AID os registros computaram 23 espécies (três anfíbios, 13 lagartos e sete serpentes). Duas espécies de anfíbios (*Pithecopus nordestinus, Scinax x-signatus*) e duas espécies de serpentes (*Corallus hortulanus* e *Philodryas nattereri*) foram registradas exclusivamente na ADA. Foram ainda registradas nove espécies exclusivamente na área de Influência Direta (AID) do projeto, a saber: os Anfíbios *Rhinella granulosa* e *Rhinella jimi*; os Lagartos *Brasiliscincus heathi* e Salvator *merianae* e as serpentes *Apostolepis cearenses*, *Oxyrhopus trigeminus*, *Taeniophallus occipitalis*, *Boa constrictor* e *Crotalus durissus*. A espécie de serpente *Oxybelis aeneus* foi registrada por encontro ocasional, fora da ADA e AID. Porém, todas estas espécies possuem ampla distribuição e são relativamente comuns em inventários para herpetofauna da Caatinga, assim, provavelmente estão presentes em todas as áreas.

C.2. Eficiência Amostral

A eficiência da amostragem foi estimada por meio de curvas de rarefação de espécies, baseada em 1000 randomizações da matriz original no programa Estimates v.9.0 (COWELL, 2013), tendo o número de indivíduos como unidade amostral (UA). Os estimadores utilizados foram o Chao 2 e Jackknife 1, sendo construída uma curva de rarefação para os dados compilados das duas campanhas. Essa opção também se deu pela homogeneidade da paisagem na área amostral. Apesar do esforço de coleta, quando são consideradas todas as áreas amostrais para herpetofauna, a curva de acumulação não atingiu a assíntota, sendo provável a adição de mais espécies na medida em que for empregado maior esforço amostral. O estimador Jackknife 1 estimou um número de 38 espécies, já o estimado Chao 2 estimou um número muito superior ao de espécies registradas, aparentemente superestimando a riqueza. Porém, este estimador é sensível a "uniques" (espécies registradas apenas uma vez) na amostra, podendo levar há uma distorção na estimativa quando há uma alta porcentagem de "uniques" na amostra (Figura 8.2-33).

Quando os grupos são analisados separadamente, a baixa riqueza e abundância de espécies pode ter provocado distorções nas análises dos dados de anfíbios e serpentes. No caso dos anfíbios a riqueza estimada não foi superior a sete espécies, menos da metade das espécies registradas anteriormente na área. Quanto às serpentes, o estimador Chao 2, parece superestimar a riqueza. Isto possivelmente resulta do fato da maior parte das espécies de serpentes ter sido representada por um único indivíduo "uniques".

A curva representativa dos dados de riqueza de lagartos indica estabilização tendendo à assíntota, com os estimadores variando de 13 a 14 espécies, indicando que a comunidade de lagartos foi a mais bem amostrada. Cabe ressaltar que o levantamento anterior na área (ARCADIS LOGOS, 2014) indicou uma comunidade de lagartos com pelo menos 16 espécies, então não se pode descartar a adição de mais algumas espécies mediante o aumento do esforço amostral.

Ao analisar a herpetofauna conjuntamente, verifica-se que os estimadores indicam a ocorrência de aproximadamente 71 espécies na área do Projeto Santa Quitéria (Figura 8.2-33).

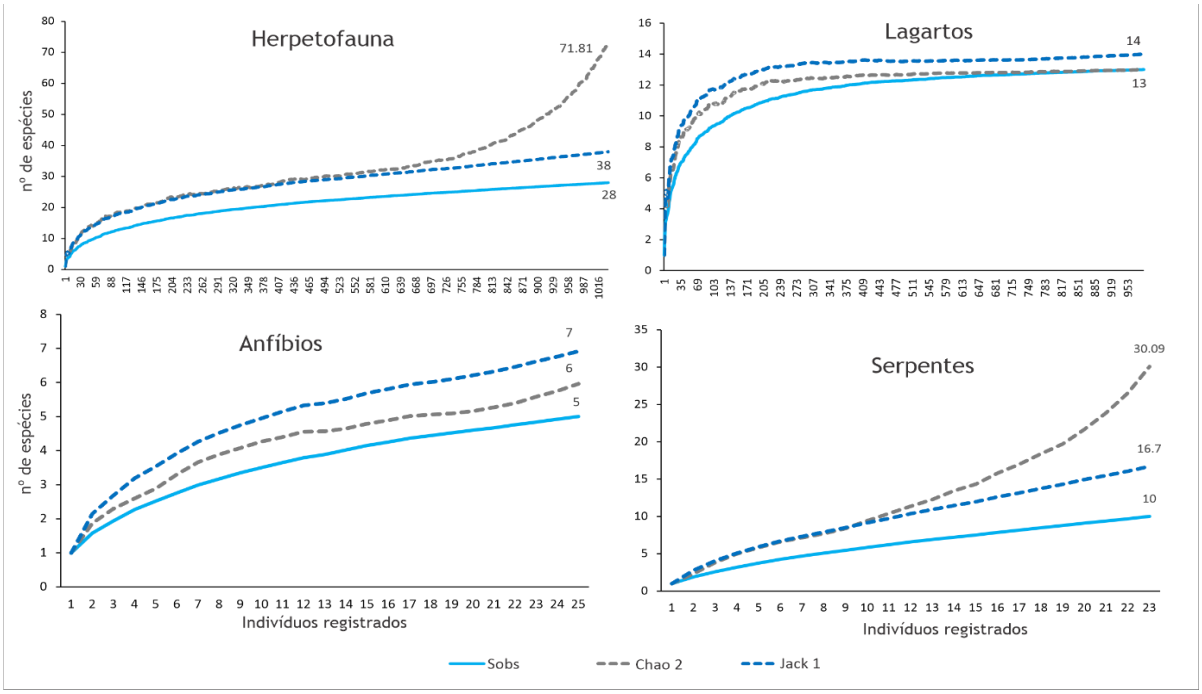


Figura 8.2-33 – Curvas de acumulação para espécies da herpetofauna e separadamente para os grupos (lagartos, anfíbios e serpentes) e para lagartos registrados nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. A linha azul clara representa a rarefação dos dados originais (com 1000 randomizações), a linha tracejada cinza representa o estimador de diversidade Chao 2 e a linha tracejada azul representa o estimador de diversidade Jakknife 1.

Considerando os dados do estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), os estimadores apontam para uma riqueza local de aproximadamente 50 espécies, que é um número bem próximo daquele obtido mediante a compilação dos dados das campanhas de 2011 com o presente estudo, que totaliza 51 espécies.

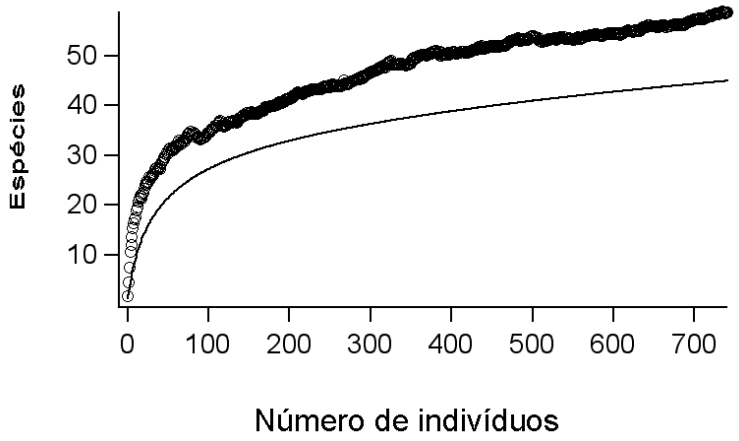


Figura 8.2.1-34 – Curvas de rarefação para o conjunto da herpetofauna coletada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). A linha representa a rarefação dos dados originais (com 100 randomizações) e os círculos representam o estimador de diversidade (Chao 2)

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2011.

A despeito de indicação de que novas espécies podem ser adicionadas mediante a adição de esforço amostral, ressalta-se que o conhecimento acumulado até hoje, gerado pelos estudos pretéritos na área do Projeto Santa Quitéria e pelo presente estudo, permitem acessar uma adequada caracterização da herpetofauna local, suficiente para embasar a avaliação da viabilidade locacional do empreendimento.

C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou Federal

Nenhuma das espécies da herpetofauna registradas neste levantamento está listada como ameaçada na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas (Portaria MMA 444/2014), compilada no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018), ou na lista internacional de espécies ameaçadas (IUCN, 2021).

Três espécies (*Boa constrictor, Iguana iguana e Salvatore merianae*) estão listadas no apêndice II da *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES, 2021), em função de sua venda como animal de estimação e para o uso de suas peles no mercado da moda. Estas espécies são ainda fortemente impactadas devido ao seu uso como alimento pelas populações humanas locais, prática frequentemente no nordeste do Brasil (HANAZAKI et al., 2009).

C.4. Espécies bioindicadoras, endêmicas, raras e não descritas

De maneira geral, todas as espécies registradas na área do projeto são abundantes e de ampla distribuição geográfica. A despeito disso, foram registradas duas espécies endêmicas de lagartos: *Lygodactylus klugei* e *Tropidurus semitaeniatus* (Figura 8.2-34). Mesmo endêmicas da Caatinga, estas espécies são comuns e amplamente distribuídas no bioma e podem ocorrer em áreas de tensão ecológica, na transição com outros biomas.

Lygodactylus klugei é uma pequena lagartixa arborícola bastante ágil que salta de galho em galho auxiliado pela cauda, provida de um coxim adesivo, como um membro suplementar. Alimenta-se principalmente de traças e cupins (VANZOLINI et al., 1980; L J VITT, 1995).

Tropidurus semitaeniatus é um lagarto hábito saxícola. Utiliza frestas nas rochas para refugiar-se de predadores e alimenta-se principalmente de aracnídeos solífugos. Geralmente a sua ninhada possui no máximo três ovos, o que é um tamanho reduzido se comparado com outros tropidurídeos. Seu corpo achatado dorso-ventralmente, que permite que ele utilize as frestas nas rochas, acaba por limitar a quantidade de ovos por ninhada. (VITT, 1995; VITT, 1981; VITT & GOLDBERG, 1983).

Figura 8.2-34 - Espécie endêmica *Tropidurus semitaeniatus* registrada no Projeto Santa Quitéria. (UTM 24M: E 412895, S 9494847)

C.5. Espécies Cinegéticas, domésticas, invasoras e exóticas

O presente estudo registrou a ocorrência de três espécies cinegéticas: *Boa constrictor*, *Salvator merianae* e *Iguana iguana*, espécies que sofrem pressão em suas populações devido à captura de indivíduos para comércio ilegal a fim de servirem como animal de estimação, para o uso de suas peles, ou ainda como alimento para as populações locais.

C.6. Espécies de interesse médico

São de interesse médico todas as serpentes peçonhentas registradas na área do empreendimento, a saber os viperídeos *Bothrops erythromelas* (jararaca-da-seca), *Bothrops neuwiedii* (jararaca-cruzeira) e *Crotalus durissus* (cascavel), além dos elapídeos do gênero Micrurus (*Micrurus ibiboboca e Micrurus lemniscatus*). Os animais peçonhentos são relevantes também pelo interesse econômico para a fabricação de fármacos derivados da liofilização de seus venenos, área em que há muito a se desenvolver. Por exemplo, o veneno da *Bothrops jararaca* é amplamente utilizado para a fabricação de fenobarbital e derivados para tratamentos. Já a espécie congênere *B. erythromelas* é pouco estudada e considerada como potencial substituta para fabricação de fármacos, pois possui compostos proteicos similares aos isolados em *B. jararaca*.

C.7. Comparação entre áreas, Riquezas, índices de diversidade e similaridade

Do total de espécies registradas no levantamento de dados primários no presente estudo (n = 28), 18 espécies foram registradas na Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, o que representa 64,28% do total de espécies registradas. Já na Área de Influência Direta (AID), foram registradas 23 espécies, totalizando 82,14% dos registros. Na área controle foram registradas 6 espécies (21,14% dos registros), número reduzido provavelmente devido ao efeito de um menor esforço amostral nesta área.

Dentre todas as espécies registradas de anfíbios (n = 5), três ocorreram na ADA e na AID, sendo que duas (*Pithecopus nordestinus, Scinax x-signatus)* foram registradas exclusivamente na *ADA* e uma (*Rhinella granulosa*) foi registrada exclusivamente na AID. Na área controle não ocorreram registros de anfíbios.

Quanto aos lagartos, das 13 espécies registradas no estudo, 46,15% (n=6) foram registradas na área controle e 84,61% (n= 10) foram registrados na ADA, enquanto na AID todas as espécies foram registradas.

Quatro espécies de serpentes foram registradas na ADA, o que representa 40% do total de registros (N = 10). Na AID foram registradas sete espécies de serpentes, totalizando 70% do total de espécies registradas no estudo. Não houve registro de serpentes na área controle (Tabela 8.2-4).

Os índices ecológicos, por sua vez, revelaram que para a herpetofauna como um todo, assim como para os grupos, ao serem considerados separadamente (anfíbios, lagartos e serpentes) a diversidade é aparentemente baixa, com o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') estimado sempre abaixo de H´= 2. Quanto a equabilidade, o índice de Pielou (J`) resultou em torno de 0,6 para a herpetofauna como um todo e para o grupo dos lagartos. Já na análise de dados das serpentes, foi elevado, em torno de em torno de J´= 0,9 em todas as áreas.

Tabela 8.2-4 - Indicadores ecológicos por grupo e área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da herpetofauna, realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.

GRUPO / ÁREA DE INFLUÊNCIA	RIQUEZA	ABUNDÂNCIA	(H)	(J`)	(D)
Herpetofauna / ADA	18	210	1,72	0,60	0,27
Herpetofauna / AID	23	797	1,77	0,56	0,26
Herpetofauna / Controle	6	26	1,51	0,84	0,26
Herpetofauna	**28**	**1033**	**1,82**	**0,55**	**0,25**

GRUPO / ÁREA DE INFLUÊNCIA	RIQUEZA	ABUNDÂNCIA	(H)	(J`)	(D)
Anfíbios / ADA	3	4	1,04	0,95	0,38
Anfíbios / AID	3	21	0,86	0,79	0,50
Anfíbios / Total	**5**	**25**	**1,09**	**0,68**	**0,45**
Lagartos / ADA	11	199	1,51	0,63	0,30
Lagartos / AID	13	761	1,57	0,61	0,28
Lagartos / Controle	6	26	1,51	0,84	0,26
Lagartos / Total	**13**	**986**	**1,60**	**0,62**	**0,28**
Serpentes / ADA	4	7	1,28	0,92	0,31
Serpentes / AID	7	15	1,73	0,89	0,21
Serpentes / Total	**10**	**23**	**1,93**	**0,84**	**0,19**

Este resultado é parcialmente explicado pelas características dos grupos envolvidos. As serpentes, por exemplo, que naturalmente apresentam elevada riqueza e baixa abundância, tendem a ter equabilidade elevada, com baixa dominância. Por outro lado, pode ter sido influenciando pelas características climáticas da localidade na época das amostragens de campo, onde a precipitação abaixo do esperada na campanha realizada na estação chuvosa, acabou prejudicando bastante o registro de anfíbios, e, portanto, influenciando nos resultados dos índices ecológicos para a herpetofauna como um todo.

Quando comparamos as áreas de influência, o índice de diversidade de Shannon para herpetofauna foi similar entre ADA e AIA, sugerindo que, apesar de apresentarem tamanho e esforço amostral distintos, a diversidade parece ser semelhante. Já o índice de diversidade da área controle foi inferior ao da ADA e AID, provavelmente relacionado ao fato da área controle ser representada por um ponto único. Analisando os índices para os lagartos, grupo mais bem amostrado, além de a similaridade entre ADA e AID se repetir, a diversidade da área controle também foi similar. Assim, parece não haver diferença na diversidade entre as áreas amostradas.

No mais, os resultados entre as áreas de influência parecem refletir o tamanho das áreas (a ADA tem um tamanho reduzido perante a AID), e consequentemente, as diferenças de esforço amostral aplicado nas respectivas áreas. Enquanto na AID tiveram nove pontos de

amostragem, a ADA foi representada por quatro e a área controle por um ponto de amostragem.

Além disso, numa escala maior, os pontos amostrais da ADA e AID são muito próximos entre si, não existindo barreiras geográficas ou ecológicas entre estes, ou mesmo nichos específicos que limitassem determinadas espécies. Na verdade, provavelmente trata-se de um contínuo territorial, fato esse evidenciado pelas observações de campo de que essas áreas de influência em particular (ADA e AID) parecem apresentar, de maneira geral, homogeneidade de características fitofisionômicas (vide Item 8.2.2. Flora).

Nesse sentido, espera-se um alto compartilhamento de espécies entre as áreas amostradas. Até mesmo aquelas espécies que ocorreram de forma exclusiva em cada uma das áreas de influência, potencialmente, devem ocorrer em todas, principalmente por serem espécies relativamente comuns e de ampla distribuição, sendo os resultados considerados frutos de uma aleatoriedade amostral.

De fato, na análise de agrupamento, que foi baseada na composição e na abundância de espécies entre os pontos amostrais, o dendrograma resultante não formou grupos que correspondessem as áreas de influência (ADA e AID) (Figura 8.2-35). De modo geral, os pontos amostrais possuem composição de espécies e abundância semelhantes, tanto quando analisada apenas a composição quanto como quando analisada a abundância das espécies.

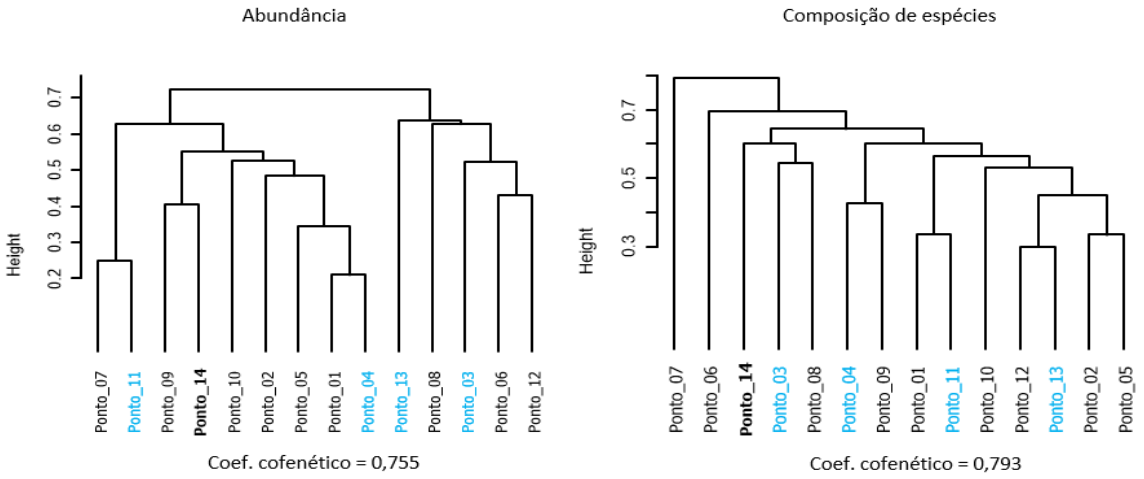


Figura 8.2-35 - Dendrogramas gerados pela análise de agrupamento do Projeto Santa Quitéria. A esquerda com dados de abundância e a direita com dados de composição de espécies. Pontos escritos em azul indicam pontos na ADA, pontos escritos em preto indicam pontos da AID e o ponto preto em destaque é o ponto controle.

C.8. Relevância regional

A riqueza de 28 espécies, obtida no presente estudo correspondeu a cerca de 29% do esperado para a região, sendo inferior a riqueza registrada em estudos que analisaram a herpetofauna como um todo: 49 (LEITE et al., 2019); 54 (PEREIRA et al., 2015); 57 (COSTA et al., 2018). A baixa riqueza apresentada pode estar relacionada com a baixa riqueza de anfíbios registradas neste levantamento.

Ao se incluir as espécies observadas na área, no levantamento realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), a riqueza totaliza 51 espécies, aproximadamente 53% do esperado, compatível com a observada em outros estudos.

Para os anfíbios a riqueza foi muito inferior ao registrado por outros estudos em áreas de semelhantes de Caatinga, que totalizaram de 19 a 23 espécies (CALDAS et al., 2016; CALIXTO & ABRAHÃO MORATO, 2017; A. A. GARDA et al., 2013; PEDROSA et al., 2014; PEREIRA et al., 2015), representando apenas cerca de 16% das espécies com potencial de ocorrência para a área. Uma explicação para a baixa riqueza de anfíbios no presente levantamento pode estar relacionada à precipitação abaixo do esperado na época da realização da campanha da estação chuvosa, ilustrado pela vegetação seca (Figura 8.2-36 e Figura 8.2-37). Em regiões onde a precipitação é concentrada em um pequeno período do ano, geralmente há uma sincronia entre a comunidade de anfíbios e a precipitação (ARZABE, 1999; SILVA et al., 2012).

Assim, a falta de chuva pode explicar o número reduzido de espécies. Situação corroborada pelos resultados do inventario realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), no qual a campanha do período seco registrou 6 espécies enquanto a do período chuvoso registrou 16 espécies. Contabilizando 17 espécies de anfíbios para a área do levantamento, cerca de 55% das espécies com potencial de ocorrência considerando a riqueza regional. A Tabela 8.2-5 apresenta as espécies consideradas de potencial ocorrência para a área do Projeto Santa Quitéria de acordo com os dados secundários.

Figura 8.2-36 - Condição da vegetação e do solo durante a campanha realizada na estação chuvosa do Projeto de Santa Quitéria. Fotos tiradas em 04/02/2021 (UTM 24M: E 415202, S 9494322; UTM 24M: E 415298, S 9496179).

Figura 8.2-37 - Condição da vegetação e do solo durante a campanha realizada na estação chuvosa do Projeto de Santa Quitéria. Fotos tiradas em 04/02/2021 (UTM 24M: E 415202, S 9494322; UTM 24M: E 415298, S 9496179).

Tabela 8.2-5 - Espécies identificadas e consideradas de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria de acordo com os dados secundários

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
ANURA					
Bufonidae					
Rhinella granulosa	x	x		LC	2, 3, 6
Rhinella jimi	x	x		LC	2, 3, 6
Hylidae					
Boana crepitans		x		LC	2, 3
Boana raniceps				LC	2, 3, 6

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
Corythomantis greeningi		x		LC	2, 3, 6
Dendropsophus minutus				LC	2, 3, 6
Dendropsophus nanus				LC	2, 3, 6
Dendropsophus soaresi				LC	2, 3, 6
Scinax pachychrus				LC	2, 3, 6
Scinax gr. ruber		x		LC	2, 3, 6
Scinax x-signatus	x	x		LC	2, 3, 6
Trachycephalus atlas				LC	2, 3, 6
Trachycephalus typhonius				LC	2, 3, 6
Leptodactilydae					
Leptodactylus fuscus		x		LC	2, 3, 6
Leptodactylus latrans		x		LC	2, 3, 6
Leptodactylus mystaceus				LC	2, 3, 6
Leptodactylus syphax				LC	2, 3, 6
Leptodactylus troglodytes	x	x		LC	2, 3, 6
Leptodactylus vastus		x		LC	2, 3, 6
Physalaemus albifrons		x		LC	2, 3, 6
Physalaemus cicada		x		LC	2, 3, 6
Physalaemus cuvieri		x		LC	2, 3, 6
Pleurodema diplolistris				LC	2, 3, 6
Pseudopaludicola mystacalis				LC	2, 3, 6
Pseudopaludicola ternetzi		x		LC	2, 3,
Odontophrynidae					
Proceratophrys aridus				NE	2, 3, 6
Proceratophrys cristiceps		x		LC	2, 3, 6
Microhylidae					

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
Dermatonotus mulleri		x		LC	2, 3, 6
Phyllomedusidae					
Pithecopus nordestinus	*x*	x		DD	2, 3, 6
Pipidae					
Pipa carvalhoi				LC	2, 3, 6
Siphonopidae					
Siphonops paulensis				LC	2, 3
SQUAMATA					
Amphisbaenidae					
Amphisbaena alba				LC	2, 6
Amphisbaena vermicularis				LC	2, 6
Leposternon polystegum				LC	2, 6
Anguidae					
Diploglossus lessonae		x		LC	2, 4, 6
Gekkonidae					
Hemidactylus agrius	x	x		LC	2, 4, 6
Hemidactylus brasilianus				LC	2, 4, 6
Hemidactylus mabouia				LC	2, 4
*Lygodactylus klugei**	x	x		LC	2, 4, 6
Gymnophthalmidae					
Acratosaura mentalis				LC	2, 4, 6
Anotossaura vanzolinea		x		NE	2, 4,
Colobosauroides cearensis				LC	2, 4, 6
Micrablepharus maximiliani		x		LC	2, 4, 6
Vanzosaura multiscutata	x	x		LC	2, 4, 6
Iguanidae					
Iguana iguana	x	x	II	LC	2, 4, 6

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
Mabuyidae					
Brasiliscincus heathi	x	x		LC	2, 4, 6
Phyllodactylidae					
Gymnodactylus geckoides	x	x		LC	2, 4, 6
Phyllopezus pollicaris	x	x		LC	2, 4, 6
Polychrotidae					
Polychrus acutirostris				LC	2, 4, 6
Enyalius bibroni				LC	2, 4, 6
Sphaerodactylidae					
Coleodactylus meridionalis	x	x		LC	2, 4, 6
Teiidae					
Ameiva ameiva	x	x		LC	2, 4, 6
Ameivula ocellifera	x	x		LC	2, 4, 6
Salvatore merianae	x	x	II	LC	2, 4, 6
Tropiduridae					
Tropidurus hispidus	x	x		LC	2, 4, 6
*Tropidurus semitaeniatus**	x	x		LC	2, 4, 6
Serpentes					
Boidae					
Boa constrictor	x	x	II	NE	2, 5, 6
Corallus hortulanus	x			LC	2, 5, 6
Epicrates assisi				*NE*	2, 5, 6
Colubridae					
Apostolepis cearensis	x			LC	2, 5, 6
Boiruna sertaneja				*NE*	2, 5, 6
Chironius carinatus				*NE*	2, 5, 6
Chironius flavolineatus				NE	2, 5, 6
Dipsas mikanii				LC	2, 5, 6
Drymarchon corais				LC	2, 5, 6

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
Erythrolamprus mossoroensis				LC	2, 5, 6
Erythrolamprus poecilogyrus		x		LC	2, 5, 6
Erythrolamprus taeniogaster				LC	2, 5, 6
Erythrolamprus v. viridis				LC	2, 5, 6
Helicops leopardinus				LC	2, 5, 6
Leptodeira annulata		x		LC	2, 5, 6
Leptophis ahaetulla		x		LC	2, 5, 6
Lygophis dilepis				LC	2, 5, 6
Mastigodryas bifossatus				NE	2, 5, 6
Oxybelis aeneus	x			LC	2, 5, 6
Oxyrhopus trigeminus	x	x		LC	2, 5, 6
Philodryas nattereri	x			LC	2, 5, 6
Philodryas olfersi				LC	2, 5, 6
Philodryas sp.		x		NE	
Pseudoboa nigra		x		LC	2, 5, 6
Psomophis joberti				LC	2, 5, 6
Spilotes pullatus		x		LC	2, 5, 6
Taeniophallus occipitalis	x			LC	2, 5, 6
Tantilla melanocephala				LC	2, 5, 6
Thamnodynastes sertanejo				LC	2, 5, 6
Thamnodynates almae				NE	2, 5, 6
Xenodon merremii				NE	2, 5, 6
Elapidae					
Micrurus ibiboboca	x	x		NE	2, 5, 6
Micrurus lemniscatus		x		LC	2, 5, 6
Viperidae					

NOME DO TÁXON	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS	EIA (ARCADIS LOGOS, 2014)	CITES (2021)	IUCN (2021)	DADOS SECUNDÁRIOS
Bothrops erythromelas		x		LC	2, 5, 6
Bothrops neuwiedii				LC	
Crotalus durissus	x	x		LC	2, 5, 6
Leptotyphlopidae					
Epictia borapeliotes	x	x		LC	2, 5, 6
CHELONIA					
Kinosternidae					
Kinosternon scorpioides				NE	2, 6
Testudinidae					
Geochelone carbonaria				NE	2, 6
Chelidae					
Phrynops geoffroanus				NE	2, 6
Mesoclemmys tuberculata				NE	2, 6
Total	28	46	3		97

Entre os répteis, a riqueza de lagartos e serpentes foi similar (13 e 10 espécies, respectivamente). A riqueza de lagartos registrada na área do Projeto Santa Quitéria corresponde a 59% das espécies com potencial de ocorrência para área e é compatível àquelas obtidas em outros estudos sobre a herpetofauna da Caatinga, que registraram entre 13 e 16 espécies (ARCADIS LOGOS, 2014; CALDAS et al., 2016; COSTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2015).

Já a riqueza de serpentes (10 espécies, 15 considerando o levantamento anterior), corresponde a aproximadamente 27% e 40% das espécies com potencial de ocorrência para a área. Esse resultado é similar aos obtidos em inventários realizados na Caatinga, que registraram entre 8 e 13 espécies (CALDAS et al., 2016; CALIXTO & ABRAHÃO MORATO, 2017; GARDA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015). A despeito de constituir um grupo com elevada riqueza no bioma, geralmente as serpentes possuem baixa abundância e são de difícil observação. Os estudos de longo tempo são os mais apropriados para o adequado levantamento da riqueza de espécies de serpentes. MESQUITA e colaboradores (2013), por exemplo, registraram 22 espécies em um estudo de dois anos em uma área de caatinga, uma riqueza significativamente superior à registrada no presente estudo.

Todas as espécies de anfíbios e lagartos registradas no presente estudo já haviam sido lisadas no levantamento realizado para o Estudo de Impacto Ambiental elaborado pela Arcadis em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). Quanto às serpentes, cinco espécies não registradas anteriormente ocorreram no presente estudo: *Apostolepis cearenses, Philodryas nattereri, Oxybelis aeneus, Taeniophallus occipitalis e Corallus hortulanus*. Devido às características já mencionadas de relativamente baixa detectabilidade em inventários faunísticos, é comum encontrar novos registros de espécies para o grupo à medida que amostragens adicionais são realizadas em uma área.

D. Considerações Finais

De forma geral, a área do empreendimento é caracterizada por uma vegetação com predominância de uma savana estépica com presença de caatinga arbórea-arbustiva densa, associadas às alterações decorrentes da presença humana e a diversidade de anfíbios e répteis acompanhou estas características. Os resultados encontrados revelaram a presença de espécies da herpetofauna típicas da Caatinga e com ampla distribuição, mesmo aquelas endêmicas do bioma.

A amostragem de anfíbios pode ser muito influenciada pela presença de água, principalmente em ambientes sazonalmente secos, como a caatinga da região amostrada. Assim, vale destacar que a baixa riqueza e abundância de anfíbios está potencialmente relacionada às condições climáticas com baixa precipitação na região que vem enfrentando uma estiagem severa e prolongada. O efeito dessas condições sobre a detecção de anfíbios possivelmente não foi totalmente revertido na amostragem da estação chuvosa. A despeito disso, se consideradas as informações conjuntas dos dois estudos, a lista compilada de anfíbios eleva a riqueza local aos números semelhantes aos registrados em outras áreas de Caatinga.

Assim, considerando os dados obtidos no presente estudo, incluindo as adendas às espécies de serpentes previamente registradas e o conhecimento prévio da herpetofauna, obtido no levantamento anterior, realizado em 2011, verifica-se que o conhecimento da fauna na área do Projeto Santa Quitéria é suficiente para subsidiar a avaliação da viabilidade locacional do empreendimento.

E. Relatório Fotográfico

Foto 1 - *Ameiva ameiva*

Foto 2 - *Ameivula ocellifera*

Foto 3 - *Brasiliscincus heathi*

Foto 4 - *Vanzosaura multiscutata*

Foto 5 – *Tropidurus semitaeniatus*

Foto 6 – Tropidurus hispidus

Foto 7 - Phyllopezus pollicaris

Foto 8 - *Philodryas nattereri*

Foto 9 - *Micrurus ibiboboca*

Foto 10 - *Leptodactylus troglodytes*

Foto 9 - *Gymnodactylus geckoides*

Foto 10 - *Epictia borapeliotes*

Foto 11 - *Corallus hortulanus*

Foto 12 - *Oxyrhopus trigeminus*

Foto 13 - *Pithecopus nordestinus*

Foto 14 - *Rhinella jimi*

Foto 15 – Indivíduos capturados pela armadilha de interceptação e queda (AIQ) durante o levantamento

Foto 16 – Armadilhas de interceptação e queda instaladas na ADA (Ponto 04 e Ponto 11)

Foto 17 – Armadilhas de interceptação e queda instaladas na AID (Ponto 09 e Ponto 02)

Foto 18 – Armadilhas de interceptação e queda instalada no ponto controle (Ponto 14)

8.2.1.1.3. Avifauna

A. Introdução

Atualmente são reconhecidas 1.919 espécies de aves com ocorrência no Brasil (PIACENTINI *et al.*, 2015), distribuídos do norte ao sul do país. Destas, 548 espécies de aves ocorrem dentro do domínio morfoclimático da Caatinga, compreendendo cerca de 28% da avifauna com ocorrência no Brasil (ARAUJO & SILVA, 2017). Do total de espécies conhecida para a Caatinga, 509 são de espécies de aves residentes, ou seja, são espécies que apresentarem períodos reprodutivos dentro dos limites do domínio. Ainda, 32 espécies de aves são visitantes, das quais 22 são visitantes vindas do hemisfério norte e dez oriundas do hemisfério sul (ARAUJO & SILVA, 2017).

Contudo, o inventário de fauna de vertebrados do Ceará traz a lista de aves com 557 espécies de aves registradas no estado, mas 117 destas foram retiradas da lista por serem consideradas extintas no estado, bem como aquelas que são consideradas vagantes ou carentes de evidências materiais para que sejam aceitas pelos organizadores, com isso, chegamos a 440 espécies de aves no Ceará (GIRÃO-E-SILVA & CROZARIOL, 2021)

Ainda com relação a avifauna com ocorrência na Caatinga, 67 táxons (espécies ou subespécies) são apontados como sendo originado dentro da Caatinga. No que diz respeito a conservação desta avifauna, 35 espécies, cerca de 6%, são classificadas como ameaçadas de extinção tanto a nível internacional (IUCN, 2021) como pelo governo brasileiro, constando da Lista Nacional de espécies ameaçadas (MMA, 2014) e Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018). Destas, 83% apresentam uma baixa capacidade adaptativa, ou seja, espécies que são encontradas em paisagens com ecossistemas intactos ou quase não perturbados (ARAUJO & SILVA, 2017). Além disso, a Caatinga é reconhecida por ser uma região bastante heterogênea refletindo em uma avifauna que habita um complexo de gradientes ambientais com a composição e riqueza variando no tempo e no espaço como consequência de fatores bióticos e abióticos (ARAUJO & SILVA, 2017). Localmente as comunidades de aves na Caatinga são distintamente sazonais, com número de espécies e indivíduos diminuindo nitidamente entre as estações chuvosa e seca (ARAUJO, 2009).

A conservação efetiva da biodiversidade requer um mínimo de conhecimento sobre os alvos dessa proteção. Neste contexto, os estudos ambientais associados à implantação de empreendimentos diversos, tornaram-se uma necessidade, tendo em vista as crescentes alterações as quais os habitats naturais estão submetidos (TAUK-TORNISIELO *et al.*, 1995). Ainda que muitos desses estudos apresentem amostragens espacial e temporalmente reduzidas, os dados gerados são de grande interesse (CHEREM, 2005), pois podem contribuir

para o conhecimento da distribuição e ecologia dos distintos táxons naturais, que são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo das espécies (MARES *et al.*, 1985; CHEREM, 2005). Desta forma, a utilização de comunidades biológicas para avaliação de mudanças e impactos ambientais vem sendo amplamente difundida, tornando-se uma ferramenta útil na determinação da qualidade ambiental (Amâncio *et al.*, 2008). É nesse sentido que alguns exemplares da fauna podem atuar como bioindicadores, uma vez que estabelecem relações recíprocas com o meio físico (PINTO-COELHO, 2002), respondendo às influências externas de acordo com os níveis de sensibilidade, em função das alterações presentes no ambiente.

Nessa perspectiva, os estudos em áreas de influência de empreendimentos são de suma importância para avaliar o estado de conservação do componente faunístico de uma região, utilizando indicadores ecológicos eficientes, servindo de subsídio para traçar estratégias e implementar ações que visem minimizar os impactos na fauna local. Neste cenário, o estudo da avifauna pode revelar distintos níveis de interferência antrópica no ambiente. As espécies da avifauna que apresentam diferentes exigências ecológicas e que reagem com relativa rapidez às mudanças ambientais, ampliando a riqueza de informações para a caracterização das áreas de estudo e para a discussão em termos da previsão dos potenciais impactos futuros (ARAUJO, com. pess.). Diante disso, o conhecimento das exigências ecológicas das espécies indica as condições ambientais às quais são sensíveis e, assim, diferentes níveis de alterações de habitat podem ser diagnosticados com a ocorrência ou ausência de espécies, comparando com o esperado naturalmente (DONATELLI *et al.*, 2004).

Esta seção trata do diagnóstico da avifauna nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha novembro de 2020; 2ª campanha, fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Levantamento da Avifauna – Dados secundários

O levantamento dos dados secundários acerca da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria, se deu através da consulta à bibliografia especializada, principalmente artigos científicos e livros, dando preferência aos dados provenientes de localidades mais próximas possíveis ao empreendimento. Adicionalmente, foi realizada uma revisão da ocorrência de espécies em um raio de 50 km a partir do município de Santa Quitéria, Ceará por meio de bases de dados *online* (WIKIAVES, 2020). Por fim, foram utilizados relatórios técnicos de pesquisas realizadas na área de estudo. Seguem as bases de consulta utilizadas neste levantamento:

+ ARCADIS LOGOS (2014) – Neste trabalho foi reunida as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessário para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Como resultado o relatório aponta a ocorrência de 144 espécies de aves na área de estudo.
+ FARIAS *et al*. (2005) – Neste trabalho os autores inventariaram a avifauna de 11 fitofisionomias inseridas em três áreas de Caatinga consideradas prioritárias para conservação nos estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Como resultado, os autores listaram 249 espécies de aves, porém, para compor os dados secundários do presente estudo, foram considerados somente os registros de 174 espécies observadas na localidade Serra das Almas, Crateús, localizada no estado do Ceará, acerca de 130 km do município de Santa Quitéria.
+ OLMOS *et al*. (2005) – Neste trabalho os autores catalogaram a avifauna em oito localidades entre os estados do Ceara e Pernambuco. Para compor os dados secundários do presente estudo, foram considerados os registros nos municípios de Mombaça e Pedra Branca no estado do Ceará, acerca de 220 e 200 km do município de Santa Quitéria. Assim foram incoporado aos dados secundários o registro de 123 espécies de aves.
+ WIKIAVES (2020) – Wikiaves é um site (www.wikiaves.com) que organiza e disponibiliza registros de espécimes de aves de todo o Brasil a partir de observações sonoras e/ou fotográficas dos ornitólogos. Com base neste banco de dados, foi realizada uma pesquisa considerando as espécies registradas dentro de um raio de 50 km, contados a partir da cidade Santa Quitéria, Ceará, município no qual o empreendimento está localizado. Como resultado, foi elaborada uma lista com 208 espécies de aves com potencial de ocorrência nas áreas de influência do empreendimento.

B.2. Levantamento da Avifauna – Dados primários

As duas amostragens de campo ocorreram durante 14 dias consecutivos, cada. A primeira campanha ocorreu entre os dias 5 e 18 de novembro de 2020, referente a estação seca, enquanto a segunda campanha foi realizada entre 31 de janeiro e 13 de fevereiro de 2021, alusiva a estação chuvosa. Porém, a região onde ocorreu a amostragem ainda apresentava a vegetação típica da época de seca com poucas árvores ou arbustos apresentando folhas verdes.

Em cada campanha, as atividades *in situ* foram desenvolvidas ao longo de um dia em cada ponto amostral (Figura 8.2-42 a Figura 8.2-69). As mesmas ocorriam no início da manhã a partir do alvorecer até por volta das 10:00 horas, e no fim tarde, a partir das 16:00 horas até o escurecer, períodos de maior atividade das aves. Neste período a avifauna foi inventariada com uso de metodologia não interventiva a partir do método de Listas de

Mackinnon. Este método foi escolhido por ser especialmente recomendado para inventários rápidos em comunidades de aves tropicais, sobretudo em áreas pouco conhecidas e quando se pretende obter uma maior relação custo-benefício entre o tempo gasto no campo e a quantidade e expressividade dos dados coletados (POULSEN *et al.*, 1997; HERZOG *et al.*, 2002; RIBON, 2010). Assim, foram dispensados métodos não sistemáticos e entrevistas que são pouco produtivos para o levantamento da avifauna, além de métodos interventivos.

Figura 8.2-38 - Vista geral do ponto amostral 7 - Área de influência direta, durante a segunda campanha de amostragem.

Figura 8.2-39 - Vista geral do ponto amostral 11 - Área diretamente afetada, durante a segunda campanha de amostragem.

Figura 8.2-40 - Vista geral do ponto amostral 12 - Área de influência direta, durante a segunda campanha de amostragem.

Figura 8.2-41 - Vista geral do ponto amostral 14 - Área controle, durante a segunda campanha de amostragem.

Tabela 8.2-6- Relação dos pontos amostrados onde foram confeccionadas as Listas de *Mackinnon* durante o levantamento da avifauna na área de influência do empreendimento.

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
Ponto 1	411392	9494271	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 2	412801	9494352	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 3	414950	9495258	Savana Estépica Arborizada	ADA
Ponto 4	413770	9496246	Savana Estépica Florestada	ADA
Ponto 5	414978	9496142	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 6	415320	9496102	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 7	413802	9493515	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 8	415142	9492741	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 9	412973	9496510	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 10	415193	9495529	Savana Estépica Florestada	AID
Ponto 11	414177	9496021	Savana Estépica Florestada	ADA
Ponto 12	413593	9494755	Savana Estépica Arborizada	AID
Ponto 13	415216	9494529	Savana Estépica Arborizada	ADA
Ponto 14	419323	9490630	Savana Estépica Arborizada	Controle

Figura 8.2-42 - Vista geral do ponto amostral 1 - Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-43 - Vista geral do ponto amostral 1 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-44 - Vista geral do ponto amostral 2 - Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-45 - Vista geral do ponto amostral 2 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-46 - Vista geral do ponto amostral 3 - Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-47 - Vista geral do ponto amostral 3 - Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-48 - Vista geral do ponto amostral 4 - Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-49 - Vista geral do ponto amostral 4 - Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-50 - Vista geral do ponto amostral 5 - Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-51 - Vista geral do ponto amostral 5 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-52 - Vista geral do ponto amostral 6 - Área de influência direta, durante a primeiraa campanha.

Figura 8.2-53 - Vista geral do ponto amostral 6 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-54 - Vista geral do ponto amostral 7 - Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-55 - Vista geral do ponto amostral 7 - Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-56 - Vista geral do ponto amostral 8 - AID, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-57 - Vista geral do ponto amostral 8 - AID, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-58 - Vista geral do ponto amostral 9 - AID, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-59 - Vista geral do ponto amostral 9 - AID, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-60 - Vista geral do ponto amostral 10 – AID, durante a primeira campanha

Figura 8.2-61 - Vista geral do ponto amostral 10 – AID, durante a segunda campanha

Figura 8.2-62 - Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-63 - Vista geral do ponto amostral 11 – Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-64 - Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-65 - Vista geral do ponto amostral 12 – Área de influência direta, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-66 - Vista geral do ponto amostral 13 - Área diretamente afetada, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-67 - Vista geral do ponto amostral 13 - Área diretamente afetada, durante a segunda campanha.

Figura 8.2-68 - Vista geral do ponto amostral 14 - Área controle, durante a primeira campanha.

Figura 8.2-69 - Vista geral do ponto amostral 14 - Área controle, durante a segunda campanha.

Listas de *Mackinnon* (LM): As listas de *Mackinnon* (MACKINNON & PHILLIPS, 1993) constituem-se pelo levantamento de todas as espécies detectadas durante os trabalhos de campo em listagens consecutivas compostas pelo mesmo número de espécies. Nesta metodologia cada espécie que não tenha sido anteriormente detectada é registrada de forma consecutiva, formando uma lista, até se atingir um número pré-determinado de espécies (e.g. 10 espécies), quando então se inicia uma nova lista e repete-se todo o processo (HERZOG *et al.*, 2002; RIBON, 2010). Dessa forma, cada lista é composta por um número igual de diferentes espécies, entretanto, listas diferentes podem conter espécies coincidentes, desde que não sejam os mesmos indivíduos. No estudo em questão, foram utilizadas listas de 10 espécies, conforme recomendado por Herzog *et al.*, (2002) e Ribon (2010).

Com objetivo de padronizar o esforço em cada um dos pontos amostrais, foi estabelecido um número mínimo de 10 listas de *Mackinnon* nos 14 pontos a serem amostrados. Contudo, devido as diferenças de ambientes encontrados em campo, esse número pode ter variado um pouco para mais ou para menos, porém sem prejudicar a metodologia proposta. De modo a incluir o período de maior atividade das aves, os trabalhos de campo ocorreram da alvorada, por volta das 5h00, até aproximadamente 10h00 da manhã. Adicionalmente foram realizadas amostragens no período vespertino, entre 16h00 e 19h00, contemplando amostragens noturnas. Cada área amostral foi visitada pelo uma vez (um dia), somando 8 horas por dia e 112 horas por campanha (8hs/dia x 1 dia x 14 áreas), totalizando 224 horas ao longo do estudo (x 2 campanhas).

Durante as observações em campo, os especialistas utilizaram binóculo Nikon Monarch 10X42 especialmente recomendado para estudos ornitológicos. Os espécimes de aves foram identificados em nível específico por observação ou por meio do reconhecimento de suas vocalizações, que geralmente é responsável por mais de 90% dos contatos ornitológicos em trabalhos de campo (SICK, 1997). Quando necessário foram realizados registros sonoros com o auxílio de um gravador digital TASCAM MD com microfone embutido, para posterior identificação ou confirmação de espécies. Adicionalmente, espécimes de aves foram fotografadas como câmeras fotográficas acoplada a uma lente 300 mm ou similar, de uso recorrente em trabalhos de campo de ornitologia.

Ressalta-se mais uma vez que, nenhum indivíduo foi coletado durante o levantamento da avifauna e, tampouco, foram aplicados métodos invasivos como a captura com redes de neblina ou marcação com anilhas. Tais métodos são mais recomendados em estudos de longo prazo, quando o objetivo é monitorar a avifauna local (VON MATTER *et al.*, 2010). Considerando que o presente inventário enquadra-se no conceito de Avaliação Ecológica Rápida (AER), onde o foco está na amostragem qualitativa, a aplicação dos métodos supracitados despenderia um esforço maior de campo, sem necessariamente resultar em uma lista mais completa de aves, uma vez que possuem abrangência limitada à avifauna de sub-bosque, formada quase sempre por indivíduos conspícuos e de vocalização audível, sendo rapidamente registradas por meio das amostragens pelas Listas de *Mackinnon* (RIBON, 2010).

Os registros obtidos durante as duas campanhas de levantamento da avifauna foram organizados em uma base de dados contendo a lista de espécies e número de indivíduos registrados em cada unidade amostral (cada lista de *Mackinnon*) seguindo a classificação taxonômica e nomenclatura das espécies como sugerido pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO (PIACENTINI *et al.*, 2015). Ainda, as espécies registradas foram categorizadas quanto à sua dependência de floresta em três categorias: independente (IND)

- espécie associada apenas à vegetação aberta; semidependente (SMD) - espécie que ocorre nos mosaicos formados pelo contato entre florestas e formações vegetais abertas e semiabertas; dependente (DEP) - espécie que ocorre em ambientes florestais. Tal classificação foi baseada em informações contidas na literatura (PARKER III *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2003; RODA, 2003). As espécies também foram verificadas quanto a importância econômica e cinegética (CITES, 2021) e padrão de migração (RODA, 2003; SOMENZARI *et al.*, 2018; ICMBio/CEMAVE, 2020).

Adicionalmente, as espécies registradas foram verificadas quanto ao endemismo a Caatinga (ARAUJO & SILVA, 2017), ao seu grupo trófico (SILVA *et al.*, 2003; RODA, 2003; WILMAN *et al.*, 2014), além de serem classificadas quanto a sensibilidade a distúrbios no habitat: Alta (A) - apresenta alta sensibilidade a distúrbios ambientais; Média (M) - apresenta média sensibilidade a distúrbios ambientais; e Baixa (B) - apresenta baixa sensibilidade a distúrbios ambientais. Tal classificação foi baseada em informações contidas na literatura (PARKER III *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2003).

Além disso, todas as espécies amostradas também tiveram o seu status de ameaça verificado nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção seja ela nacional (MMA, 2014) ou internacional (IUCN, 2021; CITES, 2021). A definição do status de espécies ameaçadas de extinção ao nível nacional apoiou-se na Portaria nº 444 (MMA, 2014) e nas informações sobre as espécies descritas no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018). Seguindo a classificação utilizada pelo MMA, são consideradas como ameaçadas, as espécies que se enquadram nos seguintes critérios: criticamente em perigo (CR), em perigo (EN) e vulnerável (VU). A nível internacional espécies consideradas globalmente ameaçadas ou quase ameaçadas seguiu a categorização da *Internacional Union for Conservation Nature* (IUCN, 2021) que classificam as espécies ameaçadas em: criticamente em perigo (CR), em perigo (EN) e vulnerável (VU). Também foi consultada a lista da CITES (2021) *(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), que lista todas as espécies que, apesar de não estarem atualmente ameaçadas de extinção, podem chegar a esta situação em função da livre comercialização.

B.3. Análise de dados

Para a quantificação da diversidade, foi utilizado o Índice de *Shannon-Winner* (H'), que é baseado na abundância proporcional das espécies, considerando tanto a riqueza das espécies quanto a sua equidade. Esse método é geralmente escolhido pela sua alta capacidade discriminante (MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989). Ainda, o emprego do índice de *Shannon-Winner* foi atribuído por ser um índice utilizado em situações em que a comunidade inteira não pode ser inventariada (amostras), além de ser o índice mais frequentemente

utilizado em trabalhos com avifauna. A equitabilidade foi avaliada utilizando o índice da Equidade de *Pielou* (J'), associada ao Índice de *Shannon*.

Adicionalmente, foi calculada a frequência de ocorrência (FO) das aves registradas na área de influência (AI) do empreendimento seguindo a equação FO = nx100/N, sendo N, o número total da espécie registradas (N = 153) a partir das Listas de *Mackinnon*. Foram consideradas as seguintes categorias quanto à frequência de ocorrência (FO), de acordo com as espécies de aves registradas: espécies regulares (com FO > 25%), espécies comuns (FO entre 10,0 e 24,99%), espécies pouco comuns (FO entre 3,0 e 9,99%) e espécies raras (FO < 2,99% (MACHADO, 1999).

A eficiência amostral foi determinada pela construção de curvas de acumulações de espécies (*sensu* GOTELLI & COLWELL, 2001). Estas curvas consistem em um excelente procedimento para avaliar o quanto o número de espécies observadas se aproxima do número real das espécies supostamente presentes (p. ex: riqueza estimada) naquele ambiente (CULLEN Jr. *et al.*, 2012). Fundamentado no comportamento desta curva, pode-se predizer, a partir de estimadores de riqueza, o número de espécies que ainda não foram observadas na área (CHAZDON *et al.*, 1998). Nesta análise, cada lista de Mackinnon foi considerado uma unidade amostral (UA), totalizando 278 UAs, das quais 146 UAs foram obtidas na primeira campanha e 132 UAs na segunda campanha.

O comportamento desta curva pode predizer, através de estimativas, o número de espécies que ainda não foi observado na área de estudo (CHAZDON *et al.*, 1998). Para calcular essa estimativa, foram utilizados os estimadores de riqueza Chao 2 e Jackknife 1, os quais apresentaram melhor performance em testes em área de Caatinga (ARAUJO, 2009). As análises referentes à curva de rarefação e estimativa de riqueza de espécies foram realizadas utilizando o *software* Estimates v.9.0 (COLWELL, 2013).

Em seguida, a partir do índice de similaridade de Jaccard, foi realizada uma análise de agrupamento (UPGMA) a fim de verificar a relação entre as áreas amostradas, de acordo com o compartilhamento de espécies registradas ao longo de cada área amostral. Este índice foi selecionado devido ao conjunto de dados empregado na análise de similaridade utilizar apenas informações de presença e ausência, permitindo, dessa forma, o uso de dados de métodos que não possibilitam a captura de abundância, como as Listas de Macknnon, além de métodos assistemáticos (encontros ocasionais) ao longo da coleta de dados. Assim, incluímos espécies que ocorrem nas áreas amostradas, porém não foram registradas pelos métodos padronizados. Nesta análise foi utilizado o programa PAST® versão 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001) para construção do dendrograma.

C. Resultados e Discussão

C.1. Composição faunística

Durante as atividades em campo, foram inventariadas 153 espécies de aves pertencentes a 44 famílias e 21 ordens (Tabela 8.2-7), das quais 126 (82,35%) espécies de aves foram observadas na primeira campanha enquanto 129 (84,31%) espécies foram catalogadas durante a segunda campanha, indicando uma riqueza similar entre as duas campanhas realizadas.

A riqueza total observada no presente estudo (N = 153 espécies) é semelhante a riqueza apontada no EIA de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) que registrou 146 espécies na região. Comparando com outros estudos em áreas de Caatinga com fitofisionomia semelhantes, verificamos que a riqueza observada na AI do empreendimento é um pouco inferior ou similar as riquezas relatadas em alguns estudos, por exemplo, Araujo e colaboradores (2012) e Vieira-Filho e colaboradores (2018) observaram 162 e 164 espécies de aves em áreas de caatinga arborizada e florestada, respectivamente, na Paraíba. Ainda, Nascimento e colaboradores (2000) e Nascimento (2000) registraram 193 espécies de aves na Chapada do Araripe e 154 espécies de aves na Estação Ecológica de Aiuaba, respectivamente, enquanto Farias e colaboradores observaram 174 espécies de aves para a Serra das Almas, todas as áreas no estado do Ceará. No entanto, os locais onde esses estudos foram realizados apresentam algum grau de conservação, o que favorece uma maior diversidade de aves relatada nos estudos.

Por outro lado, Pereira e colaboradores (2014) registraram 112, 121 e 137 espécies de aves em três áreas de Caatinga no Rio Grande do Norte, enquanto Nascimento (2000) observou 116 espécies na Estação Ecológica do Seridó, também no Rio Grande do Norte. Já Olmos e colaboradores (2005) catalogaram 102 e 91 espécies de aves na região de Mombaça e Pedra Branca, ambos municípios no estado do Ceará, riquezas inferiores a encontrada na AI do Projeto Santa Quitéria. Diante desse resultado, evidenciamos que a riqueza de espécies de aves registradas na área do presente estudo está dentro do esperado para áreas de Caatinga com fitofisionomias similares. Porém, mais espécies podem ser incorporadas a lista obtida, uma vez que diversas espécies de aves aparecem na Caatinga após o início das chuvas (OLMOS *et al.*, 2005; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012; PEREIRA & AZEVEDO-JÚNIOR, 2013; ARAUJO & SILVA, 2017; ARAUJO *et al.*, 2017).

Além disso, é sabido que diversas espécies de aves insetívoras realizam migrações ou deslocamentos sazonais de acordo com a oferta de alimento, como por exemplo com o aumento nas populações de insetos verificada na Caatinga após as chuvas (OLMOS *et al.*, 2005; VASCONCELLOS *et al.*, 2010). Desta forma, estas espécies ocorrem em regiões inseridas

na Caatinga principalmente durante o período chuvoso, apresentando populações reduzidas durante a estação seca (OLMOS *et al.*, 2005; ARAUJO, 2009; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012; PEREIRA & AZEVEDO-JÚNIOR, 2013; ARAUJO *et al.*, 2017). Somado a isto, também é sabido que espécies do gênero *Sporophila* entre outras espécies de granívoros realizam deslocamentos sazonais ou até mesmo migrações intertropicais na Caatinga (OLMOS *et al.*, 2005; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012), reforçando que mais aves podem ocorrer na região durante a época das chuvas.

No que diz respeito às famílias com maior diversidade de espécies, verificamos que no presente estudo as famílias mais representativas foram: Tyrannidae com 24 (15,68%) espécies, Thraupidae com 12 (7,84%) espécies e Columbidae com nove espécies (5,88%) (Figura 8.2-70). Estas famílias também estão entre as mais diversas ao longo das atividades desenvolvidas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), indicando a manutenção a avifauna local durante os últimos nove anos. Além disso, estudos realizados em outras áreas de Caatinga observaram estas famílias entre as mais diversas, por exemplo, Nascimento *et al.* (2000), Santos (2004), Roos *et al.* (2006), Araujo & Rodrigues (2011), Nunes & Machado (2012), Las-Casas *et al.* (2012), Olmos & Albano (2012), Silveira & Machado (2012), Silveira & Santos (2012) e de Vasconcelos *et al.* (2013). Além do mais, essas famílias estão entre as mais diversas quando analisamos a comunidade de aves na Caatinga como um todo (ARAUJO & SILVA, 2017).

O maior número de espécies pertencentes a família Tyrannidae pode estar associado à grande diversidade ecológica e à sua flexibilidade adaptativa, desde a procura à manipulação de itens alimentares. Esta adaptabilidade permite uma elevada diversidade de comportamentos de forrageio, que refletirá na capacidade dessas espécies em colonizar um grande espectro de habitats (OHLSON et al., 2008). Assim, elas apresentam hábitos mais generalistas, ocupando desde áreas com vegetação mais esparsa, como *Camptostoma obsoletum* (risadinha) (Figura 8.2-71) e áreas totalmente abertas e urbanizadas, como *Tyrannus melancholicus* (suiriri) (SIGRIST, 2013), bem como espécies que habitam o interior das florestas, como *Casiornis fuscus* (caneleiro-enxofre) (Figura 8.2-72), espécie encontrada em florestas de caatinga e de cerrado densamente arborizadas (SCHOLES et al., 2020). Ainda, muitos tiranídeos podem realizar migrações ou deslocamentos sazonais em menor escala (NEGRET, 1988; MARINI & CAVALCANTI, 1990; OLMOS *et al.*, 2005), como *Empidonomus varius* (peitica).

Tabela 8.2-7 - Lista de espécies de aves registradas na área influência do Projeto Santa Quitéria no levantamento de dados primários da avifauna.

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Tinamiformes Huxley, 1872											
Tinamidae Gray, 1840											
Crypturellus parvirostris (Wagler, 1827)	inambu-chororó	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	Cin	-	-
Crypturellus tataupa (Temminck, 1815)	inambu-chintã	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	B	O	Cin	-	-
Nothura maculosa (Temminck, 1815)	codorna-amarela	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	Cin	-	-
Galliformes Linnaeus, 1758											
Cracidae Rafinesque, 1815											
Penelope jacucaca Spix, 1825	jacucaca	1ª	VU	VU	-	3	A	O	Cin	Caa	-
Podicipediformes Fürbringer, 1888											
Podicipedidae Bonaparte, 1831											
Tachybaptus dominicus (Linnaeus, 1766)	mergulhão-pequeno	2ª	LC	LC		1	B	O			
Podilymbus podiceps (Linnaeus, 1758)	mergulhão-caçador	1ª	LC	LC	-	1	M	O	-	-	-
Pelecaniformes Sharpe, 1891											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Ardeidae Leach, 1820											
Tigrisoma lineatum (Boddaert, 1783)	socó-boi	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	P	-	-	-
Butorides striata (Linnaeus, 1758)	socozinho	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Ardea cocoi Linnaeus, 1766	garça-moura	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	P	-	-	-
Ardea alba Linnaeus, 1758	garça-branca	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Egretta thula (Molina, 1782)	garça-branca-pequena	2ª	LC	LC		1	B	O			
Cathartiformes Seebohm, 1890											
Cathartidae Lafresnaye, 1839											
Cathartes aura (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	D	-	-	-
Cathartes burrovianus Cassin, 1845	urubu-de-cabeça-amarela	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	M	D	-	-	-
Coragyps atratus (Bechstein, 1793)	urubu	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	D	-	-	-
Sarcoramphus papa (Linnaeus, 1758)	urubu-rei	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	M	D	-	-	-
Accipitriformes Bonaparte, 1831											
Accipitridae Vigors, 1824											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Geranospiza caerulescens (Vieillot, 1817)	gavião-pernilongo	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	C	-	-	-
Heterospizias meridionalis (Latham, 1790)	gavião-caboclo	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	C	-	-	-
Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788)	gavião-carijó	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	C	-	-	-
Geranoaetus albicaudatus (Vieillot, 1816)	gavião-de-rabo-branco	1ª	LC	LC	-	1	B	C	-	-	-
Geranoaetus melanoleucus (Vieillot, 1819)	águia-serrana	2ª	LC	LC		1	M	C			
Buteo nitidus (Latham, 1790)	gavião-pedrês	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	C	-	-	-
Gruiformes Bonaparte, 1854											
Rallidae Rafinesque, 1815											
Aramides cajaneus (Statius Muller, 1776)	saracura-três-potes	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	A	O	-	-	-
Gallinula galeata (Lichtenstein, 1818)	galinha-d'água	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Charadriiformes Huxley, 1867											
Charadriidae Leach, 1820											
Vanellus chilensis (Molina, 1782)	quero-quero	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	-
Recurvirostridae Bonaparte, 1831											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Himantopus mexicanus (Statius Muller, 1776)	pernilongo-de-costas-negras	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	O	-	-	-
Scolopacidae Rafinesque, 1815											
Tringa solitaria Wilson, 1813	maçarico-solitário	2ª	LC	LC		1	B	I			MGT
Jacanidae Chenu & Des Murs, 1854											
Jacana jacana (Linnaeus, 1766)	jaçanã	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Columbiformes Latham, 1790											
Columbidae Leach, 1820											
Columbina passerina (Linnaeus, 1758)	rolinha-cinzenta	1ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	-
Columbina minuta (Linnaeus, 1766)	rolinha-de-asa-canela	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	-
Columbina talpacoti (Temminck, 1810)	rolinha	1ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	-
Columbina squammata (Lesson, 1831)	fogo-apagou	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	-
Columbina picui (Temminck, 1813)	rolinha-picuí	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	-
Patagioenas picazuro (Temminck, 1813)	asa-branca	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	F	Cin	-	-
Zenaida auriculata (Des Murs, 1847)	avoante	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	Cin	-	ND

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Leptotila verreauxi Bonaparte, 1855	juriti-pupu	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	F	Cin	-	-
Leptotila rufaxilla (Richard & Bernard, 1792)	juriti-de-testa-branca	1ª	LC	LC	-	3	M	F	Cin	-	-
Cuculiformes Wagler, 1830											
Cuculidae Leach, 1820											
Piaya cayana (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Crotophaga ani Linnaeus, 1758	anu-preto	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Guira guira (Gmelin, 1788)	anu-branco	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Tapera naevia (Linnaeus, 1766)	saci	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	-
Strigiformes Wagler, 1830											
Strigidae Leach, 1820											
Megascops choliba (Vieillot, 1817)	corujinha-do-mato	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	B	C	-	-	-
Glaucidium brasilianum (Gmelin, 1788)	caburé	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	B	C	-	-	-
Athene cunicularia (Molina, 1782)	coruja-buraqueira	2ª	LC	LC	II	1	M	C			
Nyctibiiformes Yuri, Kimball, Harshman, Bowie, Braun, Chojnowski, Han, Hackett, Huddleston, Moore, Reddy, Sheldon, Steadman, Witt & Braun, 2013											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Nyctibiidae Chenu & Des Murs, 1851											
Nyctibius griseus (Gmelin, 1789)	urutau	2ª	LC	LC		2	B	I			
Caprimulgiformes Ridgway, 1881											
Caprimulgidae Vigors, 1825											
Nyctidromus albicollis (Gmelin, 1789)	bacurau	1ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Nyctidromus hirundinaceus (Spix, 1825)	bacurauzinho-da-caatinga	1ª	LC	LC	-	1	M	I	-	Caa	-
Hydropsalis parvula (Gould, 1837)	bacurau-chintã	1ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	MPR
Nannochordeiles pusillus (Gould, 1861)	bacurauzinho	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	I	-	-	-
Apodiformes Peters, 1940											
Apodidae Olphe-Galliard, 1887											
Chaetura meridionalis Hellmayr, 1907	andorinhão-do-temporal	2ª	LC	LC		2	B	I			MGT
Tachornis squamata (Cassin, 1853)	andorinhão-do-buriti	2ª	LC	LC		1	B	I			
Trochilidae Vigors, 1825											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Anopetia gounellei (Boucard, 1891)	rabo-branco-de-cauda-larga	1ª; 2ª	LC	LC	II	3	A	NF	-	Caa	-
Eupetomena macroura (Gmelin, 1788)	beija-flor-tesoura	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	N	-	-	-
Chrysolampis mosquitus (Linnaeus, 1758)	beija-flor-vermelho	1ª	LC	LC	II	1	B	N	-	-	-
Chlorostilbon lucidus (Shaw, 1812)	besourinho-de-bico-vermelho	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	B	NI	-	-	-
Amazilia fimbriata (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-garganta-verde	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	B	N	-	-	-
Heliomaster squamosus (Temminck, 1823)	bico-reto-de-banda-branca	1ª	LC	LC	II	3	M	N	-	-	-
Coraciiformes Forbes, 1844											
Alcedinidae Rafinesque, 1815											
Megaceryle torquata (Linnaeus, 1766)	martim-pescador-grande	1ª	LC	LC	-	1	B	P	-	-	-
Galbuliformes Fürbringer, 1888											
Bucconidae Horsfield, 1821											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Nystalus maculatus (Gmelin, 1788)	rapazinho-dos-velhos	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-
Piciformes Meyer & Wolf, 1810											
Picidae Leach, 1820											
Picumnus limae Snethlage, 1924	picapauzinho-da-caatinga	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Melanerpes candidus (Otto, 1796)	pica-pau-branco	1ª	LC	LC	-	2	B	O	-	-	-
Veniliornis passerinus (Linnaeus, 1766)	pica-pau-pequeno	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Piculus chrysochloros (Vieillot, 1818)	pica-pau-dourado-escuro	1ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Colaptes melanochloros (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Celeus ochraceus (Spix, 1824)	pica-pau-ocráceo	1ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Campephilus melanoleucos (Gmelin, 1788)	pica-pau-de-topete-vermelho	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Cariamiformes Fürbringer, 1888											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Cariamidae Bonaparte, 1850											
Cariama cristata (Linnaeus, 1766)	seriema	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Falconiformes Bonaparte, 1831											
Falconidae Leach, 1820											
Caracara plancus (Miller, 1777)	carcará	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	C	-	-	-
Herpetotheres cachinnans (Linnaeus, 1758)	acauã	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	B	C	-	-	-
Falco femoralis Temminck, 1822	falcão-de-coleira	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	C	-	-	-
Psittaciformes Wagler, 1830											
Psittacidae Rafinesque, 1815											
Primolius maracana (Vieillot, 1816)	maracanã	1ª; 2ª	NT	LC	-	2	M	F	Xer	-	-
Eupsittula cactorum (Kuhl, 1820)	periquito-da-caatinga	1ª; 2ª	LC	LC	II	2	M	F	Xer	Caa	-
Forpus xanthopterygius (Spix, 1824)	tuim	1ª; 2ª	LC	LC	II	1	B	F	Xer	-	-
Passeriformes Linnaeus, 1758											
Thamnophilidae Swainson, 1824											
Myrmorchilus strigilatus (Wied, 1831)	tem-farinha-aí	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Formicivora melanogaster Pelzeln, 1868	formigueiro-de-barriga-preta	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-
Thamnophilus capistratus Lesson, 1840	choca-barrada-do-nordeste	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	Caa	-
Thamnophilus pelzelni Hellmayr, 1924	choca-do-planalto	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	B	I	-	-	-
Taraba major (Vieillot, 1816)	choró-boi	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Dendrocolaptidae Gray, 1840											
Sittasomus griseicapillus (Vieillot, 1818)	arapaçu-verde	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Campylorhamphus trochilirostris (Lichtenstein, 1820)	arapaçu-beija-flor	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	A	I	-	-	-
Dendroplex picus (Gmelin, 1788)	arapaçu-de-bico-branco	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Lepidocolaptes angustirostris (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-cerrado	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	I	-	-	-
Xiphocolaptes falcirostris (Spix, 1824)	arapaçu-do-nordeste	1ª; 2ª	VU	VU	-	3	M	I	-	Caa	-
Furnariidae Gray, 1840											

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Furnarius figulus (Lichtenstein, 1823)	casaca-de-couro-da-lama	2ª	LC	LC		1	B	I			
Furnarius leucopus Swainson, 1838	casaca-de-couro-amarelo	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Pseudoseisura cristata (Spix, 1824)	casaca-de-couro	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	Caa	-
Certhiaxis cinnamomeus (Gmelin, 1788)	curutié	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	I	-	-	-
Synallaxis frontalis Pelzeln, 1859	petrim	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	B	I	-	-	-
Synallaxis scutata Sclater, 1859	estrelinha-preta	1ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-
Tityridae Gray, 1840											
Pachyramphus polychopterus (Vieillot, 1818)	caneleiro-preto	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	O	-	-	MPR
Pachyramphus validus (Lichtenstein, 1823)	caneleiro-de-chapéu-preto	2ª	LC	LC		3	M	I			MPR
Rhynchocyclidae Berlepsch, 1907											
Tolmomyias flaviventris (Wied, 1831)	bico-chato-amarelo	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	B	I	-	-	-

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Todirostrum cinereum (Linnaeus, 1766)	ferreirinho-relógio	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Hemitriccus margaritaceiventer (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	sebinho-de-olho-de-ouro	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-
Tyrannidae Vigors, 1825											
Hirundinea ferruginea (Gmelin, 1788)	gibão-de-couro	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	I	-	-	-
Stigmatura napensis Chapman, 1926	papa-moscas-do-sertão	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	I	-	-	-
Euscarthmus meloryphus Wied, 1831	barulhento	2ª	LC	LC		2	B	I			
Camptostoma obsoletum (Temminck, 1824)	risadinha	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	-
Elaenia flavogaster (Thunberg, 1822)	guaracava-de-barriga-amarela	2ª	LC	LC		2	B	F			
Elaenia spectabilis Pelzeln, 1868	guaracava-grande	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	B	O	-	-	MPR
Elaenia chilensis Hellmayr, 1927	guaracava-de-crista-branca	2ª	LC	LC		2	B	F			MGT
Myiopagis viridicata (Vieillot, 1817)	guaracava-de-crista-alaranjada	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	IF	-	-	MPR

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Phaeomyias murina (Spix, 1825)	bagageiro	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	IF	-	-	ND
Phyllomyias fasciatus (Thunberg, 1822)	piolhinho	1ª	LC	LC	-	2	M	F	-	-	-
Myiarchus tyrannulus (Statius Muller, 1776)	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	O	-	-	-
Casiornis fuscus Sclater & Salvin, 1873	caneleiro-enxofre	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	MPR
Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	MPR
Machetornis rixosa (Vieillot, 1819)	suiriri-cavaleiro	2ª	LC	LC		1	B	I			
Myiodynastes maculatus (Statius Muller, 1776)	bem-te-vi-rajado	2ª	LC	LC		3	B	I			MPR
Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766)	neinei	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	O	-	-	-
Myiozetetes similis (Spix, 1825)	bentevizinho-de-penacho-vermelho	2ª	LC	LC		2	B	I			
Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819	suiriri	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	MPR
Empidonomus varius (Vieillot, 1818)	peitica	2ª	LC	LC		2	B	I			MPR
Myiophobus fasciatus (Statius Muller, 1776)	filipe	2ª	LC	LC		1	B	I			

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Sublegatus modestus (Wied, 1831)	guaracava-modesta	2ª	LC	LC		2	M	I			MPR
Fluvicola albiventer (Spix, 1825)	lavadeira-de-cara-branca	2ª	LC	LC		1	M	I			
Fluvicola nengeta (Linnaeus, 1766)	lavadeira-mascarada	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	-
Arundinicola leucocephala (Linnaeus, 1764)	freirinha	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	I	-	-	-
Vireonidae Swainson, 1837											
Cyclarhis gujanensis (Gmelin, 1789)	pitiguari	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	O	-	-	-
Hylophilus amaurocephalus (Nordmann, 1835)	vite-vite-de-olho-cinza	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Vireo chivi (Vieillot, 1817)	juruviara	2ª	LC	LC		3	B	I			MPR
Corvidae Leach, 1820											
Cyanocorax cyanopogon (Wied, 1821)	gralha-cancã	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	O	Xer	-	-
Hirundinidae Rafinesque, 1815											
Progne tapera (Vieillot, 1817)	andorinha-do-campo	1ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	MPR
Troglodytidae Swainson, 1831											
Troglodytes musculus Naumann, 1823	corruíra	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	I	-	-	-

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Cantorchilus longirostris (Vieillot, 1819)	garrinchão-de-bico-grande	1ª	LC	LC	-	3	B	I	-	-	-
Polioptilidae Baird, 1858											
Polioptila plumbea (Gmelin, 1788)	balança-rabo-de-chapéu-preto	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	I	-	-	-
Turdidae Rafinesque, 1815											
Turdus rufiventris Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	Xer	-	-
Turdus amaurochalinus Cabanis, 1850	sabiá-poca	2ª	LC	LC		2	B	O	Xer		MPR
Mimidae Bonaparte, 1853											
Mimus saturninus (Lichtenstein, 1823)	sabiá-do-campo	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Passerellidae Cabanis & Heine, 1850											
Zonotrichia capensis (Statius Muller, 1776)	tico-tico	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	-	-	-
Ammodramus humeralis (Bosc, 1792)	tico-tico-do-campo	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	-	-	-
Arremon taciturnus (Hermann, 1783)	tico-tico-de-bico-preto	1ª	LC	LC	-	3	M	O	-	-	-

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Parulidae Wetmore, Friedmann, Lincoln, Miller, Peters, van Rossem, Van Tyne & Zimmer 1947											
Basileuterus culicivorus (Deppe, 1830)	pula-pula	1ª	LC	LC	-	3	M	I	-	-	-
Icteridae Vigors, 1825											
Icterus pyrrhopterus (Vieillot, 1819)	encontro	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	M	O	Xer	-	-
Icterus jamacaii (Gmelin, 1788)	corrupião	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	O	Xer	Caa	-
Gnorimopsar chopi (Vieillot, 1819)	pássaro-preto	1ª	LC	LC	-	1	B	O	Xer	-	-
Chrysomus ruficapillus (Vieillot, 1819)	garibaldi	1ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Agelaioides fringillarius (Spix, 1824)	asa-de-telha-pálido	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	Caa	-
Molothrus bonariensis (Gmelin, 1789)	chupim	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	-	-	-
Thraupidae Cabanis, 1847											
Paroaria dominicana (Linnaeus, 1758)	cardeal-do-nordeste	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	O	Xer	Caa	-
Tangara sayaca (Linnaeus, 1766)	sanhaço-cinzento	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	F	Xer	-	-
Nemosia pileata (Boddaert, 1783)	saíra-de-chapéu-preto	2ª	LC	LC		3	B	F			
Compsothraupis loricata (Lichtenstein, 1819)	tiê-caburé	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	A	I	-	Caa	-

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CAMP	STATUS DE AMEAÇA			UH	SENS	GT	CIN/ XER	END	MIG
			IUCN	MMA	CITES						
Conirostrum speciosum (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho	2ª	LC	LC		3	B	F			
Sicalis luteola (Sparrman, 1789)	tipio	1ª	LC	LC	-	1	B	G	Xer	-	-
Hemithraupis guira (Linnaeus, 1766)	saíra-de-papo-preto	2ª	LC	LC		3	B	F			
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766)	tiziu	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	B	G	Xer	-	-
Coryphospingus pileatus (Wied, 1821)	tico-tico-rei-cinza	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	G	Xer	-	-
Coereba flaveola (Linnaeus, 1758)	cambacica	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	NF	Xer	-	-
Sporophila albogularis (Spix, 1825)	golinho	1ª; 2ª	LC	LC	-	1	M	G	Xer	Caa	-
Sporophila bouvreuil (Statius Muller, 1776)	caboclinho	2ª	LC	LC		1	M	G	Xer		MPR
Cardinalidae Ridgway, 1901											
Cyanoloxia brissonii (Lichtenstein, 1823)	azulão	1ª; 2ª	LC	LC	-	3	M	IG	Xer	-	-
Fringillidae Leach, 1820											
Euphonia chlorotica (Linnaeus, 1766)	fim-fim	1ª; 2ª	LC	LC	-	2	B	F	Xer	-	-
Passeridae Rafinesque, 1815											
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	pardal	2ª	LC	LC		1	B	O		Ex	

Legenda: Status de ameaça: IUCN - Categoria de ameaça de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2021): (LC – Pouco preocupante (= não ameaçada); NA – Não avaliada; VU – Vulnerável, NT – Quase Ameaçada); MMA - Categoria de ameaça de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014) (EN – Em perigo, VU – Vulnerável). CITES - Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (2021) - Apêndice I e II. Status: RE – Espécie residente; NV – Espécie migrante do hemisfério norte; SV – Espécie migrante do hemisfério norte; UM – Desconhecido. UH – Uso de Habitat: 1 – Espécie independente de floresta; 2 – Espécie semidependente de floresta; 3 – Espécie dependente de floresta. Sens – Sensibilidade a distúrbios ambientais: A - Espécies com alta sensibilidade a distúrbios ambientais.; M – Espécies com média sensibilidade a distúrbios ambientais.; B – baixa – Espécies com baixa sensibilidade a distúrbios ambientais. GT - Grupos tróficos: C – carnívoro; D – detritívoro; F – frugívoro; G – granívoro; I – insetívoro; IF - insetívoro-frugívoro; IG - insetívoro-granívoro; N – nectarívoro; NF - nectarívoro-frugívoro; NI - nectarívoro-insetívoro; O – onívoro; P – piscívoro. Endemismo: Caa – Espécies endêmicas à Caatinga. Cin/Xer: Cin – Cinegética; Xer – Xerimbabo (espécies criadas como pets).

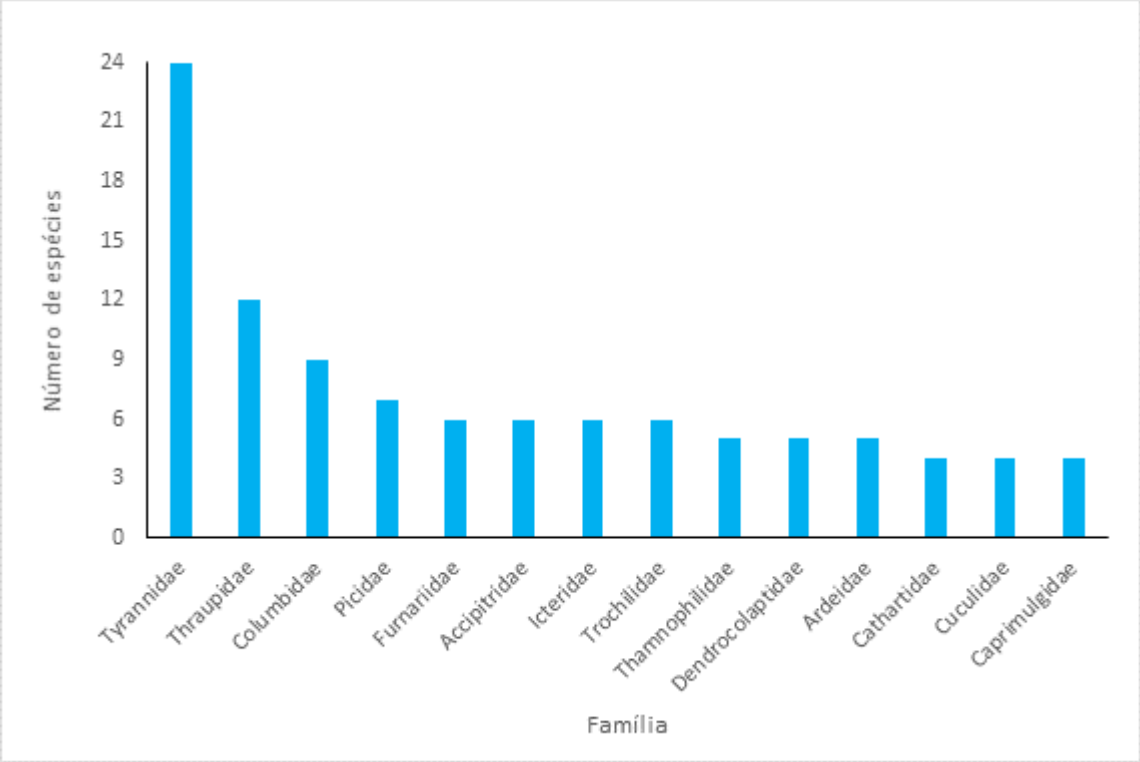


Figura 8.2-70 - Famílias mais representativas quanto ao número de espécies de aves catalogadas a partir dos dados primários na área influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-71 - Espécime de *Camptostoma obsoletum* (risadinha) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria

Figura 8.2-72 - Espécime de *Casionis fuscus* (caneleiro-enxofre) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Quanto a frequência de ocorrência, verificamos que a maioria das espécies foram classificadas como raras (N = 82; 54,67%) ou pouco comum (N = 40; 26,67%). Por sua vez, 16 espécies (10,67%) foram classificadas como comum e 12 (8%) como regulares (Tabela 8.2-8). Os números citados excluíram as espécies registradas por encontros ocasionais (N=3).

Ressalta-se que a predominância de espécies raras ou pouco comuns estão diretamente ligadas ao esforço amostral, uma vez que levantamentos rápidos podem interferir

diretamente na detecção das espécies, influenciando de forma direta na riqueza e abundância das espécies (OLMOS et al., 2005; SILVEIRA, 2010).

De toda forma, as espécies regulares, ou seja, mais frequentes, são espécies comuns aos ambientes de caatinga e, no geral, também são apontadas entre as espécies mais frequentes em outros estudos realizados na Caatinga, (p. ex: SANTOS, 2004; OLMOS et al., 2005; ROOS et al., 2006; ARAUJO & RODRIGUES, 2011). Também realçamos o registro de *Zenaida auriculata* (avoante), espécie comum, porém, bastante caçada no interior do nordeste do Brasil (BEZERRA et al., 2011; ALVES et al., 2012; FERNANDES-FERREIRA et al., 2012). Sua população flutua de acordo com a época do ano, podendo ser visto aglomerações com centenas de indivíduos em áreas com vegetação rasteira/arbustiva, bem como se deslocando entre locais de alimentação e descanso (SICK, 1997).

Ainda com relação as espécies consideradas regulares à área de estudo, de acordo com os Índices de frequência nas listas (IFLs), podemos mencionar a seguintes espécies: *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga (Figura 8.2-73), espécie endêmica à Caatinga que é usualmente observada em diversas fitofisionomias dentro da Caatinga, bem como *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro) (Figura 8.2-74), *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado) (Figura 8.2-75), *Polioptila plumbea* (balança-rabo-de-chapéu-preto) e *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza)(Figura 8.2-76) espécies facilmente vistas ao longo da Caatinga (OLMOS et al., 2005; ARAUJO & RODRIGUES, 2011). Além dessas espécies, também podemos citar *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira) entre as espécies comumente vistas na AI do Projeto Santa Quitéria (Figura 8.2-77)

Esta espécie de psitacídeo é comum na sua área de ocorrência (NUNES, 2003), porém apresenta poucos registros no estado do Ceará (OLMOS et al., 2005). No entanto, apesar desta espécie ser vista com certa frequência na região, não se pode estimar seu tamanho populacional no local, uma vez que a metodologia empregada (RIBON, 2010) subestima espécies gregárias, como psitacídeos e garças, por serem registradas somente uma vez em cada lista, o que pode ocasionar um desbalanço na abundância calculada para estas espécies.

No que diz respeito às espécie com menores IFLs, algumas como *Pachyramphus polychopterus* (caneleiro-preto), *Sublegatus modestus* (guaracava-modesta), *Turdus amaurochalinus* (sabiá-poca) e *Sporophila albogularis* (golinha) que foram raras ou pouco comuns na AI do empreendimento, são frequentes na Caatinga, principalmente durante a estação chuvosa (OLMOS et al., 2005; RUIZ-ESPARZA et al., 2011; ARAUJO et al., 2012), o que pode explicar a raridade destas espécies na área, visto que, mesmo durante a campanha realizada na estação chuvosa, ainda havia predominância de vegetação característica da

época de seca. Ainda, dentre as espécies consideradas raras ou pouco comuns, podemos destacar o registro de aves que são facilmente observadas em caatingas abertas ou com alto grau de antropização, como *Molothrus bonariensis* (chupim), *Sicalis luteola* (tipio) e *Sporophila albogularis* (golinha). A raridade destas espécies pode ser reflexo da dominância de uma vegetação de savana estépica-arborizada e florestada, onde predomina vegetação densa de médio porte, o que dificulta a ocorrência destas aves típicas de ambientes mais abertos.

Além dessas espécies, destacamos o registro de *Picumnus limae* (picapauzinho-da-caatinga) e *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) dentre as espécies pouco comuns ou raras, visto que são aves endêmicas da Caatinga e, no caso de *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), ameaçada de extinção (MMA 2014; IUCN, 2021). Além disso, estas espécies podem ser consideradas bioindicadoras da qualidade ambiental segundo Olmos e colaboradores (2004). Assim, a presença delas entre outras espécies bioindicadoras somada a raridade de algumas aves típicas de caatingas abertas como *Agelaioides fringillarius* (asa-de-telha-pálido), sugere que a área de estudo se encontra em bom estado de conservação.

Tabela 8.2-8 - Índice de frequência nas listas (IFL) e categoria de Frequência de ocorrência (FO) com base nos IFIs das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, em ordem decrescente

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Coryphospingus pileatus	56,835	Regulares
Myiarchus tyrannulus	56,475	Regulares
Polioptila plumbea	43,165	Regulares
Hemitriccus margaritaceiventer	41,727	Regulares
Tolmomyias flaviventris	35,971	Regulares
Cyanocorax cyanopogon	34,892	Regulares
Eupsittula cactorum	34,892	Regulares
Columbina picui	31,655	Regulares
Euphonia chlorotica	29,496	Regulares
Cyclarhis gujanensis	27,698	Regulares
Troglodytes musculus	26,978	Regulares
Camptostoma obsoletum	25,180	Regulares
Sittasomus griseicapillus	21,223	Comum
Chlorostilbon lucidus	20,504	Comum
Zenaida auriculata	20,144	Comum

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Rupornis magnirostris	19,424	Comum
Todirostrum cinereum	18,705	Comum
Lepidocolaptes angustirostris	17,266	Comum
Primolius maracana	15,468	Comum
Paroaria dominicana	14,388	Comum
Anopetia gounellei	11,511	Comum
Glaucidium brasilianum	11,511	Comum
Columbina squammata	11,151	Comum
Megarynchus pitangua	11,151	Comum
Nystalus maculatus	11,151	Comum
Thamnophilus pelzelni	11,151	Comum
Casiornis fuscus	10,072	Comum
Thamnophilus capistratus	10,072	Comum
Pitangus sulphuratus	9,712	Pouco comum
Veniliornis passerinus	9,712	Pouco comum
Cathartes burrovianus	8,993	Pouco comum
Cathartes aura	8,633	Pouco comum
Coereba flaveola	8,633	Pouco comum
Colaptes melanochloros	8,633	Pouco comum
Crypturellus tataupa	7,554	Pouco comum
Icterus jamacaii	7,554	Pouco comum
Synallaxis frontalis	7,554	Pouco comum
Cariama cristata	6,835	Pouco comum
Myiopagis viridicata	6,835	Pouco comum
Turdus rufiventris	6,835	Pouco comum
Coragyps atratus	6,475	Pouco comum
Formicivora melanogaster	6,475	Pouco comum
Furnarius leucopus	6,475	Pouco comum
Herpetotheres cachinnans	6,475	Pouco comum
Patagioenas picazuro	6,475	Pouco comum

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Empidonomus varius	6,115	Pouco comum
Leptotila verreauxi	5,755	Pouco comum
Amazilia fimbriata	5,396	Pouco comum
Pseudoseisura cristata	5,396	Pouco comum
Elaenia spectabilis	5,036	Pouco comum
Sporophila albogularis	5,036	Pouco comum
Ammodramus humeralis	4,676	Pouco comum
Piaya cayana	4,676	Pouco comum
Picumnus limae	4,676	Pouco comum
Tyrannus melancholicus	4,676	Pouco comum
Caracara plancus	4,317	Pouco comum
Compsothraupis loricata	4,317	Pouco comum
Crypturellus parvirostris	4,317	Pouco comum
Cyanoloxia brissonii	4,317	Pouco comum
Nemosia pileata	4,317	Pouco comum
Tangara sayaca	3,957	Pouco comum
Columbina minuta	3,597	Pouco comum
Mimus saturninus	3,597	Pouco comum
Molothrus bonariensis	3,597	Pouco comum
Phaeomyias murina	3,597	Pouco comum
Vanellus chilensis	3,597	Pouco comum
Guira guira	3,237	Pouco comum
Volatinia jacarina	3,237	Pouco comum
Taraba major	2,878	Rara
Vireo chivi	2,878	Rara
Campephilus melanoleucos	2,518	Rara
Dendroplex picus	2,518	Rara
Forpus xanthopterygius	2,518	Rara
Icterus pyrrhopterus	2,518	Rara
Myiodynastes maculatus	2,518	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Crotophaga ani	2,158	Rara
Geranospiza caerulescens	2,158	Rara
Hirundinea ferruginea	2,158	Rara
Nannochordeiles pusillus	2,158	Rara
Campylorhamphus trochilirostris	1,799	Rara
Euscarthmus meloryphus	1,799	Rara
Hylophilus amaurocephalus	1,799	Rara
Megascops choliba	1,799	Rara
Myrmorchilus strigilatus	1,799	Rara
Nothura maculosa	1,799	Rara
Pachyramphus polychopterus	1,799	Rara
Phyllomyias fasciatus	1,799	Rara
Sarcoramphus papa	1,799	Rara
Xiphocolaptes falcirostris	1,799	Rara
Ardea alba	1,439	Rara
Celeus ochraceus	1,439	Rara
Eupetomena macroura	1,439	Rara
Falco femoralis	1,439	Rara
Fluvicola nengeta	1,439	Rara
Himantopus mexicanus	1,439	Rara
Jacana jacana	1,439	Rara
Nyctidromus hirundinaceus	1,439	Rara
Pachyramphus validus	1,439	Rara
Zonotrichia capensis	1,439	Rara
Butorides striata	1,079	Rara
Cantorchilus longirostris	1,079	Rara
Certhiaxis cinnamomeus	1,079	Rara
Conirostrum speciosum	1,079	Rara
Heterospizias meridionalis	1,079	Rara
Tapera naevia	1,079	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Agelaioides fringillarius	0,719	Rara
Aramides cajaneus	0,719	Rara
Ardea cocoi	0,719	Rara
Arundinicola leucocephala	0,719	Rara
Buteo nitidus	0,719	Rara
Gallinula galeata	0,719	Rara
Hemithraupis guira	0,719	Rara
Melanerpes candidus	0,719	Rara
Myiozetetes similis	0,719	Rara
Piculus chrysochloros	0,719	Rara
Sicalis luteola	0,719	Rara
Stigmatura napensis	0,719	Rara
Tigrisoma lineatum	0,719	Rara
Arremon taciturnus	0,360	Rara
Athene cunicularia	0,360	Rara
Basileuterus culicivorus	0,360	Rara
Chaetura meridionalis	0,360	Rara
Chrysolampis mosquitus	0,360	Rara
Chrysomus ruficapillus	0,360	Rara
Columbina passerina	0,360	Rara
Columbina talpacoti	0,360	Rara
Egretta thula	0,360	Rara
Elaenia chilensis	0,360	Rara
Elaenia flavogaster	0,360	Rara
Fluvicola albiventer	0,360	Rara
Furnarius figulus	0,360	Rara
Geranoaetus albicaudatus	0,360	Rara
Gnorimopsar chopi	0,360	Rara
Heliomaster squamosus	0,360	Rara
Hydropsalis parvula	0,360	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Leptotila rufaxilla	0,360	Rara
Machetornis rixosa	0,360	Rara
Megaceryle torquata	0,360	Rara
Myiophobus fasciatus	0,360	Rara
Nyctidromus albicollis	0,360	Rara
Passer domesticus	0,360	Rara
Podilymbus podiceps	0,360	Rara
Progne tapera	0,360	Rara
Sporophila bouvreuil	0,360	Rara
Sublegatus modestus	0,360	Rara
Synallaxis scutata	0,360	Rara
Tachornis squamata	0,360	Rara
Tachybaptus dominicus	0,360	Rara
Tringa solitaria	0,360	Rara
Turdus amaurochalinus	0,360	Rara

Figura 8.2-73 - Espécime de *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-74 - Espécime de *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro) registrado durante a construção do ninho no decorrer do levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-75 - Espécime de *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado

Figura 8.2-76 - Espécime de *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza)

Figura 8.2-77 - Espécime de *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira)

Figura 8.2-78 - Espécime de *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste)

C.2. Eficiência amostral

A eficiência da amostragem foi estimada por meio da rarefação de espécies, baseada em 500 randomizações da matriz original no programa Estimates v.9.0 (COLWELL, 2013), tendo o número de indivíduos como unidade amostral (UA). A riqueza observada refere-se ao índice *Sobs* e os estimadores utilizados foram o *Chao 2* e *Jackknife 1*, sendo construída uma curva de rarefação para todo o estudo, visto que esses dois estimadores apresentam um bom desempenho para amostragens realizadas em áreas de Caatinga (Araujo, 2009) e, tendo em vista a homogeneidade da paisagem na área amostral.

Dito isso, observa-se que o esforço empregado permitiu o registro de 153 espécies de aves, representando cerca de 82% (N = 185 +/- 16) e 84% (N = 181 +/- 6) das espécies

estimadas por *Chao 2* e *Jackknife 1*, respectivamente (Figura 8.2-79). Esse resultado pode ser considerado satisfatório, uma vez que o estudo detectou uma riqueza de espécie superior a encontrada para o EIA realizado em 2011 (N = 144) (ARCADIS LOGOS, 2014) mesmo com uma segunda campanha tendo sido realizada num período em que já seria esperado mais chuvas, como mencionado anteriormente. Entretanto, a curva de rarefação ainda mostra uma tendência ascendente, indicando que novas espécies podem ser adicionadas à lista, a partir de um empenho de campo maior, principalmente se realizado durante o pico da estação chuvosa, período em que diversas espécies de aves migratórias ou que realizam deslocamentos sazonais ocorrem na Caatinga (OLMOS *et al.*, 2005; ARAUJO *et al.*, 2012). Além disso, o registro de aves na época chuvosa pode representar cerca de 90% da avifauna inventariada enquanto na época de seca a representatividade pode corresponder a cerca de 76% (ARAUJO & RODRIGUES, 2011).

É importante mencionar que o tempo para estabilização da curva de rarefação em comunidades faunísticas pode variar de acordo com o grupo taxonômico estudado e regiões amostradas. Em comunidades de aves, particularmente, essa estabilização é demorada, mesmo em estudos longos, como constatado por Silva e Constantino (1988) e Maia-Gouvêa e colaboradores (2005). Esta variação no tempo de estabilização pode ser atribuída às dificuldades de registro de espécies raras e ameaçadas que apresentam normalmente baixas densidades populacionais, o que diminui as chances de serem detectadas (RIBON *et al.*, 2006). Desta forma, a continuidade dos monitoramentos no futuro pode revelar uma riqueza de aves mais próxima da diversidade real esperada para a região, com base nos estimadores utilizados.

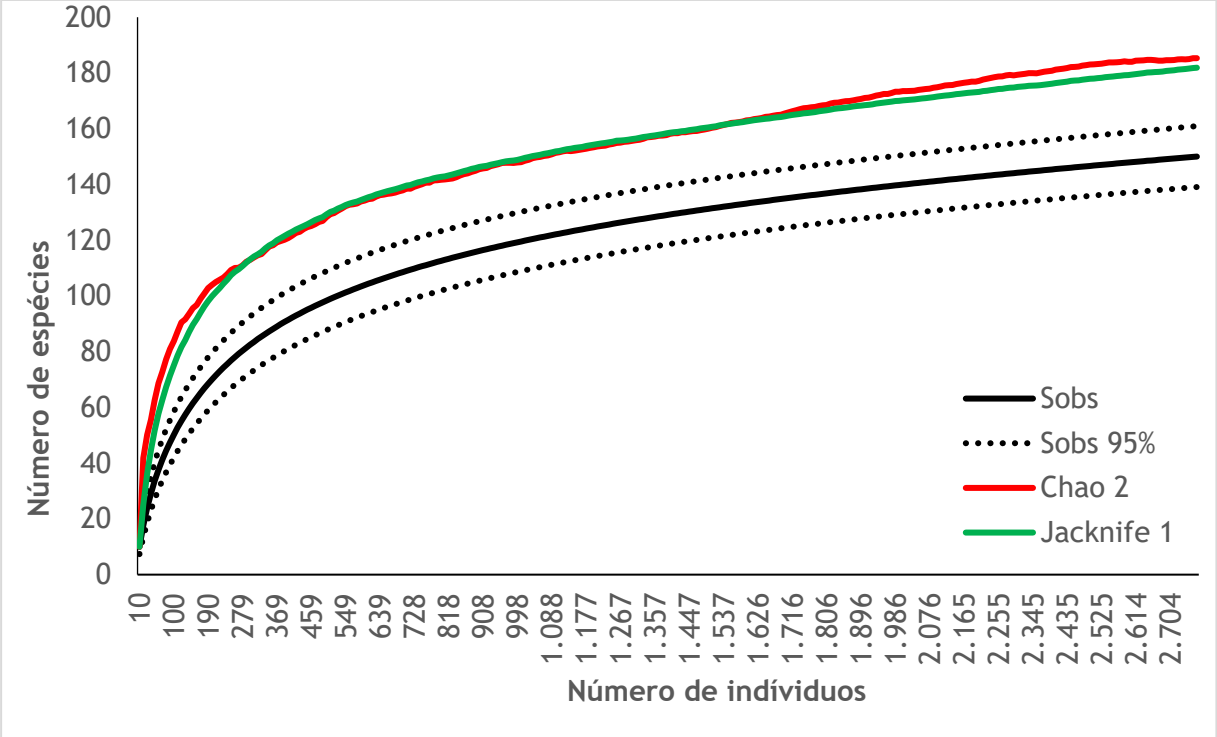


Figura 8.2-79 - Curva de rarefação obtida para a avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Considerando os dados do estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), os estimadores apontam para uma riqueza local entre 150 e 160 espécies, que é um número bem próximo daquele obtido mediante a compilação dos dados das campanhas de 2011 com o presente estudo.

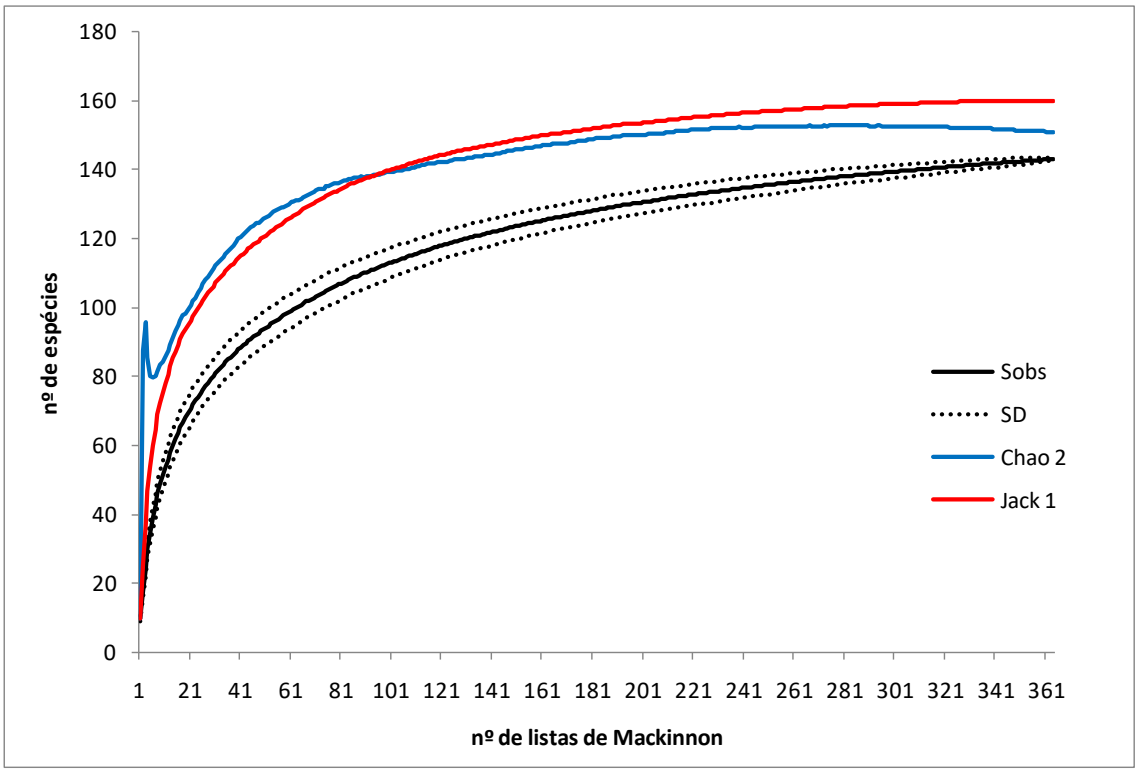


Figura 8.2-80 - Curvas de rarefação para o conjunto da avifauna coletada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

A despeito de indicação de que novas espécies podem ser adicionadas mediante a adição de esforço amostral, ressalta-se que o conhecimento gerado atualmente, pelos estudos pretéritos na área do Projeto Santa Quitéria e pelo presente estudo permitem acessar uma adequada caracterização da avifauna local, suficiente para embasar a avaliação da viabilidade locacional do empreendimento.

C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou Federal e Espécies cinegéticas e/ou de interesse econômico

Durante as duas campanhas realizadas foram registradas três espécies de aves classificadas como ameaçadas de extinção de acordo com a IUCN (2021), destas, duas são classificadas como vulnerável, *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), e uma classificada como quase ameaçada, *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro) (Tabela 8.2-9). Por sua vez, duas das espécies observadas são classificadas como vulnerável a nível nacional (MMA, 2014), são elas: *P. jacuca* (jacucaca) e *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) (Tabela 8.2-9). Do total de espécies ameaçadas de extinção catalogadas, *P. maracana* (maracanã-verdadeiro) e *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) foram observadas tanto na primeira como na segunda campanha, enquanto *P. jacucaca* (jacucaca) foi registrada apenas na primeira campanha.

Penelope jacucaca (jacucaca): espécie de Cracidae que habita florestas secas semidecídua e caatingas mais altas não inferiores a 3-4 metros. Também podem ser vistas áreas seletivamente exploradas ou degradas, porém são mais numerosos próximos a rios temporários (DEL HOYO & KIRWAN, 2020). Originalmente ocorria nas caatingas arbóreas do Maranhão a Minas Gerais (Sick, 1997). Atualmente encontra-se extinta em boa parte da sua distribuição original, sendo encontrada geralmente em unidades de conservação nos estados do Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia (MACHADO *et al.*, 2008). A espécie é altamente sensível à alterações ambientais e pressões antrópicas (Redies, 2013) tendo como principal ameaça o desmatamento e a pressão de caça (SILVEIRA, 2008), comum na região nordeste do Brasil (BEZERRA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA, *et al.*, 2012).

Primolius maracana (maracanã-verdadeiro), espécie de psitacídeo que ocorre desde a região nordeste da Argentina e leste do Paraguai até o Maranhão (SICK, 1997, NUNES, 2003). Indivíduos desta espécie são vistos habitando florestas sempre-verdes e caducifólias, tanto na Mata Atlântica como nas savanas do Cerrado e florestas de galeria, especialmente na região da Caatinga (SICK, 1997, PARR & JUNIPER, 2010). De acordo com a IUCN (2021), a espécie tem como principais ameaças a expansão da agricultura e o comercio ilegal para criação de indivíduos como animal de estimação (xerimbabos).

Xiphocolaptes falcirostris (arapaçu-do-nordeste), espécie que habita essencialmente as matas deciduais do Nordeste do Brasil com ocorrência também em áreas de caatinga arbórea e até mesmo em matas de beira de rios (STRAUBE & PIACENTINI, 2008) sendo incomum ou raro e muito local (MARANTZ *et al.*,2020). Além disso, é apontado como a principal ameaça a essa espécie a perda de habitat decorrente de ações antropogênicas (SILVEIRA & STRAUBE, 2008).

Adicionalmente, destacamos as espécies listadas no Apêndice I e II da Convenção Internacional sobre Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora Selvagem (CITES, 2021), que lista todas as espécies que, apesar de não estarem atualmente ameaçadas de extinção, podem chegar a esta situação em função da livre comercialização, como os raptores (gaviões, falcões ou corujas), os beija-flores e os psitacídeos (Tabela 8.2-9). Do total de espécies registradas na AI do empreendimento, uma espécie é listada no apêndice I, *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro) e 18 espécies são listadas no Apêndice II (2021). Dentre estas, destacamos o registro dos psitacídeos, como *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatnga) e *Forpus xanthopterygius* (tuim), espécies comumente encontradas em gaiolas na região nordeste além de serem de interesse do comércio ilegal (PEREIRA & BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; ARAUJO & RODRIGUES, 2011; ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Ainda com relação ao tráfico de animais a nível nacional, algumas outras espécies, entre elas alguns passeriformes, merecem destaque relacionado à conservação, como *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã) (Figura 8.2-81), *Icterus pyrrhopterus* (inhapim) (Figura 8.2-82), *Icterus jamacaii* (corrupião) (Figura 8.2-83) e *Tangara sayaca* (sanhaçu-cinzento) além de outros traupídeos (Tabela 8.2-9) que são categorizadas como xerimbabos (criados como animais de estimação) e podem ser vistos em gaiolas ou viveiros nas residências rurais e nas cidades ao entorno da área amostrada (ALVES et al., 2010; ARAUJO & RODRIGUES, 2011; ALVES et al., 2012; FERNANDES-FERREIRA et al., 2012).

Tabela 8.2-9 - Espécies de aves registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria categorizadas como ameaçadas de extinção segundo a IUCN (2021), o MMA (2014) e CITES (2021) com indicação do número de indivíduos por sítio amostral.

TÁXON	NOME COMUM	MMA	IUCN	CITES
Galliformes				
Cracidae				
Penelope jacucaca	jacucaca	VU	VU	
Cathartiformes				
Cathartidae				
Cathartes aura	urubu-de-cabeça-vermelha	-	LC	II
Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela	-	LC	II
Coragyps atratus	urubu	-	LC	II
Sarcoramphus papa	urubu-rei	-	LC	II
Strigiformes				
Strigidae				
Megascops choliba	corujinha-do-mato	-	LC	II
Glaucidium brasilianum	caburé	-	LC	II
Athene cunicularia	coruja-boraqueira			
Apodiformes				
Trochillidae				
Anopetia gounellei	rabo-branco-de-cauda-larga	-	LC	II
Eupetomena macroura	beija-flor-tesoura	-	LC	II
Chrysolampis mosquitus	beija-flor-vermelho	-	LC	II
Chlorostilbon lucidus	besourinho-de-bico-vermelho	-	LC	II
Amazilia fimbriata	beija-flor-de-garganta-verde	-	LC	II

TÁXON	NOME COMUM	MMA	IUCN	CITES
Heliomaster squamosus	bico-reto-de-banda-branca	-	LC	II
Falconiformes				
Falconidae				
Caracara plancus	carcará	-	LC	II
Herpetotheres cachinnans	acauã	-	LC	II
Falco femoralis	falcão-de-coleira	-	LC	II
Psittaciformes				
Psittacidae				
Primolius maracana	maracanã	-	NT	I
Eupsittula cactorum	periquito-da-caatinga	-	LC	II
Forpus xanthopterygius	tuim	-	LC	II
Passeriformes				
Dendrocolaptidae				
Xiphocolaptes falcirostris	arapaçu-do-nordeste	VU	VU	-

Legenda: Status de ameaça: IUCN (2021): LC = preocupação menor; EN = em perigo; VU = vulnerável; NT - quase ameaçada. MMA (2014) CR= criticamente em perigo, EN= em perigo e VU= vulnerável. CITES - Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (2021); II – Apêndice II da lista CITES.

Figura 8.2-81 - Espécime de *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã), registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-82 - Espécime de *Icterus pyrrhopterus* (inhapim), registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-83 - Espécime de *Icterus jamacaii* (corrupião) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Quanto à importância econômica e cinegética, as aves constituem um dos grupos vertebrados de maior relevância em todo o mundo e, no nordeste brasileiro, apresentam um importante valor econômico e cultural (PEREIRA & BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Dentre as aves apontados com de interesse econômico/cinegéticas, podemos destacar as espécies pertencentes às famílias Tinamidae (macucos, inhambus, perdizes e codornas), Anatidae (patos e marrecos), Cracidae (jacus e mutuns) e Columbidae (rolinhas, pombas, juritis e avoante), as quais possuem maior potencial cinegético e que, possivelmente, são caçadas na região, visto ser uma prática comum no Nordeste do Brasil (PEREIRA & BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Este destaque torna-se importante uma vez que, no decorrer das atividades de campo, foram encontradas evidências de caçadores, como armadilhas do tipo espera (Figura 8.2-84), na AI do empreendimento (PEREIRA & BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Neste contexto, novamente destacamos o registro de *Penelope jacucaca* (jacucaca), espécie endêmica e ameaçada de extinção tanto a nível nacional como internacional além de ser uma espécie historicamente caçada na Caatinga devido ao ser valor proteico (OLMOS *et al.*, 2005; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Também ressaltamos a ocorrência de *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro), devido ao grau de ameaça a nível global, além de sua raridade no estado do Ceará (NUNES, 2003; OLMOS *et al.*, 2005; WIKIAVES, 2020). Destaca-se também espécies comuns a caatinga e que geralmente são abundantes em áreas onde são pouco caçadas (OLMOS *et al.*, 2005), como alguns Columbiformes (rolinhas, pombas e avoate), além de *Gallinula galeata* (galinha-d'água) e *Cariama cristata* (seriema) (OLMOS *et al.*, 2005; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al*, 2012).

Nessa perspectiva, o monitoramento dessas espécies surge como um importante indicador da interferência antrópica, uma vez que as aves cinegéticas seriam aquelas intensamente caçadas ou capturadas pelos humanos, ato que pode ocasionar graves danos às populações de aves, uma vez que esta atividade é apontada como o principal fator responsável pelas reduções populacionais observadas em muitas espécies (FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Figura 8.2-84 - Armadilha para caça de animais selvagens do tipo espera localizada no ponto amostral 4 durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Além destas espécies, aves canoras são muito apreciadas na região nordeste do Brasil com grande importância econômica devido ao seu comércio ilegal (OLMOS et al., 2005). Estas espécies são conhecidas como xerimbabos (animais de estimação) e geralmente são pássaros canoros, dotados de vocalizações melodiosas ou de grande habilidade de imitação. As aves que melhor se enquadram nessa categoria são espécies das famílias Psittacidae, Thraupidae e Icteridae (Tabela 8.2-9), porém, somente os psitacídeos são listados pela CITES (2021). No presente estudos, 17 espécies de aves tradicionalmente criadas como xerimbabos foram registradas na AI do empreendimento, com destaque para *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste) (Figura 8.2-85), *Icterus jacamacaii* (corrupião) e espécies do gênero Sporophila, uma vez que estas são comumente vistas em gaiolas pelo interior do nordeste, como dito anteriormente, além de estarem entre as espécies mais comercializadas em feiras livres (PEREIRA & BRITO, 2005; BEZERRA et al., 2011; ALVES et al., 2010; FERNANDES-FERREIRA et al., 2012).

Além do registro destas espécies, Pereira & Brito (2005), encontraram diversas outras aves sendo comercializadas em feiras livres na região metropolitana do Recife, entre elas, *Butorides striata* (socozinho), *Rupornis magnirostris* (gavião-carijó) e *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeiras), espécies que tradicionalmente não aparecem como cinegéticas ou xerimbabos, mas podem ser capturadas para atender o mercado ilegal de animais silvestres na região, todas registrada na AI do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-85 - Espécime de *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-86 - Espécime de *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira) registrado durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

C.4. Espécies Bioindicadoras, Raras e Não descritas

Frequentemente as aves têm sido utilizadas como bioindicadoras da qualidade ambiental por possuírem taxonomia e sistemática bem conhecidas (FURNESS & GREENWOOD, 1993; BIERREGAARD & STOUFFER, 1997), bem como por muitas espécies ocuparem altos níveis na cadeia alimentar (BIERREGAARD, 1990) e por serem sensíveis à perda e

fragmentação de hábitat (TERBORGH, 1977; TURNER, 1996). Neste contexto, Olmos e colaboradores (2004) consideram como bioindicadoras espécies de aves pertencentes à duas grandes categorias. A primeira engloba as espécies que sofrem ação direta do homem através de atividades de caça, tanto para subsistência como esportiva, e aquelas que são capturadas para o comércio ilegal. A segunda categoria é formada pelas espécies que podem indicar uma ruptura nos processos ecológicos ou alguma perturbação na estrutura do ambiente.

Além disso, é possível verificar a qualidade do ambiente com base no uso de habitat das espécies, como mencionado anteriormente. Assim, ao analisar a listagem total de espécies a partir dos dados primários, verificamos que, cerca de 18% (N = 29) das espécies são dependentes de florestas, enquanto aproximadamente 34% (N = 53) são semidependentes. Ainda, foram registradas cinco espécies (3,27%) com alta sensitividade a distúrbios ambientais e 47 (30,72%) com média sensitividade. A ocorrência destas aves nas áreas de influência do empreendimento possivelmente se deve a presença de uma savana estépica florestada ou arborizada, principalmente no sopé da serra do Céu e/ou as margens de um riacho temporário (Ponto amostral 10), sugerindo um bom estado de conservação na região estudada, mesmo com a presença de residências rurais e a criação de animais domésticos.

Adicionalmente, indicamos o acompanhamento de espécies que se encaixem na primeira categoria indicada por Olmos e colaboradores (2004), mesmo sendo independentes de florestas, como, *Columbina picui* (rolinha-picui), *Zenaida auriculata* (avoante) e *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste), assim como as que apresentam alguma dependência, como *Leptotila verreauxi* (juriti-pupu), *Eupsitulla cactorum* (periquito-da-caatinga), a *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã) e *Cyanoloxia brissonii* (azulão), visto que são espécies caçadas na Caatinga tanto para fins de subsistência como para fins recreativo (xerimbabos) (BEZERRA *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Estas espécies também auxiliaram no entendimento sobre o uso do habitat na região estudada, uma vez que tendem a ser mais abundantes em habitats alterados enquanto as que apresentam alguma dependência tendem a ser mais raras (ARAUJO, 2009).

No que diz respeito as espécie com menores IFLs, algumas como Pachyramphus polychopterus (caneleiro-preto), Sublegatus modestus (guaracava-modesta), Turdus amaurochalinus (sabiá-poca) e Sporophila albogularis (golinha) que foram raras ou pouco comuns na AI do empreendimento, são frequentes na Caatinga, principalmente durante a estação chuvosa (Olmos et al., 2005; Ruiz-Esparza et al., 2011; Araujo et al., 2012), o que pode explicar a raridade destas espécies na área, visto que durante as campanhas realizadas havia predominacia de vegetação característica da época de seca. Ainda, dentre as espécies consideradas raras ou pouco comuns, podemos destacar o registro de aves que são

facilmente observadas em caatingas abertas ou com alto grau de antropização, como Molothrus bonariensis (chupim), Sicalis luteola (tipio) e Sporophila albogularis (golinha). A raridade destas espécies pode ser reflexo da dominância de uma vegetação de savana estépica-arborizada e florestada, onde predomina vegetação densa de médio porte, o que dificulta a ocorrência destas aves.

Tabela 8.2-10 - Espécies com menores valores de IFL.

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Taraba major	2,878	Rara
Vireo chivi	2,878	Rara
Campephilus melanoleucos	2,518	Rara
Dendroplex picus	2,518	Rara
Forpus xanthopterygius	2,518	Rara
Icterus pyrrhopterus	2,518	Rara
Myiodynastes maculatus	2,518	Rara
Crotophaga ani	2,158	Rara
Geranospiza caerulescens	2,158	Rara
Hirundinea ferruginea	2,158	Rara
Nannochordeiles pusillus	2,158	Rara
Campylorhamphus trochilirostris	1,799	Rara
Euscarthmus meloryphus	1,799	Rara
Hylophilus amaurocephalus	1,799	Rara
Megascops choliba	1,799	Rara
Myrmorchilus strigilatus	1,799	Rara
Nothura maculosa	1,799	Rara
Pachyramphus polychopterus	1,799	Rara
Phyllomyias fasciatus	1,799	Rara
Sarcoramphus papa	1,799	Rara
Xiphocolaptes falcirostris	1,799	Rara
Ardea alba	1,439	Rara
Celeus ochraceus	1,439	Rara
Eupetomena macroura	1,439	Rara
Falco femoralis	1,439	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Fluvicola nengeta	1,439	Rara
Himantopus mexicanus	1,439	Rara
Jacana jacana	1,439	Rara
Nyctidromus hirundinaceus	1,439	Rara
Pachyramphus validus	1,439	Rara
Zonotrichia capensis	1,439	Rara
Butorides striata	1,079	Rara
Cantorchilus longirostris	1,079	Rara
Certhiaxis cinnamomeus	1,079	Rara
Conirostrum speciosum	1,079	Rara
Heterospizias meridionalis	1,079	Rara
Tapera naevia	1,079	Rara
Agelaioides fringillarius	0,719	Rara
Aramides cajaneus	0,719	Rara
Ardea cocoi	0,719	Rara
Arundinicola leucocephala	0,719	Rara
Buteo nitidus	0,719	Rara
Gallinula galeata	0,719	Rara
Hemithraupis guira	0,719	Rara
Melanerpes candidus	0,719	Rara
Myiozetetes similis	0,719	Rara
Piculus chrysochloros	0,719	Rara
Sicalis luteola	0,719	Rara
Stigmatura napensis	0,719	Rara
Tigrisoma lineatum	0,719	Rara
Arremon taciturnus	0,360	Rara
Athene cunicularia	0,360	Rara
Basileuterus culicivorus	0,360	Rara
Chaetura meridionalis	0,360	Rara
Chrysolampis mosquitus	0,360	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL (%)	CATEGORIA DE FO
Chrysomus ruficapillus	0,360	Rara
Columbina passerina	0,360	Rara
Columbina talpacoti	0,360	Rara
Egretta thula	0,360	Rara
Elaenia chilensis	0,360	Rara
Elaenia flavogaster	0,360	Rara
Fluvicola albiventer	0,360	Rara
Furnarius figulus	0,360	Rara
Geranoaetus albicaudatus	0,360	Rara
Gnorimopsar chopi	0,360	Rara
Heliomaster squamosus	0,360	Rara
Hydropsalis parvula	0,360	Rara
Leptotila rufaxilla	0,360	Rara
Machetornis rixosa	0,360	Rara
Megaceryle torquata	0,360	Rara
Myiophobus fasciatus	0,360	Rara
Nyctidromus albicollis	0,360	Rara
Passer domesticus	0,360	Rara
Podilymbus podiceps	0,360	Rara
Progne tapera	0,360	Rara
Sporophila bouvreuil	0,360	Rara
Sublegatus modestus	0,360	Rara
Synallaxis scutata	0,360	Rara
Tachornis squamata	0,360	Rara
Tachybaptus dominicus	0,360	Rara
Tringa solitaria	0,360	Rara
Turdus amaurochalinus	0,360	Rara

O acompanhamento de espécies frugívoras de grande e médio porte que são apontadas como indicadoras de qualidade ambiental, segundo Pizo (2001). Dessa forma, sugerimos o monitoramento da *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Primolius maracana* (maracanã-

verdadeira). Além de serem importantes frugívoras, se enquadram tanto no primeiro como no segundo grupo de espécies biodicadoras apontadas por Olmos e colaboradores (2004), além da população *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira) local ser uma das poucas registradas no estado do Ceará (NUNES, 2003; OLMOS *et al.*, 2005; WIKIAVES, 2020).

C.5. Espécies endêmica, domésticas/invasoras e exóticas

No decorrer das atividades de campo foram registradas 13 espécies de aves que possuem distribuição restrita a Caatinga ou que tem sua origem dentro da Caatinga (ARAUJO & SILVA, 2017) (Tabela 8.2-11), das quais podemos destacar *P. jacucaca* (jacucaca), espécie ameaçada de extinção e historicamente caçada na região, como mencionado previamente; *Nyctidromus hirundinaceus* (bacurauzinho-da-caatinga), espécie de bacurau que habita as matas secas e caatingas arbóreas com enclaves rochosos (SIGRIST, 2013); *Picumnus limae* (picapauzinho-da-caatinga), espécie de pica-pau localmente comum em áreas de caatinga no Ceará até 1000 metros de altitude (SIGRIST, 2013); e *Anopetia gounelei* (rabo-branco-de-cauda-larga), espécie de beija-flor que habita áreas mais úmidas com arbustos ou árvores e vegetação rasteira densa, além de áreas abertas e semiabertas ou até mesmo em ambientes perturbados (HINKELMANN *et al.*, 2020).

Tabela 8.2-11 - Espécies de aves endêmicas registradas durante o inventário de avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

TÁXON	NOME COMUM	Nº DE IND.
Agelaioides fringillarius	asa-de-telha-pálido	2
Anopetia gounellei	rabo-branco-de-cauda-larga	32
Compsothraupis loricata	tiê-caburé	12
Eupsittula cactorum	periquito-da-caatinga	97
Icterus jamacaii	corrupião	21
Nyctidromus hirundinaceus	bacurauzinho-da-caatinga	4
Paroaria dominicana	cardeal-donordeste	40
Penelope jacucaca	jacucaca	1
Picumnus limae	picapauzinho-da-caatinga	13
Pseudoseisura cristata	casaca-de-couro	15
Sporophila albogularis	golinha	14
Thamnophilus capistratus	choca-barrada-do-nordeste	28
Xiphocolaptes falcirostris	arapaçu-do-nordeste	5

Legenda: Nº de ind.: Número de indivíduos registrados durante as duas campanhas de levantamento da avifauna.

Por sua vez, foram registradas duas espécies de ave domésticas na AI do empreendimento ou áreas vizinhas, porém estas não foram contabilizadas na listagem geral, são elas: *Gallus gallus* (galiha-doméstica) e *Numida meleagris* (galinha-de-angola). Estas espécies são criadas em todo o Brasil com a finalidade alimentícia juntamente com outros animais domésticos.

Por fim, foi observada uma espécie (*Passer domesticus* - pardal) de ave exótica na AI do Projeto Santa Quitéria, especificamente no ponto amostral 01 (AID). O pardal também foi observado em áreas próximas as áreas de influência do empreendimento, como no distrito de Lagoa do Mato, município de Itatira/CE, bem como próximo das residências localizadas em áreas rurais vizinha a AI.

C.6. Espécies migratórias

Migração pode ser definida como um movimento executado por uma população ou parte de uma população entre pelo menos um local ao qual exibe fidelidade e outro local (ou locais) não reprodutivo de forma cíclica e sazonal (SOMENZARI *et al.*, 2018). No presente estudo, foram registradas três espécies de aves consideradas migrantes, todas durante a segunda campanha. Destas, duas eram migrantes do hemisfério norte, sendo elas: *Tringa solitaria* (maçarico-solitário) e *Chaetura meridionalis* (andorinhão-do-temporal) e uma oriunda do hemisfério sul (*Elaenia chilensis* - guaracava-de-crista-branca).

Ainda, foram registradas 15 espécies que são apontadas como migrantes parciais, ou seja, são espécies cujas populações são em parte migrantes e em parte residentes (SOMENZARI et al., 2018) (Tabela 8.2-9) são elas: *Hydropsalis parvula* (bacurau-chintã), *Pachyramphus polychopterus* (caneleiro-preto), *Pachyramphus validus* (caneleiro-de-chapéu-preto), *Elaenia spectabilis* (guaracava-grande), *Myiopagis viridicata* (guaracava-de-crista-alaranjada), *Casiornis fuscus* (caneleiro-enxofre), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Myiodynastes maculatus* (bem-te-vi-rajado), *Tyrannus melancholicus* (suiriri), *Empidonomus varius* (peitica), *Sublegatus modestus* (guaracava-modesta), *Vireo chivi* (juruviara), *Progne tapera* (andorinha-do-campo), *Turdus amaurochalinus* (sabiá-poca) e *Sporophila bouvreuil* (caboclinho).

Do total de espécies migrantes ou migrantes parciais observadas na AI do empreendimento, duas foram registradas durante a primeira campanha, sete durante a segunda campanha, enquanto seis foram registradas em ambas as campanhas. No caso de *E. chilensis* (guaracava-de-crista-branca), Marini & Cavalcanti (1990) estabeleceram uma clara rota de migração sudoeste-nordeste pela costa do Brasil até a região Nordeste, seguindo para a Amazônia e retornando em uma migração para o sul pelo Brasil Central, seguindo a a calha do rio Paraguai. O período de registro dessa espécie na região corrobora com os estudos

de Araujo (2009) que registrou indivíduos entre fevereiro e junho em uma área de Caatinga na Paraíba. Adicionalmente, é apontado a ocorrência de *E. chilensis* (guaracava-de-crista-branca) entre fevereiro e julho em diversas outras áreas na Caatinga (RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011; ARAUJO *et al.*, 2012; SOMENZARI *et al.*, 2018), assim como se deu no presente estudo.

Além das migrações conspícuas e em escala continental efetivadas por certas espécies, existem muitos outros deslocamentos sazonais, denominado migrações regionais, envolvendo populações de aves neotropicais que são pouco documentados e mal compreendidos (SILVA *et al.*, 2003; OLMOS *et al.*, 2005). A falta de conhecimento sobre as migrações intertropicais e outros deslocamentos de menor escala faz com que seja difícil alocar espécies em grupos migratórios de amplo deslocamento ou que fazem pequenos deslocamentos sazonais (OLMOS *et al.*, 2005). De qualquer forma, foram registradas algumas espécies que fazem esses deslocamentos entre diferentes regiões neotropicais e aparecem na região durante o período chuvoso, p.ex.: *Zenaida auriculata* (avoante), *Volatinia jacarina* (tiziu) e *Sporophila albogulariss* (golinho). Segundo Olmos e colaboradores (2005), a comunidade de aves da Caatinga exibe alta heterogeneidade no tempo e no espaço chegando a apresentar uma baixa similaridade consigo mesma quando se comparam amostragens obtidas em intervalos de poucos meses, uma vez que diversas espécies de aves somente são observadas ou são mais abundantes na Caatinga durante a estação chuvosa (ARAUJO, 2009; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011; PEREIRA & AZEVEDO-JÚNIOR, 2013).

Diante do exposto, verificamos que apesar das duas campanhas de campo ocorrerem com vegetação característica do período seco, a ocorrência de espécies de aves migratórias, principalmente durante a segunda campanha, sugere que alguns migrantes podem aparecer na região antes do início das chuvas, como apontado para diversos tiranídeos na região centra do Brasil (NEGRET, 1988). No entanto, diversas espécies migrantes aqui registradas, são consideradas migrantes parciais, cujas populações são em parte migrantes e em parte residentes, o que explica a ocorrência de indivíduos destas aves mesmo na estação seca (OLMOS *et al.*, 2005; SOMENZARI *et al.*, 2018).

C.7. Uso de habitat, sensitividade e categoria trófica

Entre as aves registradas ao longo das campanhas de levantamento na AI do Projeto Santa Quitéria, há 71 (46,41%) espécies independentes de floresta, ou seja, estão associadas apenas a vegetações abertas; outras 53 (34,64%) espécies são semidependentes, ou seja, ocorrem nos mosaicos formados pelo contato entre florestas e formações vegetais abertas e semiabertas. Por fim, 29 (18,95%) espécies são dependentes, uma vez que somente ocorrem em ambientes florestais, tais como florestas semi-perenes, florestas estacionais, caatingas arbóreas e cerradões (SILVA *et al.*, 2003) (Figura 8.2-87). No geral, a mesma proporção de

aves independentes, semidependentes e dependentes de ambientes florestados foi observada em cada uma das campanhas realizadas, indicando uma predominância de espécies independetes na região. Ainda, algumas das espécies, como *Coragyps atratus* (urubu), *Pitangus sulphuratus* (bem-ti-vi), *Tyrannus melancholicus* (suiriri), *Progne tapera* (andorinha-do-campo), *Turdus rufiventris* (sábiá-laranjeira) e *Coereba flaveola* (cambacica), são indicadoras de habitat perturbados, tais como florestas secundárias, segundo STOTZ *et al.*, (1996), como encontrado em alguns pontos amostrais na AI, onde estas espécies foram observadas.

De toda forma, há uma predominância de espécies independentes na Caatinga. Silva e colaboradores (2003) apontam que do total de espécies de aves da Caatinga, 185 espécies, aproximadamente 40%, são de espécies de aves associadas apenas a vegetações abertas, proporção semelhante a encontrada no presente levantamento. Além disso, em estudos realizados em outras áreas de caatinga também observaram a predominância de espécies independentes de florestas (ARAUJO *et al.*, 2012; SILVEIRA & MACHADO, 2012). Apesar disso, destacamos a importância da manutenção dos fragmentos com vegetação de caatinga arbórea/arbustiva e florestais na área estudada, visto que as espécies dependentes destas formações são as que mais sofrem com a fragmentação da vegetação natural seja na Caatinga ou em outras fitofisionomias (MARINI & GARCIA, 2005).

Apesar da predominância de espécies típicas de ambientes abertos, foram registradas cinco espécies (3,27%) com alta sensibilidade aos distúrbios ambientais e 47 espécies (30,72%) com média sensibilidade (Figura 8.2-88), evidenciando a importância dos fragmentos, principalmente nos pontos amostrais próximos a avaliados na manutenção destas espécies. Ainda, o registro de espécies dependentes e semidependentes de ambientes florestados e com média ou alta sensitividade a distúrbios ambientais na AI do empreendimento, como *P. jacucaca* (jacucaca) e *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) além de serem espécies ameaçadas de extinção e que apresentam populações reduzidas no Ceará, como *P. maracana* (maracanã-verdadeira) revelam a importância dessas formações na manutenção da avifauna local. Por fim, foram catalogadas 101 (66,01%) espécies de aves com baixa sensibilidade a distúrbios ambientais, indicando que na área de influência do empreendimento há uma predominância de espécies de aves com baixa sensibilidade e independente de habitats florestais.

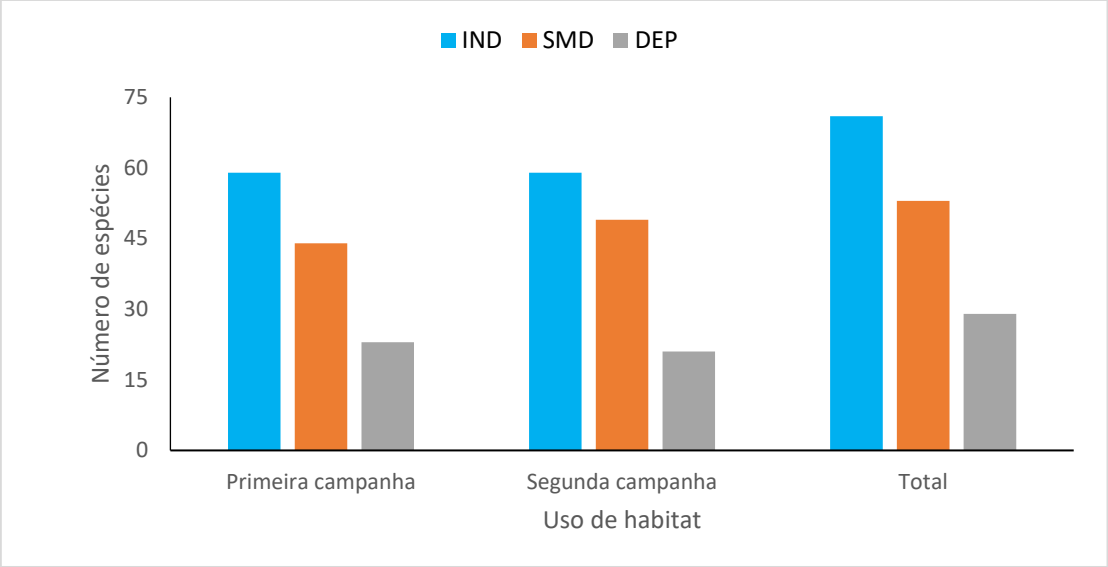


Figura 8.2-87 - Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com o uso de habitat (SILVA *et al.*, 2003).

Legenda: IND - Independente de ambientes florestados; SMD - Semidependente de ambientes florestados; DEP - Dependente de ambientes florestados.

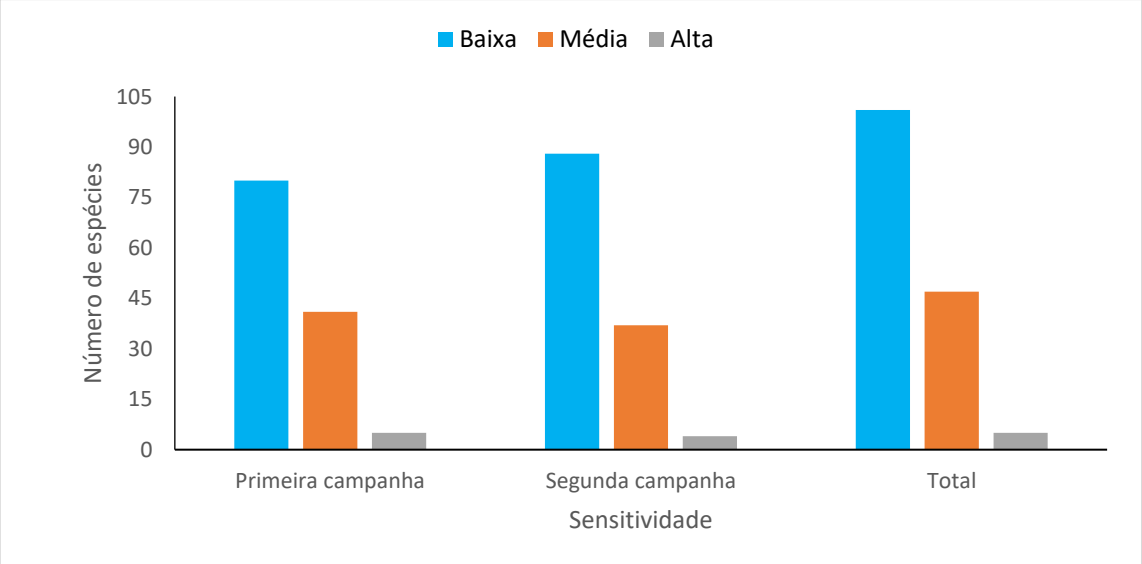


Figura 8.2-88 - Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com sensitividade a distúrbios ambientais (PARKER III *et al.*, 1996).

Legenda: Baixa - Baixa sensitividade a distúrbios ambientais; Média - Média sensitividade a distúrbios ambientais; Alta - Alta sensitividade a distúrbios ambientais.

Com relação à categoria trófica, com base no hábito alimentar, verifica-se que do total de espécies registradas, cerca de 39% (N = 61) das espécies são classificadas como insetívoros, ou seja, apresentam predominantemente artrópodes como item alimentar. Em seguida, verifica-se que aproximadamente 23% (N = 36) são de espécies onívoras, isto é, têm sua dieta composta por diversos itens alimentares. Por fim, aproximadamente 9% (N = 14) são de espécies frugívoras, ou seja, espécies que consomem primariamente frutos em sua

dieta (Figura 8.2-89). No geral, estas categorias foram as predominantes quando analisamos em cada uma das campanhas realizadas (Figura 8.2-89).

De fato, é sabido que em florestas tropicais há uma predominância de espécies insetívoras e onívoras como categorias tróficas dominantes em estudos envolvendo comunidades de aves (MOTTA-JUNIOR, 1990; POULIN *et al.*, 1994). Ainda, a predominância dessas categorias tróficas também foi relatada em outros estudos realizados em áreas de Caatinga (LAS-CASAS *et al.*, 2012; ARAUJO *et al.*, 2012; SILVEIRA & MACHADO, 2012), indicando que os resultados aqui apresentados correspondem ao esperado para áreas de caatinga.

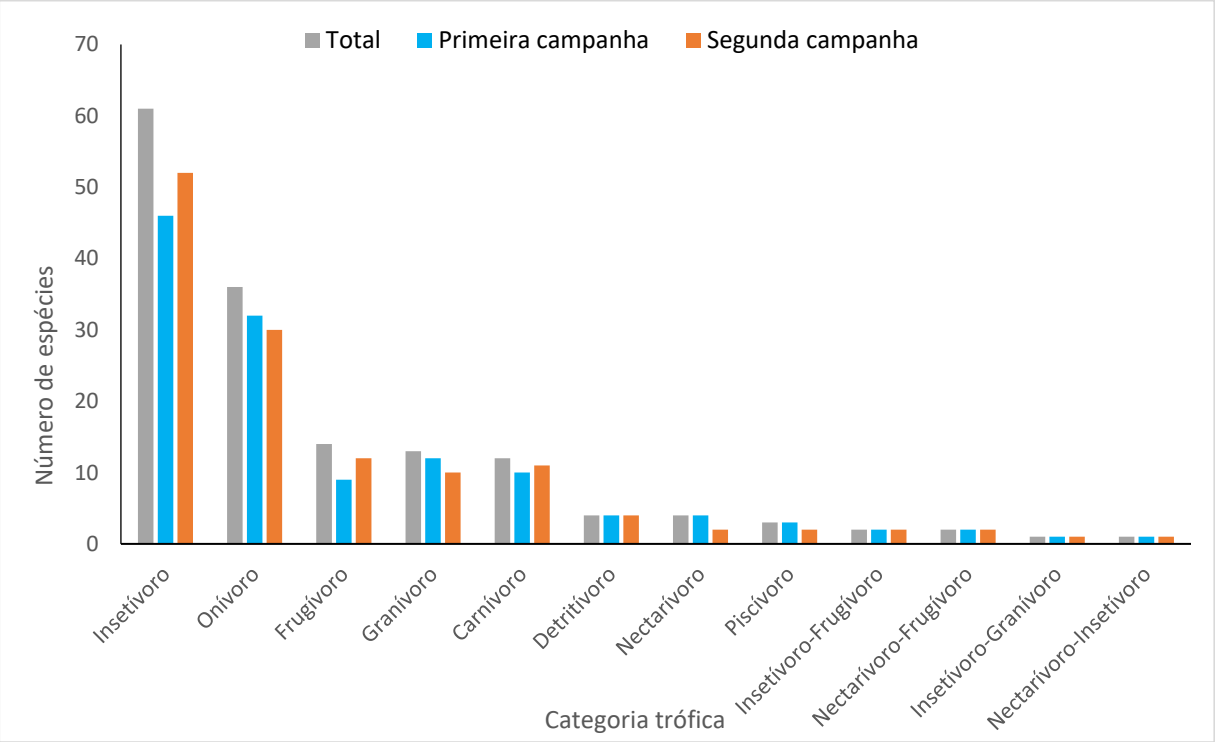


Figura 8.2-89 - Riqueza de espécies de aves registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria de acordo com o hábito alimentar, segundo (SILVA *et al*, 2003; WILMAN *et al*, 2014).

C.8. Comparação entre áreas, Riqueza, índices de diversidade e similaridade

Do total de espécies catalogadas apenas a partir das Listas de Mackinnon (N = 150), 142 (94,67%) foram registradas na AID do empreendimento, 89 (59,33%) na ADA e 65 (43,33%) na área controle (Tabela 8.2-12). Com base no índice de diversidade de *Shannon-Wiener* (H') estimado para as áreas de influência do empreendimento, observamos que o valor calculado para a ADA (H'=3,818) e controle (H'=3,890) são inferiores ao valor calculado para AID (H'=4,246) (Tabela 8.2-12;Figura 8.2-90). Isto já era esperado, uma vez que a riqueza na

ADA e na área controle correspondem a cerca de 47% e 42%, respectivamente, enquanto a riqueza encontrada na AID corresponde a cerca de 95% da riqueza total.

Acreditamos que esse resultado reflita a diferença de esforço amostral aplicado nas respectivas AI e controle. Na AID o número de dias de amostragem foi mais de duas vezes superior do que a quantidade de dias de amostragem na ADA e 10 vezes maior do que na área controle. Esta ideia fica mais evidente quando comparamos os resultados do presente estudo com trabalhos já realizados em outras áreas de Caatingas, no qual apontam uma diversidade superior ao relatado para as áreas diretamente afetada e controle. Adicionalmente, as fitofisionomias encontradas na região estudada apresentam uma predominância de savana estépica arborizada com presença de vegetação arbustiva densa e arbustiva-aberta, o que sugere uma diversidade semelhante entre as áreas. No entanto, ressaltamos que na AID encontramos uma savana estépica florestada, distribuída de modo pontual, principalmente próximos ao leito de riachos temporários bem como no sopé da serra, o que pode proporcionar uma maior heterogeneidade de habitat nesta área de influência, assim refletindo uma maior riqueza de aves.

Com relação ao índice de equitabilidade (J`) verificamos que na área controle o índice é um pouco superior (J`= 0,932) ao calculado para as áreas diretamente afetada (J`= 0,851) e de influência direta (J`= 0,857), porém nas três áreas podemos observar uma distribuição mais uniforme dentro da comunidade de aves inventariada (Tabela 8.2-12).

Tabela 8.2-12 - Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da avifauna realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.

ÁREAS DE INFLUÊNCIA	ABUNDÂNCIA	RIQUEZA	*SHANNON*_H	J'
ADA	688	89	3,818	0,851
AID	1876	142	4,246	0,857
Controle	210	65	3,89	0,932
Total	2.774	150		

Legenda: ADA - Área diretamente afetada; AID - Área de influência direta; Controle - Área controle; J - Equitabilidade de Pielou.

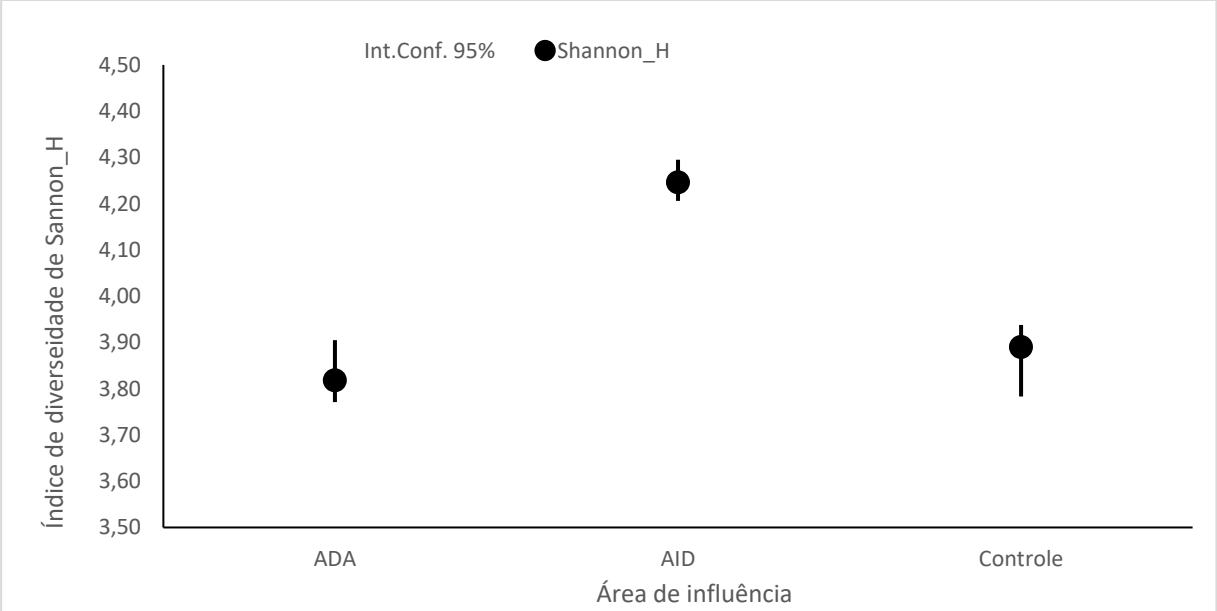


Figura 8.2-90 - Estimativa de diversidade de acordo com o índice de *Shannon-Wienner* (*Shannon*_H) por área de influência calculados a partir dos dados obtidos o levantamento da avifauna realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.

A partir da análise de similaridade com base na composição de espécies entre os pontos amostrais, observa-se a formação de dois grupos principais (Figura 8.2-91): O primeiro (Grupo 1) formado pelo ponto amostral 7 (AID) com a presença de aves associadas a ambientes aquáticos, tais como espécies de garças (gênero *Ardea*) além de *Jacana jacana* (jaçanã), *Gallinula galeata* (galinha-d'água) e alguns passeriformes como *Certhiaxis cinnamomeus* (curutié) e *Fluvicola nengeta* (lavadeira-mascarada). O segundo (Grupo 2) grupo é formado pelos demais pontos amostrais com espécies associadas a vegetação de caatinga arborizada e/ou arbustiva densa, tais como *Glaucidium brasilianum* (caburé) e *Myiarchus tyrnnulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado). No entanto, o segundo grupo pode ser subdividido em dois subgrupos, o primeiro formado pelos pontos amostrais 1 e 2 mais similares entre si, e os pontos amostrais 3 e 13, mais similares entre si (Subgrupo 1 - pontos da ADA e AID) e o segundo pelos pontos 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 e 14 (Subgrupo 2 - pontos da ADA e AID) (Figura 8.2-91).

No geral, a área estuda apresenta espécies de aves tipicamente de ambientes de caatinga arborizada com a presença de áreas arbustivas densa e aberta com vegetação florestal conectada, o que permite a presença de espécies mais sensíveis a distúrbios ambientais tais como *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira) e *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), evidenciando a importância desses fragmentos, principalmente no sopé da serra do Céu, na manutenção da avifauna local.

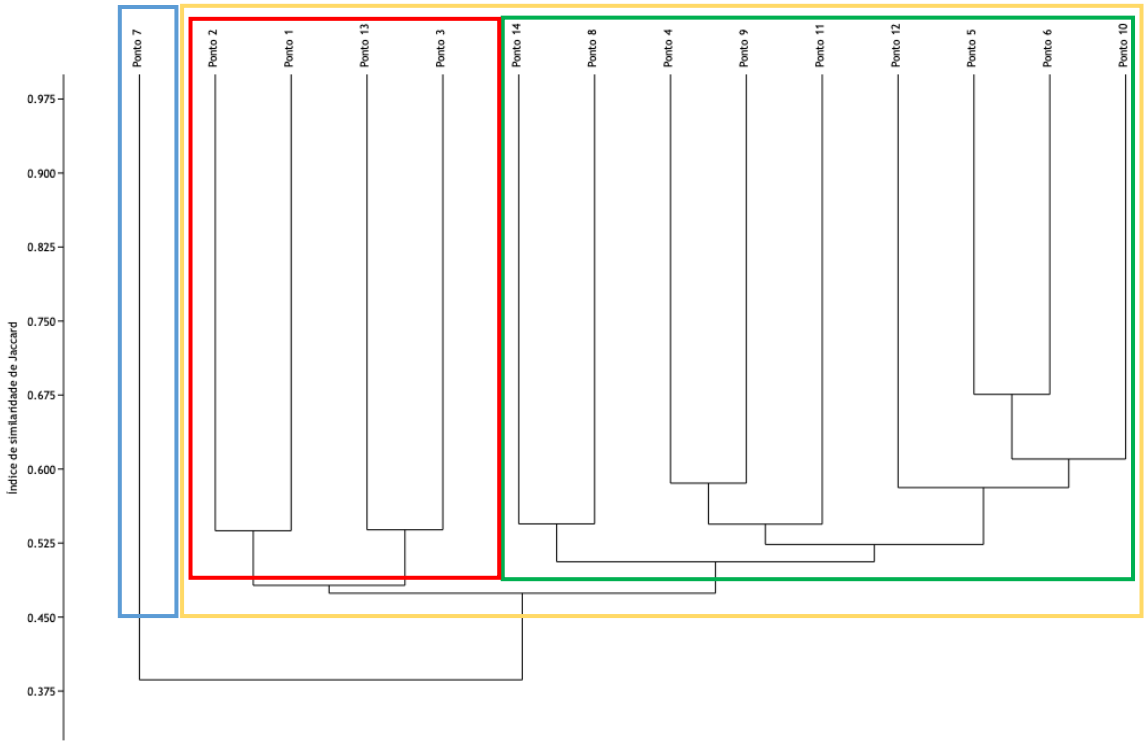


Figura 8.2-91 - Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de aves registradas ao longo do levantamento da avifauna nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.

Legenda: Ponto – Ponto amostral; Grupo 1 - delimitado pelo retângulo azul claro; Grupo 2 – delimitado pelo retângulo amarelo; Subgrupo 1 – delimitado pelo retângulo vermelho; Subgrupo 2 – delimitado pelo retângulo verde claro

C.9. Relevância regional (Comparação entre dados primários e secundários)

Durante as atividades de campo desenvolvidas, foram registradas um total de 153 espécies de aves. Por sua vez, os dados do EIA realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) obtiveram um total de 144 espécies de aves.

Considerando os resultados do presente estudo e os do EIA realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), foram registradas 177 espécies para região do empreendimento. Ainda, um total de 120 espécies de aves foram registradas em ambos os estudos. A Tabela 8.2-13 mostra os resultados do levantamento de dados secundários para a área do Projeto Santa Quitéria.

Tabela 8.2-13 – Comparação de dados secundários com dados Primários do Projeto Santa Quitéria.

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Tinamiformes Huxley, 1872						
Tinamidae Gray, 1840						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Crypturellus parvirostris (Wagler, 1827)	inambu-chororó			X	X	1, 2, 3
Crypturellus tataupa (Temminck, 1815)	inambu-chintã			X	X	2, 3
Rhynchotus rufescens (Temminck, 1815)	perdiz				X	EIA (2014)
Nothura boraquira (Spix, 1825)	codorna-do-nordeste				X	1, 2, 3
Nothura maculosa (Temminck, 1815)	codorna-amarela			X		1, 3
Anseriformes Linnaeus, 1758						
Anatidae Leach, 1820						
Dendrocygna viduata (Linnaeus, 1766)	irerê					1, 3
Cairina moschata (Linnaeus, 1758)	pato-do-mato					1, 2
Amazonetta brasiliensis (Gmelin, 1789)	ananaí					1, 2, 3
Netta erythrophthalma (Wied, 1833)	paturi-preta					1, 3
Nomonyx dominicus (Linnaeus, 1766)	marreca-caucau					1, 3
Galliformes Linnaeus, 1758						
Cracidae Rafinesque, 1815						
Penelope jacucaca Spix, 1825	jacucaca	VU	VU	X		1
Podicipediformes Fürbringer, 1888						
Podicipedidae Bonaparte, 1831						
Tachybaptus dominicus (Linnaeus, 1766)	mergulhão-pequeno					1, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Podilymbus podiceps (Linnaeus, 1758)	mergulhão-caçador			X		1, 3
Ciconiiformes Bonaparte, 1854						
Ciconiidae Sundevall, 1836						
Ciconia maguari (Gmelin, 1789)	maguari					1
Mycteria americana Linnaeus, 1758	cabeça-seca					1
Suliformes Sharpe, 1891						
Phalacrocoracidae Reichenbach, 1849						
Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)	biguá				X	1
Pelecaniformes Sharpe, 1891						
Ardeidae Leach, 1820						
Tigrisoma lineatum (Boddaert, 1783)	socó-boi			X	X	1, 2, 3
Botaurus pinnatus (Wagler, 1829)	socó-boi-baio					1
Ixobrychus exilis (Gmelin, 1789)	socoí-vermelho					1
Nycticorax nycticorax (Linnaeus, 1758)	socó-dorminhoco					1
Butorides striata (Linnaeus, 1758)	socozinho			X		1, 2, 3
Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758)	garça-vaqueira				X	1, 2, 3
Ardea cocoi Linnaeus, 1766	garça-moura			X	X	1, 2,
Ardea alba Linnaeus, 1758	garça-branca			X	X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Egretta thula (Molina, 1782)	garça-branca-pequena				X	1, 2, 3
Threskiornithidae Poche, 1904						
Theristicus caudatus (Boddaert, 1783)	curicaca					1
Cathartiformes Seebohm, 1890						
Cathartidae Lafresnaye, 1839						
Cathartes aura (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha			X	X	1, 2, 3
Cathartes burrovianus Cassin, 1845	urubu-de-cabeça-amarela			X	X	1, 2, 3
Coragyps atratus (Bechstein, 1793)	urubu			X	X	1, 2, 3
Sarcoramphus papa (Linnaeus, 1758)	urubu-rei			X	X	1, 2,
Accipitriformes Bonaparte, 1831						
Pandionidae Bonaparte, 1854						
Pandion haliaetus (Linnaeus, 1758)	águia-pescadora					1
Accipitridae Vigors, 1824						
Chondrohierax uncinatus (Temminck, 1822)	caracoleiro					2
Gampsonyx swainsonii Vigors, 1825	gaviãozinho					1
Accipiter striatus Vieillot, 1808	tauató-miúdo					1
Accipiter bicolor (Vieillot, 1817)	gavião-bombachinha-grande				X	1

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Rostrhamus sociabilis (Vieillot, 1817)	gavião-caramujeiro					1, 3
Geranospiza caerulescens (Vieillot, 1817)	gavião-pernilongo			X	X	1, 2, 3
Heterospizias meridionalis (Latham, 1790)	gavião-caboclo			X	X	1, 2, 3
Urubitinga urubitinga (Gmelin, 1788)	gavião-preto				X	EIA (2014)
Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788)	gavião-carijó			X	X	1, 2, 3
Parabuteo unicinctus (Temminck, 1824)	gavião-asa-de-telha					1
Geranoaetus albicaudatus (Vieillot, 1816)	gavião-de-rabo-branco			X		2
Geranoaetus melanoleucus (Vieillot, 1819)	águia-serrana					1, 2
Buteo nitidus (Latham, 1790)	gavião-pedrês			X		
Buteo brachyurus Vieillot, 1816	gavião-de-cauda-curta				X	1
Buteo albonotatus Kaup, 1847	gavião-urubu					1, 2, 3
Gruiformes Bonaparte, 1854						
Aramidae Bonaparte, 1852						
Aramus guarauna (Linnaeus, 1766)	carão					1, 2, 3
Rallidae Rafinesque, 1815						
Aramides cajaneus (Statius Muller, 1776)	saracura-três-potes			X	X	1, 2,

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Laterallus melanophaius (Vieillot, 1819)	sanã-parda					1
Laterallus exilis (Temminck, 1831)	sanã-do-capim					1
Porzana flaviventer (Boddaert, 1783)	sanã-amarela					1
Neocrex erythrops (Sclater, 1867)	turu-turu					1
Pardirallus maculatus (Boddaert, 1783)	saracura-carijó					1
Gallinula galeata (Lichtenstein, 1818)	galinha-d'água			X	X	1, 3
Porphyrio martinicus (Linnaeus, 1766)	frango-d'água-azul					1, 3
Charadriiformes Huxley, 1867						
Charadriidae Leach, 1820						
Vanellus cayanus (Latham, 1790)	mexeriqueira					1
Vanellus chilensis (Molina, 1782)	quero-quero			X	X	1, 2, 3
Pluvialis dominica (Statius Muller, 1776)	batuiruçu					1
Charadrius collaris Vieillot, 1818	batuíra-de-coleira					1
Recurvirostridae Bonaparte, 1831						
Himantopus mexicanus (Statius Muller, 1776)	pernilongo-de-costas-negras			X		1, 2
Scolopacidae Rafinesque, 1815						
Gallinago paraguaiae (Vieillot, 1816)	narceja					1
Tringa solitaria Wilson, 1813	maçarico-solitário					1, 2

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Tringa melanoleuca (Gmelin, 1789)	maçarico-grande-de-perna-amarela					1
Tringa flavipes (Gmelin, 1789)	maçarico-de-perna-amarela					1
Jacanidae Chenu & Des Murs, 1854						
Jacana jacana (Linnaeus, 1766)	jaçanã			X		1, 2, 3
Sternidae Vigors, 1825						
Sterna paradisaea Pontoppidan, 1763	trinta-réis-ártico					1
Columbiformes Latham, 1790						
Columbidae Leach, 1820						
Columbina passerina (Linnaeus, 1758)	rolinha-cinzenta			X		
Columbina minuta (Linnaeus, 1766)	rolinha-de-asa-canela			X	X	1, 2, 3
Columbina talpacoti (Temminck, 1810)	rolinha			X	X	1, 2, 3
Columbina squammata (Lesson, 1831)	fogo-apagou			X	X	1, 2, 3
Columbina picui (Temminck, 1813)	rolinha-picuí			X	X	1, 2, 3
Claravis pretiosa (Ferrari-Perez, 1886)	pararu-azul				X	2
Columba livia Gmelin, 1789	pombo-doméstico					1
Patagioenas picazuro (Temminck, 1813)	asa-branca			X	X	1, 2,
Zenaida auriculata (Des Murs, 1847)	avoante			X	X	1, 2,
Leptotila verreauxi Bonaparte, 1855	juriti-pupu			X	X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Leptotila rufaxilla (Richard & Bernard, 1792)	juriti-de-testa-branca			X	X	EIA (2014)
Cuculiformes Wagler, 1830						
Cuculidae Leach, 1820						
Micrococcyx cinereus (Vieillot, 1817)	papa-lagarta-cinzento					2
Piaya cayana (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato			X	X	1, 2, 3
Coccyzus melacoryphus Vieillot, 1817	papa-lagarta				X	1, 2,
Coccyzus americanus (Linnaeus, 1758)	papa-lagarta-de-asa-vermelha					1
Crotophaga major Gmelin, 1788	anu-coroca				X	1, 2, 3
Crotophaga ani Linnaeus, 1758	anu-preto			X	X	1, 2, 3
Guira guira (Gmelin, 1788)	anu-branco			X	X	1, 2, 3
Tapera naevia (Linnaeus, 1766)	saci			X	X	1, 2, 3
Dromococcyx phasianellus (Spix, 1824)	peixe-frito					2
Strigiformes Wagler, 1830						
Tytonidae Mathews, 1912						
Tyto furcata (Temminck, 1827)	suindara					1, 2
Strigidae Leach, 1820						
Megascops choliba (Vieillot, 1817)	corujinha-do-mato			X	X	1, 2,
Pulsatrix perspicillata (Latham, 1790)	murucututu		*			2

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Glaucidium brasilianum (Gmelin, 1788)	caburé			X	X	1, 2, 3
Athene cunicularia (Molina, 1782)	coruja-buraqueira				X	1, 2,
Nyctibiiformes Yuri, Kimball, Harshman, Bowie, Braun, Chojnowski, Han, Hackett, Huddleston, Moore, Reddy, Sheldon, Steadman, Witt & Braun, 2013						
Nyctibiidae Chenu & Des Murs, 1851						
Nyctibius griseus (Gmelin, 1789)	urutau				X	1, 2,
Caprimulgiformes Ridgway, 1881						
Caprimulgidae Vigors, 1825						
Nyctidromus albicollis (Gmelin, 1789)	bacurau			X		2
Nyctidromus hirundinaceus (Spix, 1825)	bacurauzinho-da-caatinga			X	X	1, 2,
Hydropsalis parvula (Gould, 1837)	bacurau-chintã			X	X	1
Hydropsalis torquata (Gmelin, 1789)	bacurau-tesoura					1
Nannochordeiles pusillus (Gould, 1861)	bacurauzinho			X	X	1, 2, 3
Podager nacunda (Vieillot, 1817)	corucão					1
Chordeiles acutipennis (Hermann, 1783)	bacurau-de-asa-fina					3
Apodiformes Peters, 1940						
Apodidae Olphe-Galliard, 1887						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Streptoprocne biscutata (Sclater, 1866)	taperuçu-de-coleira-falha					1
Tachornis squamata (Cassin, 1853)	andorinhão-do-buriti					1, 2
Trochilidae Vigors, 1825						
Anopetia gounellei (Boucard, 1891)	rabo-branco-de-cauda-larga			X	X	1, 2, 3
Phaethornis ruber (Linnaeus, 1758)	rabo-branco-rubro				X	2
Phaethornis pretrei (Lesson & Delattre, 1839)	rabo-branco-acanelado					2
Eupetomena macroura (Gmelin, 1788)	beija-flor-tesoura			X		1, 2, 3
Chrysolampis mosquitus (Linnaeus, 1758)	beija-flor-vermelho			X	X	1, 2, 3
Chlorestes notata (Reich, 1793)	beija-flor-de-garganta-azul				X	EIA (2014)
Chlorostilbon lucidus (Shaw, 1812)	besourinho-de-bico-vermelho			X	X	1, 2, 3
Polytmus guainumbi (Pallas, 1764)	beija-flor-de-bico-curvo					1
Amazilia fimbriata (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-garganta-verde			X	X	1, 2,
Heliomaster squamosus (Temminck, 1823)	bico-reto-de-banda-branca			X	X	2
Trogoniformes A. O. U., 1886						
Trogonidae Lesson, 1828						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Trogon curucui Linnaeus, 1766	surucuá-de-barriga-vermelha				X	1, 2, 3
Coraciiformes Forbes, 1844						
Alcedinidae Rafinesque, 1815						
Megaceryle torquata (Linnaeus, 1766)	martim-pescador-grande			X	X	1, 2,
Chloroceryle amazona (Latham, 1790)	martim-pescador-verde				X	1, 2,
Chloroceryle americana (Gmelin, 1788)	martim-pescador-pequeno					1, 2
Galbuliformes Fürbringer, 1888						
Galbulidae Vigors, 1825						
Galbula ruficauda Cuvier, 1816	ariramba					1, 2, 3
Bucconidae Horsfield, 1821						
Nystalus maculatus (Gmelin, 1788)	rapazinho-dos-velhos			X	X	1, 2, 3
Piciformes Meyer & Wolf, 1810						
Picidae Leach, 1820						
Picumnus pygmaeus (Lichtenstein, 1823)	picapauzinho-pintado					2
Picumnus limae Snethlage, 1924	picapauzinho-da-caatinga			X		1, 3
Melanerpes candidus (Otto, 1796)	pica-pau-branco			X		1
Veniliornis passerinus (Linnaeus, 1766)	pica-pau-pequeno			X	X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Piculus chrysochloros (Vieillot, 1818)	pica-pau-dourado-escuro			X		1, 2, 3
Colaptes melanochloros (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado			X	X	1, 2,
Celeus ochraceus (Spix, 1824)	pica-pau-ocráceo			X		1, 2
Dryocopus lineatus (Linnaeus, 1766)	pica-pau-de-banda-branca				X	EIA (2014)
Campephilus melanoleucos (Gmelin, 1788)	pica-pau-de-topete-vermelho			X	X	1
Cariamiformes Fürbringer, 1888						
Cariamidae Bonaparte, 1850						
Cariama cristata (Linnaeus, 1766)	seriema			X	X	1, 2,
Falconiformes Bonaparte, 1831						
Falconidae Leach, 1820						
Caracara plancus (Miller, 1777)	carcará			X	X	1, 2, 3
Milvago chimachima (Vieillot, 1816)	carrapateiro					1
Herpetotheres cachinnans (Linnaeus, 1758)	acauã			X	X	1, 2,
Falco sparverius Linnaeus, 1758	quiriquiri					1
Falco femoralis Temminck, 1822	falcão-de-coleira			X		1, 2
Psittaciformes Wagler, 1830						
Psittacidae Rafinesque, 1815						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Primolius maracana (Vieillot, 1816)	maracanã	NT		X	X	EIA (2014)
Eupsittula cactorum (Kuhl, 1820)	periquito-da-caatinga			X	X	1, 2, 3
Forpus xanthopterygius (Spix, 1824)	tuim			X	X	1, 2, 3
Passeriformes Linnaeus, 1758						
Thamnophilidae Swainson, 1824						
Myrmorchilus strigilatus (Wied, 1831)	tem-farinha-aí			X	X	1, 2, 3
Formicivora grisea (Boddaert, 1783)	papa-formiga-pardo				X	EIA (2014)
Formicivora melanogaster Pelzeln, 1868	formigueiro-de-barriga-preta			X	X	1, 2, 3
Herpsilochmus sellowi Whitney & Pacheco, 2000	chorozinho-da-caatinga					2
Herpsilochmus atricapillus Pelzeln, 1868	chorozinho-de-chapéu-preto					2
Sakesphorus cristatus (Wied, 1831)	choca-do-nordeste					2
Thamnophilus capistratus Lesson, 1840	choca-barrada-do-nordeste			X	X	1, 2, 3
Thamnophilus pelzelni Hellmayr, 1924	choca-do-planalto			X	X	1, 2, 3
Taraba major (Vieillot, 1816)	choró-boi			X	X	1, 2, 3
Conopophagidae Sclater & Salvin, 1873						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Conopophaga cearae Cory, 1916	chupa-dente-do-nordeste					1
Grallariidae Sclater & Salvin, 1873						
Hylopezus ochroleucus (Wied, 1831)	pompeu	NT				2
Scleruridae Swainson, 1827						
Sclerurus cearensis Snethlage, 1924	vira-folha-cearense	VU	VU			2
Dendrocolaptidae Gray, 1840						
Sittasomus griseicapillus (Vieillot, 1818)	arapaçu-verde			X	X	1, 2,
Campylorhamphus trochilirostris (Lichtenstein, 1820)	arapaçu-beija-flor		*	X	X	1, 2, 3
Dendroplex picus (Gmelin, 1788)	arapaçu-de-bico-branco			X	X	2, 3
Lepidocolaptes angustirostris (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-cerrado			X	X	1, 2,
Xiphocolaptes falcirostris (Spix, 1824)	arapaçu-do-nordeste	VU	VU	X	X	EIA (2014)
Furnariidae Gray, 1840						
Furnarius figulus (Lichtenstein, 1823)	casaca-de-couro-da-lama				X	1
Furnarius leucopus Swainson, 1838	casaca-de-couro-amarelo			X	X	1, 2, 3
Megaxenops parnaguae Reiser, 1905	bico-virado-da-caatinga					2

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Pseudoseisura cristata (Spix, 1824)	casaca-de-couro			X		1, 2, 3
Certhiaxis cinnamomeus (Gmelin, 1788)	curutié			X	X	1, 2, 3
Synallaxis hellmayri Reiser, 1905	joão-chique-chique					2
Synallaxis frontalis Pelzeln, 1859	petrim			X	X	1, 2, 3
Synallaxis albescens Temminck, 1823	uí-pi					1
Synallaxis scutata Sclater, 1859	estrelinha-preta			X	X	1, 2, 3
Tityridae Gray, 1840						
Pachyramphus viridis (Vieillot, 1816)	caneleiro-verde				X	1
Pachyramphus polychopterus (Vieillot, 1818)	caneleiro-preto			X	X	1, 2, 3
Pachyramphus validus (Lichtenstein, 1823)	caneleiro-de-chapéu-preto				X	1, 2,
Xenopsaris albinucha (Burmeister, 1869)	tijerila					1
Rhynchocyclidae Berlepsch, 1907						
Tolmomyias flaviventris (Wied, 1831)	bico-chato-amarelo			X	X	1, 2, 3
Todirostrum cinereum (Linnaeus, 1766)	ferreirinho-relógio			X	X	1, 2, 3
Hemitriccus striaticollis (Lafresnaye, 1853)	sebinho-rajado-amarelo					1
Hemitriccus margaritaceiventer (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	sebinho-de-olho-de-ouro			X	X	1, 2, 3
Tyrannidae Vigors, 1825						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Hirundinea ferruginea (Gmelin, 1788)	gibão-de-couro			X	X	1, 2,
Stigmatura napensis Chapman, 1926	papa-moscas-do-sertão		*	X		1
Euscarthmus meloryphus Wied, 1831	barulhento				X	1, 2, 3
Camptostoma obsoletum (Temminck, 1824)	risadinha			X	X	1, 2, 3
Elaenia spectabilis Pelzeln, 1868	guaracava-grande			X	X	2, 3
Elaenia chilensis Hellmayr, 1927	guaracava-de-crista-branca					2
Elaenia cristata Pelzeln, 1868	guaracava-de-topete-uniforme				X	EIA (2014)
Myiopagis viridicata (Vieillot, 1817)	guaracava-de-crista-alaranjada			X	X	1, 2, 3
Phaeomyias murina (Spix, 1825)	bagageiro			X	X	1, 2, 3
Phyllomyias fasciatus (Thunberg, 1822)	piolhinho			X		1
Serpophaga subcristata (Vieillot, 1817)	alegrinho					2, 3
Myiarchus swainsoni Cabanis & Heine, 1859	irré					2, 3
Myiarchus ferox (Gmelin, 1789)	maria-cavaleira					1
Myiarchus tyrannulus (Statius Muller, 1776)	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado			X	X	1, 2, 3
Casiornis fuscus Sclater & Salvin, 1873	caneleiro-enxofre			X	X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi			X	X	1, 2, 3
Machetornis rixosa (Vieillot, 1819)	suiriri-cavaleiro					1, 2
Myiodynastes maculatus (Statius Muller, 1776)	bem-te-vi-rajado				X	1, 2, 3
Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766)	neinei			X	X	1, 2, 3
Myiozetetes similis (Spix, 1825)	bentevizinho-de-penacho-vermelho				X	1, 2, 3
Tyrannus albogularis Burmeister, 1856	suiriri-de-garganta-branca					3
Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819	suiriri			X	X	1, 2, 3
Tyrannus savana Daudin, 1802	tesourinha					1
Empidonomus varius (Vieillot, 1818)	peitica				X	1, 2, 3
Myiophobus fasciatus (Statius Muller, 1776)	filipe					1, 3
Sublegatus modestus (Wied, 1831)	guaracava-modesta					3
Fluvicola albiventer (Spix, 1825)	lavadeira-de-cara-branca				X	1
Fluvicola nengeta (Linnaeus, 1766)	lavadeira-mascarada			X	X	1, 2, 3
Arundinicola leucocephala (Linnaeus, 1764)	freirinha			X	X	1, 2, 3
Cnemotriccus fuscatus (Wied, 1831)	guaracavuçu				X	1, 2, 3
Xolmis irupero (Vieillot, 1823)	noivinha					1

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Vireonidae Swainson, 1837						
Cyclarhis gujanensis (Gmelin, 1789)	pitiguari			X	X	1, 2, 3
Hylophilus amaurocephalus (Nordmann, 1835)	vite-vite-de-olho-cinza			X	X	2, 3
Vireo chivi (Vieillot, 1817)	juruviara				X	1, 2, 3
Corvidae Leach, 1820						
Cyanocorax cyanopogon (Wied, 1821)	gralha-cancã				X	1, 2, 3
Hirundinidae Rafinesque, 1815				X		
Progne tapera (Vieillot, 1817)	andorinha-do-campo				X	1, 2,
Progne chalybea (Gmelin, 1789)	andorinha-grande			X		1, 2
Tachycineta albiventer (Boddaert, 1783)	andorinha-do-rio				X	1, 2, 3
Troglodytidae Swainson, 1831						
Troglodytes musculus Naumann, 1823	corruíra				X	1, 2, 3
Cantorchilus longirostris (Vieillot, 1819)	garrinchão-de-bico-grande			X	X	1, 2, 3
Polioptilidae Baird, 1858				X		
Polioptila plumbea (Gmelin, 1788)	balança-rabo-de-chapéu-preto				X	1, 2, 3
Turdidae Rafinesque, 1815				X		
Turdus leucomelas Vieillot, 1818	sabiá-branco					2

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Turdus rufiventris Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira				X	1, 2, 3
Turdus amaurochalinus Cabanis, 1850	sabiá-poca			X	X	1, 2, 3
Mimidae Bonaparte, 1853						
Mimus saturninus (Lichtenstein, 1823)	sabiá-do-campo				X	1, 2, 3
Motacillidae Horsfield, 1821				X		
Anthus lutescens Pucheran, 1855	caminheiro-zumbidor					1, 3
Passerellidae Cabanis & Heine, 1850						
Zonotrichia capensis (Statius Muller, 1776)	tico-tico				X	1, 2, 3
Ammodramus humeralis (Bosc, 1792)	tico-tico-do-campo			X	X	1, 2, 3
Arremon taciturnus (Hermann, 1783)	tico-tico-de-bico-preto			X	X	2, 3
Parulidae Wetmore, Friedmann, Lincoln, Miller, Peters, van Rossem, Van Tyne & Zimmer 1947				X		
Setophaga pitiayumi (Vieillot, 1817)	mariquita					2
Basileuterus culicivorus (Deppe, 1830)	pula-pula				X	2, 3
Myiothlypis flaveola Baird, 1865	canário-do-mato			X	X	1, 2, 3
Icteridae Vigors, 1825						
Psarocolius decumanus (Pallas, 1769)	japu					1
Procacicus solitarius (Vieillot, 1816)	iraúna-de-bico-branco					1
Icterus pyrrhopterus (Vieillot, 1819)	encontro				X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Icterus jamacaii (Gmelin, 1788)	corrupião			X	X	1, 2,
Gnorimopsar chopi (Vieillot, 1819)	pássaro-preto			X		1, 2
Chrysomus ruficapillus (Vieillot, 1819)	garibaldi			X	X	1, 2, 3
Agelaioides fringillarius (Spix, 1824)	asa-de-telha-pálido			X	X	1, 2, 3
Molothrus rufoaxillaris Cassin, 1866	chupim-azeviche			X		1
Molothrus bonariensis (Gmelin, 1789)	chupim				X	1, 2, 3
Sturnella superciliaris (Bonaparte, 1850)	polícia-inglesa-do-sul			X	X	1, 2,
Thraupidae Cabanis, 1847						
Schistochlamys melanopis (Latham, 1790)	sanhaço-de-coleira					1
Schistochlamys ruficapillus (Vieillot, 1817)	bico-de-veludo					2
Paroaria dominicana (Linnaeus, 1758)	cardeal-do-nordeste				X	1, 2, 3
Tangara sayaca (Linnaeus, 1766)	sanhaço-cinzento			X	X	1, 2, 3
Tangara palmarum (Wied, 1821)	sanhaço-do-coqueiro			X		1
Tangara cayana (Linnaeus, 1766)	saíra-amarela				X	1, 2,
Nemosia pileata (Boddaert, 1783)	saíra-de-chapéu-preto				X	1, 2, 3
Compsothraupis loricata (Lichtenstein, 1819)	tiê-caburé				X	1, 2,

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Conirostrum speciosum (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho			X	X	1, 2, 3
Sicalis flaveola (Linnaeus, 1766)	canário-da-terra					1
Sicalis luteola (Sparrman, 1789)	tipio					1, 2, 3
Hemithraupis guira (Linnaeus, 1766)	saíra-de-papo-preto			X		2
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766)	tiziu				X	1, 2, 3
Coryphospingus pileatus (Wied, 1821)	tico-tico-rei-cinza			X	X	1, 2, 3
Tachyphonus rufus (Boddaert, 1783)	pipira-preta			X		2
Coereba flaveola (Linnaeus, 1758)	cambacica				X	1, 2,
Sporophila lineola (Linnaeus, 1758)	bigodinho			X	X	1, 2,
Sporophila nigricollis (Vieillot, 1823)	baiano				X	1, 2,
Sporophila albogularis (Spix, 1825)	golinho				X	1, 2, 3
Sporophila bouvreuil (Statius Muller, 1776)	caboclinho			X	X	2
Saltatricula atricollis (Vieillot, 1817)	batuqueiro					2
Thlypopsis sordida (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	saí-canário					1, 3
Cardinalidae Ridgway, 1901						
Cyanoloxia brissonii (Lichtenstein, 1823)	azulão					2, 3
Fringillidae Leach, 1820				X		
Euphonia chlorotica (Linnaeus, 1766)	fim-fim				X	1, 2, 3

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Estrildidae Bonaparte, 1850				X		
Estrilda astrild (Linnaeus, 1758)	bico-de-lacre					1
Passeridae Rafinesque, 1815						
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	pardal					1, 2

No geral, as espécies observadas no decorrer dos dois estudos, são espécies com baixa sensibilidade aos distúrbios ambientais. Contudo, no levantamento realizado em 2011 ocorreram 35 espécies com média/alta sensibilidades aos distúrbios ambientais e que voltaram a ser registradas no presente estudo, evidenciando a importância da área avaliada na manutenção dessas espécies.

Do total de 260 espécies de aves que compõem os dados do estudo pretérito realizado na área do empreendimento (ARCADIS LOGOS, 2014) e os dados secundários obtidos por outras fontes, 153 espécies, ou seja, cerca de 58% da avifauna com potencial de ocorrência na região foi observada em campo no presente estudo. No entanto, como já mencionado, a curva de rarefação apresenta uma ascendência, advertindo que mais espécies podem ser inventariadas. De toda forma, a riqueza observada equivale àquela encontrada em outros estudos realizados em áreas de Caatinga próximas ou com tipo vegetacional semelhante (FARIAS *et al.*, 2005; ROOS *et al.*, 2006; ARAUJO *et al.*, 1012; LAS-CASAS *et al.*, 2012; NUNES & MACHADO, 2012; SILVEIRA & MACHADO, 2012; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2012).

Comparando a lista de espécies observadas neste trabalho com a encontrada nos dados secundários, verificamos que quatro espécies ainda não tinham sido observadas na região do empreendimento, são elas: *Buteo nitidus* (gavião-pedrês), *Columbina passerina* (rolinha-cinzenta), *Chaetura meridionalis* (andorinhão-do-temporal) e *Elaenia flavogaster* (guaracava-de-barriga-amarela).

As espécies acrescidas à lista de aves de potencial ocorrência na área de estudo possuem ampla distribuição no Brasil (SIGRIST, 2013). Segundo Sigrist (2013), *B. nitidus* (gavião-pedrês) é uma espécie de gavião adaptada a todo tipo de matas, especialmente as mais secas como cerrados e caatingas, enquanto *C. passerina* (rolinha-cinzenta) habita uma combinação de hábitats naturais e modificados pelo homem, todos relativamente secos, abertos e com uma sucessão inicial (BOWMAN, 2020). Por sua vez, *C. meridionalis*

(andorinhão-do-temporal) é uma espécie migrante com ampla distribuição ocorrendo principalmente em áreas de baixada ao longo de bordas de florestas perene (DEL HOYO *et al.*, 2020) e *E. flavogaster* (guaracava-de-barriga-amarela) habita uma variedade de habitats arborizados, úmidos e áridos, incluindo vegetação secundária e borda (Hosner et al., 2020).

Por sua vez, 107 espécies são exclusivas aos dados secundários, sendo que, duas são consideradas ameaçadas a nível internacional (IUCN, 2021) e uma a nível nacional (MMA, 2014), são elas: *Hylopezus ochroleucus* (pompeu) e *Sclerurus cearensis* (vira-folha-cearense). *H. ochroleucus* (pompeu) é uma espécie pertencente à família Grallaridae que habita matas semi-decíduas e caatingas mais desenvolvidas do nordeste do Brasil, entre os estados do Ceará ao norte e Minas Gerais ao sul, porém no limite norte de sua distribuição é mais comum em bolsões semi-úmidos de floresta em montanhas isoladas (GREENEY, 2020). Já *Sclerurus cearensis* (vira-folha-cearense) é uma espécie de vira-folha que habita o sub-bosque no interior de florestas úmidas relictuais (Brejos de altitude) em meio à Caatinga, principalmente entre 550 e 1050 m de altitude, entre o Ceará e a Bahia (DEL HOYO *et al.*, 2020).

D. Considerações Finais

De forma geral, a área de amostragem é caracterizada por uma vegetação com predominância de savana estépica arbórea-arbustiva, densa, associada à presença humana, com uma comunidade de aves composta por táxons a ela adaptados. Porém, a presença de frugívoros de grande e médio porte, como a *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira), bem como a diversidade de insetívoros especializados dependentes de floresta, como algumas espécies de pica-paus (Picidae) e arapaços (Dendrocolaptidae), indicam que a região possui condições adequadas para a manutenção de uma avifauna típica de áreas de caatinga em bom estado de conservação.

Apesar das espécies de aves, em sua maioria serem independentes de ambientes florestais e com baixa sensibilidade aos distúrbios ambientais, a ocorrência de espécies com alguma dependência a ambientes florestados e com média ou alta sensibilidade aos distúrbios ambientais, como *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca), *Anopetia gounellei* (rabo-branco-de-cauda-larga), *Celeus ochraceus* (pica-pau-ocráceo), *Campylorhamphus trochilirostris* (arapaçu-beija-flor) e *Arremon taciturnus* (tico-tico-de-bico-preto), sugerem que elas conseguem permanecer na região amostrada mesmo com algum grau de antropização, como observado ao longo das áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. Também merece destaque o registro de espécies com potencial cinegético e xerimbabo, como *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga), *P. maracana* (maracanã), *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã), *Icterus jamacaii* (corrupião) e os traupídeos (família

Thraupidae), que possivelmente são caçadas na região, visto que essa é uma prática comum na Caatinga (BEZERRA *et al.*, 2011, ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Soma-se a isso, o registro de espécies de aves ameaçadas de extinção, além de espécies endêmicas à Caatinga nas áreas de influência do empreendimento, principalmente associada à vegetação nas margens dos riachos e no sopé da serra (Pontos amostrais 4, 5, 6 e 10). Ainda, mesmo que a área de influência direta do empreendimento, atualmente esteja sujeita às ações antrópicas, a região abriga uma comunidade de aves semelhante às outras regiões com remanescentes de vegetação de Caatinga arbórea-arbustiva com algumas espécies florestais, demonstrando novamente, a importância das áreas com vegetação florestal e arbórea na manutenção da comunidade de aves local.

A amostragem do presente estudo foi satisfatória e, se considerada em conjunto ao estudo realizado na área do projeto em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), é uma parcela representativa da avifauna regional considerada de potencial ocorrência para a área do empreendimento. Assim, considera-se que o conhecimento obtido sobre a avifauna local é suficiente e adequado para subsidiar a avaliação da viabilidade locacional do PSQ.

E. Relatório Fotográfico

Figura 8.2-92 - *Penelope jacucaca* (jacucaca) - Foto retirada por armadilha fotográfica instalada no Ponto amostral 9

***Figura 8.2-93 - Ardea cocoi* (garça-moura) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ**

Figura 8.2-94 - *Cathartes aura* (urubu-de-cabeça-vermelha.

Figura 8.2-95 - *Cathartes burrovianus* (urubu-de-cabeça-amarela)

Figura 8.2-96 - Sarcoramphus papa (urubu-rei – jovem)

Figura 8.2-97 - Rupornis magnirostris (gavião-carijó).

Figura 8.2-98 - *Columbina picui* (rolinha-picuí)

Figura 8.2-99 - *Zenaida auriculata* (avoante) .

Figura 8.2-100 - Piaya cayana (alma-de-gato)

Figura 8.2-101 - *Glaucidium brasilianum* (caburé).

Figura 8.2-102 - Nannochordeiles pusillus (bacurauzinho)

Figura 8.2-103 - Chlorostilbon lucidus (besourinho-de-bico-vermelho)

Figura 8.2-104 - Amazilia fimbriata (beija-flor-de-garganta-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ.

Figura 8.2-105 - Nystalus maculatus (rapazinho-dos-velhos) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ

***Figura 8.2-106 - Picumnus limae* (picapauzinho-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ.**

***Figura 8.2-107 - Melanerpes candidus* (pica-pau-branco) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do PSQ**

Figura 8.2-108 - *Veniliornis passerinus* (pica-pau-pequeno).

Figura 8.2-109 - *Piculus chrysochloros* (pica-pau-dourado-escuro).

Figura 8.2-110 - *Colaptes melanochloros* (pica-pau-verde-barrado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-111 - *Campephilus melanoleucos* (pica-pau-de-topete-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-112 - *Primolius maracanã (maracanã-verdadeira)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-113 - *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-114 - *Formicivora melanogaster* (formigueiro-de-barriga-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-115 - *Thamnophilus capistratus* (choca-barrada-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-116 - *Thamnophilus pelzelni* (choca-do-planalto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-117 - *Taraba major (choró-boi)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-118 - *Sittasomus griseicapillus* (arapaçu-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-119 - *Lepidocolaptes angustirostris* (arapaçu-de-cerrado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-120 - *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-121 - *Furnarius leucopus* (casaca-de-couro-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-122 - *Synallaxis frontalis (petrim)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-123 - *Synallaxis scutata* (estrelinha-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-124 - *Tolmomyias flaviventris* (bico-chato-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-125 - *Todirostrum cinereum* (ferreirinho-relógio) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-126 - *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-127 - *Hirundinea ferrugínea* (gibão-de-couro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-128 - *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-129 - *Megarynchus pitangua* (neinei) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-130 - *Cyclarhis gujanensis* (pitiguari) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-131 - *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-132 - *Cantorchilus longirostris* (garrinchão-de-bico-grande) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-133 - *Polioptila plumbea* (balança-rabo-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência *do Projeto Santa Quitéria*.

Figura 8.2-134 - *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-135 - *Ammodramus humeralis* (tico-tico-do-campo) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-136 - *Arremon taciturnus* (tico-tico-de-bico-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-137 - *Icterus pyrrhopterus* (encontro) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-138 - *Icterus jamacaii* (corrupião) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-139 - *Tangara sayaca* (sanhaço-cinzento) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

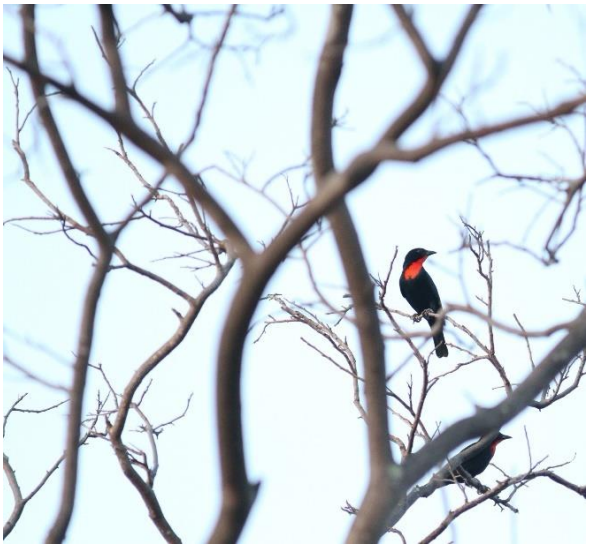


Figura 8.2-140 - *Compsothraupis* loricata (tiê-caburé) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-141 - *Volatinia jacarina* (tiziu) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-142 - *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-143 - *Sporophila albogularis (golinho)* registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-144 - *Cyanoloxia brissonii* (azulão) registrada durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

8.2.1.1.4. Mastofauna Terrestre

A. Introdução

O Brasil está entre os países mais ricos em espécies de mamíferos, com 759 espécies distribuídas em 249 gêneros, 51 famílias e 11 ordens (ABREU *et al.*, 2020). Quanto ao estado do Ceará, apesar de apresentar diversas fisionomias de caatinga, brejos de altitude, enclaves de cerrado e vegetação de tabuleiro litorâneo, é um dos estados brasileiros menos estudados no que tange à sua mastofauna (GURGEL FILHO *et al.*, 2015). Sua grande extensão territorial (148.016 km^2) e o amplo domínio em seu território (cerca de 90%) de características morfoclimáticas e fitogeográficas da Caatinga (FUNCEME, 1993), são fatores que certamente dificultam uma amostragem mais completa da diversidade de mamíferos no estado. Para o Ceará, em específico, são conhecidas 115 espécies de mamíferos continentais pertencentes a oito ordens, 20 famílias e 88 gêneros (FERNANDES-FERREIRA et al., 2021). A riqueza estadual representa 16% do número de mamíferos continentais do Brasil. As ordens mais especiosas são Chiroptera (53 espécies), Rodentia (25) e Carnivora (14) (FERNANDES-FERREIRA et al., 2021). Com relação às famílias, especificamente para os mamíferos não-voadores, os maiores números de riqueza estão em Cricetidae (Rodentia; 14 espécies) e Didelphidae (Didelphimorphia; 10 espécies) (FERNANDES-FERREIRA et al., 2021).

Para a Caatinga, a mastofauna foi por muito tempo negligenciada e costumava ser descrita com uma versão empobrecida dos animais que habitavam as florestas amazônica e atlântica (CARMIGNOTTO & ASTÚA, 2017). Os estudos sobre o grupo eram pontuais e escassos

(MARES *et al*., 1985), mas chamavam a atenção para o baixo nível de investimento no conhecimento da mastofauna, assim como de outros grupos zoológicos na Caatinga. No entanto, esse panorama vem sendo alterado nos últimos anos com importantes contribuições (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013). O trabalho de Oliveira *et al*. (2004) desmitificou a pobreza relativa de mamíferos na Caatinga, que na última revisão conta com 183 espécies, sendo 11 endêmicas (CARMIGNOTTO & ASTÚA, 2017) para o bioma. Como bem assegurou Oliveira *et al*. (2004), muitas espécies de mamíferos da Caatinga ainda não foram formalmente descritas e isso aconteceria à medida que novos estudos e revisões fossem realizados. Recentemente, Feijó & Langguth (2013) descreveram três novas espécies de mamíferos de médio e grande porte (gênero Rodentia, famílias Dasyproctidae e Erethizontidae) para o Nordeste, sendo duas delas com ocorrência para Caatinga.

Entre as espécies de mamíferos encontradas na Caatinga, ao menos 10 constam na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (Portaria MMA 444/2014). No Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO, 2018) são citados 17 tipos de ameaça como as principais causadoras do declínio dos mamíferos ameaçados, com a maioria absoluta representada pela destruição de hábitat (88,4% das espécies) e pelo desmatamento (73,9%). A caça e a perseguição (atividades ilegais) também aparecem em posição de destaque. Outros impactos estão relacionados à implementação de grandes empreendimentos, uma vez que estes estão intrinsecamente relacionados à supressão vegetal e alteração da paisagem (perda de habitat), o que pode acarretar danos, no caso dos mamíferos, principalmente para as espécies mais sensíveis aos distúrbios ambientais e/ou de baixa mobilidade, pois disso depende a sua capacidade de dispersão na paisagem para estabelecer novas áreas de vidas e/ou territórios mediante a perda de hábitat gerada por supressão de vegetação e ouros impactos.

Os mamíferos terrestres, de maneira geral, representam um componente bastante importante nos diversos ecossistemas terrestres, tanto em termos de biomassa quanto em termos dos nichos ecológicos que ocupam (COLE & WILSON, 1996). Esses, contribuem também com uma parcela fundamental da macrofauna, desempenhando uma função vital na manutenção dos ecossistemas (DOTTA, 2005). Os representantes destes grupos apresentam uma grande diversidade de formas e funções, desde animais de porte pequeno que desempenham papel fundamental como presa de diversos grupos de vertebrados, até grandes animais terrestres, que atuam regulando o tamanho de populações de outros animais. Acrescenta-se ainda espécies reconhecidamente importantes na polinização e na dispersão de sementes. Nesse sentido, os vertebrados terrestres estão intimamente relacionados ao ambiente em que vivem, sendo considerados bons indicadores do estado de

conservação local, pois as alterações no ambiente podem acarretar mudanças significativas na composição e estrutura da comunidade.

Esta seção trata do diagnóstico da mastofauna terrestre nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha, 05 a 17 de novembro de 2020; 2ª campanha, 31 de janeiro a 11 de fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados secundários

O levantamento dos dados secundários sobre a mastofauna terrestre da área de influência do Projeto Santa Quitéria se deu por meio da consulta a bibliografia especializada, publicada em artigos científicos, livros, além dos registros de espécimes fornecidos em sites de órgãos ambientais. Com esse critério, foi dada preferência por fontes de informações confiáveis, obtidas a partir de trabalhos de autores experientes, evitando possíveis erros de identificação das espécies. Devido à baixa disponibilidade de trabalhos acessíveis e que se enquadrassem nos critérios estabelecidos acima, a pesquisa bibliográfica abrangeu os municípios de Santa Quitéria e Itatira, Ceará.

Abaixo segue um breve resumo de cada trabalho selecionado para a mastofauna:

+ FEIJÓ & LANGGUTH (2013) – Neste artigo, que é uma verdadeira monografia, os autores realizaram uma ampla revisão das espécies de mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do Brasil, incluindo a descrição de novas espécies. O trabalho conta excelentes descrições das espécies e um catálogo de crânios e peles que auxiliam na identificação. Levando em consideração essa referência é possível a ocorrência de seis mamíferos de médio e grande porte para região estudada.
+ ARCADIS LOGOS (2014) – Neste trabalho foi reunida as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessário para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Este relatório registrou a ocorrência de 25 espécies de mamíferos terrestres na área de estudo.
+ GURGEL FILHO *et al*. (2015) – Neste artigo, os autores realizaram a mais ampla e atual revisão de pequenos mamíferos e quirópteros para o estado do Ceará. O trabalho conta com excelentes descrições das espécies e um catálogo de crânios que auxiliam na identificação. Com ocorrência confirmada para a região de estudo, os autores listaram duas espécies de pequenos mamíferos terrestres.

B.2. Dados primários

A primeira campanha de levantamento da mastofauna terrestre ocorreu entre os dias 5 e 17 de novembro de 2020, considerado estação seca na região. A segunda campanha ocorreu entre 31 de janeiro e 12 de fevereiro, considerado estação chuvosa na região.

Cada campanha teve uma amostragem efetiva (emprego das metodologias e armadilhas em funcionamento) de 10 dias consecutivos, somando 20 dias de esforço de coleta de dados primários para todo o estudo.

Mamíferos de pequeno porte não voadores

Consideram-se pequenos mamíferos o conjunto de espécies que apresenta peso corporal geralmente igual ou inferior a 1 kg quando adultos, de acordo com EMMONS (1987) e MORENO *et al*. (2006). Para a amostragem desses representantes foram utilizadas armadilhas de contenção viva, dos tipos *Sherman* e *Tomahawk*, e armadilhas de queda do tipo *pitfall*. O uso de múltiplas armadilhas e métodos de amostragem permite ampliar a diversidade de espécies registradas, com a inclusão tanto de espécies consideradas comuns, como aquelas consideradas mais crípticas ou raras (ASTÚA *et al*., 2006). A identificação taxonômica em campo foi baseada principalmente na morfologia externa, feita com o auxílio de guia de campo (BONVICINO *et al*., 2008; FEIJÓ & LANGGUTH, 2013; GURGEL FILHO *et al*., 2015), e a nomenclatura das espécies e arranjo taxonômico foram baseados em PATTON *et al*. (2015), com consultas a outras fontes (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013; ABREU *et al*., 2020).

Nas transecções de armadilhas metálicas foram montadas cinco estações de captura ao longo de 80 m, separadas por 20 m entre si, sendo cada estação constituída por duas armadilhas, uma no solo (tipo *Tomahawk*) e outra (tipo *Sherman*), quando possível, a altura do sub-bosque, totalizando 10 armadilhas por transecto (**Figura 8.2-145** e Figura 8.2-146). As armadilhas ficaram estabelecidas próximas de locais que facilitavam a movimentação e captura dos pequenos mamíferos, tais como troncos caídos e árvores mortas, emaranhados de vegetação.

As armadilhas foram iscadas com uma mistura de banana, aveia, sardinha e paçoca de amendoim, sendo vistoriadas diariamente para retirada dos espécimes e re-iscadas, quando necessário.

Para cada campanha, o período de amostragem foi de 10 noites consecutivas nos 14 transectos de amostragem, conforme (Tabela 8.2-14), totalizando um esforço de 1.400 armadilhas/noite/campanha. O esforço final, após a realização das duas campanhas, foi de 2.800 armadilhas/noite.

Tabela 8.2-14 - Relação dos pontos amostrados onde foram instalados os transectos de armadilhas de contenção viva (tipo *Sherman* e *Tomahawk*) durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ.

TRANSECTO	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
Transecto 1	411710	9494475	Savana Estépica Arborizada	AID
Transecto 2	412802	9494650	Savana Estépica Florestada	AID
Transecto 3	415323	9494799	Savana Estépica Arborizada	ADA
Transecto 4	414192	9496671	Savana Estépica Florestada	ADA
Transecto 5	415298	9496173	Savana Estépica Florestada	AID
Transecto 6	415760	9496125	Savana Estépica Florestada	AID
Transecto 7	413827	9493591	Savana Estépica Arborizada	AID
Transecto 8	415154	9492742	Savana Estépica Arborizada	AID
Transecto 9	412969	9496515	Savana Estépica Arborizada	AID
Transecto 10	415126	9495476	Savana Estépica Florestada	AID
Transecto 11	414097	9496003	Savana Estépica Florestada	ADA
Transecto 12	413598	9494638	Savana Estépica Arborizada	AID
Transecto 13	415280	9494381	Savana Estépica Arborizada	ADA
Transecto 14	419349	9491025	Savana Estépica Arborizada	Controle

Legenda: ADA – Área Diretamente Afetada; AID – Área de Influência Direta; Controle – Área Controle.

Figura 8.2-145 - Armadilhas de contenção viva do tipo Sherman (esquerda) e Tomahawk **(direita), instaladas para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.**

Para coleta de pequenos mamíferos também foram empregadas armadilhas de interceptação e queda (*Pitfall*), amostrando elementos terrestres e escansoriais (**Figura 8.2-145**; Tabela 8.2-15). Esse método já detalhado anteriormente, quando descreve os métodos utilizados para herpetofauna, sendo o mesmo para a amostragem de mamíferos terrestres. O esforço amostral empregado para os dois grupos foi o mesmo, 140 armadilhas/dia, totalizando 1.400 armadilhas/dia por campanha (10 baldes x 10 dias * 14 pontos), perfazendo 2.800 armadilhas/dia no total (2 campanhas).

Tabela 8.2-15 - Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas de interceptação e queda (*pitfall traps*) durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ.

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
Pitfall 1	411511	9494599	Savana Estépica Arborizada	AID
Pitfall 2	412895	9494847	Savana Estépica Florestada	AID
Pitfall 3	415278	9494378	Savana Estépica Arborizada	ADA
Pitfall 4	414221	9496666	Savana Estépica Florestada	ADA
Pitfall 5	415298	9496179	Savana Estépica Florestada	AID

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
Pitfall 6	415660	9496122	Savana Estépica Florestada	AID
Pitfall 7	413854	9493592	Savana Estépica Arborizada	AID
Pitfall 8	415294	9492822	Savana Estépica Arborizada	AID
Pitfall 9	412969	9496550	Savana Estépica Arborizada	AID
Pitfall 10	415426	9495743	Savana Estépica Florestada	AID
Pitfall 11	414024	9495966	Savana Estépica Florestada	ADA
Pitfall 12	413618	9494678	Savana Estépica Arborizada	AID
Pitfall 13	415312	9494884	Savana Estépica Arborizada	ADA
Pitfall 14	419362	9491057	Savana Estépica Arborizada	Controle

Figura 8.2-146 - Armadilha de interceptação e queda (*pitfall*) instalada para a amostragem de mamíferos terrestres na primeira campanha do diagnóstico de fauna na área influência PSQ.

Os espécimes capturados foram identificados, e sempre que possível, sexados, categorizados quanto a categoria etária e condição reprodutiva, além de marcados com *eartags*, antes da posterior soltura no mesmo local de captura. Eventualmente alguns dos indivíduos capturados foram coletados, catalogados e mensurados (medidas corpóreas padrão; VOSS & EMMONS, 1996). Os espécimes eventualmente sacrificados para identificação em coleção zoológica, o foram por meio do uso de anestésico inalatório e preparados de acordo com os procedimentos sugeridos pela "*American Society of Mammalogists*" (ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE, 1998). Reitera-se que foram coletados, respeitando-se as limitações e instruções da ABIO Nº2020 apenas os espécimes cuja taxonomia não estivesse resolvida ou que não fosse possível de identificação a nível específico a partir de caracteres morfológicos externos ou, ainda, aqueles encontrados mortos na área estudo, seja o espécime completamente ou parcialmente íntegro. Todo o material coletado foi encaminhado a Coleção de Mamíferos na Universidade Federal da Paraíba, instituição fiel depositária conveniada, onde passará por todos os procedimentos de curadoria (Anexo 8.2-I).

Mamíferos de médio e grande porte não voadores

Para a amostragem desse grupo de mamíferos foram desempenhados métodos padronizados e não interventivos, a saber: busca ativa para observação direta ou indireta, através do registro de vestígios, tais como rastros, fezes, vocalizações, escarificações, carcaças e tocas; além do uso de armadilhas fotográficas.

A busca ativa foi realizada por 1 pesquisador nos 14 pontos citados anteriormente, durante 6 horas em torno de cada ponto, com amostragens diurnas e noturnas, totalizando 84 horas/homem por campanha e 168 horas/homem ao final das duas campanhas. Esse método permite o avistamento direto de animais, sendo realizado com um número reduzido de pessoas, em silêncio, percorrendo as trilhas com velocidade constante de 1 km/h, durante as primeiras horas do dia e ao anoitecer. O registro da ocorrência dos vestígios (Figura 8.2-147) foi realizado por meio de anotação em caderno de campo e fotografia com a utilização de referência de escala (esquadro, régua ou algum objeto) para posterior identificação com o auxílio de guias específicos (BECKER & DALPONTE, 1999; BORGES & TOMÁS, 2008; PRIST *et al.*, 2020).

Figura 8.2-147 - Exemplo de vestígio (fezes de *Cerdocyon thous*) encontrado durante realização de busca ativa para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

As armadilhas fotográficas foram dispostas em pontos considerados de interesse para o grupo, priorizando áreas de dessedentação ou de passagem, sendo instaladas em árvores a uma altura de aproximadamente 40 cm em relação ao solo (Figura 8.2-148). As folhagens próximas foram retiradas, com a intenção de evitar disparos desencadeados pela ação do vento na vegetação. Em frente às armadilhas fotográficas foram colocadas iscas (sardinha, sal e uma mistura de frutas contendo laranja, maçã, abacaxi e banana), com o objetivo de atrair os animais pelo cheiro, facilitando assim o registro das espécies.

A Tabela 8.2-16 exibe as coordenadas onde foram instaladas as armadilhas fotográficas. O esforço amostral, por campanha, para esse método foi de 240 horas (24 horas x 10 dias de amostragem) por ponto amostral, totalizando 3.360 horas (240 horas x 14 pontos) para toda área de estudo. O esforço final, portanto, foi de 6.720 horas (240 horas x 14 pontos x 2 campanhas).

Tabela 8.2-16 - Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas fotográficas durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ.

Ponto amostral	UTM 24M (Datum SIRGAS 2000)		Fitofisionomia predominante	Área de Influência
	X	Y		
Armadilha fotográfica 1	411492	9494473	Savana Estépica Arborizada	AID
Armadilha fotográfica 2	412891	9494847	Savana Estépica Florestada	AID
Armadilha fotográfica 3	415251	9494330	Savana Estépica Arborizada	ADA
Armadilha fotográfica 4	414130	9496616	Savana Estépica Florestada	ADA
Armadilha fotográfica 5	415301	9496174	Savana Estépica Florestada	AID
Armadilha fotográfica 6	415721	9496113	Savana Estépica Florestada	AID
Armadilha fotográfica 7	413931	9493796	Savana Estépica Arborizada	AID
Armadilha fotográfica 8	415245	9492827	Savana Estépica Arborizada	AID

Ponto amostral	UTM 24M (Datum SIRGAS 2000)		Fitofisionomia predominante	Área de Influência
	X	Y		
Armadilha fotográfica 9	413041	9496631	Savana Estépica Arborizada	AID
Armadilha fotográfica 10	415309	9495695	Savana Estépica Florestada	AID
Armadilha fotográfica 11	414064	9496032	Savana Estépica Florestada	ADA
Armadilha fotográfica 12	414130	9496616	Savana Estépica Arborizada	AID
Armadilha fotográfica 13	415251	9494330	Savana Estépica Arborizada	ADA
Armadilha fotográfica 14	419464	9491006	Savana Estépica Arborizada	Controle

Figura 8.2-148 - Armadilha fotográfica instalada para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

B.3. Análise de Dados

Os dados obtidos durante as amostragens foram organizados em um banco de dados brutos contendo a classificação taxonômica dos indivíduos registrados com a identificação das espécies até o menor nível taxonômico possível e supraespecíficos (classe, família, ordem e gênero), data e local de registro (sítio amostral), parcela de amostragem, coordenadas em UTM, estação climática, método de amostragem, dentre outras informações pertinentes.

Para a quantificação da diversidade, foi utilizado o Índice de *Shannon-Winner* (H'), que é baseado na abundância proporcional das espécies, considerando tanto a riqueza das espécies quanto a sua equidade. Esse método é geralmente escolhido pela sua alta capacidade discriminante (MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989). Ainda, o emprego do índice de *Shannon_Weaver* foi atribuído por ser um índice utilizado em situações em que a comunidade inteira não pode ser inventariada (amostras). A equitabilidade foi avaliada utilizando o índice da Equidade de *Pielou* (J'), associada ao Índice de *Shannon*.

A eficiência amostral foi determinada pela construção de curvas de acumulações de espécies (*sensu* GOTELLI & COLWELL, 2001). Estas curvas consistem em um excelente procedimento para avaliar o quanto o número de espécies observadas se aproxima do número real das espécies supostamente presentes (p. ex: riqueza estimada) naquele ambiente (CULLEN JR. *et al.*, 2012).

O comportamento desta curva pode predizer, através de estimativas, o número de espécies que ainda não foi observado na área de estudo (CHAZDON *et al.*, 1998). Para calcular essa estimativa, foram utilizados os estimadores de riqueza *Chao* 2 e *Jackknife* 1, os quais apresentaram melhor performance em testes em área de Caatinga (ARAUJO, 2009). As análises referentes à curva de rarefação e estimativa de riqueza de espécies foram realizadas utilizando o software Estimates v.9.1.0 (COLWELL, 2013).

Em seguida, a partir do índice de similaridade de *Jaccards*, foi gerado um Cluster a fim de verificar a relação entre as áreas amostradas, de acordo com o compartilhamento de espécies registradas ao longo de cada área amostral. Este índice foi selecionado devido ao conjunto de dados empregado na análise de similaridade utilizar apenas informações de presença e ausência, dessa forma, permitindo o uso de dados de métodos que não possibilitam a captura de abundância. Nesta análise foi utilizado o programa PAST® versão 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001) para construção do dendrograma.

C. Resultados e Discussão

C.1. Composição faunística

Considerando as duas subdivisões (mamíferos de médio e grande porte e mamíferos de pequeno porte), no compilado dos dados secundários e dados primários, foram inventariadas 21 espécies de mamíferos terrestre para as áreas de influência do Projeto Santa Quitéria) (Tabela 8.2-14).

Ao considerar apenas os dados primários, foram obtidos 391 registros distribuídos em 19 espécies, amostradas através das metodologias padronizadas. As espécies registradas estão exemplificadas no relatório fotográfico realizado para o diagnóstico (Item 8.3 – Mastofauna Terrestre).

As 19 espécies inventariadas de maneira primária pertencem a seis ordens e 12 famílias (Figura 8.2-149 e Figura 8.2-150). Assim temos, os mamíferos de médio e grande porte representados por quatro ordens, oito famílias e 11 espécies (126 registros): Callithrichidae (S=1), Canidae (S=1), Cebidae (S=1), Cervidae (S=1), Chlamyphoridae (S=2), Felidae (S=3), Mephitidae (S=1) e Tayassuidae (S=1). Os mamíferos terrestres de pequeno porte foram representados por duas ordens, quatro famílias e oito espécies (265 registros): Caviidae (S=2); Cricetidae (S=2); Didelphidae (S=3) e Echimyidae (S=1).

A riqueza observada neste levantamento (19 espécies) corresponde a cerca de 32% da riqueza (59 espécies) de mamíferos terrestres com ocorrência atual para o estado do Ceará (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013; GURGEL FILHO *et al.*, 2015; FERNANDES-FERREIRA, 2021). Isto torna o presente inventário extremamente relevante para o Ceará, estado considerado ainda carente de informações acerca de mamíferos terrestres, em comparação com outros estados do Nordeste, como Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

A riqueza de mamíferos terrestres inventariada esteve dentro do intervalo normalmente registrado para áreas de Caatinga na região Nordeste do Brasil. Levantamentos rápidos realizados nesse bioma (Ceará, Bahia, Sergipe, Paraíba, Pernambuco e Piauí) têm registrado entre cinco e 20 espécies de mamíferos terrestres (FREITAS *et al.*, 2011; FEIJÓ & LANGGUTH, 2013; DELCIELLOS, 2016; DIAS *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2017; PEREIRA & PEIXOTO, 2017). Obviamente, e como será discutido mais adiante, maiores inferências necessitam cautela, pois existem disparidades quanto ao esforço amostral, o tamanho da área de abrangência e o estado de conservação das áreas de coleta para cada estudo, o que certamente influi na riqueza e abundância dos mamíferos inventariados.

Tabela 8.2-17 - Lista de espécies de mamíferos terrestres registradas na área influência no decorrer da 1ª e 2ª campanha de diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA			ÁREA AMOSTRAL	MÉTODO DE REGISTRO	ENDEMISMO	CAMPANHA	DADOS SECUNDÁRIOS
		MMA	IUCN	CITES					
		2014	2021	2021					
DIDELPHIMORPHA Gill, 1872 sensu Marshall, Case e Woodburne, 1990									
Didelphidae Gray, 1821									
Didelphis albiventris Lund, 1840	Cassaco-de-orelha-branca	-	LC	-	ADA, AID, CO	ACV, AF, AIQ	Não	C1, C2	2
Gracilinanus agilis (Burmeister, 1854)	Cuíca-pequena	-	LC	-	ADA, AID, CO	ACV, AIQ	Não	C1, C2	2
Monodelphis domestica (Wagner, 1842)	Rato-cachorro	-	LC	-	ADA, AID, CO	ACV, AIQ	Não	C1, C2	2,3
CINGULATA									
Illiger, 1811									
Chlamyphoridae									
Bonaparte, 1850									
Dasypus novemcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatu-galinha	-	LC	-	AID	AF	Não	C2	2
Dasypus septemcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatuí	-	LC	-	-	-	Não	-	2**

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA			ÁREA AMOSTRAL	MÉTODO DE REGISTRO	ENDEMISMO	CAMPANHA	DADOS SECUNDÁRIOS
		MMA	IUCN	CITES					
		2014	2021	2021					
Euphractus sexcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatupeba	-	LC	-	ADA, AID	AF, BA	Não	C1, C2	1, 2
Tolypeutes tricinctus (Linnaeus, 1758)	Tatu-bola	EN	VU	-	-		Sim (CAA e CE)	-	2**
PILOSA Flower, 1883									
Myrmecophagidae Gray 1825									
Tamandua tetradactyla (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	-	LC	-	-		Não	-	2**
PRIMATES Linnaeus, 1758									
Callithichidae(Gray, 1821)									
Callithrix jacchus (Linnaeus, 1758)	Sagui-de-tufo-branco		LC	II	ADA, AID	BA	Não	C1, C2	1, 2
Cebidae Gray, 1825									
Sapajus libidinosus (Spix, 1823)	Macaco-prego	NT	NT	II	AID	BA	Não	C1, C2	2
CARNIVORA Bowdich, 1821									
Canidae G. Fischer, 1817									
Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato, raposinha		LC	II	ADA, AID, CO	AF, BA	Não	C1, C2	1, 2
Felidae									

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA			ÁREA AMOSTRAL	MÉTODO DE REGISTRO	ENDEMISMO	CAMPANHA	DADOS SECUNDÁRIOS
		MMA	IUCN	CITES					
		2014	2021	2021					
Fischer von Waldheim 1817									
Leopardus sp.	Gato-do-mato	-	-	-	-	-	Não	-	2
Leopardus emiliae (Thomas, 1914)	Gato-do-mato-pequeno	EN	VU	I	AID	AF, BA	Não	C1, C2	1
Puma concolor (Linnaeus, 1771)	Puma, onça-parda	VU	LC	II	AID	BA	Não	C1, C2	2
Puma yagouaroundi (Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Gato-mourisco	VU	LC	II	AID	BA	Não	C2	2
Mephitidae Bonaparte, 1845									
Conepatus semistriatus (Lichtenstein, 1838)	Ticaca, Gambá	-	LC	-	ADA	ACV	Não	C1	2
Procyonidae Gray, 1825									
Procyon cancrivorous (Cuvier, 1798)	Mão-pelada, guaxinim	-	LC	-	-	-	Não	-	1, 2
ARTIODACTYLA Owen, 1848									
Cervidae Goldfuss, 1820									
Mazama gouazoubira Fischer, 1814	Veado-catigueiro	-	LC	-	ADA	AF, BA	Não	C2	2
Tayassuidae Palmer, 1897									
Pecari tajacu Linnaeus, 1758	Caititu	-	LC	II	ADA	BA	Não	C2	1, 2**

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA			ÁREA AMOSTRAL	MÉTODO DE REGISTRO	ENDEMISMO	CAMPANHA	DADOS SECUNDÁRIOS
		MMA	IUCN	CITES					
		2014	2021	2021					
RODENTIA Bowdich, 1821									
Caviidae G. Fischer, 1817									
Galea spixii (Wagler, 1831)	Préa	-	LC	-	AID	AF, BA	Não	C1, C2	2
Kerodon rupestris (Wied-Neuwied, 1820)	Mocó	VU	LC	-	AID	BA	Sim (CAA)	C2	2
Cricetidae G. Fischer, 1817									
Calomys expulsus Lund, 1841	Rato-calunga	-	LC	-	-	-	Não	-	2
Necromys lasiurus (Lund, 1841)	Pixuna	-	LC	-	-	-	Não	-	2
Oligoryzomys sp.	Ratinho-de-rabo-comprido	-	LC	-	AID	ACV, AIQ	Não	C1, C2	2
Wiedomys cerradensis Gonçalves, Almeida e Bonvicino, 2005*	Rato-palhaço	-	DD	-	ADA, AID, CO	ACV, AIQ	Sim (CAA e CE)	C1, C2	2, 3
Echimyidae Gray, 1825									
Thrichomys laurentius Thomas, 1904	Punaré	-	DD	-	ADA, AID	ACV, AF, AIQ, BA	Não	C1, C2	2

*Legenda: Categorias de ameaça: CR – Criticamente em Perigo; DD – Deficiente de dado; EN – Em Perigo; NT: Quase ameaçado; LC – Preocupação menor; VU – Vulnerável. CITES, 2021 (Apêndice I, II e III) Método de registro: ACV – Armadilha de Contenção Viva; AF – Armadilha Fotográfica; AIQ – Armadilha de Interceptação e Queda; BA – Busca Ativa. Endemismo: CAA – Caatinga, CE – Cerrado. Dados secundários: 1) Feijó & Langguth (2013); 2) ARCADIS LOGOS. (2014); 3) Gurgel Filho et al., (2015). *espécie registrada apenas por entrevista.*

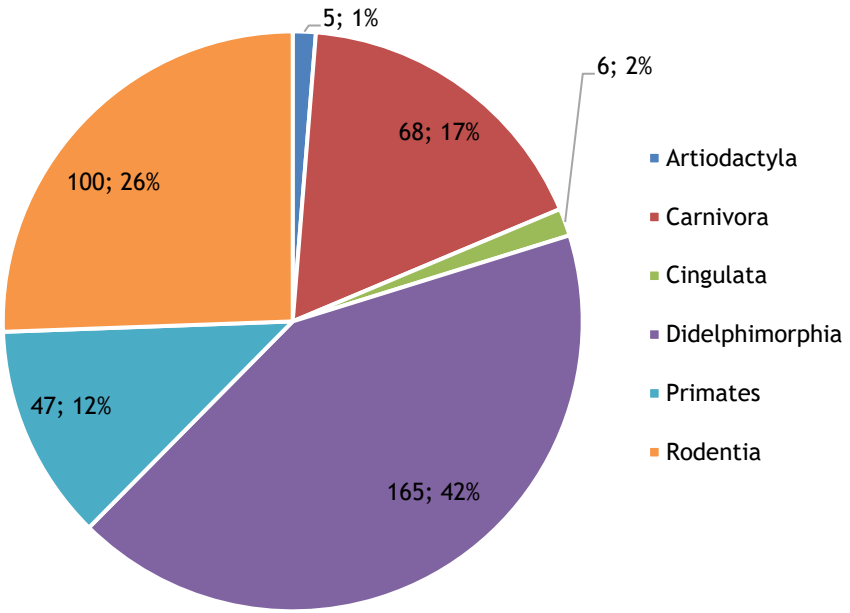


Figura 8.2-149 - Frequência (número de registros) e frequência relativa (% de registros) para as ordens de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

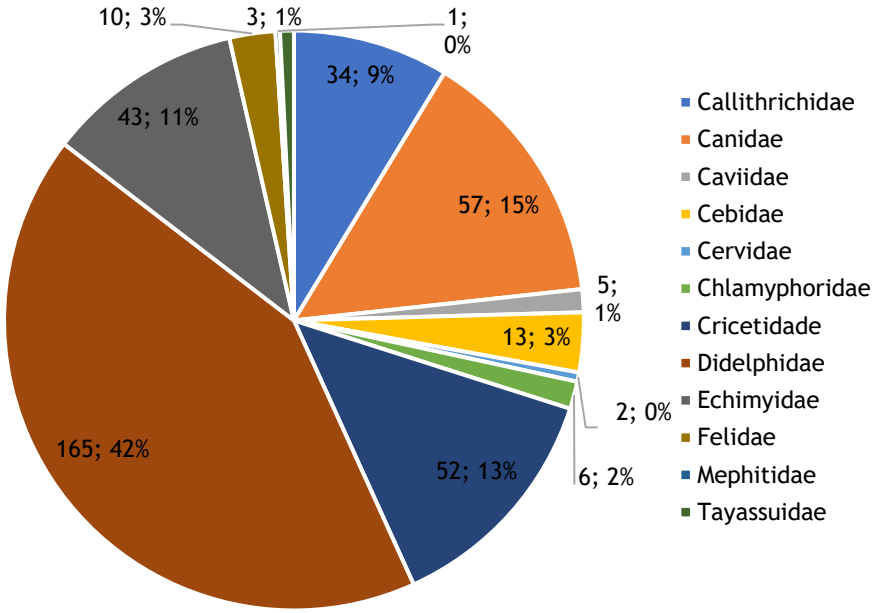


Figura 8.2-150 - Frequência (número de registros) e frequência relativa (% de registros) para as famílias de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

De maneira geral, a composição da mastofauna terrestre registrada foi dominada por espécies de hábito generalista e de ampla distribuição no Brasil (REIS *et al.*, 2011) comumente inventariadas em áreas de Caatinga (Figura 8.2-151). Em termos de frequência, como era esperado, os dados mostraram uma maior abundância de indivíduos de espécies de pequeno porte: a cuíca (*Gracilinanus agilis*), com 129 registros, seguida do rato-palhaço (*Wiedomys cerradensis*), com 48, e do punaré (*Thrichomys laurentius*), com 43 indivíduos. Os representantes de médio e grande porte, possuem uma taxa demógrafica naturalmente mais baixa, portanto, são menos abundantes (REIS *et al.*, 2011). As exceções foram o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), com 57 registros, um forrageador ativo e muito comum em inventários na Caatinga. Dentre os primatas, o mais abundante foi o sagui-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), uma espécie bastante generalista e de hábito gregário (REIS *et al.*, 2011).

Por outro lado, cabe destacar a presença de táxons incluídos em categorias de ameaça nacionais (MMA, 2014) e/ou internacionais (IUCN, 2020), o gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*), o gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), a onça-parda (*Puma concolor*) e o mocó (*Kerodon rupestris*), além do macaco-prego (*Sapajus libidinosus*), considerado "quase ameaçado". A discussão sobre o grau de ameaça das espécies registradas será apresentada no item 8.2.1.5.3.3 do presente documento.

As espécies amostradas na área de estudo representam diferentes guildas tróficas, sendo registrados desde animais de posição primária, como os roedores (*Galea spixii, Thrichomys laurentius* e *Wiedomys cerradensis*), passando por espécies herbívoras de grande porte, como o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), onívoras como, o cassaco-de-orelha-preta (*Didelphis albiventris*), o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*), até predadores topo de cadeia como os felinos *Leopardus emiliae, Puma yagouaroundi* e *Puma concolor*.

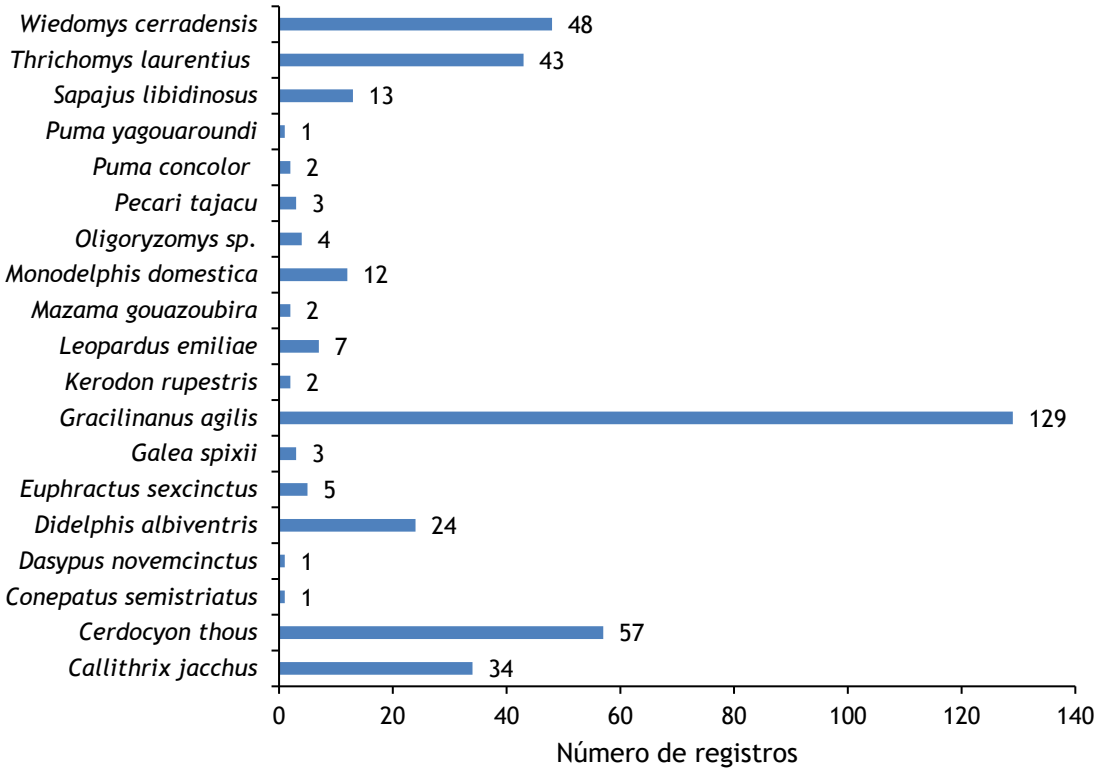


Figura 8.2-151 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do PSQ.

Na divisão por tamanho corpóreo, foram obtidos 126 registros pertencentes a 11 espécies de mamíferos de médio e grande porte. Destas, as mais registradas na área de estudo, em ordem decrescente de frequência, foram: o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), com 57 registros; o sagui-de-tufo-branco ou soim (*Callithrix jacchus*), com 34; o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*), com 13; o gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*), com sete; o tatupeba (*Euphractus sexcinctus*), com cinco; o caititu (*Pecari tajacu*), com três; e a onça-parda (*Puma concolor*) e o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), com dois registros, cada; e a ticaca (*Conepatus semistriatus*), o tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*) e o gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), com um registro, cada (Figura 8.2-152).

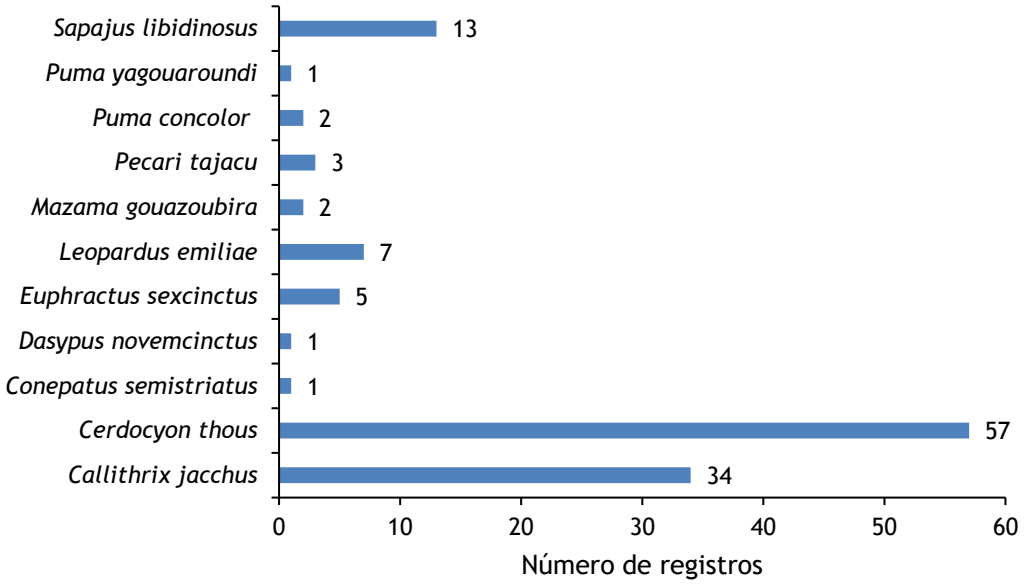


Figura 8.2-152 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres de médio e grande porte amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

O cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e o sagui-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), com 14,6% e 8,7% da amostragem de mamíferos terrestres, foram as mais abundantes dentre os mamíferos de médio e grande porte. Ambas as espécies são bastante comuns em outros inventários realizados em áreas de Caatinga (FREITAS *et al.*, 2011; 2013; DELCIELLOS, 2016; DIAS *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2017; PEREIRA & PEIXOTO, 2017), muito devido ao fato de serem onívoras, generalistas e oportunistas, possuindo ampla distribuição no Brasil, além de estarem ambientadas em áreas impactadas e de intensa atividade antrópica, inclusive em áreas verdes das cidades (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013).

O cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) foi registrado com uso de armadilha fotográfica e busca ativa nas três áreas de amostragem (ADA, AID e Controle). Já o sagui-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), foi registrado na ADA e na AID, sempre por meio do método de busca ativa (observação visual e auditiva).

Os registros do outro primata, o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*), contribuiu com 3,3% da amostragem de mamíferos terrestres. Essa espécie gregária, isto é, vive em grupos, foi registrada durante busca ativa, por meio de visualizações direta de indivíduos (incluindo um filhote) se deslocando nos paredões da serra no P10, dentro da AID.

Os felinos, gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*), onça-parda (*Puma concolor*) e gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), contribuíram com 1,8% (sete registros), 0,5% (dois registros) e 0,3% (um registro) da amostragem de mamíferos terrestres, respectivamente.

Os três táxons foram observados na AID, sendo *L. emiliae* registrado em armadilha fotográfica e busca ativa (observação direta), e os outros dois apenas por busca ativa (observação visual). Essas espécies são de extrema importância para fins de conservação e dada suas posições de topo de cadeia alimentar, são fundamentais para manutenção dos ecossistemas em que vivem.

Os registros do tatupeba (*Euphractus sexcinctus*) corresponderam a 1,3% (cinco registros) da amostragem de mamíferos terrestres. Três deles ocorreram na AID (busca ativa e armadilha fotográfica) e dois na ADA (armadilha fotográfica).

Os três registros (0,8% da amostragem de mamíferos terrestres) do caititu (*Pecari tajacu*), foram obtidos a partir de busca ativa (encontro de crânios de espécimes mortos) realizada no P4, inserido na ADA.

O veado-mateiro (*Mazama americana*) foi registrado em duas ocasiões (0,5% dos registros), uma através de armadilha fotográfica instalada em no P13 e outra por busca ativa (pegada) no P4, ambos da ADA.

O tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*) foi registrado apena em uma oportunidade (0,3% da amostragem), por meio de armadilha fotográfica posicionada no P5 (AID).

A ticaca ou gambá (*Conepatus semistriatus*) também foi registrado em apenas uma oportunidade (0,3% dos registros), com um indivíduo jovem sendo capturado em armadilha de contenção viva (tipo *tomahawk*) posicionada no P11 (ADA).

No tocante aos mamíferos terrestres de pequeno porte, foi possível inventariar oito espécies: a cuíca (*Gracilinanus agilis*), com 129 registros; o rato-palhaço (*Wiedomys cerradensis*), com 48; o punaré (*Thrichomys laurentius*), com 43 registros; o cassaco-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*), com 24; o rato-cachorro (*Monodelphis domestica*), com 12; o ratinho-de-rabo-comprido (*Oligoryzomys* sp.), com quatro; o preá (*Galea spixii*), com três; e o mocó (*Kerodon rupestris*), com dois registros (Figura 8.2-153).

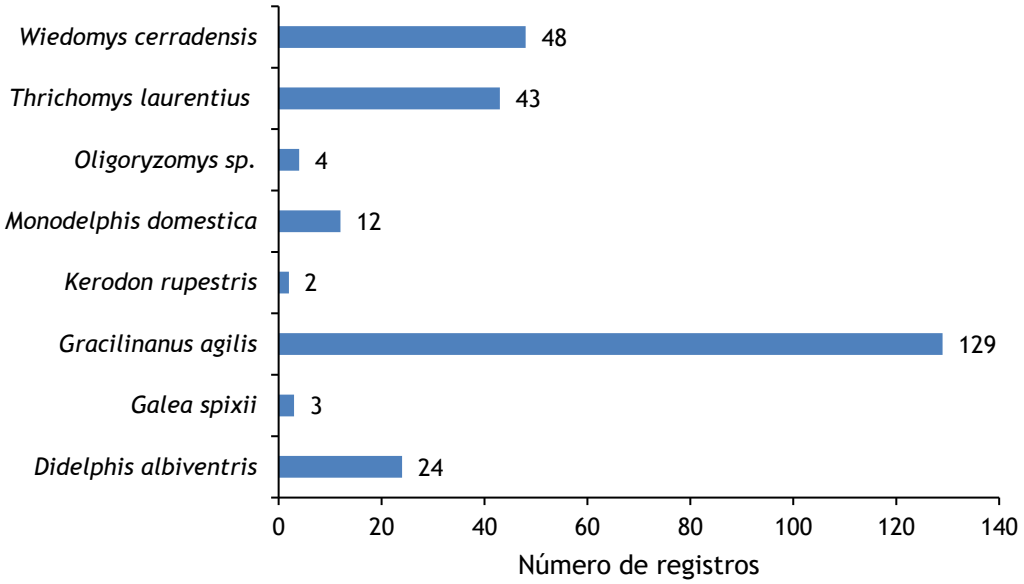


Figura 8.2-153 - Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres de pequeno porte amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

A cuíca (*Gracilinanus agilis*) foi a espécie mais frequentemente capturada em toda amostragem, com 33% dos registros. Esse pequeno marsupial arborícola, amplamente distribuído no Brasil nos biomas do Cerrado e Caatinga (REIS *et al.*, 2011), foi registrado em todas as áreas de amostragem (ADA, AID e Controle), através de armadilhas de interceptação e queda, mas principalmente em armadilhas de contenção viva (tipo *Sherman*), posicionadas a altura do sub-bosque, extrato primariamente explorado por esta espécie.

O rato-palhaço ou rato-bico-de-lacre (*Wiedomys cerradensis*), dentre os roedores foi o mais frequente, com 12,3% da amostragem. Essa espécie foi também registrada em todas as áreas de amostragem (ADA, AID e Controle), tendo sido capturada nas armadilhas de interceptação e queda e armadilhas de contenção viva.

Os registros do punaré (*Thrichomys laurentius*) corresponderam a 11% da amostragem de mamíferos terrestres e foram realizados na ADA e AID por meio de armadilhas de interceptação e queda, armadilhas de contenção viva, armadilhas fotográficas e busca ativa. O punaré é outra espécie bastante comum em afloramentos rochosos na Caatinga, onde encontram abrigo e alimento (REIS *et al.*, 2011).

O cassaco-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*), com 6,1% da amostragem de mamíferos terrestres), foi mais uma espécie registrada nas três áreas de amostrais (ADA, AID e Controle). Os registros ocorreram através de armadilha de contenção viva, armadilha fotográfica e armadilha de interceptação e queda.

Outro marsupial, o rato-cachorro (*Monodelphis domestica*) foi registrado em 12 ocasiões (3,1% da amostragem), também em todas as áreas amostrais e a partir de armadilha de contenção viva e armadilha de interceptação e queda. As três espécies de marsupiais inventariadas nesse estudo são bastante comuns em áreas de Caatinga e compartilham a ampla distribuição no Brasil e o hábito mais generalista (REIS *et al.*, 2011)

Três outros roedores compuseram a mastofauna terrestre de pequeno porte inventariada nesse estudo: o ratinho-de-rabo-comprido (*Oligoryzomys* sp.), o preá (*Galea spixii*) e o mocó (*Kerodon rupestris*), representados por apenas quatro (1,0% da amostragem), três (0,8%) e dois espécimes (0,5%), respectivamente. As três espécies foram observadas apenas na AID, sendo o ratinho-de-rabo-comprido capturado em armadilha de contenção viva e armadilha de interceptação e queda, o preá por meio de busca ativa (observação direta) e armadilha fotográfica e o mocó exclusivamente por busca ativa (observação direta).

C.2. Eficiência amostral

A eficiência da amostragem foi estimada através de curvas de rarefação de espécies, baseada em 1000 randomizações da matriz original no programa Estimates 9 (COLWELL, 2013), com base nos dados oriundos dos métodos padronizados (armadilhas fotográficas, armadilhas de contenção viva, armadilhas de interceptação e queda e busca ativa), ou seja, aqueles em que foi possível considerar os dados quantitativos. Para maior robustez estatística (aumentar o número amostral), foi utilizado como amostras, o número de indivíduos registrados. Dada a área amostral apresentar uma homogeneidade fitofisionômica, com cobertura de Savana Estépica Arborizada, considerou-se coerente gerar uma única curva de acumulação de espécies, já que esta tem como objetivo apresentar se o esforço amostral foi suficiente de acordo com o sucesso de captura das metodologias empregadas no estudo.

Como se observa na Figura 8.2-154, a curva de acumulação de espécies para a região de estudo apresentou um perfil próximo de atingir a assíntota (estabilização), muito semelhante ao que havia sido apresentado no EIA anterior (ARCADIS LOGOS, 2014) Figura 8.2-154 e Figura 8.2-155. Isso mostra que o esforço amostral empenhado em ambos os estudos foi suficiente para alcançar um número de espécies observadas bastante próximo ao número de espécies estimadas. Embora a riqueza de espécies em números absolutos seja diferente entre os estudos, tanto para o EIA anterior, quanto para o presente estudo, os estimadores de riqueza tiveram valores muito próximos entre as curvas preditas e a observada, como é apresentado pelas curvas de rarefação. Assim, considera-se que a amostragem realizada no presente estudo, associada às informações levantadas no primeiro

EIA, permitem maior segurança de que se acessou a amostragem adequada para a caracterização do grupo na área do Projeto Santa Quitéria, de modo a viabilizar uma correta avaliação sobre a viabilidade locacional do empreendimento.

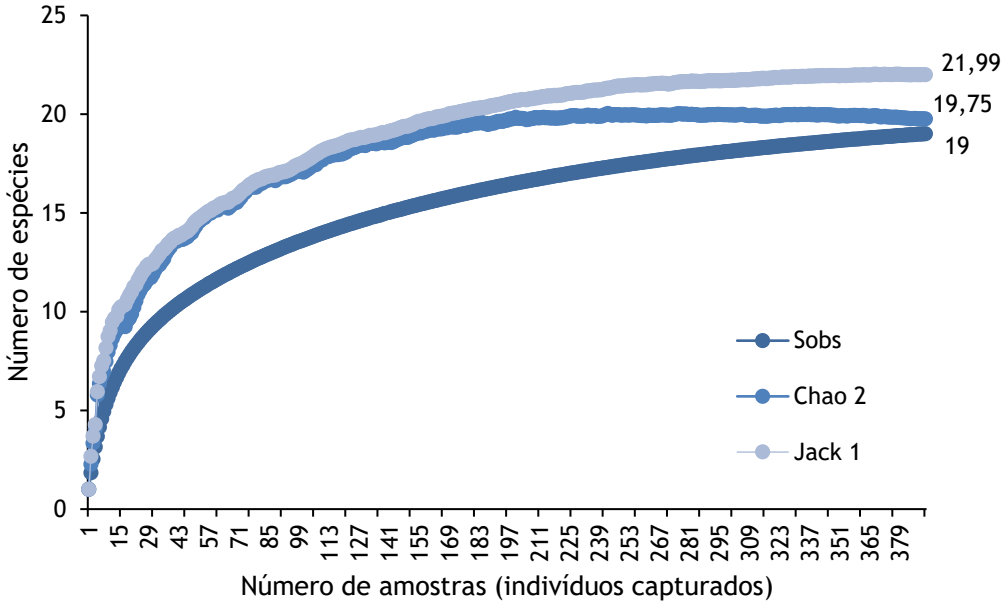


Figura 8.2-154 - Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

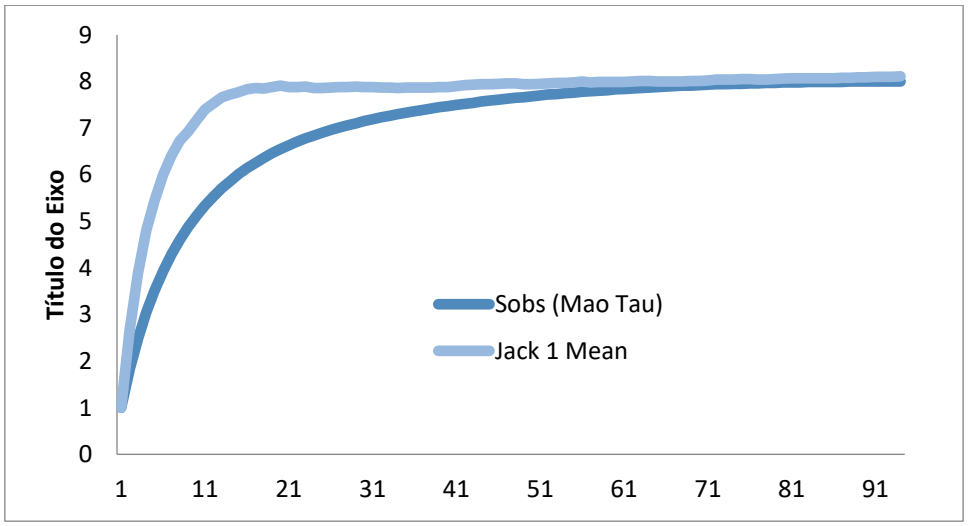


Figura 8.2-155 - Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE, segundo EIA anterior (ARCADIS, 2014).

Fonte: ARCADIS logos, 2011.

O número de espécies estimadas por *Jackknife* 1 (21,99) indica que cerca de três espécies podem ser somadas ao número de espécies observadas (Sobs=19). Para *Chao* 2 (19,75), um estimador mais conservador, esse número foi muito aproximado do observado. Isso traduzido em porcentagem, estima-se que tenha sido inventariado entre 86,4% e 96,2%

das espécies de mamíferos terrestres com potencial ocorrência para região de estudo, algo considerado extremamente satisfatório para o esforço de coleta desempenhado (duas campanhas). Há de se considerar que, segundo Santos (2003), curvas de acumulação de espécies dificilmente atingem a assíntota absoluta, especialmente em áreas de alta biodiversidade, como em regiões neotropicais. O estimador *Jackknife* de primeira ordem, se baseia na raridade das espécies observadas, os chamados *singletons* (espécies amostradas apenas uma única vez) e *doubletons* (espécies amostradas em duas vezes). Sendo assim, apesar de serem espécies comuns e de ampla distribuição no Brasil (REIS *et al.*, 2011), o estimador interpretou como raro os seguintes táxons: *singletons* - *Conepatus semistriatus*, *Dasypus novemcinctus* e *Puma yagouaroundi*; *doubletons* - *Kerodon rupestris*, *Mazama gouazoubira* e *Puma concolor*. Dessa forma, cerca do 1/3 das espécies amostradas (seis de 19) foram consideradas como raras na análise do estimador *Jackknife* 1.

Sabe-se ainda que para os mamíferos terrestres existe um agravante, pois esse grupo é majoritariamente composto por espécies furtivas e de hábito geralmente noturno e críptico.

Apesar desses fatores intrínsecos, os resultados de eficiência amostral obtidos para esse estudo foram excelentes para o esforço empregado em uma região de Caatinga. A tendência é que a curva se aproxime ainda mais da estabilização à medida que seja desempenhado novos esforços de amostragem, como em um possível Programa de Monitoramento.

C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou Federal

A definição do status de espécies ameaçadas ou quase ameaçadas de extinção apoiou-se na Portaria Federal nº 444 (MMA, 2014) e na classificação da *Internacional Union for Conservation Nature* (IUCN, 2020). Além disso, também foi consultada a lista da CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) (CITES, 2021), a qual dispõe sobre o comércio ilegal de espécies da flora e fauna selvagens em perigo de extinção.

Destaca-se que, dentre as espécies de mamíferos terrestres registradas de maneira primária nas duas campanhas para este diagnóstico ambiental, encontram-se atualmente incluídos em alguma categoria de ameaça segundo as listas referidas, as seguintes espécies: o gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*), a onça-parda (*Puma concolor*), o gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), e o mocó (*Kerodon rupestris*) (Tabela 8.2-18). Além destes, foram incluídas espécies “quase ameaçadas” e presentes nos Apêndices da CITES.

Tabela 8.2-18 - Espécies de mamíferos terrestres incluídas em categorias de ameaça segundo lista nacional (MMA, 2014), internacional (IUCN, 2021) e da CITES (2021), registradas durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ.

ESPÉCIE	ÁREA	CAMPANHA	TIPO DE REGISTRO	CATEGORIA DE AMEAÇA		
				MMA (2014)	IUCN (2021)	CITES (2021)
Callithrix jacchus	ADA, AID	C1, C2	Busca ativa	-	Pouco preocupante	II
Cerdocyon thous	ADA, AID, CO	C1, C2	Armadilha Fotográfica, Busca ativa	-	Pouco preocupante	II
Kerodon rupestris	AID	C2	Busca ativa	VU	LC	-
Leopardus emiliae	ADA, AID	C1, C2	Armadilha Fotográfica, Busca ativa	Em perigo	Vulnerável	I
Puma concolor	AID	C1, C2	Busca ativa	Vulnerável	Pouco preocupante	II
Puma yagouaroundi	AID	C2	Busca ativa	Vulnerável	Pouco preocupante	II
Sapajus libininosus	AID	C1, C2	Busca ativa	Quase ameaçado	Quase ameaçado	II

O gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*) recebe o status de “Em Perigo” segundo o MMA (2014) e está como “Vulnerável” na lista internacional de espécies ameaçadas (IUCN, 2021), além de constar no Apêndice I da CITES (2021). Recentemente, Nascimento & Feijó (2017), baseados em evidências morfológicas e moleculares disponíveis, estabeleceram a divisão do grupo tigrina (*Leopardus tigrinus*) em três espécies: *Leopardus tigrinus*, *Leopardus emiliae* e *Leopardus guttulus*. Com essa atualização taxonômica, *L. emiliae* passou a ser a espécie que ocorre no Norte (lado direito da base do rio Amazonas), Nordeste e porção central do país, sendo considerado o único felídeo endêmico do Brasil (NASCIMENTO & FEIJÓ, 2017). Como *L. tigrinus* já estava incluído em categorias de ameaça de acordo com listas nacionais (MMA, 2014) e internacionais (IUCN, 2020), antes da taxonomia proposta por Nascimento & Feijó (2017), o mesmo grau de ameaça deve ser atribuído aqui *para L. emiliae*, sendo realizada apenas a atualização taxonômica. Esta medida pode ser considerada até conservadora dentro desse novo arranjo, uma vez que a distribuição geográfica de cada táxon agora estabelecido é consideravelmente menor do que o anteriormente aceito para o grupo *tigrina*. Sendo assim, isso pode implicar no aumento do risco de extinção de cada espécie no futuro, incluindo *L. emiliae* (NASCIMENTO & FEIJÓ, 2017).

A onça-parda (*Puma concolor*), apesar de receber o grau de "Menor Preocupação" segundo a IUCN (2021), tem o status de "Vulnerável" na lista nacional (MMA, 2014), além de estar incluída no Apêndice II da CITES (2021). Esta espécie teve seu tamanho populacional efetivo calculado em cerca de 4.000 indivíduos, e em três gerações, ou 21 anos, estima-se que poderá ocorrer um declínio de mais de 10% da subpopulação nacional (AZEVEDO *et al.*, 2013). Segundo o MMA (2014), atualmente, as principais ameaças para a espécie são: a supressão e fragmentação de habitat devido à expansão agropecuária, e à mineração, além da exploração de madeira para carvão; a eliminação de indivíduos por caça e/ou retaliação por predação de animais domésticos; as queimadas (principalmente em canaviais); e os atropelamentos. A diminuição iminente dos remanescentes florestais, resultante das mudanças efetuadas no Código Florestal Brasileiro, também é uma ameaça as populações de *P. concolor* no Brasil (MMA, 2014). No Nordeste, particularmente, suas populações têm sido reduzidas a poucos indivíduos, estando virtualmente extinta em diversas localidades (ver FEIJÓ & LANGGUTH, 2013).

O gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), consta como "Vulnerável" na lista nacional (MMA, 2014), porém está enquadrado com "Pouco Preocupante" (*Least Concern*), de acordo com a IUCN (2020) e no Apêndice II da CITES (2021). Como justificativa para o *status* de "Vulnerável" em território nacional, apesar da ampla distribuição no Brasil, *Puma yagouaroundi* ocorre em baixas densidades populacionais, estimando-se que exista entre 52.000-264.000 indivíduos, considerando respectivamente as densidades mínima e máxima (AlMEIDA *et al.*, 2013). Se considerado apenas a estimativa de indivíduos maduros, em um cenário mais conservador, a população efetiva da espécie é de apenas 5.200 indivíduos, e certamente inferior a 10.000 indivíduos (ALMEIDA *et al.*, 2013). Adicionalmente, estima-se que nos próximos 15 anos (três gerações) poderá ocorrer um declínio de pelo menos 10% desta população em razão principalmente da perda e fragmentação de habitat pela expansão agrícola (ALMEIDA *et al.*, 2013).

O mocó (*Kerodon rupestris*) apresenta ampla distribuição no Nordeste do Brasil e norte de Minas Gerais (REIS *et al.*, 2011). É associada a afloramentos rochosos e sofre intensa pressão de caça, que desde a década de 70 já é apontada como responsável pelo declínio populacional da espécie (MMA, 2014). Em diversas áreas do semiárido brasileiro a espécie é utilizada para o fornecimento de carne e do chamado "coalho de mocó" que corresponde a parte do estômago do animal, que é utilizada para a preparação de um tipo de queijo (ALVES *et al.*, 2012). Embora não existam dados demográficos de longo prazo, trabalhos de campo realizados por toda a área de distribuição da espécie têm verificado um drástico declínio populacional, com várias extinções locais verificadas ao longo dos últimos dez anos (MMA, 2014). Este declínio, devido principalmente à caça e destruição de afloramentos rochosos,

pode ter sido agravado pela seca extrema dos últimos anos, o que levou a uma estimativa de declínio populacional de pelo menos 30% nos últimos dez anos (MMA, 2014). Desta forma, apesar de não estar incluída na lista internacional (IUCN, 2020), *Kerodon rupestris* é considerada "Vulnerável" pelo MMA (2014).

O macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) é uma espécie que merece atenção, pois consta como "quase ameaçado", tanto no MMA (2014), como pela IUCN (2020). Segundo Fialho e colaboradores (2015), o tamanho da população total remanescente não é conhecido, mas estima-se que o número de indivíduos maduros deste táxon seja superior a 10.000. No entanto, baseando-se na perda ocorrida e contínua de hábitat, a espécie encontra-se em declínio populacional. A Caatinga, por exemplo, teve mais de 50% de sua área desmatada até 2009 segundo informações do IBGE (2012). Na Caatinga, em particular, *S. libidinosus* está restrita apenas a regiões com vegetação arbórea (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013). Outra problemática é o comércio ilegal de animais de estimação, do qual a espécie é alvo, o que a inclui no Apêndice II da CITES (2021). Tendo em vista a plasticidade da espécie, inferiu-se que o declínio populacional não deve ser considerado na mesma proporção da perda e fragmentação do habitat, mas que este deve se aproximar de 30% da população (FIALHO *et al.*, 2015).

Embora não estejam incluídos em nenhuma categoria de ameaça, o sagui-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*) e o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) estão presentes no Apêndice II da CITES (CITES, 2021), que aponta espécies que possam vir a ser ameaçadas, caso impactos antrópicos não sejam mitigados. No caso do cachorro-do-mato, existe também o fato de muitas populações sofrerem pelo atropelamento de indivíduos em rodovias de todo país, visto que esta é uma das espécies com maior incidência de mortes derivadas deste impacto (ZALESKI *et al.*, 2009).

C.4. Espécies bioindicadoras, endêmicas, raras e não descritas

A mastofauna terrestre registrada no monitoramento foi composta em sua maioria por espécies de habitat generalista, ampla distribuição (ou ao menos conhecida para mais de um bioma brasileiro) e hábito alimentar menos seletivo (REIS *et al.*, 2011). No entanto, algumas delas são dignas de destaque.

Dentre todas as espécies inventariadas, apenas o rato-palhaço (*Wiedomys pyrrhorhinos*) e o mocó (*Kerodon rupestris*) são considerados com distribuição mais restrita. O primeiro ocorre na diagonal seca que corta os estados do Ceará, Bahia, Piauí, Maranhão Tocantins e Goiás, portanto ocorrendo em áreas de Caatinga e Cerrado (GURGEL FILHO *et al.*, 2015). *Wiedomys cerradensis*, entretanto, é abundante nas áreas onde é encontrado, ocorrendo, inclusive, em áreas fragmentadas e próximas a comunidades humanas, sendo

bem adaptada a viver próximos de matrizes antrópicas. *Kerodon rupestris* ocorre em áreas de Caatinga no Nordeste do Brasil e no norte de Minas Gerais, onde está associada aos afloramentos rochosos (REIS *et al.*, 2011).

Os felinos, gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae*), onça-parda (*Puma concolor*) e gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*), além de serem considerados ameaçados, podem ser considerados bioindicadores dada a posição trófica de topo de cadeia que ocupam. A presença da onça-parda na área de influência do empreendimento é um dado ainda mais importante, uma vez que a espécie, na Caatinga, encontra-se atualmente restrita às áreas com menor grau de antropização (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013), onde sofre grande pressão de caça para controle (ALVES *et al.*, 2012).

O macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) é outro mamífero terrestre inventariado que pode atuar como bioindicador. Assim como a onça-parda, a distribuição do macaco-prego está restrita à poucas áreas de Caatinga, geralmente aquelas mais conservadas, que detém uma vegetação arbórea e que conservam certa umidade em períodos de maior seca (FEIJÓ & LANGGUTH, 2013).

Vale mencionar ainda, dada a função fundamental na manutenção e na regeneração de áreas florestadas, atuando como dispersores, a presença de táxons como *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro) e *Pecari tajacu* (caititu).

Espécies não descritas pela ciência não foram inventariadas.

Também foram registradas espécies que se beneficiam de áreas antropizadas e alteradas como *Callithrix jacchus* (sagui-de-tufo-branco), *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) e *Didelphis albiventris* (cassaco-de-orelha-branca).

C.5. Espécies cinegéticas, domésticas/invasoras e exóticas

Os mamíferos de médio e grande porte, em geral, são classificados como de potencial cinegético, uma realidade usual para essa categoria de mamíferos, pois são alvo de caça para fins de esporte, consumo, uso da pele, confecção de itens mágicos/religiosos e até como pets (ALVES *et al.*, 2012). Sendo assim, as espécies consideradas cinegéticas devem ser incluídas como de interesse econômico.

A tabela abaixo (Tabela 8.2-19), baseado nos estudos de Alves e colaboradores (2012) e Barboza *et al.* (2016), apresenta as espécies de mamíferos consideradas cinegéticas registradas no inventário, destacando seu tipo de finalidade. Neste quadro, estão incluídas 10 espécies de mamíferos de médio e grande porte, além de *Didelphis albiventris*, *Galea spixii*, *Kerodon rupestris* e *Thrichomys laurentius*, que apesar de serem categorizadas como

de pequeno porte, são táxons de tamanho maior (REIS *et al.*, 2011) e com potencial cinegético.

Tabela 8.2-19 - Lista das espécies de mamíferos terrestres cinegéticas registradas durante o diagnóstico ambiental na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

ESPÉCIE	NOME COMUM	ALIMENTAÇÃO	ESTIMAÇÃO	CONTROLE*	MEDICINAL /MÍSTICO
Callithrix jachus	Sagui-de-tufo-branco, soim	-	X	X	-
Cerdocyon thous	Cachorro-do-mato	-	-	X	X
Conepatus semistriatus	Ticaca	X	-	X	-
Dasypus novemcinctus	Tatu-galinha	X	-	-	X
Didelphis albiventris	Cassaco-de-orelha-branca	X	-	X	-
Euphractus sexcinctus	Tatupeba	X	-	-	X
Galea spixii	Preá	X	X	-	-
Kerodon rupestris	Mocó	X	X	-	-
Leopardus emiliae	Gato-do-mato-pequeno	X	X	X	-
Pecari tajacu	Caititu	X	-	X	-
Puma concolor	Onça-parda	X	-	X	X
Puma yagouaroundi	Onça-parda	X	-	X	X
Sapajus libidinosus	Macaco-prego	X	X	X	-
Thrichomys laurentius	Punaré	X	-	-	-

*Legenda:*Controle – diz respeito ao abate para controle de predação por parte das espécies assinaladas para com as espécies domésticas e/ou de criação no empreendimento de Santa Quitéria, CE.*

Durante as campanhas de levantamento de fauna foram registrados indícios de atividade de caça na área do empreendimento, obtidos por observação direta, bem como por entrevistas informais com os moradores das comunidades da região.

Sabe-se que a educação ambiental é uma prática que dialoga com a questão ambiental. E no senso comum, essa prática visa à mudança de valores, atitudes e comportamentos para o estabelecimento de outra relação entre o ser humano e a natureza, que deixe de ser instrumental e utilitarista para se tornar harmoniosa e respeitadora dos limites ecológicos (LOUREIRO, 2009). Dessa forma, apesar do forte componente cultural e, em alguns casos, financeiro, seria de grande valia um trabalho de conscientização ambiental junto às comunidades locais, alertando para a importância do fim da caça tanto do ponto de vista legal/criminal, quanto do ponto de vista ecológico.

Foi constatada a presença mamíferos domésticos, como cães (*Canis lupus familiaris*) e gatos (*Felis silvestris catus*), e de mamíferos de criação, bovinos (*Bos taurus*), ansinos (*Equus africanus asinus*) e caprinos (*Capra aegagrus hircus*) na área do empreendimento. A frequência desses animais era tamanha que alguns deles foram registrados pelas armadilhas fotográficas.

A presença desses animais em áreas de floresta nativa é um problema, pois os cães e gatos, por exemplo, são competidores diretos de algumas espécies silvestres de médios e grande porte registradas, além de predar os pequenos mamíferos terrestres (ratos e marsupiais). Os herbívoros de criação (bovinos, equinos e caprinos), são competidores diretos de espécies silvestres herbívoras registradas nas áreas de influência do empreendimento, como o veado-catigueiro (*Mazama gouazoubira*) e caititu (*Pecari tajacu*).

Nenhuma espécie de mamífero terrestre considerada invasora foi registrada na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

C.6. Comparação entre as áreas, índices de diversidade e similaridade

Com relação a comparação da riqueza por área de amostragem, percebeu-se que a AID apresentou o maior número de espécies (S = 16), seguido da ADA (S = 12) e da área Controle, com cinco espécies de mamíferos terrestres (Figura 8.2-156).

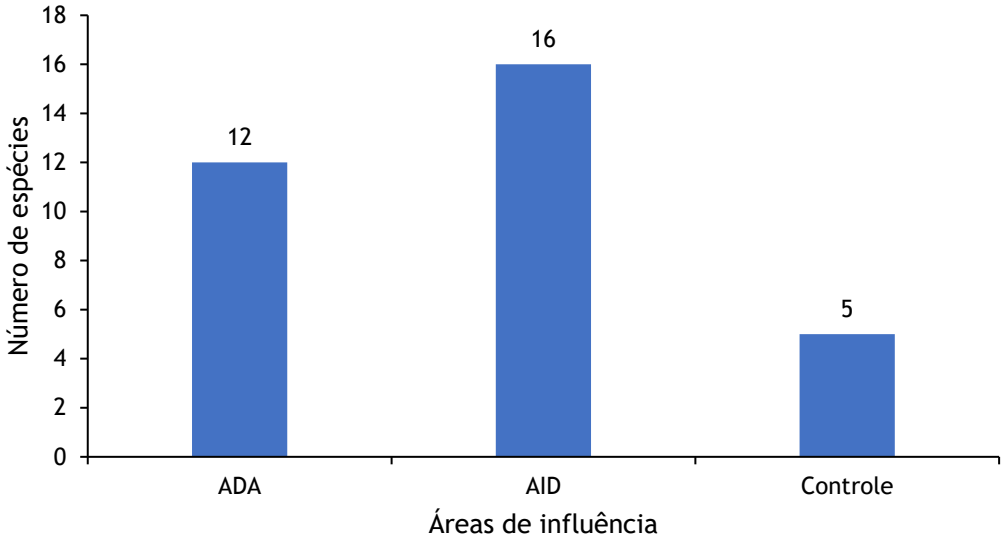


Figura 8.2-156 - Comparação entre a riqueza (número de espécies) de mamíferos terrestres registrada durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ.

Além de mais rica, a AID contribuiu com um número maior de espécies que só ocorreram nesta área de influência. Foram elas: *Dasypus novemcinctus*, *Galea spixii*, *Kerodon rupestris*, *Oligoryzomys* sp., *Puma concolor*, *Puma yagouaroundi* e *Sapajus libidinosus*. Por outro lado, *Conepatus semistriatus*, *Mazama gouazoubira* e *Pecari tajacu* foram registrados exclusivamente na ADA.

A área Controle não registrou nenhuma espécie de mamífero terrestre com exclusividade.

No quesito abundância, o número de registros na AID (N=291) foi significativamente superior ao observado na ADA (N=80) e na área Controle (N=20) (Figura 8.2-157). Esse resultado favorável a AID, foi impulsionado, provavelmente por dois fatores primordiais: 1) o registro de um número maior de espécies, consequentemente, uma maior quantidade de indivíduos; 2) por ser mais abrangente, houve um esforço de coleta maior na AID, sendo selecionados nove pontos amostrais, contra quatro na ADA e um na Controle. Portanto, esse número maior de registros na AID era algo esperado.

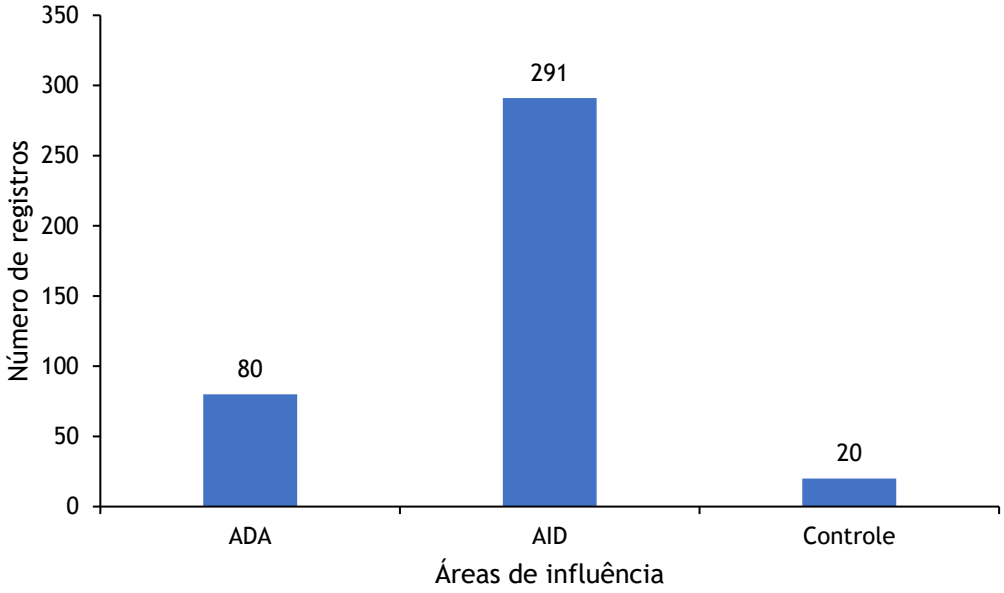


Figura 8.2-157 - Comparação entre a abundância (número de registros) de mamíferos terrestres registrada durante o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ.

Contudo, para o objetivo deste diagnóstico ambiental, entende-se que a composição das espécies de cada área amostral seja o melhor parâmetro de avaliação. Nesse sentido, percebe-se um alto compartilhamento de espécies entre as áreas amostradas, especialmente entre a ADA e AID (nove espécies). Esse resultado evidencia as observações de campo de que essas áreas de influência em particular (ADA e AID) apresentam, de maneira geral, as mesmas características fitofisionômicas. Além disso, numa escala maior, os pontos amostrais da ADA e AID são muito próximos entre si, não existindo barreiras geográficas ou ecológicas entre estes, ou mesmo nichos específicos que limitassem determinadas espécies. Na verdade, trata-se de um contínuo territorial. Até mesmo aquelas espécies que ocorreram de forma exclusiva em cada uma das áreas de influência, potencialmente devem ocorrer em todas, sendo este resultado considerado fruto de uma aleatoriedade amostral.

Oportunamente, foi realizada a comparação entre os dados de diversidade (riqueza e abundância) obtidos nas duas campanhas. Em termos absolutos, o número de espécies registradas na primeira campanha foi de 14, enquanto para a segunda campanha foi de 18. Isso se traduziu também no número de espécies que ocorreram com exclusividade, já que a campanha 1 contribuiu com uma espécie exclusiva (*Conepatus semistriatus*) e a campanha 2 com quatro (*Dasypus novemcinctus*, *Kerodon rupestris*, *Pecari tajacu* e *Puma yagouaroundi*). No quesito abundância, a primeira campanha contribuiu com 169 registros e a segunda com 222. Ou seja, houve um aumento de riqueza e abundância no segundo esforço de campanha.

Ao analisar a variação dos dados de diversidade de acordo com o porte dos mamíferos terrestres, verificou-se o seguinte cenário: para os mamíferos terrestres de médio e grande porte, na primeira campanha foram registradas sete espécies e 42 indivíduos, enquanto na segunda campanha obteve-se 10 espécies e 84 espécimes (Figura 8.2-158). Para os de pequeno porte, foram registradas sete espécies e 127 indivíduos na primeira campanha e oito espécies e 138 indivíduos na segunda campanha (Figura 8.2-159).

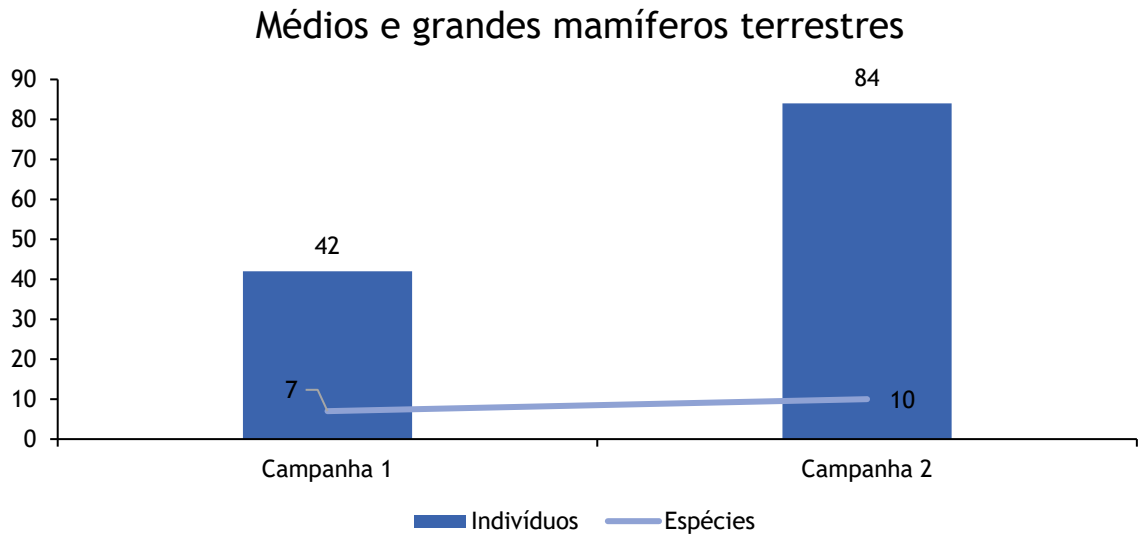


Figura 8.2-158 - Comparação entre a riqueza e abundância (número de registros) de mamíferos terrestres de médio e grande porte registrada na primeira e na segunda campanha de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ.

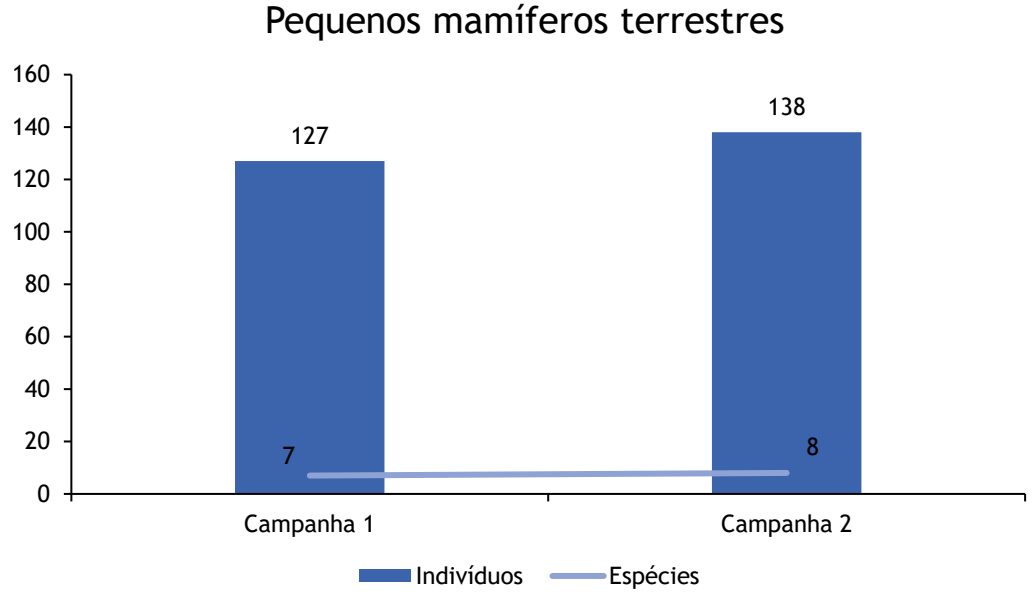


Figura 8.2-159 - Comparação entre a riqueza e abundância (número de registros) de mamíferos terrestres de pequeno porte registrada na primeira e na segunda campanha de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental na área de influência do PSQ.

Espécies de grande mobilidade, como os mamíferos de médio e grande porte, foram mais frequentes na segunda campanha, haja visto que das quatro espécies que ocorreram com exclusividade nesta campanha, três eram de maior porte (*Dasypus novemcinctus*, *Pecari tajacu* e *Puma yagouaroundi*). Esses são registrados em sua grande maioria com o uso de armadilhas fotográficas, que por sua vez, se utiliza de iscas atrativas para aumentar a eficácia do método, em especial em levantamentos rápidos (como é o caso do presente estudo).

A sazonalidade costuma influenciar nos resultados de levantamentos de mamíferos. Pode ocorrer o aumento da diversidade de mamíferos terrestres em períodos de maior escassez de recursos, alimento em especial, quando os animais tendem a ser mais ativos (móveis) para cobrir áreas maiores e possibilitar o acesso a esses recursos. Sendo assim, em épocas mais secas, com menor disponibilidade de alimentos, as iscas utilizadas configuram como um ótimo recurso para essas espécies forrageadores e de maior mobilidade.

Por outro lado, os mamíferos terrestres de pequeno porte geralmente respondem melhor a precipitação, que por sua vez está relacionada à maior disponibilidade de recursos alimentares e reprodutivos, mais abundantes no período chuvoso (KREBS & MYERS, 1974).

Embora tenha havido diferenças positivas nos números obtidos na segunda campanha em relação à primeira , com maior diversidade e número de indivíduos registrados para o grupo, observou-se que a segunda campanha de levantamento, realizada em fevereiro de 2021 (período chuvoso na região), se constatou foi um cenário ainda mais árido, com os poucos corpos d'água mais reduzidos, menor umidade relativa do ar e os extratos arbóreos e arbustivos com menos folhas, em relação à estação seca. Isto ocorreu possivelmente por que ainda não havia tido tempo e quantidade de chuvas suficientes para uma resposta perceptível no ambiente natural. Apesar desse retrato, é preciso ressaltar que esse fato não inviabiliza este estudo de maneira nenhuma. Os dados aqui apresentados são robustos e extremamente representativos para a mastofauna terrestre da região. Além do mais, a avaliação final para a viabilidade ambiental deste Projeto considerou todo o conhecimento acumulado para as áreas de influência, em especial as informações obtidas no estudo anterior (ARCADIS, 2014).

Sendo assim, para os mamíferos terrestres a variação ambiental entre as duas campanhas não possibilitou variações drásticas na disponibilidade de recursos que refletissem ou coincidissem com o aumento populacional dos pequenos mamíferos (período reprodutivo), portanto, houve uma diferença pequena dos dados na comparação entre campanhas.

As análises dos índices de diversidade foram geradas para cada uma das áreas de influência em separado e para toda área em conjunto (Tabela 8.2-20). Para o cálculo dos índices, foram utilizados apenas os registros obtidos a partir de metodologias em que foi possível considerar os dados quantitativos, ou seja, através dos métodos padronizados aplicados.

No geral, os resultados dos índices refletiram as observações apresentadas e discutidas acima quanto a estatística descritiva.

O valor do índice de diversidade de *Shannon* para a área de estudo como um todo (H = 2,13) está dentro do intervalo considerado normal para a fauna em regiões tropicais que varia entre 1,5 e 3,5 (CULLEN-JR *et al.*, 2004; MAGURRAN, 2011). Esse é um ótimo indicador de que a amostragem foi bem-sucedida, já que remete a uma diversidade de mamíferos terrestres condizente com a região de estudo, obtida através de um desenho amostral (esforço de campo e metodologias empregadas) eficiente, e que atende ao objetivo deste estudo.

A equitabilidade de *Pielou* (J') da comunidade mastofaunística da área de estudo como um todo foi considerada alta (J'=0,72), indicando que existe uma certa uniformidade entre as espécies da mastofauna terrestre. Isso se refletiu também na baixa dominância de *Simpson* (D=0,83). Para esses índices, cujo resultado varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, mais é um indicador de que a comunidade avaliada esteja homogênea, equilibrada, sem uma discrepância muito marcante de indivíduos de uma única espécie.

Tabela 8.2-20 - Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da mastofauna terrestre realizada nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

ÁREAS DE INFLUÊNCIA	ABUNDÂNCIA	RIQUEZA	DIVERSIDADE DE SHANNON (H')	EQUITABILIDADE DE PIELOU (J')	DOMINÂNCIA DE SIMPSON (D)
ADA	80	12	1,95	0,79	0,79
AID	291	16	2,14	0,77	0,84
Controle	20	5	1,29	0,80	0,67
Total	391	19	2,13	0,72	0,83

Ao analisar os valores acumulados das áreas de maneira isolada, a AID (S=16; N=291) foi a que apresentou o maior valor de *Shannon* (H'=2,14), equitabilidade de 0,77 e Dominância de 0,84. Em seguida veio a ADA (S=12; N=80), que apresentou *Shannon* (H) igual a 1,95, equitabilidade de 0,79 e Dominância de 0,79.

Como esperado, dada a menor riqueza e abundância, a área Controle (S=5; N=20) apresentou o menor valor para o índice de diversidade (H=1,29), porém se mostrou homogênea (J'=0,80), apesar de ter uma maior influência da Dominância (D=067), ocasionada pela quantidade maior de registros da cuíca (*Gracilinanus agilis*). Certamente, pesou o fato de a área Controle ter todo esforço amostral equivalente ao de um ponto amostral na área impactada (ADA e AID), porém, esse esforço é inferior se considerar o conjunto de 13 pontos da área impactada. Assim as comparações devem ser feitas com parcimônia, sempre considerando o resultado proporcional ao esforço amostral empregado. É preciso destacar, no entanto, que a área Controle (enquadrada no critério de não estar inserida nos limites da área de influência do empreendimento) é bastante representativa para a região do entorno das áreas de influência, isto é, apresenta uma vegetação menos conservada (Caatinga primariamente arbustiva e esparsa utilizada para criação e cultivo diverso) e com sinais claros de antropização (próxima a comunidades e estradas), e que historicamente vem impactando a mastofauna terrestre dessa localidade.

Novamente, notou-se que não há uma distinção tão marcada entre as áreas da ADA e AID quanto a mastofauna terrestre, o que provavelmente é um reflexo da homogeneidade fitofisionômica. As áreas amostrais da ADA e AID estão inseridas em uma matriz de Caatinga arbórea-arbustiva cortada por estradas vicinais e calhas de riachos, algumas próximas ao sopé de serra, com altitude média de aproximadamente 450m. Desta forma, não existem barreiras físicas/geográficas que impeçam o fluxo de espécimes da mastofauna terrestre entre essas áreas amostrais.

A partir da análise de similaridade com base na composição de espécies entre os pontos amostrais, observa-se que não houve um padrão claro na formação dos grupos, com prevalência de similaridades médias, entre 50 e 60 % para a maior parte dos grupos formados (Figura 8.2-160). Neste tipo de análise, o índice de similaridade *Jaccard* indica a semelhança entre amostras (nesse caso, pontos amostrais), comparando o número de espécies entre as áreas utilizadas em seu cálculo e os números de espécies exclusivas para cada área e o número de espécies comuns entre elas, gerando o coeficiente de dissimilaridade que varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, mais similar são as amostras. Assim como a comentado acima, a proximidade entre as áreas e relativa homogeneidade fitofisionômica foram fatores primordiais para a similaridade observada no Cluster gerado.

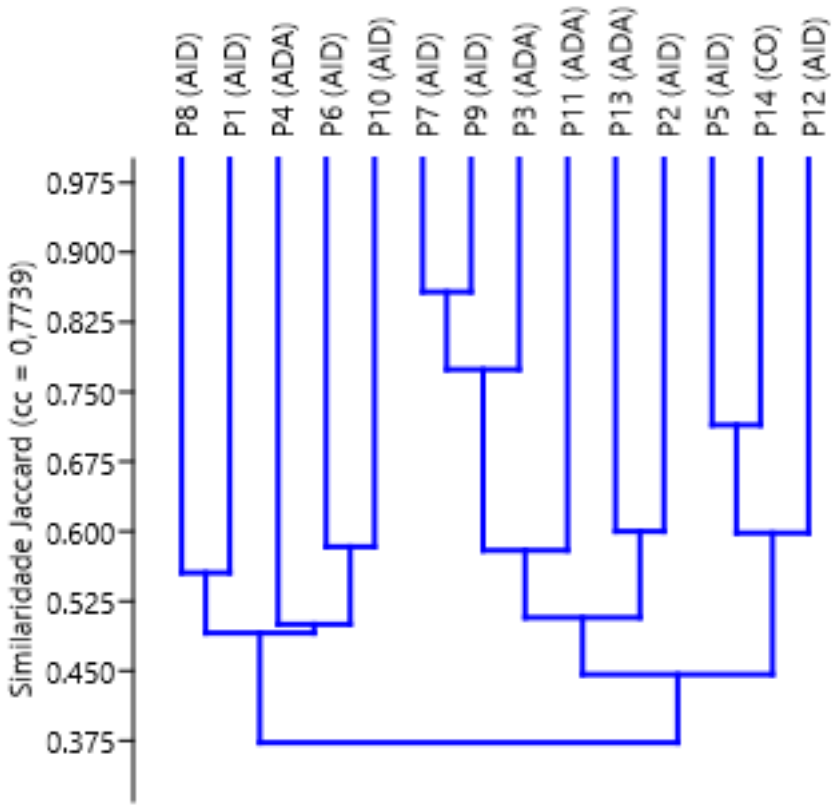


Figura 8.2-160 - Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de mamíferos terrestres registradas nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

C.7. Relevância regional (Comparação entre dados primários e secundários)

O inventário mais recente para a mastofauna no estado do Ceará apresenta uma riqueza de 62 mamíferos terrestres conhecidos (FERNANDES-FERREIRA et al., 2021). Embora seja uma valorosa compilação, esse inventário não apresenta as localidades de ocorrência para as espécies listadas, o que impossibilitou uma comparação mais aprofundada com os resultados primários aqui expostos.

Sendo assim, o levantamento bibliográfico realizado se concentrou nos trabalhos cuja procedência geográfica das espécies de mamíferos estava disponível. De acordo com esses estudos, são conhecidas ao menos 26 espécies de mamíferos terrestres silvestres para a região de estudo, distribuídas em sete ordens e 14 famílias (Tabela 8.2-21). Sendo assim, as 19 espécies inventariadas neste estudo representam 73% dos mamíferos terrestres com possível de ocorrência para a região.

Nenhuma espécie foi registrada com exclusividade pelo atual estudo. Essa pequena diferença nos números pode, à primeira vista, sugerir uma subestimação dos dados deste levantamento, no entanto, é preciso ter cautela com essa comparação, sobretudo sob a ótica

espaço-temporal (duração e área de abrangência do esforço), além das metodologias empregadas na amostragem.

Outro detalhe é que, conforme pontuado por Feijó & Langguth (2013) e Gurgel Filho *et al*. (2015), o estado do Ceará ainda carece de informações quanto a diversidade de mamíferos em comparação aos outros estados do Nordeste, como Bahia, Paraíba e Pernambuco. Sua grande extensão territorial (cerca 148.000 km²) contribui para essa falta de dados, em especial na porção central do Ceará, região onde está inserido o empreendimento em questão.

Ao analisar cada referência, a união dos estudos de Feijó & Langguth (2013) e Gurgel Filho *et al*. (2015) compõem o maior volume de dados sobre a diversidade de mamíferos no estado do Ceará, o primeiro tratando especificamente das espécies terrestres de médio e grande porte e o segundo acerca dos pequenos mamíferos terrestres e dos mamíferos alados (morcegos). Esses estudos somados foram a base de dados principais para compor a recente lista de mamíferos continentais do estado do Ceará (FERNANDES-FERREIRA et al, 2021). Embora possuam excelentes descrições das espécies e um catálogo georreferenciado, as informações contidas nesses trabalhos são baseadas exclusivamente de espécimes depositados em museus e coleções. Sendo assim, a contribuição destes trabalhos com apenas oito espécies a lista de mamíferos terrestres com potencial ocorrência na região, demonstra, mais uma vez, como existe pouco dado disponível para as mesorregiões Noroeste e Norte cearense, mais especificamente nos municípios de Santa Quitéria e Itatira.

O principal trabalho prévio utilizado como referência no levantamento secundário foi o de autoria da ARCADIS LOGOS (2014), que elaborou o primeiro inventário da mastofauna terrestre para o diagnóstico ambiental componente do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria, realizado em 2011. Este relatório apontou a ocorrência de 24 espécies de mamíferos terrestres para a atual região estudo após duas campanhas para coleta de dados primários (uma na estação seca e outra na estação chuvosa), sendo uma realizada no final do período chuvoso. Os dados aqui apresentados também são representativos de duas campanhas, porém a segunda delas foi realizada no período considerado início das chuvas. Outra diferença diz respeito ao emprego de entrevistas informais que conduziram ao registro possivelmente equivocado de espécies de ocorrência improvável na região, o tatuí (*Dasypus septemcinctus*) ou raras (possivelmente extintas localmente), como o tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*) (ver FEIJÓ & LANGGUTH, 2013). As demais espécies registradas por ARCADIS LOGOS (2014) e não contempladas no atual levantamento (por exemplo: *Procyon cancrivorus* e *Tamandua tetradacytla*) são espécies comuns e de ampla distribuição na Caatinga, portanto, plausíveis do ocorrer na área de

influência do empreendimento e com possibilidade de serem registradas após novas incursões a campo, como em um recomendado Programa de Monitoramento.

A tabela a seguir mostra o levantamento de espécies de potencial ocorrência para a área do Projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários.

Tabela 8.2-21 - Levantamento de espécies registradas e de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
DIDELPHIMORPHA Gill, 1872 sensu Marshall, Case e Woodburne, 1990						
Didelphidae Gray, 1821						
Didelphis albiventris Lund, 1840	Cassaco-de-orelha-branca	LC	-	X	X	EIA (2014)
Gracilinanus agilis (Burmeister, 1854)	Cuíca-pequena	LC	-	X	X	EIA (2014)
Monodelphis domestica (Wagner, 1842)	Rato-cachorro	LC	-	X	X	EIA (2014),2
CINGULATA,Illiger, 1811						
Chlamyphoridae, Bonaparte, 1850						
Dasypus novemcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatu-galinha	LC	-	X	X	EIA (2014)
Dasypus septemcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatuí	LC	-	-	X*	EIA (2014)**
Euphractus sexcinctus (Linnaeus, 1758)	Tatupeba	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
Tolypeutes tricinctus (Linnaeus, 1758)	Tatu-bola	VU	EN	-	X*	EIA (2014)**
PILOSA Flower, 1883						
Myrmecophagidae Gray 1825						
Tamandua tetradactyla (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	LC	-	-	X*	EIA (2014)**
PRIMATES Linnaeus, 1758						
Callithichidae(Gray, 1821)						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Callithrix jacchus (Linnaeus, 1758)	Sagui-de-tufo-branco	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
Cebidae Gray, 1825						
Sapajus libidinosus (Spix, 1823)	Macaco-prego	NT	NT	X	X	EIA (2014)
CARNIVORA Bowdich, 1821						
Canidae G. Fischer, 1817						
Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato, raposinha	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
Felidae Fischer von Waldheim 1817						
Leopardus sp.	Gato-do-mato	-	-	-	X	EIA (2014)
Leopardus emiliae (Thomas, 1914)	Gato-do-mato-pequeno	VU	EN	X	X	1
Puma concolor (Linnaeus, 1771)	Puma, onça-parda	LC	VU	X	X	EIA (2014)
Puma yagouaroundi (Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Gato-mourisco	LC	VU	X	X	EIA (2014)
Mephitidae Bonaparte, 1845						
Conepatus semistriatus(Lichtenstein, 1838)	Ticaca, Gambá	LC	-	X	X	EIA (2014)
Procyonidae Gray, 1825						
Procyon cancrivorous (Cuvier, 1798)	Mão-pelada, guaxinim	LC	-	-	X	1, EIA (2014)
ARTIODACTYLA Owen, 1848						
Cervidae Goldfuss, 1820						

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Mazama gouazoubira Fischer, 1814	Veado-catigueiro	LC	-	X	X	EIA (2014)
Tayassuidae Palmer, 1897						
Pecari tajacu Linnaeus, 1758	Caititu	LC	-	X	X*	1, EIA (2014)**
RODENTIA Bowdich, 1821						
Caviidae G. Fischer, 1817						
Galea spixii (Wagler, 1831)	Préa	LC	-	X	X	EIA (2014)
Kerodon rupestris (Wied-Neuwied, 1820)	Mocó	LC	VU	X	X	EIA (2014)
Cricetidae G. Fischer, 1817						
Calomys expulsus Lund, 1841	Rato-calunga	LC	-	-	X	EIA (2014)
Necromys lasiurus (Lund, 1841)	Pixuna	LC	-	-	X	EIA (2014)
Oligoryzomys sp.	Ratinho-de-rabo-comprido	LC	-	X	X	EIA (2014)
Wiedomys cerradensis Gonçalves, Almeida e Bonvicino, 2005*	Rato-palhaço	DD	-	X	X	EIA (2014), 2
Echimyidae Gray, 1825						
Thrichomys laurentius Thomas, 1904	Punaré	DD	-	X	X	EIA (2014)

***Legenda**: Categorias de ameaça: CR - Criticamente em Perigo; DD - Deficiente de dado; EN - Em Perigo; NT: Quase ameaçado; LC - Preocupação menor; VU - Vulnerável. CITES, 2021 (Apêndice I, II e III) Método de registro: ACV - Armadilha de Contenção Viva; AF - Armadilha Fotográfica; AIQ - Armadilha de Interceptação e Queda; BA - Busca Ativa. Endemismo: CAA - Caatinga, CE - Cerrado. Dados secundários: 1) Feijó & Langguth (2013); 2) Gurgel Filho et al., (2015). EIA (2014) - Arcadis Logos *espécie registrada apenas por entrevista.*

D. Considerações Finais

Após a realização de duas campanhas de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria, foram obtidos 391 registros, pertencentes a 19 espécies da mastofauna terrestre, sendo 265 indivíduos de oito espécies mamíferos de pequeno porte e 126 de outras 11 espécies de mamíferos de médio e grande porte.

Apesar da característica de levantamento rápido, os números obtidos nesse estudo se mostraram extremamente relevantes e representativos da mastofauna terrestre regional. A análise de suficiência amostral gerou uma curva de acumulação de espécies próxima a estabilização, com os estimadores indicando que tenha sido contemplado entre 86,4% e 96,2% das espécies de mamíferos terrestres com potencial para região, algo bastante satisfatório e representativo.

As espécies inventariadas desempenham um papel importante na comunidade de vertebrados terrestres e no ambiente, estando presentes dispersores de sementes, grandes herbívoros, espécies onívoras, predadores de alto valor ecológico, além daquelas que cumprem seu papel como presas para outros animais.

De maneira geral, a maior parte das espécies inventariadas apresentam ampla distribuição geográfica no Brasil e hábito mais generalista, algumas, inclusive, com alto grau de adaptação a ambientes perturbados, como *Cerdocyon thous*, *Callithrix jacchus* e *Didelphis albiventris*. No entanto, os registros de espécies incluídas em categorias de ameaça em lista nacional (MMA, 2014) e internacional (IUCN, 2020) como *Leopardus emiliae*, *Puma concolor*, *Puma yagouaroundi* e *Kerodon rupestris* são dignas de destaque e merecem atenção em programas ambientais nas futuras etapas de licenciamento. Soma-se a isso, o fato de os felinos ocuparem o topo da cadeia trófica e apresentarem grande interesse cinegético, assim como outras espécies registradas, em particular aquelas de médio e grande porte.

O registro de bandos de macaco-prego (*Sapajus libidinosus*), incluindo filhotes, é outro dado importante. Essa espécie está categorizada como “quase ameaçada” de extinção (MMA, 2014; IUCN, 2020) e na Caatinga, encontra-se atualmente restrita a áreas mais conservadas, que detenham estrato arbóreo e uma quantidade de recursos compatíveis com o seu porte (FIALHO et al. 2015), portanto, deve ser considerada como espécie bioindicadora da boa qualidade ambiental da região.

Outros registros importantes foram os das espécies com distribuição mais restrita, o rato-palhaço (*Wiedomys cerradensis*), endêmico de florestas secas, e o mocó (*Kerodon*

rupestris), típico de afloramentos rochosos encontrados na Caatinga do Nordeste e norte de Minas Gerais.

Embora os mamíferos de médio e grande porte concentrem a maior parte das espécies de mamíferos terrestres ameaçadas, bioindicadoras e cinegéticas, entende-se que para este empreendimento em específico, os mamíferos de pequeno porte não devam ser desprezados e atuem como indicadores dos impactos gerados na implantação, principalmente aqueles decorrentes da supressão vegetal para abertura da faixa de servidão e escavação das minas. Ao contrário dos mamíferos de médio e grande porte, os pequenos mamíferos terrestres possuem menor área de vida, tornando-se assim, mais afetados pela supressão pontual.

Por outro lado, é preciso destacar que a presença de espécies domésticas e de criação é algo já inserido na paisagem da área de estudo, fruto do uso de parte do território para atividades agropecuárias. Cães e gatos domésticos, em particular, podem causar sérios danos aos mamíferos nativos, uma vez que estão relacionados à predação (LACERDA *et al.*, 2009), restrição à distribuição (MASSARA *et al.*, 2018) e disseminação de doenças (CURI *et al.*, 2016). Outra problemática evidenciada e já instalada nas localidades amostradas é a caça, seja para consumo, seja para controle ou demais usos. Nesses casos, geralmente os grandes predadores são os mais prejudicados por haver conflitos com os criadores (gado, caprinos, galináceos) e caçadores (CHAPRON *et al.*, 2014; DI MININ *et al.*, 2016), removendo diretamente predadores selvagens ou esgotando indiretamente uma grande variedade de suas presas (KARANTH & CHELLAM, 2009).

Quanto aos mamíferos terrestres, deverá ser dada prioridade no monitoramento às espécies bioindicadoras, de alto valor ecológico, com distribuição mais restrita e/ou aquelas incluídas em categorias de ameaça de extinção, seja ao nível nacional ou internacional. Para este estudo em específico se enquadram nessa categoria as espécies *Kerodon rupestris*, *Leopardus emiliae*, *Puma concolor*, *Puma yagouaroundi* e *Sapajus libidinosus*.

A mitigação dos impactos negativos deve abranger os locais diretamente afetados pela supressão vegetal, ao passo que, deve ser evitado a degradação de áreas de maior relevância biológica, como as encostas de serra e próximas aos leitos de rios e outros corpos d'água. Com a aplicação dessas medidas e ações, acredita-se ser possível, sob a ótica dos impactos diretos ocasionados pelo empreendimento, manter a comunidade de mamíferos terrestres em níveis viáveis.

E. Relatório fotográfico

Figura 8.2-161 - Instalação de armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-162 - Revisão de armadilha de interceptação e queda no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-163 - Contenção de espécime capturado em armadilha de interceptação e queda no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-164 - Revisão armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-165 - Vista de armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-166 - Iscagem em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-167 - *Didelphis albiventris* em armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-168 - Contenção manual de *Didelphis albiventris* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-169 - *Monodelphis domestica* capturado em armadilha de contenção viva no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-170 - *Monodelphis domestica* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-171 - Indivíduos de *Gracilinanus agilis* capturados em armadilha do tipo Sherman no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-172 - *Gracilinanus agilis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-173 - Contenção manual de *Gracilinanus agilis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-174 - *Gracilinanus agilis* marcado com brinco (*eartag*) no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-175 - Marcação (eartag) de *Wiedomys cerradensis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-176 - *Wiedomys cerradensis* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-177 - *Thrichomys laurentius* capturado em armadilha do tipo Tomahawk no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-178 - *Thrichomys laurentius* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-179 - *Thrichomys laurentius* marcado com brinco (eartag) no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-180 - *Conepatus semistriatus* capturado em armadilha do tipo Tomahawk no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-181 - Pegada de *Cerdocyon thous* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-182 - Fezes de *Cerdocyon thous* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-183 - Pegada de *Puma concolor* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-184 - Toca de *Euphractus sexcinctus* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-185 - Fezes de *Galea spixii* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-186 - *Kerodon rupestres* no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-187 - Fêmea de *Sapajus libidinosus* com filhote nas costas no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-188 - Registro diurno de *Leopardus emiliae* em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.

(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-189 - Registro noturno de *Leopardus emiliae* em armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-190 - *Cerdocyon thous* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-191 - *Mazama gouazoubira* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-192 - *Galea spixii* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-193 - *Dasypus novemcinctus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-194 - *Euphractus sexcinctus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-195 - *Didelphis albiventris* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

Figura 8.2-196 - *Capra aegagrus hircus* registrado por armadilha fotográfica no empreendimento de Santa Quitéria, CE.
(Tetra Mais, 2021)

8.2.1.1.5. Quiropterofauna

A. Introdução

No Brasil são encontradas 182 espécies de morcegos de 68 gêneros e nove famílias (GARBINO et al. 2020); distribuídos em todos os domínios morfoclimáticos brasileiros (PAGLIA et al. 2012). Dentre os domínios brasileiros, a Caatinga ainda se configura como uma das regiões menos estudadas do país (BERNARD et al. 2011), com grande parte do esforço científico concentrado em alguns poucos pontos em torno dos principais centros populacionais (LEAL et al., 2003).

Atualmente, são conhecidas 82 espécies de morcegos na Caatinga (PAGLIA et al. 2012; MORATELLI & DIAS 2015; FEIJÓ et al. 2015a, b; ROCHA et al. 2015, 2018), resultado de esforços realizados nas últimas quatro décadas. Os primeiros estudos que abordaram a quiropterofauna da Caatinga ocorreram nas imediações de Exú-PE e Crato-CE, os quais resultaram em relevantes contribuições ao conhecimento da mastofauna do nordeste brasileiro (MARES et al., 1981; WILLIG, 1983). Quatro décadas depois, o esforço empregado por MARES et al. (1981) ainda fazem de Exu (PE), Crato (CE) e São Raimundo Nonato (PI) - com 32, 25, 24 espécies registradas, respectivamente-, algumas das regiões de maior diversidade de morcegos da Caatinga (OLIVEIRA et al., 2003).

No estado do Ceará, apesar dos avanços na última década, com destaque para a compilação de dados de coleções feita por Gurgel-Filho et al. (2015), com a listagem de 41 espécies de morcegos, há poucas regiões razoavelmente amostradas. Atualmente, a lista oficial de Mamíferos Continentais do Ceará, computa 53 espécies, de oito das nove famílias do Brasil (FERNANDES-FERREIRA et al. 2021).

Embora os morcegos utilizem o voo como locomoção, eles podem explorar a paisagem de maneira totalmente distinta uma das outras. A grande diversidade de espécies da ordem Chiroptera, tanto em escala regional como local, também reflete uma grande diversidade funcional, no que se refere aos hábitos alimentares (insetívoros, frugívoros, nectarívoros, carnívoros, onívoros, piscívoros e sanguívoros; (KALKO, 1996), uso de abrigos (cavernas, fendas de rochas, ocos de arvores, folhagem e construções humanas), estratégias de forrageio e ecolocalização (DENZINGER et al., 2018).

Além disso, as variações na abundância tanto de espécies sensíveis à perda de habitat, quanto de espécies que se beneficiam da sucessão secundária (comuns em áreas degradadas), fazem de algumas espécies de morcegos, bons indicadores de mudanças ambientais, sejam elas naturais (ex. diferentes ecossistemas) ou induzida por ação antrópica (ex. diferentes níveis de degradação de um mesmo ecossistema) (MEDELLÍN *et al*. 2000; RUSSO *et al*. 2021).

Esta seção trata do diagnóstico da quiropterofauna nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha, novembro de 2020; 2ª campanha, fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados Secundários

Considerando que o inventário de quirópteros mais próximo ao empreendimento foi realizado em Crateús/CE (SILVA et al., 2015) a uma distância superior a 100 Km, a relação de espécies de provável ocorrência se baseou em dados secundários levantados em atividade de campo durante a elaboração EIA/RIMA em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

Além disso, o presente estudo incorporou dados de três inventários em áreas de caatinga arbustiva-arbórea do estado do Ceará (FEIJÓ & ROCHA 2015; NOVAES & LAURINDO 2014; SILVA et al., 2015). Como critérios, além da fitofisionomia, foram selecionados artigos publicados na última década em revistas indexadas.

B.2. Dados Primários

Para o presente estudo foram realizadas duas amostragens, considerando a sazonalidade local. A primeira campanha de levantamento ocorreu entre 04 e 18 de novembro de 2020 (estação seca) e a segunda entre 31 de janeiro e 12 de fevereiro de 2021 (estação chuvosa).

Para a coleta de dados foram usados três métodos distintos e sabidamente complementares: a captura direta com redes de neblina, a busca ativa em abrigos diurnos e a bioacústica com detectores de ultrassom (Bat detectors). Foram escolhidos 14 pontos amostrais ao longo da área do empreendimento, com um dia de amostragem de cada método por ponto, sendo quatro na ADA, nove na AID e um na Área Controle. Os pontos onde foram instalados as redes e os gravadores, foram exatamente os mesmos das amostragens de mamíferos não voadores que podem ser vistos na Tabela 8.2-22.

Tabela 8.2-22- Relação dos pontos amostrais, ao redor dos quais foram instalados os detectores de ultrassom a redes de neblina durante o levantamento da quiropterofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
1	411492	9494473	Savana Estépica Arborizada	AID
2	412891	9494847	Savana Estépica Florestada	AID
3	415251	9494330	Savana Estépica Arborizada	ADA
4	414130	9496616	Savana Estépica Florestada	ADA
5	415301	9496174	Savana Estépica Florestada	AID
6	415721	9496113	Savana Estépica Florestada	AID
7	413931	9493796	Savana Estépica Arborizada	AID
8	415245	9492827	Savana Estépica Arborizada	AID
9	413041	9496631	Savana Estépica Arborizada	AID
10	415309	9495695	Savana Estépica Florestada	AID
11	414064	9496032	Savana Estépica Florestada	ADA
12	414130	9496616	Savana Estépica Arborizada	AID
13	415251	9494330	Savana Estépica Arborizada	ADA
14	419464	9491006	Savana Estépica Arborizada	Controle

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

Redes de neblina e busca ativa

Em cada área amostral, foram instaladas nove redes de neblina (cada uma com 12 x 3 metros) (Figura 8.2-197 (A-B)), que permaneceram abertas das 17h00 às 00h00, vistoriadas a cada 30 minutos para a retirada dos indivíduos capturados. O esforço para este método foi de 4.536 h.m² por área amostral (36m² x 9 redes x 7 horas x 1 dia x 1 ponto x duas campanhas), 31.752 h.m² (36m² x 9 redes x 7 horas x 1 dia x 14 pontos x 1 campanha) por campanha ou 63.504 h.m² (x 2 campanhas) para todo o estudo.

Após a identificação e anotação de dados como sexo, idade, estágio reprodutivo, peso e comprimento do antebraço, os indivíduos foram soltos na mesma noite no local da captura, marcados com anilhas numeradas metálicas ou plásticas. Durante o dia, entre 09h00 e 12h00, foram feitas também buscas em possíveis abrigos diurnos (Figura 8.2-197) como, pontes, dutos de escoamento e casas abandonadas, totalizando 3 horas por área amostral, 42 horas por campanha (3hs/dia x 1 dia x 14 áreas) e 84 horas para todo o estudo (x 2 campanhas).

Figura 8.2-197 - Ilustração dos métodos de Redes de neblina (A-B) e Buscas ativas (C-D) utilizados durante as duas campanhas do diagnóstico de morcegos na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. C: grupo de *Furipterus horrens* encontrado em duto de drenagem de estrada; D: grupo de *Trachops cirrhosus* encontrado no galpão do alojamento da Fazenda Itataia.

Quando necessário, alguns indivíduos foram mortos por uma dose de anestésico, fixados em formol a 10% e preservados em álcool 70% para confirmação da identificação, utilizando-se das chaves de GARDNER (2007) e DÍAZ et al. (2016). Os espécimes coletados foram levados à Coleção de Mamíferos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foram depositados. A carta de recebimento dos espécimes encontra-se no Anexo 8.2-I.

Detector de ultrassom

As amostragens bioacústicas foram concomitantes às sessões de captura (17h00 às 00h00) em um esforço de 98 horas por campanha (7 horas/dia x 1 dia x 14 pontos x 1 campanha) ou 196 horas de gravação para as duas campanhas (x 2 campanhas).

Os gravadores foram instalados a três metros do chão, escolhendo-se um local (nas proximidades das redes) apropriado ao forrageio de morcegos insetívoros, como clareiras na mata, leitos de riachos e outros corpos d'água. Um detector de ultrassom do modelo AudioMoth 1.1 foi utilizado para mensurar a atividade dos morcegos (Figura 8.2-198).

Ressalta-se que, com esse tipo de equipamento é possível cobrir toda faixa de frequência emitida pelas espécies de morcegos do Brasil.

Figura 8.2-198 - Ilustração da instalação dos gravadores de ultrassom (AudioMoth 1.1) durante as duas campanhas do diagnóstico de morcegos na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

B.3. Análise de dados

Para o cálculo do esforço de captura em redes de neblina foi utilizado o método proposto por Straube & Bianconi (2002), que consiste em multiplicar a área total das redes pelo número de horas que elas ficaram expostas. Os indivíduos foram categorizados de acordo com seus hábitos alimentares preferenciais, seguindo Kalko (1996), adotando-se as categorias: insetívoros, frugívoros, nectarívoros, carnívoros e sanguívoros.

Os áudios gerados na acústica (em formato Wave) foram analisados no programa Raven Pro 1.4 (CHARIF et al., 2010). A quantificação da atividade foi feita pela contagem de passagens de morcegos (bat passes, ver FENTON, 1970), definido como uma sequência de pelo menos dois pulsos de ecolocalização (THOMAS et al., 1989), permitindo detecções de morcegos por ponto. Por meio deste cálculo, é possível identificar as áreas com maior atividade de quirópteros, além de possibilitar a comparação entre diferentes áreas e entre diferentes fases do empreendimento.

Para identificação dos pulsos foram utilizados parâmetros acústicos considerados importantes na separação das espécies (LÓPEZ-BAUCELLS et al., 2016; ARIAS-AGUILAR et al., 2018) tais como: forma do pulso, frequências máxima e mínima, Frequência de Máxima Energia (FME), duração dos pulsos e intervalo entre eles (Figura 8.2-199). É importante mencionar que os pulsos que não puderem ser identificados a nível específico foram indicados como sonotipos (sp1, sp2, etc.).

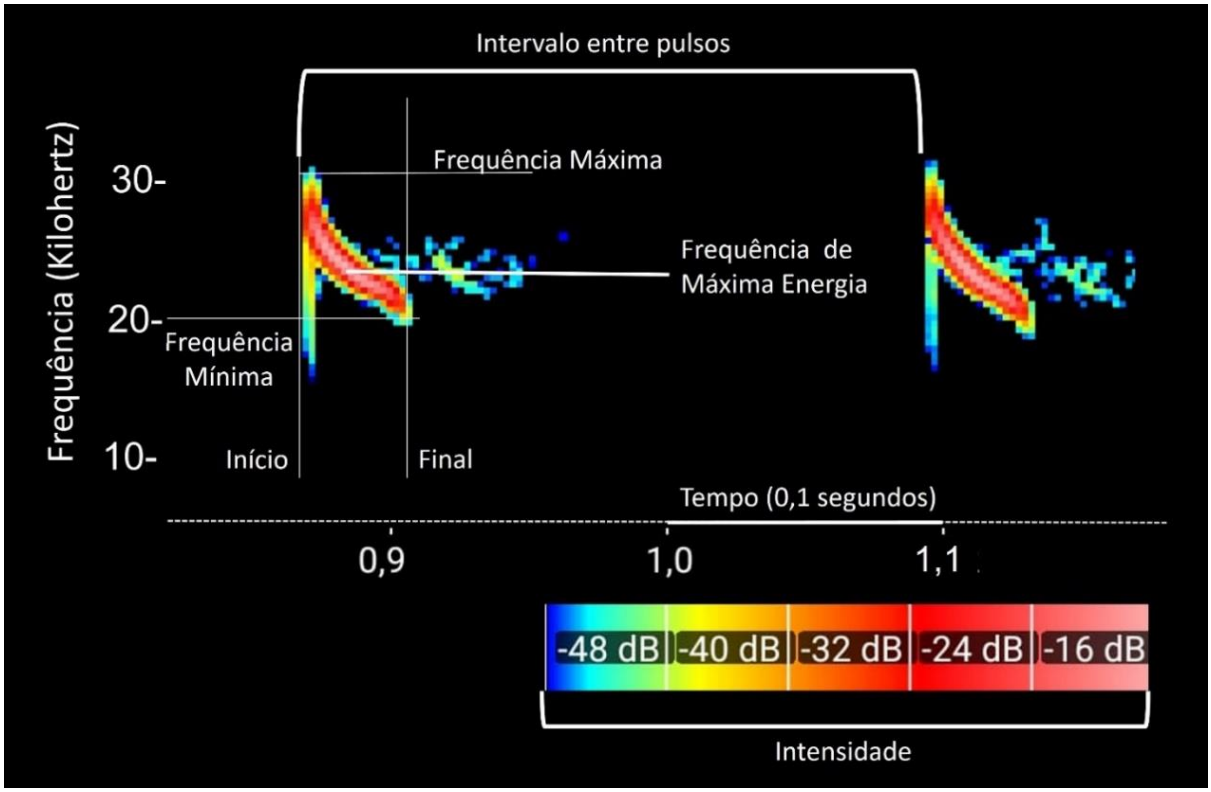


Figura 8.2-199 - Ilustração dos parâmetros avaliados nos pulsos de ecolocalização de morcegos no diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria-CE.

Utilizando o programa EstimateS 9.1 (COLWELL, 2009) foi calculada a estimativa de riqueza de Jackknife 1 e as curvas de acumulação de espécies (observada e estimada por Jackknife 1), as quais foram aleatorizadas 1.000 vezes. Comparações entre a estrutura das assembleias nas áreas que sofrerão diferentes níveis de impacto (ex: ADA e AID) foram feitas com análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS), usando a distância de Bray-Curtis como medida de similaridade, e ANOSIM para verificar significância das diferenças.

C. Resultados e Discussões

C.1. Composição Faunística

Diferente dos padrões inerentes às amostragens com redes de neblina, que apresentam uma clássica seletividade para espécies frugívoras e nectarívoras da família Phyllostomidae (SIMMONS & VOSS, 1998), os métodos bioacústicos são mais eficientes no registro de espécies insetívoras (e piscívoras) das outras oito famílias que também ocorrem no Brasil (ARIAS-AGUILAR et al., 2018). Já o método de busca ativa, costuma apresentar resultados aleatórios e dependem das características da paisagem e da experiência dos profissionais responsáveis.

Devido as peculiaridades de cada método em acessar a riqueza e a abundância de espécies de morcegos, os resultados e suas respectivas discussões e análises serão separados

por métodos nas seções seguinte. No caso específico das redes de neblina e busca ativa, a baixa frequência de registros e o alto número áreas sem registros (N=0) inviabiliza análises de similaridade entre as áreas para esses métodos.

Busca ativa

As 40 horas (aproximadamente) de buscas ativas (BA) resultaram em registros de seis espécies de morcegos de cinco diferentes famílias; *Furipterus horrens* (Furipteridae), *Molossus molossus* (Molossidae), *Noctilio leporinus* (Noctilionidae), *Peropteryx macrotis* (Emballonuridae), *Trachops cirrhosus* e *Micronycteris* sp. (Phyllostomidae).

Dentre os abrigos encontrados, merecem destaque as quatro colônias de *Furipterus horrens*, espécie considerada vulnerável na lista de espécies ameaçadas do MMA, registrada no diagnóstico apenas nas buscas ativas. Três colônias foram encontradas em dutos de drenagem da estrada vicinal (Figura 8.2-197 – C), entre o distrito de Lagoa do Mato e a área onde será instalado o empreendimento, e uma no galpão da sede da Fazenda Itataia. Nesse último local também foram encontradas colônias de *Trachops cirrhosus* (Figura 8.2-197 – D), P. *macrotis* e *Molossus molossus*. *Noctilio leporinus* (morcego-pescador) foi avistado sob a ponte do riacho próximo a sede.

Comparando os resultados obtidos no presente estudo com os dados pretéritos da ADA (ARCADIS LOGOS, 2014) observa-se que as espécies registradas nos levantamentos de campo em 2011 também foram identificadas no presente estudo. Em ambas as amostragens o número de espécies identificadas por BA foram cinco sendo que no atual levantamento (2020 e 2021) houve adição de grupo de três indivíduos da espécie *Micronycteris* sp. grupo de três indivíduos encontrado em um dos dutos de drenagem da referida estrada.

Redes de neblina

O esforço de 63.504 h.m² de redes de neblina, em duas campanhas, proporcionou a captura de 73 espécimes, pertencentes a 10 espécies, 10 gêneros e três famílias (Tabela 8.2-23). Dentre as espécies registadas, *Diphylla ecaudata* foi a mais frequente, com 26 indivíduos capturados (35,6%), seguida por *Lonchophylla* sp. (n=16; 21,9%), *Artibeus planirostris* (n=14; 19,2%) e *Glossophaga soricina* (n=7; 9,6%). Juntas, essas quatro espécies foram responsáveis por 86,3% do total de registros. As demais espécies não apresentaram mais que 3 indivíduos capturados (Figura 8.2-200). A família Phyllostomidae foi responsável por 97,2% dos indivíduos capturados (n=71), com apenas um indivíduo da família Natalidae (*Natalus macrourus*) e um da Molossidae (*Neoplatymops mattogrossensis*). Assim como *Furipterus horrens*, *Natalus macrourus* também é considerado vulnerável pelo MMA.

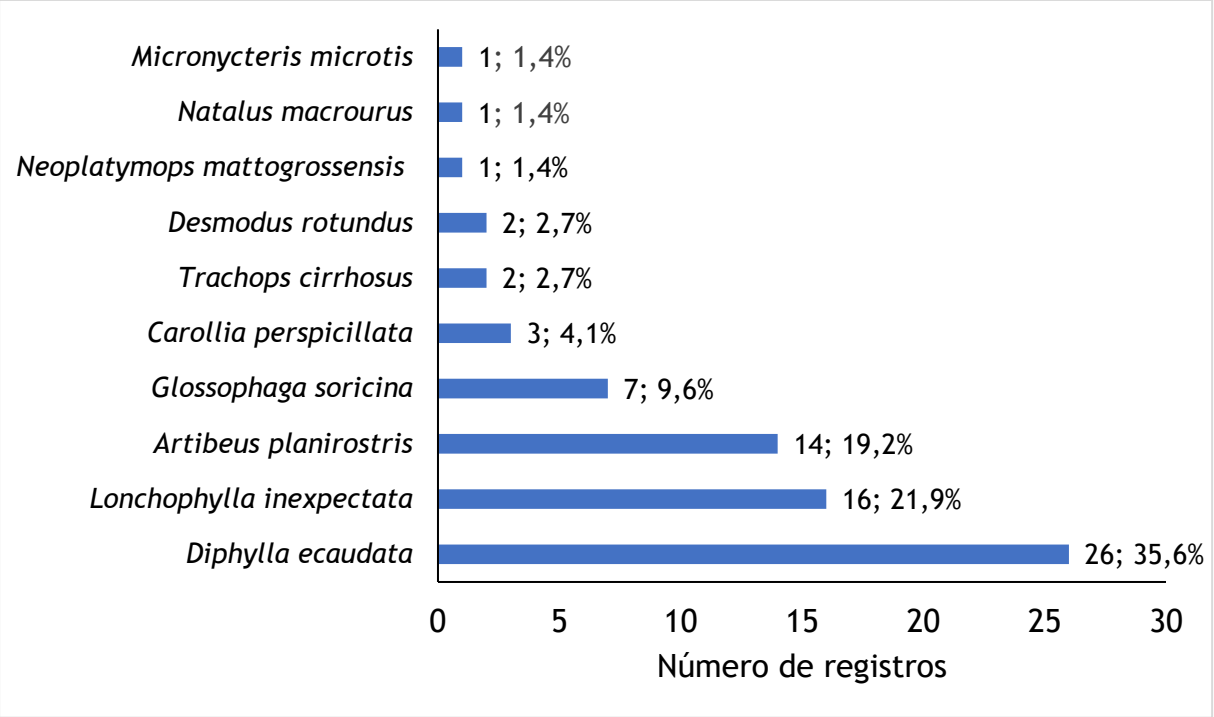


Figura 8.2-200 - Ordenação do número de registros (redes de neblina) de espécies de morcegos nas áreas de amostragem durante duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

Tabela 8.2-23 - Lista de espécies de morcegos registradas por redes de neblina e busca ativa durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. (c1= campanha da estação seca; c2= campanha da estação chuvosa)

NOME DO TÁXON	MÉTODO DE REGISTRO				STATUS DE AMEAÇA		GT
	BUSCA ATIVA		REDES DE NEBLINA		IUCN	MMA	
	C1	C2	C1	C2			
Família Emballonuridae							
Peropteryx macrotis (Wagner, 1843)	X	X			LC		I
Família Phyllostomidae							
*Artibeus planirostris (*Spix, 1823)			8	6	LC		F
Carollia perspicillata (Linnaeus, 1758)			2	1	LC		F
Desmodus rotundus (E.Geoffoy,1810)			2		LC		S
Diphylla ecaudata Spix, 1823			11	15	LC		S
Glossophaga soricina (Pallas, 1766)			3	4	LC		N
Lonchophylla sp.			9	7	LC		N

NOME DO TÁXON	MÉTODO DE REGISTRO				STATUS DE AMEAÇA		GT
	BUSCA ATIVA		REDES DE NEBLINA		IUCN	MMA	
	C1	C2	C1	C2			
Trachops cirrhosus (Spix, 1823)	X	X	1	1	LC		C
Micronycteris microtis Miller, 1898			1		LC		I
Micronycteris sp.	X	X					I
Família Natalidae							
Natalus macrourus (Gervais, 1856)			1		LC	VU	I
Família Noctilionidae							
Noctilio leporinus (Linnaeus, 1758)	X	X			LC		P
Família Furipteridae							
Furipterus horrens (F. Cuvier, 1828)	X	X			LC	VU	I
Família Molossidae							
Molossus molossus (Pallas, 1766)	X	X			LC		I
Neoplatymops mattogrossensis (Vieira, 1942)				1	LC		I
Abundância			**38**	**35**			
Riqueza de espécies (Total)	**6**	**6**	**9**	**7**			

Legenda: Status de ameaça: IUCN - Categoria de ameaça de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2020): (LC – Pouco preocupante (= não ameaçada); NA – Não avaliada; VU – Vulnerável, NT – Quase Ameaçada); MMA - Categoria de ameaça de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014) (EN – Em perigo, VU – Vulnerável. GT - Grupos tróficos: C – carnívoro; F – frugívoro; I – insetívoro; O – onívoro; P – piscívoro; H – sanguívoro.

A riqueza preliminar de quirópteros (acessada com redes de neblina) mostrou-se dentro dos padrões esperados para áreas de caatinga. Entretanto, dos 14 pontos amostrado na C1 em quatro não houve nenhuma captura (incluindo o ponto controle) e em três deles apenas um indivíduo capturado. O mesmo aconteceu na C2, onde os pontos 3, 5,12,14 não apresentaram capturas.

Em ambas as campanhas, com exceção do ponto 11 (nas imediações de uma das minas abandonadas), onde houve a captura de 15 e 14 indivíduos (na C1 e C2, respectivamente), as taxas de captura foram homogeneamente baixas tanto nas áreas de ADA quanto de AID. Tal fato pode ser explicado pelo longo período de estiagem que a região do empreendimento enfrenta. Consequentemente, nenhum dos olhos d'água conhecidos estava ativo durante as

campanhas e com exceção de alguns poucos pontos ao longo do leito seco dos riachos, toda a vegetação estava sem folhas, o que denota escassez de recursos para manter populações da quiropterofauna. Nesses casos, algumas espécies podem mudar sua área de forrageio para sítios mais favoráveis ao longo da paisagem (ROCHA et al. 2018).

Bioacústica

Ao longo das duas campanhas do diagnostico (196 horas de esforço), foram registrados 1106 passes de morcegos de 18 táxons pertencentes a quatro famílias: Emballonuridae, Molossidae, Noctilionidae e Vespertilionidae (Tabela 8.2-24). Desses, oito foram identificadas até gênero (*Cynomops* sp., *Eumops* sp, *Nyctinomops* sp.1, *Nyctinomops* sp.2, *Eptesicus* sp. *Lasiurus* sp. *Myotis* sp.1, *Myotis* sp.2). Como a análise bioacústica de morcegos tropicais é um campo ainda incipiente, os sonótipos de uma série de espécies ainda necessitam da devida caracterização. Tal processo depende, idealmente, da localização de abrigos, que propiciarão a identificação taxonômica precisa das espécies que estão sendo gravadas. Os espectrogramas das espécies registradas foram sumarizados no Anexo 8.2-III.

Diferente das redes de neblina, que amostraram basicamente a família Phyllostomidae, pelo método da Bioacústica foram registradas quatro famílias. A família Molossidae foi a mais representativa deste método, com registro de 11 espécies (61,1%) (Figura 8.2-201), seguida por Vespertilionidae com cinco espécies registradas (27,8%) e Emballonuridae e Noctilionidae com uma (5,6% cada). Peropteryx macrotis foi o mais frequente, com 562 registros (50,8%), seguida por Eumops sp. (n=132; 11,9%), Molossus molossus (n=122; 11%) e Neoplatymops mattogrossensis (n=87; 7,9%) (Figura 8.2-202). Juntas, essas quatro espécies foram responsáveis por 81,6% do total de registros obtidos pelo método da bioacústica.

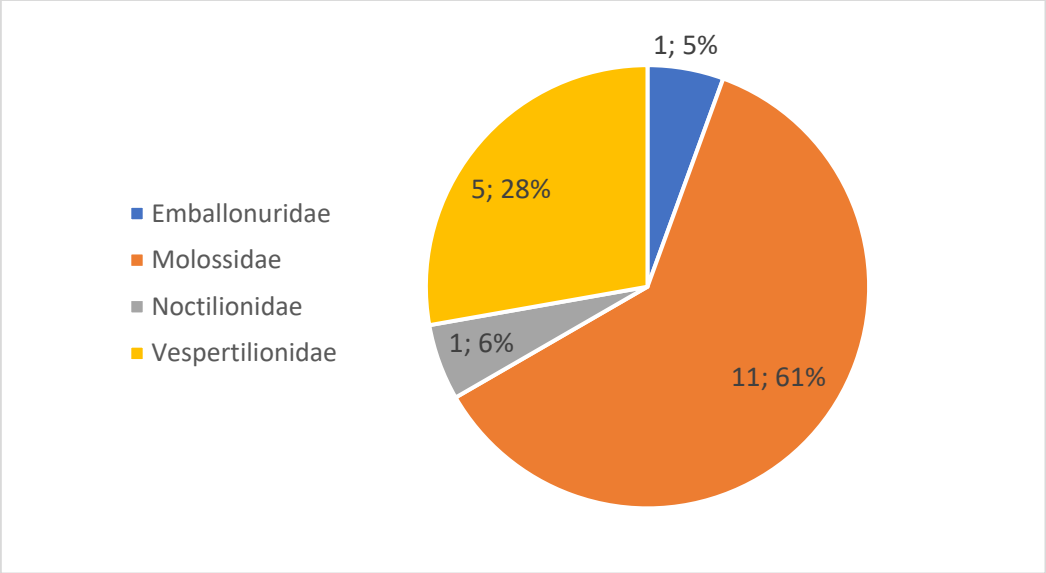


Figura 8.2-201 - Riqueza de espécies de morcegos (Bioacústica) por família, registrada durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

O uso da bioacústica é relativamente recente em estudos da quiropterofauna realizados no Brasil e tem proporcionado um novo entendimento sobre a composição e a estrutura de comunidades dessa taxocenose. Nesse contexto, merecem destaque os primeiros registros das espécies *Promops centralis* e das espécies do gênero Nyctinomops para o estado do Ceará (GRUGEL-FILHO et al., 2015; HINTZE et al., 2020).

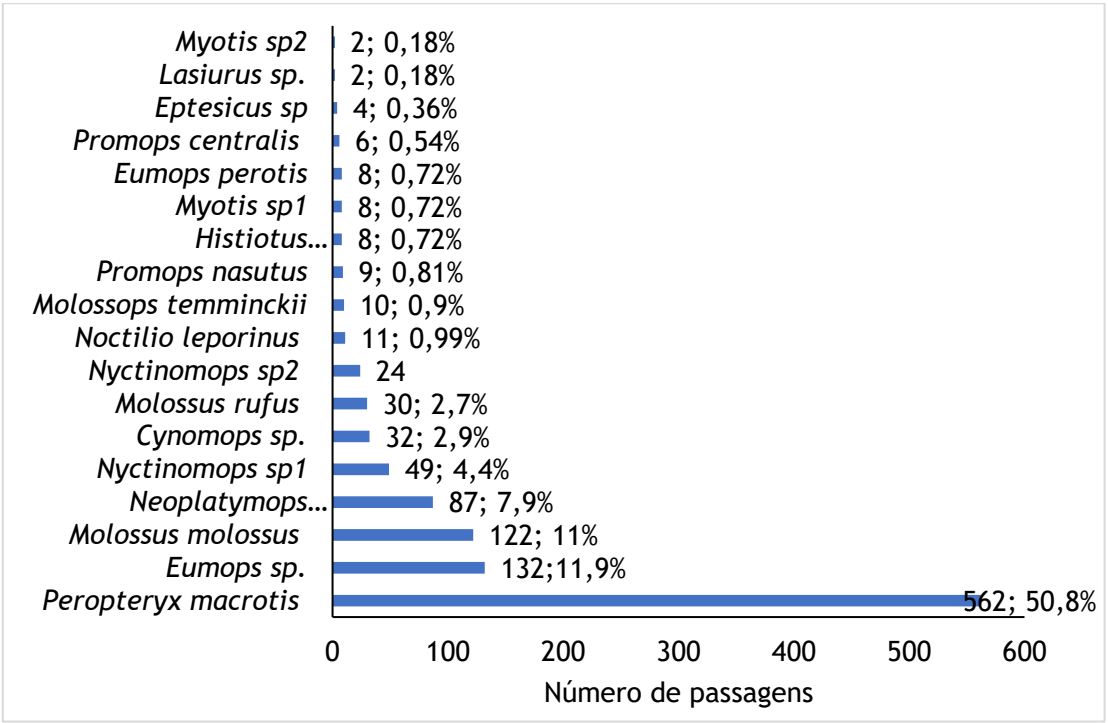


Figura 8.2-202 - Ordenação do número de registros (bioacústica) de espécies de morcegos nas áreas de amostragem durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

Tabela 8.2-24 - Lista de espécies de morcegos registradas por bioacústica durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE. (c1= campanha da estação seca; c2= campanha da estação chuvosa).

NOME DO TÁXON	NÚMERO DE PASSAGENS		STATUS DE AMEAÇA		GT
			IUCN	MMA	
	C1	C2			
Emballonuridae					
Peropteryx macrotis (Wagner, 1843)	254	308	LC		I
Molossidae					
Cynomops sp.	8	24			I
Eumops sp.	109	23			I
Eumops perotis (Schinz, 1821)		8	LC		
Molossops temminckii (Burmeister, 1854)	10		LC		I
Molossus molossus (Pallas, 1766)	28	94	LC		I
Molossus rufus É. Geoffoy, 1805	12	18	LC		I
Neoplatymops mattogrossensis (Vieira, 1942)	23	64	LC		I
Nyctinomops sp.1	15	34			I
Nyctinomops sp.2	4	20			I
Promops centralis Thomas, 1915	6		LC		I
Promops nasutus (Spix, 1823)	9		LC		I
Noctilionidae					
Noctilio leporinus (Linnaeus, 1758)	1	10	LC		P
Vespertilionidae					
Histiotus diaphanopterus Feijó, Rocha & Althoff 2015	2	6	NA		I
Lasiurus sp.	2				I
Myotis sp1	6	2			I
Myotis sp2	2				I
Eptesicus sp.		4			I
Total Geral	491	615			

C.2. Eficiência Amostral

Devido à homogeneidade fitofisionômica na paisagem da área amostral do Projeto Santa Quitéria, apresenta-se uma única curva relacionando o acúmulo de espécies aos esforços de amostragem. A riqueza estimada por Jackknife 1 nas duas campanhas foi de aproximadamente 13 espécies (Figura 8.2-203), o que denota a necessidade de ampliar ligeiramente o esforço amostral de redes na tentativa de aproximação da riqueza de espécies de morcegos da região, principalmente no que se refere à família Phyllostomidae. Por outro lado, sabe-se que o uso de redes necessita de um elevado número de capturas para acessar a Riqueza de espécies em ambientes tropicais o que, muitas vezes, só é possível obter em estudos de longo termo.

Embora não haja estudo similar na Caatinga, Bergallo e colaboradores (2003), em estudo realizado na Mata Atlântica do Sudeste do Brasil, concluíram que são necessárias 1000 capturas para acessar 90 % da riqueza de espécies de morcegos. Adicionalmente, sabe-se que mesmo o uso combinado de dois métodos não possibilita acessar a totalidade de espécies em estudos de curto termo (KALKO *et al.*, 1996).

Nos dados secundários do primeiro diagnóstico há o registro de 12 espécies em duas campanhas, além disso, os dados apontam uma redução significativa na riqueza e abundância durante a época seca, com apenas seis espécies registradas nas redes, contra 12 na época chuvosa (Tabela 8.2-26). Dentre as espécies de Phyllostomidae registradas no primeiro EIA, apenas *Platyrrhinus lineatus* não foi registrada no presente estudo, o que pode ter acontecido por mero acaso, uma vez que essa espécie é infrequente na região.

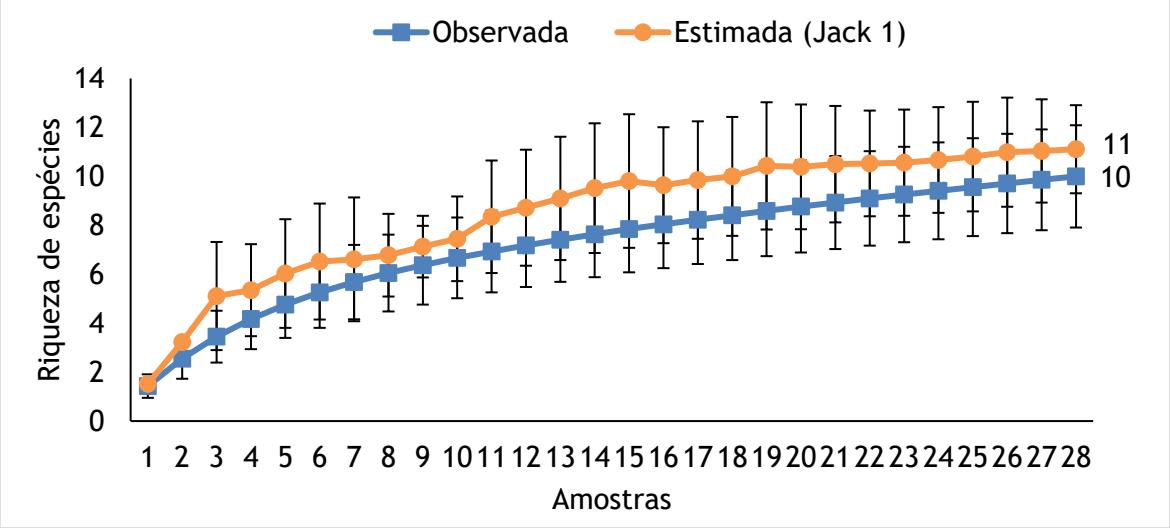


Figura 8.2-203 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (redes de neblina) para morcegos nas duas campanhas do levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

As variações sazonais de riqueza e sucesso de captura são comuns em áreas de caatinga, geralmente apresentando valores menores durante a época seca (ROCHA et al., 2015; SOARES et al., 2018 SOARES et al., 2019). Levando em consideração os resultados conjuntos das redes de neblina e das buscas ativas (métodos comuns à maioria dos inventários), foram registradas pelo menos 14 espécies nas duas campanhas (Micronycteris sp. não foi considerando entre os táxons por não haver certeza que se trata de uma espécie diferente de Micronycteris cf. microtis). Nos inventários realizados até então neste bioma, a riqueza de morcegos variou entre nove em uma área de caatinga do município de Caetité (SOARES et al., 2018), e 33 espécies na região de Exu, em Pernambuco (WILLIG, 1983). Mais recentemente, Sá-Neto & Marinho-Filho (2013) registraram 31 espécies para a região do médio Rio São Francisco; Novaes et al. (2014) - 25 espécies na Chapada do Araripe; Novaes et al. (2015) - 20 espécies na Serra da Jitirana, São João do Piauí, Piauí; e Feijó & Rocha (2017) 26 espécies na Estação Ecológica Aiuaba, Ceará.

Já riqueza estimada por Jackknife 1 para o método de bioacústica foi de aproximadamente 20 espécies (Figura 8.2-204), apenas duas a mais do que a observada. Assim como nas redes de neblina, a estimativa denota que o esforço amostral aplicado até aqui foi satisfatório. Entretanto, tratando-se da reconhecida sazonalidade da caatinga, é coerente supor que futuros esforços aplicados ao longo de diferentes períodos sazonais poderão proporcionar registros de novas espécies que não foram detectadas pelos levantamentos de curto termo e que já foram registradas na AID do empreendimento (ARCADIS LOGOS,2014). Tal constatação não altera o fato de que a amostragem realizada foi satisfatória.

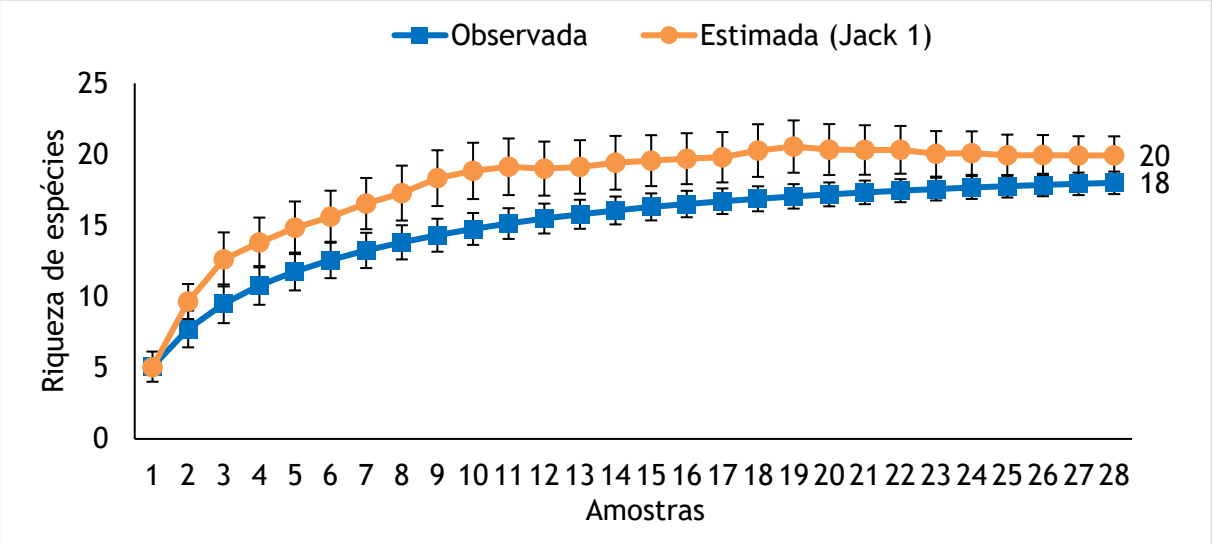


Figura 8.2-204 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (bioacústica) para morcegos no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

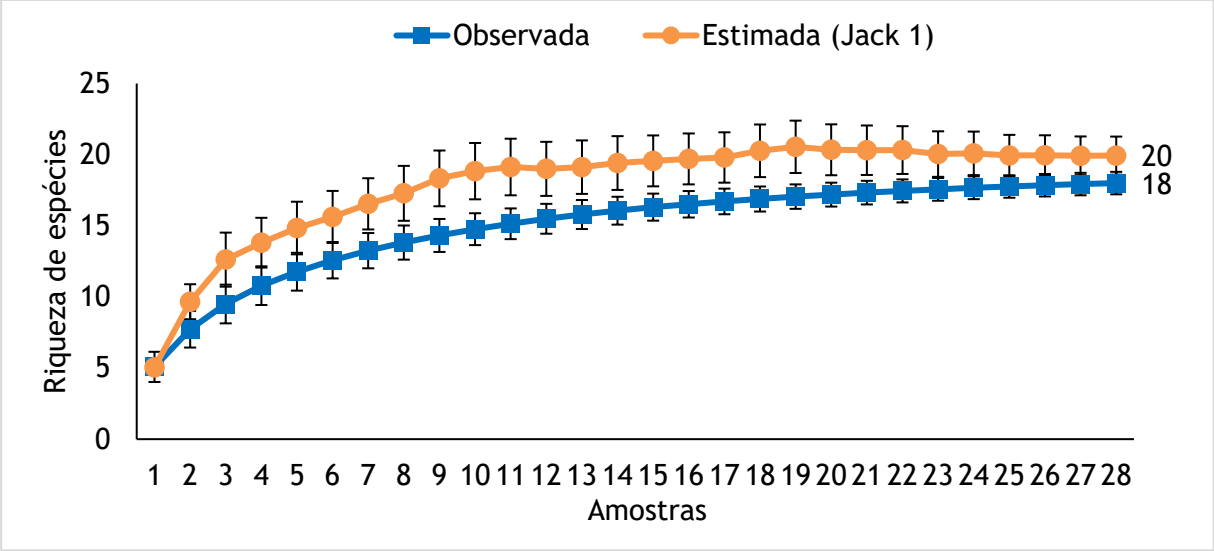


Figura 8.2-205 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida através da metodologia padronizada (bioacústica) para morcegos no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

Fonte: Tetra Mais, 2021

Cabe evidenciar que mesmo a curva de rarefação de riqueza de espécies do diagnóstico apresentado em 2014 (ARCADIS LOGOS, 2014; Figura 8.2-206) não atinge a assíntota.

O número de espécies de morcegos estimadas pelo índice Jack-knife 1 foi de 20,7 espécies, número próximo aos resultados encontrados no presente estudo utilizando o mesmo estimador. Assim, considera-se que a amostragem realizada no presente estudo, associada às informações levantadas no primeiro EIA, permitem maior segurança de que se acessou a melhor amostragem possível para a caracterização do grupo na área do Projeto Santa Quitéria.

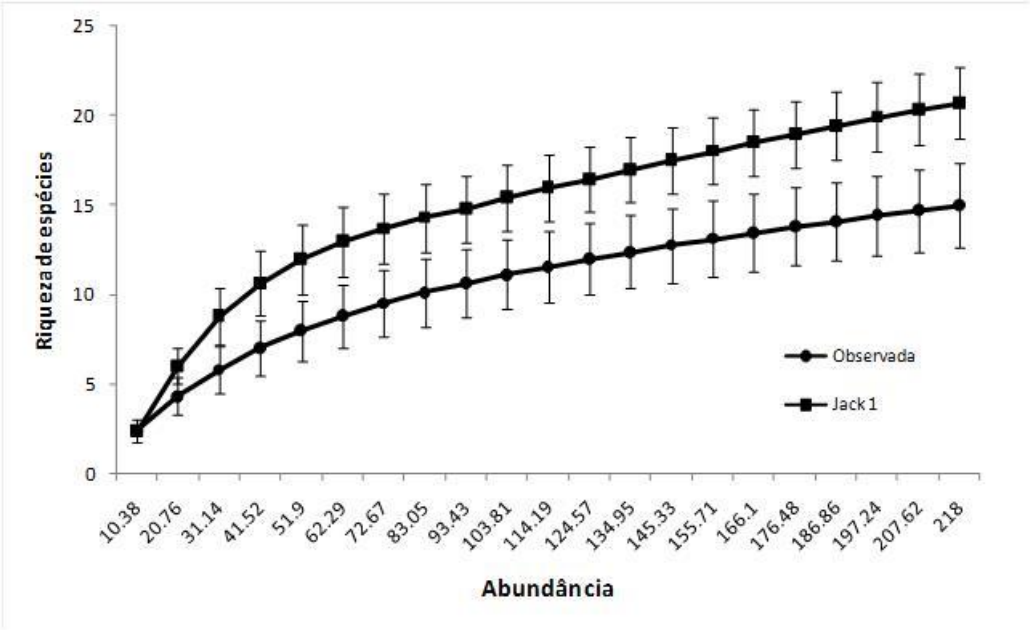


Figura 8.2-206 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1) obtida para morcegos no levantamento de dados primários para o primeiro EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

Levando em consideração as categorias propostas por Denzinger & Schnitzler (2013), que combinam sistemas de ecolocalização, estratégias de forrageio e uso de espaço, as espécies registradas aqui podem ser encaixadas em três categorias: (i) forrageadores de arrasto em espaços de borda, como *Noctilio leporinus* (morcego-pescador); (ii) forrageadores aéreos em espaços de borda: que buscam presas que voam em bordas e lareiras de vegetação ou sobre corpos d'água (*Peropteryx macrotis* e espécies da família Vespertilionidae); (iii) forrageadores aéreos em espaços abertos, que buscam presas em estratos mais altos, geralmente sobre o dossel da vegetação, como as espécies da família Molossidae.

Ao comparar os resultados da ADA, AID e Controle, no que se refere à composição e à distribuição de registros de cada espécie, a análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS), usando a distância de Bray-Curtis como medida de similaridade, e ANOSIM (R = 0,07; p=0,71), não apontam diferenças na estruturação da assembleia de morcegos (Figura 8.2-207). Vale salientar que, de maneira geral, o contexto de paisagem onde será instalado o empreendimento é relativamente semelhante, composta por vegetação de caatinga arbustiva-arbórea, com algumas áreas de caatinga predominantemente arbórea ao longo das margens dos riachos intermitentes.

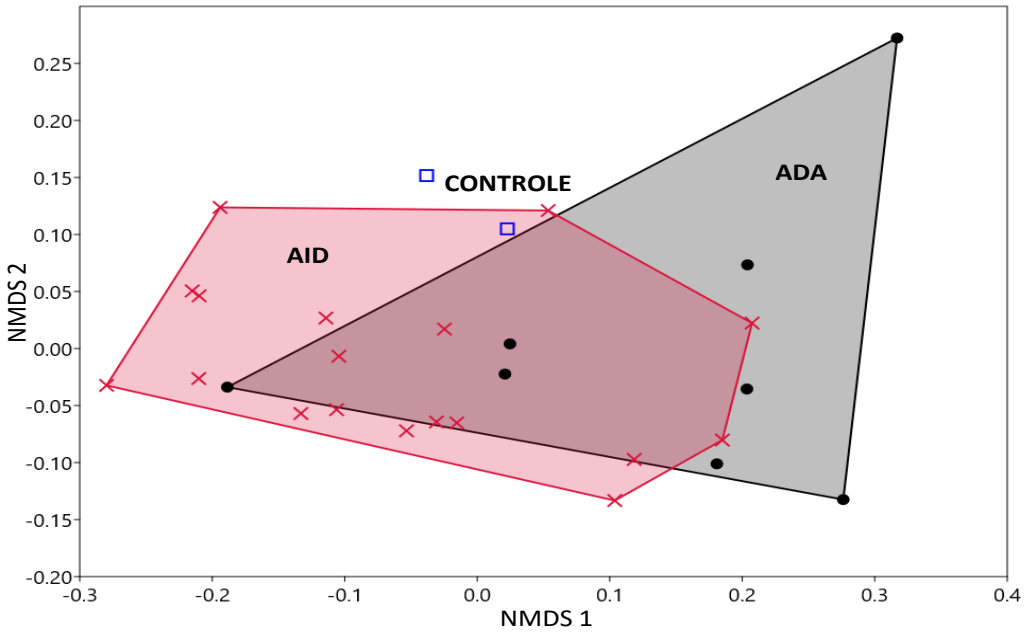


Figura 8.2-207 - Análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) das espécies de morcegos registradas (bioacústica) na ADA AID e área Controle durante as duas campanhas de levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE

C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação – internacional, federal e/ou estadual

A definição do status de espécies ameaçadas de extinção apoiou-se na Portaria nº 444 (BRASIL, 2014). Seguindo a classificação utilizada pelo MMA, são consideradas como ameaçadas, as espécies que se enquadram nos seguintes critérios: criticamente em perigo (CR), em perigo (EN) e vulnerável (VU). Para as espécies consideradas globalmente ameaçadas ou quase ameaçadas, adotou-se a classificação da Internacional Union for Conservation Nature (IUCN, 2020). Seguindo a classificação utilizada pela IUCN, são consideradas como ameaçadas as espécies que se enquadram nos seguintes critérios: criticamente em perigo (CR), em perigo (EN) e vulnerável (VU).

Houve registro de *Furipterus horrens* e *Natalus macrourus*, que estão categorizadas na lista Nacional (MMA, 2014) como "Vulnerável" (Tabela 8.2-25). Tais espécies insetívoras são amplamente distribuídas, porém localmente raras, tendo nas cavernas o seu abrigo preferencial. Quatro colônias de *Furipterus horrens* foram registradas apenas nas buscas ativas. Três colônias foram encontradas em dutos de drenagem da estrada vicinal, entre o distrito de Lagoa do Mato e a área onde será instalado o empreendimento, e uma colônia foi detectada no galpão da sede da Fazenda Itataia. A captura de *Natalus macrourus* ocorreu por peio de rede de neblina, no ponto 9 do levantamento.

Essas espécies foram classificadas na Categoria "Vulnerável" categoria pelo critério A3c (declínio na área de ocupação, extensão de ocorrência e/ou qualidade do habitat). O registro de *Furipterus horrens* em estruturas artificiais (como dutos de drenagem) não é

comum na literatura. De acordo com os levantados nos estudos de relevância do Patrimônio Espeleológico que compõe o item 8.1.13 do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA), *Furipterus horrens* foi registrado nas cavidades QUI-01, SO-03, SQ 0049 e SQ0055, onde foram registrados 45 indivíduos da espécie. Os padrões de preferência e uso de abrigos por *Furipterus* e *Natalus* precisam ser melhor investigados e monitorados na área do Projeto Santa Quitéria.

Ao longo das duas campanhas, não foram registradas espécies ameaçadas de extinção segundo a lista da IUCN.

Tabela 8.2-25 – Localização dos registros de espécies ameaçadas nas campanhas da estação seca e estação chuvosa na área do Projeto Santa Quitéria.

ESPÉCIE	COORDENADAS (DATUM: SIRGAS 2000; FUSO 24M)		ÁREA DE INFLUÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO (MMA)
	X	Y		
Furipterus horrens	416169	9491764	AID	VU
Furipterus horrens	415397	9492416	AID	VU
Furipterus horrens	414640	9492751	AID	VU
Furipterus horrens	415397	9492888	AID	VU
Natalus macrourus	412969	9496550	AID	VU

Legenda: AID = Área de Influência; VU = Vulnerável

Além dos registros feitos no presente estudo, no estado do Ceará só há registros de *Natalus macrourus* para a região da Chapada do Araripe e na Estação Ecológica Aiuaba (GURGEL-FILHO *et al.*, 2015). Já *Furipterus horrens* foi registrado em cinco localidades do estado do Ceará (ver GURGEL-FILHO *et al.*, 2015) sendo Quixadá a localidade mais próxima ao empreendimento (aproximadamente 100 km).

C.4. Espécies Bioindicadoras, endêmicas, raras ou não descritas

Dentre as espécies registradas, o morcego nectarívoro do gênero Lonchophylla havia sido inicialmente identificado como *Lonchophylla inexpectada*, uma espécie recém descrita (2015) e atualmente considerada endêmico da Caatinga, sendo comum em grande parte da sua extensão. Após serem tombados os exemplares na coleção de Mamíferos da UFPB, entretanto, tanto os espécimes coletados no atual projeto quanto aqueles do EIA anterior, foram avaliados pela especialista do gênero no Brasil, a MSc Patrícia Pilatti, que estuda a taxonomia de Lonchophylla no seu doutorado. A partir de minuciosas análises morfológicas e morfométricas dos crânios, comparadas com as de centenas de espécimes de várias outras localidades, constatou-se que há fortes indícios de que a espécie de Lonchophylla amostrada

no PSQ trate-se de uma espécie nova para a ciência, devendo por isso ser tratada como *Lonchophylla* sp. até a sua completa descrição.

Lonchophylla sp. foi capturada tanto na Área de Influência Direta (AID) quanto na Área Diretamente Afetada (ADA), nas duas campanhas amostrais. Todos os registros destas espécies ocorreram com uso do método de redes de neblina e um total de 16 indivíduos foram anilhados.

Com exceção dos inventários direcionados às cavidades, não é comum registrar *Natalus macrourus* em redes de neblina, pois ela detecta a malha das redes com facilidade. Com a ampliação dos estudos de bioacústica no Brasil, quando se trata de morcegos insetívoros (não-filostomídeos), o conceito de raridade de algumas espécies tem que ser avaliados com cuidado, pois espécies que eram raramente capturadas em redes têm se mostrado comuns e amplamente distribuídos nos inventários bioacústicos, como é o caso de Promops centralis (HINTZE et al., 2020) o qual ainda não foi oficialmente registrado para o estado do Ceará. No presente estudo a espécie foi capturada na AID e no ponto controle, durante a estação seca.

C.5. Espécies cinegéticas, Domésticas, Invasoras e exóticas

Não há registro de espécies consideradas cinegéticas, domésticas e exóticas de quirópteros.

C.6. Espécies de interesse médico

Podem ser consideradas espécies de interesse médico, aquelas que de alguma maneira possam causar prejuízos à saúde. Os morcegos são espécies transmissores da raiva, doença transmitida através da saliva de animais infectados. As espécies que que mais podem trazer riscos são as espécies hematófagas, que se alimentam de sangue. *Desmodus rotundus*, é a espécie mais comum dentre os hematófagos e ocorre desde o México ao sul da América do Sul (REIS et al., 2007). O Lyssavirus, agente etiológico da raiva, tem como principal transmissor *D. rotundus*, portanto, sua importância médica e econômica na transmissão de raiva, a faz uma das espécies de morcegos mais conhecidas e estudadas (BERNARD, 2005). Considerando ainda que *D. rotundus* é uma espécie que pode ser muito favorecida por alterações ambientais, pela presença humana e de rebanhos (ZORTÉA et al., 2010), deve-se ter em conta um aumento da sua população mediante tais condições (BRENDT, 1994). Já *Diphylla ecaudata*, é uma espécie também hematófaga, porém diferentemente de *D. rotundus*, que tem preferência por mamíferos de grande porte, alimenta-se quase que exclusivamente do sangue de aves, embora possa, eventualmente, alimentar -se de sangue humano.

C.7. Comparação entre as áreas, índices de diversidade e similaridade

No caso específico das redes de neblina e busca ativa, a baixa frequência de registros e o alto número áreas com ausência de registros inviabiliza análises de similaridade entre as áreas para esses métodos. Na apresentação dos resultados, nos itens 0 e 0 é feita uma discussão sobre os aspectos observados nas áreas amostrais.

C.8. Relevância Regional

Durante os levantamentos de campo para o EIA/RIMA realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), o esforço empregado em duas campanhas (estações seca e chuvosa) proporcionou o registro de 15 espécies de morcegos pertencentes a 14 gêneros e seis famílias. Vale ressaltar que, enquanto todas as 15 espécies foram registradas na época chuvosa, durante a seca foram apenas oito.

No computo geral dos inventários compilados, 42 espécies de morcegos, de oito famílias tem alguma probabilidade de serem encontradas na área do empreendimento. No entanto, 20 dessas espécies foram registadas em apenas um dos inventários, o que denota sua raridade e/ou preferência por habitats específicos dentro das heterogêneas ecorregiões da Caatinga.

Este grupo é formado majoritariamente por espécies insetívoras (26 spp.) e frugívoras (7 spp.), responsáveis por mais de 78% das espécies compiladas. Há ainda três espécies de potencial ocorrência na área de estudo categorizadas como vulneráveis à extinção na lista nacional (*Lonchorhina aurita*, *Natalus macrourus*, e *Furipterus horrens*).

Tabela 8.2-26 - Lista de espécies de morcegos (dados secundários) com provável ocorrência nas áreas área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. *Espécies registradas no primeiro diagnóstico realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014)

NOME DO TÁXON	IUCN	MMA	GUILDA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Família Emballonuridae						
Peropteryx macrotis (Wagner, 1843) *	LC		Ins.	X	X	2
Rhynchonycteris naso (Wied-Neuwied, 1820)	LC		Ins.			1
Família Phyllostomidae						
Anoura geoffroyi Gray, 1838	LC					1, 2
*Desmodus rotundus (E.Geoffroy, 1810) *	LC		Hem.	X	X	1 2,
*Diphylla ecaudata Spix, 1823**	LC		Hem.	X	X	
*Glossophaga soricina (Pallas, 1766) *	LC		Nec.	X	X	1 2, 3
*Lonchophylla mordax (Thomas, 1903) *	LC		Nec.		X	1 2, 3
Lonchorhina aurita Tomes, 1863	LC	VU	Ins.			1
Lophostoma brasiliense Peters, 1866	LC		Ins.			1 3
*Trachops cirrhosus (Spix, 1823) *	LC		Car.	X	X	1
*Micronycteris megalotis (Gray, 1842) *	LC		Ins.		X	
Micronycteris sanborni Simmons, 1996	LC		Ins.			1 3
Gardnerycteris crenulatum (E. Geoffroy, 1810)	LC		Ins.			1

NOME DO TÁXON	IUCN	MMA	GUILDA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Phyllostomus discolor Wagner, 1843	LC		Oní.			1 3
Phyllostomus hastatus (Pallas, 1767)	LC		Oní.			2
Tonatia bidens (Spix, 1823)	DD		Ins.			3
Tonatia saurophila Koopman & Williams, 1951	LC		Ins.			3
*Carollia perspicillata (Linnaeus, 1758) **	LC		Fru.	X	X	1, 2, 3
*Artibeus fimbriatus (Gray, 1838) **	LC		Fru.		X	
Artibeus lituratus (Olfers, 1818)	LC		Fru.			2, 3
*Artibeus planirostris (Spix, 1823) **	LC		Fru.	X	X	1, 2, 3
*Platyrrhinus lineatus(E. Geoffroy, 1810)**	LC		Fru.		X	1, 2, 3
Sturnira lilium (É. Geoffoy, 1810)	LC		Fru.			2, 3
Mormoopidae						
Pteronotus gymnonotus Natterer, 1843	LC		Ins.			1, 2, 3
Pteronotus parnelli (Gray, 1843)	LC		Ins.			2, 3
Pteronotus personatus (Wagner, 1843)	LC		Ins.			1
Família Noctilionidae						
*Noctilio leporinus (Linnaeus, 1758) **	LC		Car.	X	X	2, 3

NOME DO TÁXON	IUCN	MMA	GUILDA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Noctilio albiventris Desmarest, 1818	LC		Car.			1
Família Natalidae						
Natalus macrourus (Gervais, 1856)	LC	VU	Ins.	X		3
Família Furipteridae						
*Furipterus horrens (F. Cuvier, 1828) **	LC	VU	Ins.	X	X	
Família Molossidae						
Cynomops planirostris (Peters, 1866)	LC		Ins.			1, 2,
Eumops auripendulus (Shaw, 1800)	LC		Ins.			2
Neoplatymops mattogrossensis (Vieira, 1942)	LC		Ins.			1, 2,
*Molossus molossus (Pallas, 1766) **	LC		Ins.	X	X	1, 2, 3
Molossops temminckii (Burmeister, 1854)	LC		Ins.			1
Promops nasutus (Spix, 1823)	LC		Ins.			2
Família Vespertilionidae						
Eptesicus furinalis (d'Orbigny & Gervais, 1847)	LC		Ins.			3
*Myotis riparius Handley, 1960**	LC		Ins.		X	
Myotis lavali Moratelli, Peracchi, Dias, Oliveira, 2011	LC		Ins.			1, 2, 3

NOME DO TÁXON	IUCN	MMA	GUILDA	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Rhogeessa hussoni Genoways e Baker, 1996	LC		Ins.			1
Lasiurus blossevillii (Lesson e Garnot, 1826)	LC		Ins.			1, 2,
Lasiurus ega (Gervais, 1855)	LC		Ins.			2

Legenda: Status de ameaça: IUCN - Categoria de ameaça de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2020): (LC – Pouco preocupante (= não ameaçada); NA – Não avaliada; VU – Vulnerável, NT – Quase Ameaçada); MMA - Categoria de ameaça de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014) (EN – Em perigo, VU – Vulnerável. Guilda: Ins. – Insetívoro; Hem. - Hematófago; Nec. – Nectarívoro; Oni. Onívoro; Fru. – Frugívoro; Car. – Carnívoro. Dados Sencudários: 1 - Feijó & Rocha 2015; 2 - Novaes & Laurindo (2014); 3 - Silva et al. (2015)

No computo geral dos três métodos, no mínimo 28 diferentes táxons foram registrados (excluindo-se *Micronycteris* sp.), pertencentes a sete famílias e 24 gêneros (Tabela 8.2-27). Nenhuma espécie foi registrada pelos três métodos, e apenas 17% foi registrada por pelo menos dois. Os métodos padronizados (redes e acústica) foram altamente complementares uma vez que apenas *Neoplatymops mattogrossensis* foi registrado por ambos.

Esses resultados mostram a importância do uso combinado de métodos para acessar a diversidade de morcegos em inventários (SILVA & BERNARD, 2017). Entanto, o uso de técnicas bioacústicas é relativamente recente em estudos realizados no Brasil, com poucos trabalhos publicados com a combinação de métodos, o que dificulta comparações com os resultados presentemente encontrados. No único estudo realizado em Unidades de Conservação da Caatinga até o momento, Silva & Bernard (2017) registraram combinadamente, 37 espécies (21 com redes 18 com acústica e duas compartilhadas) no Parque Nacional do Catimbau, 24 espécies na Estação Ecológica do Seridó (14 com redes 13 com acústica e três compartilhadas) e 21 na Estação Ecológica Raso da Catarina (sete com redes 15 com acústica e uma compartilhada).

Tabela 8.2-27 - Lista geral das espécies de morcegos registradas por diferentes nos métodos durante o levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria-CE.

NOME DO TÁXON	MÉTODO DE REGISTRO			GERAL
	BUSCA ATIVA	REDES DE NEBLINA	ACÚSTICA	
Família Emballonuridae				
Peropteryx macrotis	x		x	x
Família Furipteridae				
Furipterus horrens	x			x
Família Natalidae				
Natalus macrourus		x		x
Família Noctilionidae				
Noctilio leporinus	x		x	x
Família Molossidae				
Cynomops sp.			x	x
Eumops sp.			x	x
Eumops perotis			x	x
Molossops temminckii			x	x
Molossus molossus	x		x	x

NOME DO TÁXON	MÉTODO DE REGISTRO			GERAL
	BUSCA ATIVA	REDES DE NEBLINA	ACÚSTICA	
Molossus rufus			x	x
Neoplatymops mattogrossensis		x	x	x
Nyctinomops sp.1			x	x
Nyctinomops sp.2			x	x
Promops centralis			x	x
Promops nasutus			x	x
Família Phyllostomidae				
Artibeus planirostris		x		x
Carollia perspicillata		x		x
Desmodus rotundus		x		x
Diphylla ecaudata		x		x
Glossophaga soricina		x		x
Lonchophylla sp.		x		x
Micronycteris cf. microtis		x		x
*Micronycteris sp.**	x			x
Trachops cirrhosus	x	x		x
Família Vespertilionidae				
Histiotus diaphanopterus			x	x
Lasiurus sp.			x	x
Eptesicus sp.			x	x
Myotis sp.1			x	x
Myotis sp.2			x	x
Riqueza de espécies (Total)	6	10	18	29

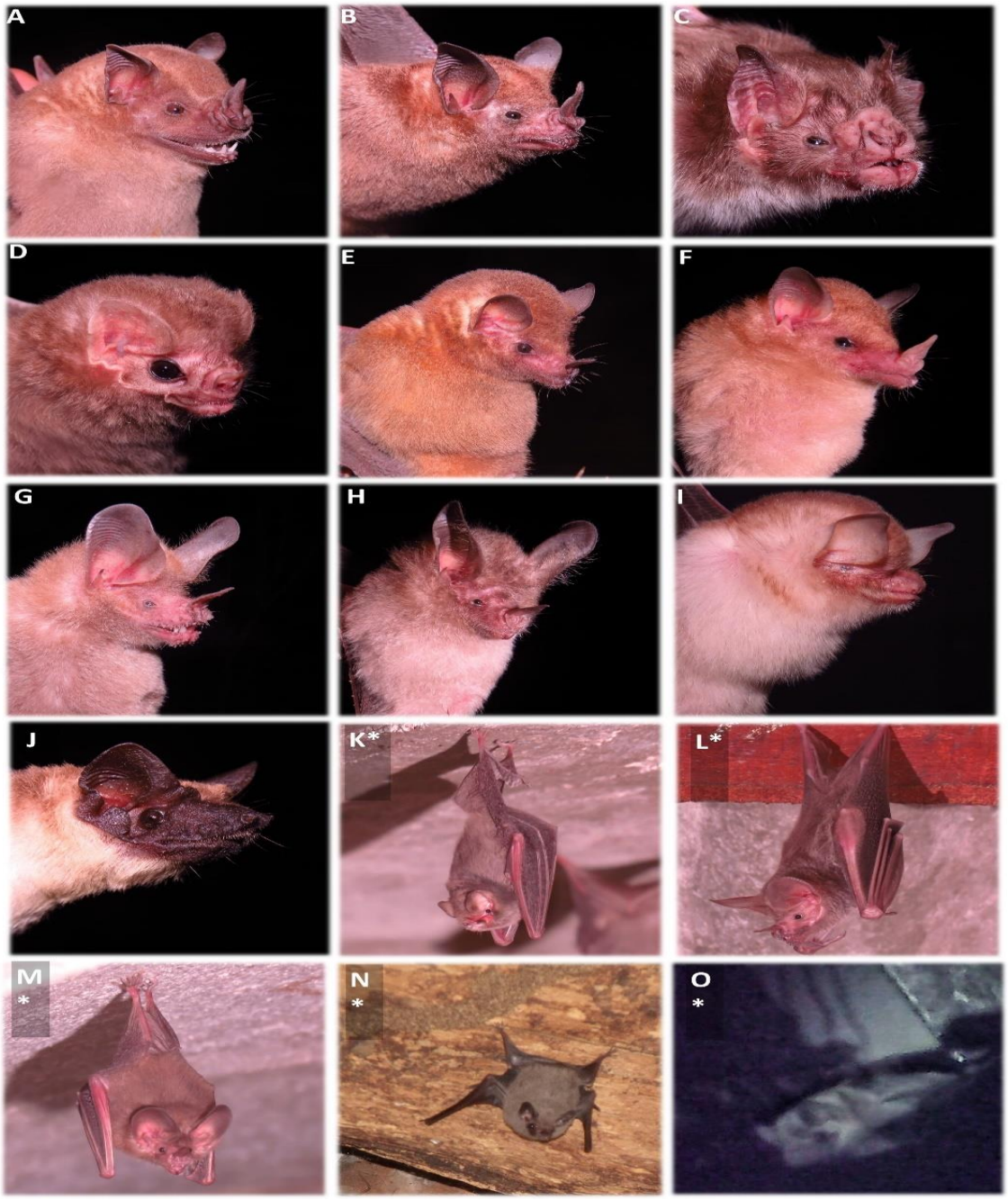
** Micronycteris sp. não foi considerando na contagem das espécies por não haver certeza que se trata de uma espécie diferente de Micronycteris cf. microtis).*

D. Considerações Finais

De maneira geral, a riqueza e a composição da quiropterofauna na área do empreendimento registrada nas duas campanhas foi bastante relevante dentro do contexto da Caatinga. A presença de duas das sete espécies ameaçadas de morcegos do Brasil (*Furipterus horrens* e *Natalus macrourus*) já indica a importância de encontrar, mapear e monitorar os seus abrigos na área de influência direta do empreendimento e ao longo das suas diferentes fases. Além disso, a espécie nova do gênero Lonchophylla aqui registrada, deve de ser objeto de monitoramento de suas populações.

Podendo ser considerada como uma espécie bandeira do programa de monitoramento de Fauna. As variações de abundância, e principalmente o número de fêmeas gravida, dessa espécie nova, podem servir como bioindicador de impactos ambientais de médio e longo prazo.

E. Relatório fotográfico



Fotos das espécies registradas durante a 1ª campanhas de levantamento de dados primários do EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria, CE. (A) Artibeus planirostris; (B) Carollia perspicillata; (C) Desmodus rotundus; (D) Diphylla ecaudata (E) Glossophaga soricina; (F) Lonchophylla sp.; (G e L) Trachops cirrhosus; (H) Micronycteris cf. microtis; (I) Natalus macrourus; (J) Neoplatymops mattogrossensis; (K*) Furipterus horrens; (M*) Micronycteris sp.; (N*) Peropteryx macrotis; (O*) Molossus molossus. * Espécies registradas em busca ativa*

8.2.1.1.6. Borboletas

A. Introdução

Aproximadamente 13% de um total de 20 mil lepidópteros corresponde às borboletas (KRISTENSEN *et al.*, 2007), sendo que nas regiões neotropicais, projeções apontam ocorrência de 7.100 (BECCALONI & GASTON, 1995) a 7.900 espécies (HEPPNER, 1991; LAMAS, 2004). No Brasil é conhecida cerca de metade das espécies que ocorrem na região neotropical: 3.288 espécies segundo BROWN & FREITAS (1999), com estimativas de 3.628 espécies (LEWINSOHN & PRADO, 2008). As borboletas são agrupadas em seis famílias: Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae (LAMAS, 2004, 2008).

O conhecimento da diversidade de borboletas na região semiárida nordestina, até o momento, encontra-se insuficiente para uma caracterização adequada de sua real comunidade (KERPEL *et al.*, 2014). Pesquisas a respeito da fauna de lepidópteros no nordeste brasileiro iniciaram no século XIX com BATES (1867), porém o Estado do Ceará só obteve seus primeiros levantamentos com ROCHA (1908, 1936, 1954), que publicou diversas listas de lepidópteros, de 52 a 150 espécies, incluindo algumas mariposas. Dentre os trabalhos mais recentes, KERPEL *et al.* (2014) realizaram uma grande revisão para o semiárido nordestino, onde foram registradas 389 espécies de borboletas em 11 localidades (BA, CE, PB, PE e PI). Levantamentos sistematizados de borboletas para o Ceará, entretanto, são praticamente inexistentes, contado com as publicações de NOBRE e colaboradores e com os resultados dos levantamentos realizados no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental na área do Projeto Santa Quitéria em 2011 (ARCADIS LOGO, 2014). Recentemente o poder público publicou uma lista de espécies da fauna do estado do Ceará, mas o grupo lepidóptero não foi contemplado nesta iniciativa.

Apesar da maioria dos lepidópteros encontrados no semiárido possuir ampla distribuição geográfica no Brasil, KERPEL *et al.* (2014) identificaram novas ocorrências de espécies, bem como espécies novas, endêmicas para a região nordeste e ameaçadas. No semiárido do Ceará, dentro os novos registros ressaltam-se o *Ithomiini Tithorea harmonia* (NOBRE *et al.*, 2008) e uma nova espécie do *Hesperiidae Cogia*, observada na área do Projeto Santa Quitéria (ARCADIS LOGOS, 2014). A partir de comparações com outros inventários, ZACCA & BRAVO (2012) afirmam que os nimphalídeos *Fountainea halice moretta* e *Hypna clytemnestra forbesi* são consideradas endêmicas para a Caatinga.

As borboletas das regiões neotropicais foram e são importantes, não somente na compreensão de sua diversidade, mas como modelo do conhecimento básico nas áreas de ecologia, comportamento animal, sistemática, biologia da conservação e biologia evolutiva

(ERLICH, 2003; WATT & BOGGS, 2003). Borboletas, em especial as frugívoras, têm sido utilizadas há algum tempo como modelos para estudos de diversidade espacial e temporal (DEVRIES & WALLA, 2001), e mencionadas como boas indicadoras de perturbação antrópica, por apresentarem respostas rápidas e consistentes mesmo nas mudanças pouco perceptíveis (BARLOW *et al.*, 2007). Além das respostas diretas às mudanças na qualidade ambiental, esse grupo também reflete as respostas de outros grupos de invertebrados e vertebrados, atuando como representantes de outros organismos (*surrogates*) na avaliação de perturbação ambiental (UEHARA-PRADO *et al.*, 2009). Tais características, aliadas à praticidade de sua amostragem e ao baixo dano causado em suas populações pelos métodos de coleta utilizados, reforçam a importância do uso dessas borboletas em trabalhos de diagnóstico e monitoramento ambiental.

A seguir é apresentado o diagnóstico de borboletas nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha, novembro de 2020; 2ª campanha, fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados secundários

É importante observar que nos estudos realizados por Nobre e colaboradores no bioma Caatinga, a vegetação do local continha particularidades de caatinga, cerrado, campo rupestre e mata atlântica, de forma que não deve ser considerada como uma caatinga típica (NOBRE *et al.*, 2008;2012). Incluir inventários de locais distantes, mesmo que do mesmo bioma, seria uma extrapolação exagerada para verdadeira comunidade potencialmente presente na região. Entretanto, devido à ausência de dados publicados mais representativos da área do Projeto Santa Quitéria, os resultados dos estudos de Nobre e colaboradores foram considerados para estimar quais outras possíveis espécies podem ocorrer na área de Influência do empreendimento.

Abaixo segue um breve resumo de cada trabalho selecionado para borboletas:

ARCADIS LOGOS (2014) – Neste trabalho foi reunida as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessário para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011.

B.2. Dados primários

As amostragens foram realizadas em duas campanhas na estação seca: a primeira entre os dias 15 e 22 de novembro de 2020; e a segunda entre os dias 8 e 15 de fevereiro de 2021,

na fazenda Itataia, município de Santa Quitéria, Ceará. Foram definidos sete pontos de amostragem, conforme a Tabela 8.2-28 e Mapa 8.2-2, selecionados de acordo com a possibilidade de acesso e de forma a comtemplar as diferentes áreas de influências do empreendimento.

Tabela 8.2-28 - Localização e áreas de influência dos pontos amostrais das duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA [1]
	X	Y		
1	415448	9496081	Savana Estépica Florestada	AID
2	414184	9496540	Savana Estépica Florestada	ADA
3	413848	9493500	Savana Estépica Arborizada	AID
4	411536	9494511	Savana Estépica Arborizada	AID
5	413969	9496080	Savana Estépica Arborizada	ADA
6	415263	9495620	Savana Estépica Arborizada	AID
7	419428	9491049	Savana Estépica Arborizada	Controle

[1]AID – área de influência direta; ADA – área diretamente afetada do empreendimento de Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

A partir de cada ponto foi delineado um transecto de aproximadamente 250 metros onde foram empregadas duas metodologias distintas e complementares.

B.3. Armadilhas de atração

Em cada transecto foram instaladas seis armadilhas de atração do tipo Van Someren-Rydon (VSR) espaçadas cerca de 50 metros entre si, penduradas em ramos ou galhos, de forma que sua base estivesse a um metro de altura e ancorada ao solo. As armadilhas foram revisadas diariamente, durante sete dias, com substituição completa das iscas a cada 48 horas. Cada armadilha é constituída de uma rede tubular de voal, com 70 centímetros de comprimento e um funil invertido interno, fechada na parte superior e contendo, na região inferior, uma plataforma plástica onde é depositada a isca.

Essa plataforma encontra-se presa à rede a uma distância de 3 centímetros, abertura que permite a entrada das borboletas que ficarão aprisionadas no tubo (Figura 8.2-208). Foi utilizada adaptações da isca padrão (HUGHES *et al.*, 1998), feita da mistura de banana madura amassada com caldo de açúcar mascavo, fermentada por 48 horas. As borboletas capturadas foram marcadas com marcador permanente nas asas para evitar recontagens. Subsequentemente foi feita a identificação e soltura dos exemplares.

Figura 8.2-208 – Método de armadilhas de atração (Van Someren-Rydon – VSR) utilizado nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

Da esquerda para a direita: armadilha VSR em campo; montagem da armadilha; revisão da armadilha; e Prepona laertes na isca de atração no empreendimento de Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

B.4. Busca ativa

A amostragem foi complementada com buscas visuais. Os mesmos transectos foram percorridos com esforço amostral padronizado em hora/rede, seguindo metodologia adaptada de POLLARD (1977). O horário de amostragem foi das 9h00 às 16h00, buscando-se acompanhar o horário de maior atividade das borboletas, totalizando sete horas/rede de amostragem por transecto. Foram registrados indivíduos avistados, capturados por rede entomológica ou fotografados (Figura 8.2-209). Uma vez que a habilidade individual de cada

coletor influência no sucesso de detecção dos indivíduos, os dados da busca ativa foram suprimidos das análises padronizadas e utilizados somente para fins qualitativos como a lista de espécies.

Exemplares coletados foram mortos por compressão do tórax e acondicionados em envelopes filatélicos para identificação em laboratório. As identificações foram baseadas em catálogos como os de BROWN JR. (1992), D'ABRERA (1981, 1984, 1987a, 1987b, 1988, 1994, 1995), DEVRIES (1987, 1997), JENKINS (1990) e LOTTS & NABERHAUS (2020).

Figura 8.2-209 – Método de busca ativa utilizado nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE

Descrição - Da esquerda para a direita: captura por rede entomológica; coleta de indivíduo capturado; e registro por fotografia no empreendimento de Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

B.5. Análise de Dados

A avaliação do sucesso amostral observado em relação ao esperado foi feita por meio de curva de rarefação construída a partir de 1000 randomizações dos dados de coleta e plotada juntamente aos estimadores de riqueza *Chao* 2 e *Jackknife* 1, como sugerido por WALTHER & MOORE (2005). Os dados foram obtidos a partir do programa *EstimateS* versão 9.1.0 (COLWELL, 2005). A diversidade em cada ambiente foi calculada com uso do índice de diversidade alfa de Simpson, verificando-se se a diversidade independe do número de indivíduos através da interpolação por riqueza individual rarefeita. A distribuição de indivíduos entre as espécies foi avaliada pelo índice de equitabilidade de Pielou; e a dominância através do índice de Simpson. A descrição da composição de espécies por áreas de influência foi feita por análises de agrupamento (*cluster*) calculada pelo programa *Past* versão 2.17c (HAMMER *et al.*, 2001).

Os critérios para classificação de endemismo, raridade e ameaça de extinção tiveram como base levantamentos de distribuição e conservação de borboletas (BROWN JR., 1992; CITES, 2021; ICMBio, 2018; IUCN, 2021; KERPEL *et al.*, 2014).

C. Resultados e Discussão

C.1. Composição faunística

Durante a duas primeiras campanhas, incluindo ambas as metodologias foram registradas um total de 37 espécies e 2.014 indivíduos, excluindo-se recapturas, distribuídas entre todas as seis famílias de lepidópteros (Tabela 8.2-29). A família com maior abundância foi Nymphalidae, com 92,11% dos registros, seguida de Pieridae (5,56%), Lycaenidae (0,94%), Hesperiidae (0,70%), Riodinidae (0,55%) e Papilionidae (0,15%). A família com mais número de espécies foi Nymphalidae (48,65%), seguida de Pieridae (18,92%), Hesperiidae (16,22%), Riodinidae (8,11%), Lycaenidae (5,41%) e Papilionidae (2,70%). Vale observar que o elevado número de nimphalídeos, semelhante ao levantamento anterior na área de estudo (ARCADIS LOGOS, 2014), está diretamente associado ao uso de armadilhas de atração, cujo método de captura é exclusivo e altamente eficiente para a guilda frugívora. Somente no método de armadilhas de atração foram capturadas 1.836 borboletas, todas da família Nymphalidae, distribuídas em 4 subfamílias (Biblidinae, Charaxinae, Nymphalinae e Satyrinae) e 12 espécies.

Tabela 8.2-29 - Composição taxonômica da fauna de borboletas das duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria.

FAMÍLIA	ABUNDÂCIA TOTAL	ABUNDÂNCIA (%)	RIQUEZA TOTAL	RIQUEZA (%)
Hesperiidae	14	0,70%	6	16,22%
Lycaenidae	19	0,94%	2	5,41%
Nymphalidae	1.855	92,11%	18	48,65%
Papilionidae	3	0,15%	1	2,70%
Pieridae	112	5,56%	7	18,92%
Riodinidae	11	0,55%	3	8,11%
Total	**2.014**		**37**	

Abundância = número total de indivíduos. Riqueza = número total de espécies.

As três espécies mais abundantes, que juntas compõe a elevada dominância de 89,28% do total de borboletas registradas foram: *Hamadryas februa* (846 indivíduos); *Eunica tatila* (734 indivíduos); *Fountainea halice moretta* (218 indivíduos); todas, capturas em armadilhas de atração. Composições de dominância semelhantes também foram encontradas anteriormente na área de estudo (ARCADIS LOGOS, 2014) e em outra região do semiárido do Ceará (NOBRE *et al.*, 2012). De modo geral, a fauna de borboletas da área de estudo é

composta por espécies características de ambientes abertos e/ou secundários, como esperado para o bioma da Caatinga (NOBRE *et al.*, 2008).

A Tabela 8.2-30 traz a lista de espécies registradas durante as duas campanhas, em ambos os métodos, com suas respectivas abundâncias e particularidades ecológicas em relação à endemismo, distribuição geográfica restrita, sensibilidade, hábitos e potenciais de bioindicação. *Fountainea halice moretta* e *Hypna clytemnestra forbesi são* sugeridas como endêmicas para o semiárido (SOARES *et al.*, 1999; ZACCA & BRAVO, 2012), apesar de possuírem ampla distribuição. O *status* de conservação foi definido de acordo com as listas nacional (MMA, 2014)) e internacionais (CITES, 2021; IUCN, 2021) para espécies ameaçadas de extinção. Apesar de não existirem registros de espécies ameaçadas para o local, seja por dados primários ou secundários (ARCADIS LOGOS, 2014), isso não significa que não há borboletas no semiárido sob risco de extinção, alertando que as pesquisas e conhecimentos científicos nesta área ainda são muito superficiais.

Tabela 8.2-30 - Lista de espécies e suas abundâncias, status de conservação, particularidades ecológicas, método de captura e ocorrências nas áreas de influência das duas primeiras campanhas (estação seca e chuvosa) do Projeto Santa Quitéria.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	ABUNDÂNCIA	STATUS DE CONSERVAÇÃO[1]	PARTICULARIDADES ECOLÓGICAS[2]	MÉTODO[3]	CAMPANHA	ÁREA DE OCORRÊNCIA
Hesperiidae	*Aguna asander*	3	-	-	BA	2	ADA, Controle
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.1*	1	-	-	BA	1	AID
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.2*	1	-	-	BA	2	AID
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.3*	1	-	-	BA	2	AID
Hesperiidae	*Pyrgus orcus*	3	-	-	BA	1	AID
Hesperiidae	*Zopyrion evenor thania*	5	-	-	BA	1	ADA, AID
Lycaenidae	*Hemiargus hanno*	16	-	-	BA	1	ADA, AID, Controle
Lycaenidae	*Leptotes cassius*	3	-	-	BA	1	AID
Nymphalidae	*Callicore sorana*	3	-	bioindicadora	VSR	1 e 2	AID
Nymphalidae	*Danaus gilippus*	2	-		BA	1 e 2	ADA, AID
Nymphalidae	*Dione juno*	1	-		BA	2	AID
Nymphalidae	*Dryas iulia*	2	-		BA	2	AID
Nymphalidae	*Dynamine postverta*	1	-		BA	1	AID
Nymphalidae	*Eunica macris*	1	-	Bioindicadora	VSR	1	AID
Nymphalidae	*Eunica tatila*	734	-	Bioindicadora	VSR	1 e 2	ADA, AID, Controle

FAMÍLIA	ESPÉCIE	ABUNDÂNCIA	STATUS DE CONSERVAÇÃO[1]	PARTICULARIDADES ECOLÓGICAS[2]	MÉTODO[3]	CAMPANHA	ÁREA DE OCORRÊNCIA
Nymphalidae	*Fountainea halice moretta*	218	-	endêmica; bioindicadora	VSR	1 e 2	ADA, AID, Controle
Nymphalidae	*Hamadryas februa*	846	-	Bioindicadora	VSR	1 e 2	ADA, AID, Controle
Nymphalidae	*Heliconius erato*	1	-		BA	1	AID
Nymphalidae	*Historis acheronta*	3	-		VSR	2	AID
Nymphalidae	*Hypna clytemnestra*	4	-	endêmica; bioindicadora	BA, VSR	1 e 2	ADA, AID
Nymphalidae	*Junonia evarete*	9	-		BA	1 e 2	ADA, AID, Controle
Nymphalidae	*Mestra dorcas*	1	-		BA	2	ADA
Nymphalidae	*Opsiphanes invirae*	1	-	Bioindicadora	VSR	2	AID
Nymphalidae	*Pharneuptychia aff. phares*	25	-	Bioindicadora	VSR	1 e 2	ADA, AID, Controle
Nymphalidae	*Prepona laertes*	2	-	Bioindicadora	BA, VSR	1	AID
Nymphalidae	*Taygetis cf. laches*	1	-	Bioindicadora	VSR	1	AID
Papilionidae	*Battus polydamas*	3	-	-	BA	1 e 2	ADA, AID
Pieridae	*Anteos clorinde*	3	-	-	BA	2	ADA, AID
Pieridae	*Aphrissa statira*	27	-	migratória	BA	1 e 2	ADA, AID, Controle

FAMÍLIA	ESPÉCIE	ABUNDÂNCIA	STATUS DE CONSERVAÇÃO[1]	PARTICULARIDADES ECOLÓGICAS[2]	MÉTODO[3]	CAMPANHA	ÁREA DE OCORRÊNCIA
Pieridae	*Ascia monuste*	39	-	migratória	BA	1 e 2	ADA, AID, Controle
Pieridae	*Eurema cf. albula*	1	-	-	BA	1	AID
Pieridae	*Eurema elathea*	30	-	-	BA	1 e 2	ADA, AID
Pieridae	*Phoebis sennae*	8	-	migratória	BA	2	ADA, AID, Controle
Pieridae	*Pyrisitia nise*	4	-	-	BA	1	ADA, AID
Riodinidae	*Aricoris campestris*	5	-	-	BA	1 e 2	ADA, AID
Riodinidae	*Aricoris middletoni*	1	-	-	BA	1	AID
Riodinidae	*Aricoris propitia*	5	-	-	BA	1 e 2	AID

[1]Status de conservação segundo CITES (2021), ICMBio (2018) e IUCN (2021); [2]Particularidades ecológicas incluem dados sobre endemismo, distribuição geográfica, sensibilidade ambiental, hábito e bioindicação; [3]BA – busca ativa, VSR – armadilha de atração Van Someren-Rydon, no Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

C.2. Eficiência amostral

O presente estudo, que contou com a soma de 16 dias de amostragem, teve uma eficiência na captura de espécies de 37,37% em relação ao potencial de espécies previamente registradas na área (ARCADIS LOGOS, 2014), subindo para 66,11% das espécies quando consideramos apenas as obtidas por armadilhas. Em comparação aos dados secundários, somam-se 13 espécies novas aos registros: *Aguna asander*, *Anteos clorinde*, *Danaus gilippus*, *Dione juno*, *Dryas iulia*, *Eunica macris*, *Opsiphanes invirae*, *Prepona laertes*, *Phoebis statira*, *Aricoris middletoni* e três Hesperiidae (sp.1, sp.2 e sp.3) que aguardam identificação.

Foi elaborada uma única curva do coletor, tendo em vista a homogeneidade fitofisionômica da paisagem nas áreas amostrais. Levando em conta apenas os dados padronizados do método de captura por armadilhas de atração, observa-se que a curva de rarefação de espécies (Figura 8.2-210) não atinge a assíntota, com o acúmulo de espécies criando um suave padrão de ascensão ao longo dos dias de campo. De acordo com o estimador *Chao* 2 a amostragem alcançou a eficiência de 88,71% das 12,4 borboletas frugívoras previstas pelo modelo; enquanto o segundo o estimador *Jackknife* 1 esse valor chegou de 76,65% das 13,65 espécies de borboletas previstas.

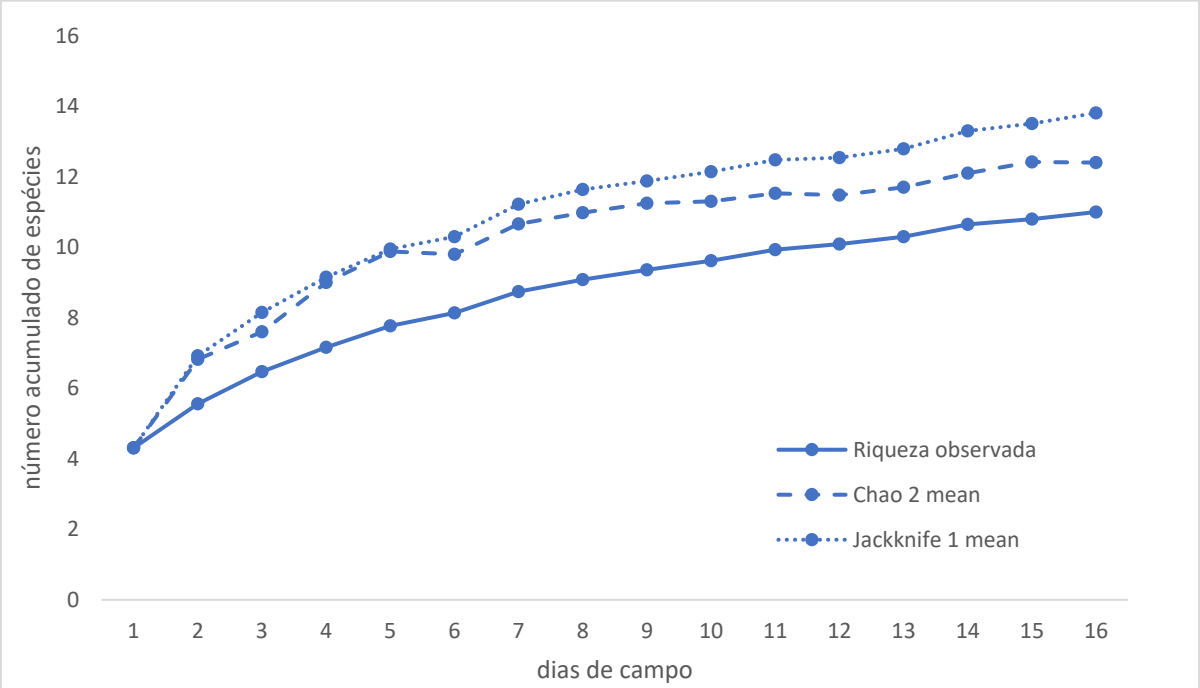


Figura 8.2-210 - Curvas de rarefação (1000 randomizações) para borboletas registradas pelo método de armadilhas de atração na campanha da estação seca e na campanha da estação chuvos na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

Dessa forma, de acordo com as observações dos dados secundários e dos estimadores de rarefação, podemos afirmar que novas espécies podem ser adicionadas ao inventário com a continuidade das amostragens. A despeito disso, um alto percentual da Riqueza estimada para a área foi atingido com as amostragens do presente estudo.

No estudo previamente realizado na área do projeto, na ocasião do levantamento de dados para o EIA elaborado em 2011, o número de espécies frugívoras estimadas pelo índice *Chao2* foi de 18±0,13 espécies; enquanto que pelo estimador *Jackknife 1* foi de 19,8±1,2 espécies, números superiores aos resultados encontrados no presente estudo utilizando os mesmos estimadores (Figura 8.2-211). Assim, considera-se que a amostragem realizada foi satisfatória para a caracterização do grupo na área do Projeto Santa Quitéria.

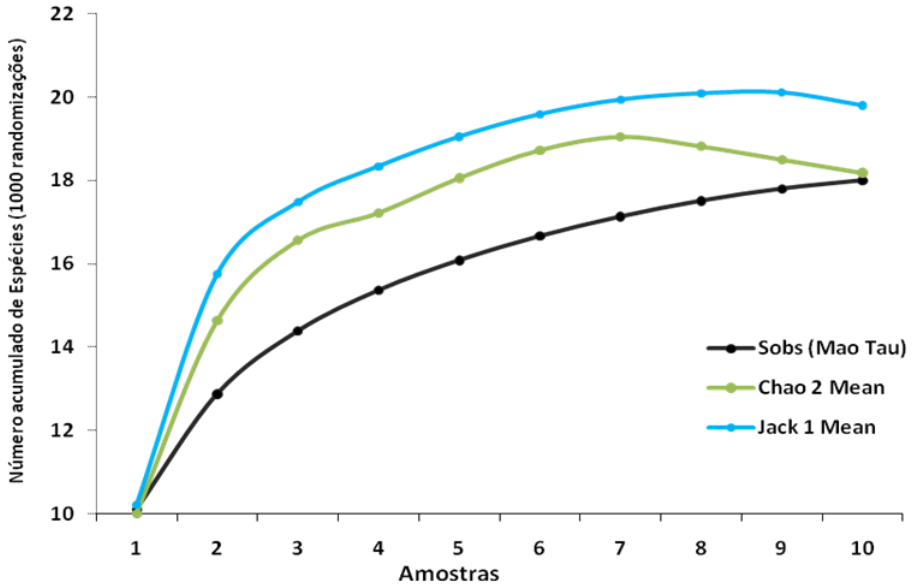


Figura 8.2-211 - Curvas de rarefação (1000 randomizações) para borboletas registradas no EIA anterior pelo método de armadilhas de atração na área de influência do do Projeto Santa Quitéria, no estudo realizado em 2011 (ARADIS LOGOS, 2014).

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014

C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou federal

Não foram registradas espécies ameaçadas neste estudo, na esfera internacional, nacional ou estadual (ICMBio, 2018; IUCN, 2020).

C.4. Espécies bioindicadoras, endêmicas, Migratórias, raras e não descritas

As seguintes espécies são consideradas bioindicadoras: *Callicore sorana, Eunica macris, Eunica tatila Fountainea halice moretta, Hamadryas februa, Hypna clytemnestra, Opsiphanes invirae, Pharneuptychia aff. Phares, Prepona laertes, Taygetis cf. laches*. Já as espécies migratórias são: *Aphrissa statira e Ascia monuste*.

C.5. Espécies cinegéticas, domésticas, invasoras e exóticas

Não são encontradas espécies cinegéticas, domésticas, invasoras para o grupo. Não ocorreram espécies exóticas.

C.6. Comparação entre áreas, índices de Diversidade e similaridade e Distribuição espacial

A maior abundância e riqueza, no método de armadilhas de atração, foi registrada no ponto 6, com 519 indivíduos e 10 espécies de borboletas frugívoras. A menor abundância e riqueza ocorreu no ponto 5 com 132 indivíduos e três espécies. Com base nessas composições, foram possíveis os cálculos de alguns índices ecológicos da comunidade: a maior diversidade alfa de Simpson foi registrada no ponto 3 (1-D=0,649), enquanto a menor foi no ponto 6 (1-D=0,387). A comunidade mais equitativa (com a distribuição mais homogênea de indivíduos dentro das espécies encontradas) pertence ao ponto 5 (e^H/S=0,845), e a menos equitativa ao ponto 6 (e^H/S=0,222). A menor dominância foi calculada para o ponto 3 (D=0,351), e a maior para o ponto 6 (D=0,613). A Tabela 8.2-31 traz os valores para cada ponto individualmente.

Tabela 8.2-31 - Abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por ponto amostral, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

	1	2	3	4	5	6	7
Área de Influência	AID	ADA	AID	AID	ADA	AID	Controle
Abundância	354	205	234	205	132	519	187
Riqueza	6	4	6	5	3	10	4
Diversidade de *Simpson* (1-D)	0,510	0,645	0,649	0,592	0,569	0,387	0,588
Equitabilidade de *Pielou* (e^H/S)	0,419	0,749	0,524	0,547	0,845	0,222	0,692
Dominância de *Simpson* (D)	0,490	0,355	0,351	0,408	0,431	0,613	0,412

Cada coluna corresponde à um ponto amostral, conforme Tabela 6.3.2-1.

Para dar suporte aos índices de diversidade, verificou-se se a diversidade independe do número de indivíduos através da interpolação por riqueza rarefeita, uma vez que somente as capturas de *Hamadryas februa*, *Fountainea halice moretta* e *Eunica tatila* representam 97,93% (1.836 indivíduos) do total de borboletas frugívoras. Pela análise de corte ilustrada na Figura 8.2-212 notamos que o ponto 3 permanece como o local de maior diversidade, enquanto a menor diversidade passa a ser estimada para o ponto 5.

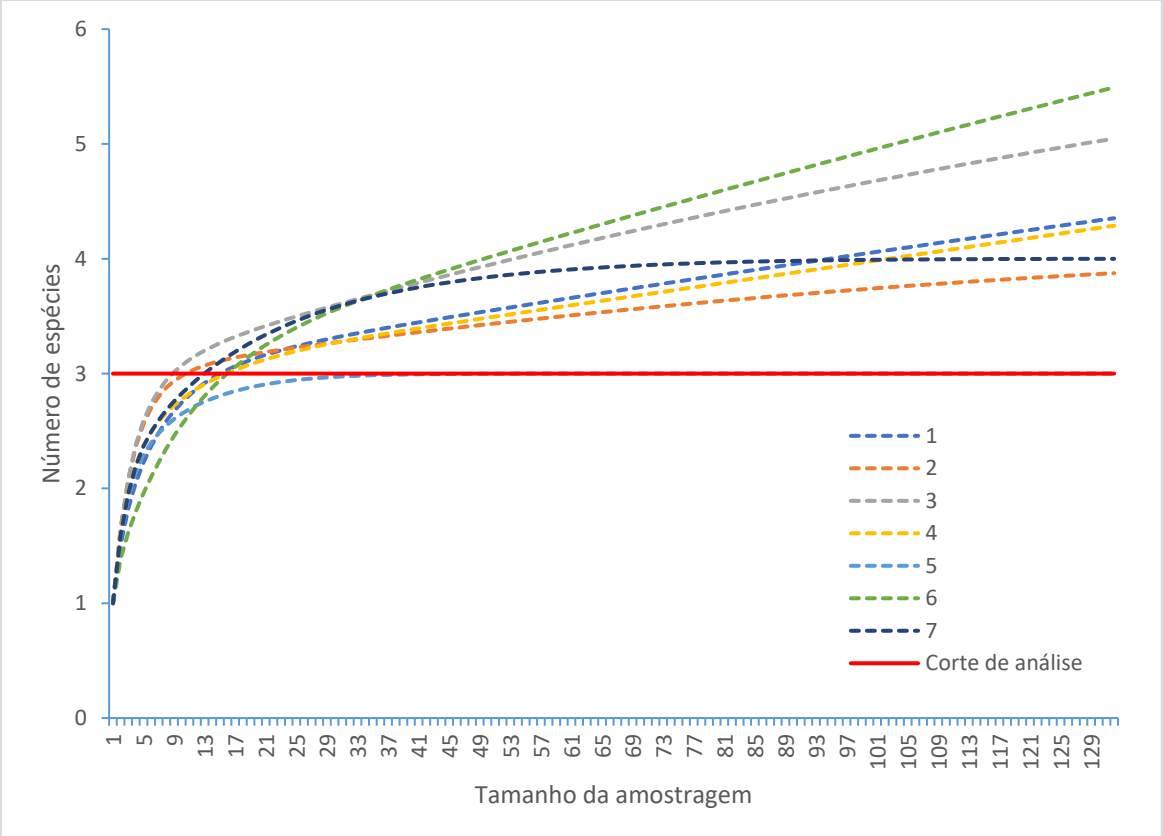


Figura 8.2-212 - Rarefação individual dos pontos amostrais, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

Corte da análise determinado pela menor diversidade dos pontos de amostragem do projeto de Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. (S_{min}=3).

Sob todos os aspectos analisados, apesar do ponto 6 possuir a comunidade mais rica e abundante, a elevada dominância de *Hamadryas februa* a torna a menos diversa e equitativa. Estes resultados devem ser observados com cautela, uma vez que o ponto 6 destaca-se pelas suas particularidades ecológicas em relação aos outros pontos. Localizado na calha do rio das Guaribas, ele é cercado por duas encostas de elevado aclive, que confere propriedades específicas de heterogeneidade de habitat, sombreamento, e disponibilidade hídrica ao local; fatores que podem influenciar diretamente a disponibilidade de abrigo e recursos para a fauna local (DEVRIES *et al.*, 1997; SCHULTZ *et al.*, 2012; WHITTAKER, 1972) e durante a época seca servirem para o refúgio de borboletas com maiores capacidades de deslocamento.

A Tabela 8.2-32 mostra as diferenças na composição da comunidade de borboletas frugívoras quando observamos apenas a área diretamente afetada (ADA), a área de influência direta (AID) e área controle. Tanto o número de indivíduos quanto o número de espécies foram superiores na AID (1.312 indivíduos e 11 espécies). As menores riquezas foram verificadas na ADA e na área controle, ambas com 4 espécies. A área de influência menos

abundante foi a área controle, em consonância com seu número reduzido de armadilhas. A ADA obteve a maior diversidade e equitabilidade (1-D=0,620; e^H/S=0,711) e a menor dominância (D=0,380); a área controle foi a menos diversa (1-D=0,588) e a com maior dominância (D=0,412). A menor equitabilidade foi registrada na AID (e^H/S=0,265). Observando a curva de rarefação individual (Figura 8.2-213), notamos que no ponto de corte (S_{min}=4) a ADA apresenta uma estimativa de maior diversidade, reforçando as análises dos índices de diversidade.

Tabela 8.2-32 - Esforço amostral, abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por área de influência, pelo método de armadilhas de atração, nas duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Itatira, CE.

	ADA	AID	CONTROLE
Número de armadilhas	12	24	6
Abundância	337	1.312	187
Riqueza	4	11	4
Espécies exclusivas	0	7	0
Diversidade de Simpson (1-D)	0,620	0,605	0,588
Equitabilidade de Pielou (e^H/S)	0,711	0,265	0,692
Dominância de Simpson (D)	0,380	0,395	0,412

ADA = Área diretamente afetada; AID = Área de influência direta.

Não foram observadas espécies de borboletas frugívoras de ocorrência exclusiva à ADA e área controle, enquanto 7 espécies foram registradas apenas na AID: *Callicore sorana, Eunica macris, Historis acheronta, Hypna clytemnestra, Opsiphanes invirae, Prepona laertes* e *Taygetis laches*. Dentre as espécies registradas pelo método de busca ativa houve 4 espécies exclusivas à AID, e somente o Nymphalidae *Mestra dorcas* foi exclusivo à ADA.

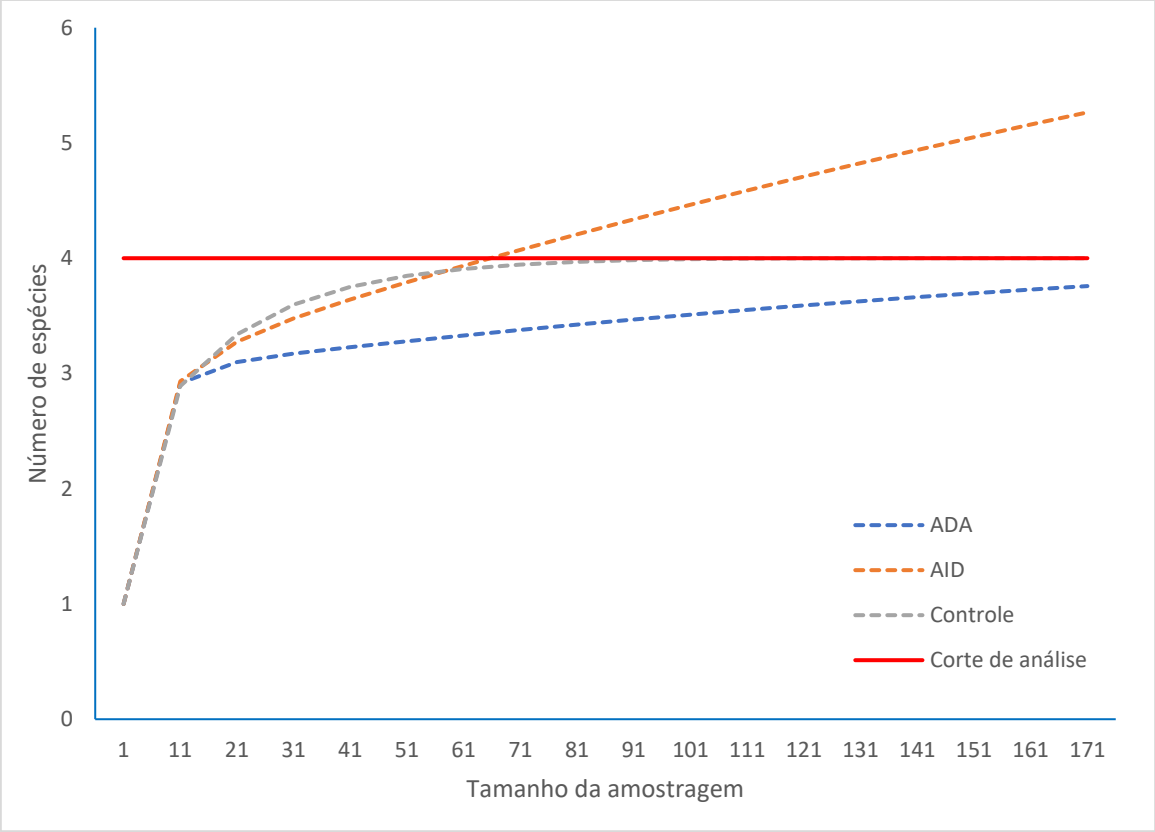


Figura 8.2-213 - Rarefação individual das áreas de influência, pelo método de armadilhas de atração, nas duas campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Itatira, CE.

Corte da análise determinado pela menor diversidade dos pontos de amostragem do projeto de Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE. (S_{min}=4).

A análise de composição de espécies (Figura 8.2-214-) entre os pontos amostrais, destacando suas áreas de influência, indica um agrupamento principal dos pontos 2 (ADA), 3 (AID) e 4 (AID). Por outro lado, os pontos 1 (AID) e 6 (AID) apresentam as menores similaridades em relação ao conjunto, e por isso se encontram isolados no plano cartesiano.

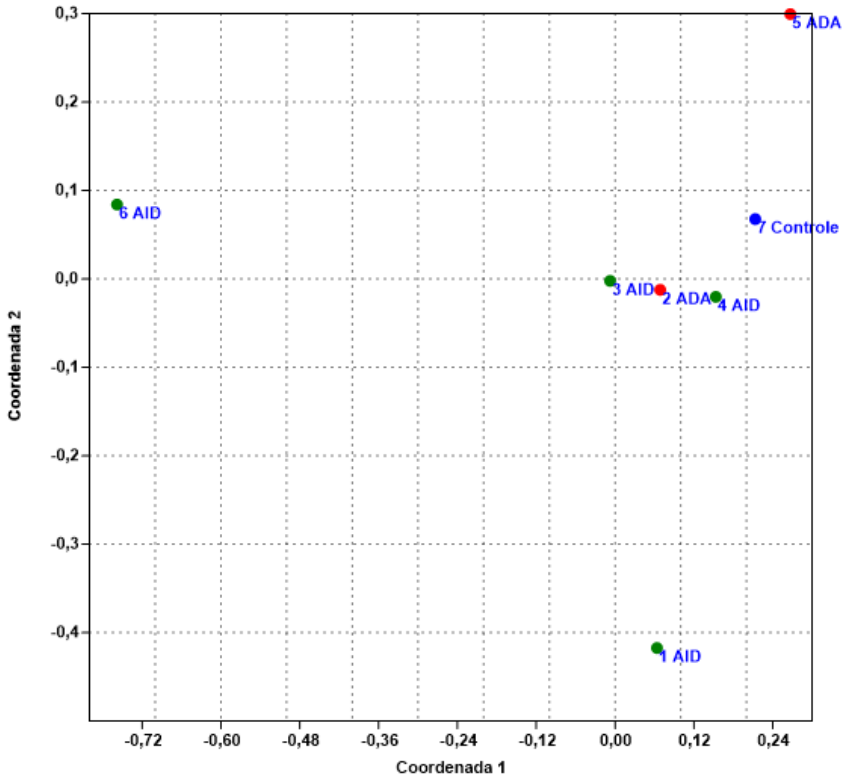


Figura 8.2-214 - Análise da composição de espécies (NMDS, índice de similaridade de Bray-Curtis), pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

A análise, quando aliada às observações de campo, torna possível traçar algumas suposições sobre a semelhança entre os pontos. Os pontos 1 e 6, em especial, estão localizados em fundos de vale, cercados por serras de 500 metros de altitude, criando uma fisionomia bastante particular em relação aos demais pontos. Sabe-se que a comunidade de borboletas é sensível a gradientes altitudinais e de relevo, como por exemplo pela oferta de micro-habitats, heterogeneidade da vegetação ou sombreamento provocado pelas encostas (BEIRÃO, 2016; CARNEIRO *et al.*, 2014; HENRIQUES *et al.*, 2019; PIRES, 2014). Já o Ponto 5 apresenta evidente histórico de degradação antrópica, onde a caatinga encontra-se rarefeita e em estágio secundário, refletindo diretamente na baixa diversidade de borboletas e a alta dominância de espécies de áreas abertas.

C.7. Distribuição temporal

Ambas as campanhas obtiveram desempenho aproximado em sua composição faunística (Tabela 8.2-33): Foram verificadas 9 espécies na primeira campanha, sendo 3 exclusivas (*Eunica macris, Prepona laertes* e *Taygetis laches*) e 8 espécies na segunda

campanha, com 2 espécies exclusivas (*Historis acheronta* e *Opsiphanes invirae*). A segunda campanha apresentou menor diversidade, equitabilidade, e maior dominância, é possível que na ocasião houvesse baixa de recursos, favorecendo espécies menos sensíveis e generalistas em relação ao uso de recursos.

Tabela 8.2-33 - Estação, abundância, riqueza e índices ecológicos das borboletas registradas, por campanha, pelo método de armadilhas de atração, nas duas primeiras campanhas (C1 e C2) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria, CE.

	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA
Estação[1]	Seca	chuvosa
Abundância	999	837
Riqueza	9	8
Espécies exclusivas	3	2
Diversidade de Simpson (1-D)	0,558	0,488
Equitabilidade de Pielou (e^H/S)	0,301	0,298
Dominância de Simpson (D)	0,442	0,512

[1]Período sazonal referente à presença ou à ausência de chuvas regulares.

C.8. Relevância regional (comparação entre dados primários e secundários)

O estudo de impacto ambiental realizado preliminarmente na área de estudo (ARCADIS LOGOS, 2014) registrou, em 10 dias de amostragem, em duas estações do ano, um total de 99 espécies de borboletas, das quais 18 foram registradas pelo método de armadilhas de atração. No presente estudo, durante a duas campanhas, incluindo ambas as metodologias, foram registradas um total de 37 espécies e 2.014 indivíduos. Embora o número de espécies registradas seja consideravelmente inferior ao registrados pelos dados secundários, no presente estudo somam-se 13 espécies novas aos registros, aperfeiçoando, mesmo que ligeiramente, o conhecimento sobre a lepidopterofauna local e regional, que, como citada inicialmente, é representada por uma escassez de levantamentos e trabalhos divulgados.

A partir dos levantamentos de NOBRE et al. (2008, 2012) e da ARCADIS LOGOS (2014) foram listadas 123 espécies de borboletas com potencial de ocorrência na área de estudo. Os trabalhos foram selecionados baseando-se na proximidade geográfica e na semelhança de habitat para uma caatinga atípica, que contém além das particularidades próprias do bioma, elementos do Cerrado, campo rupestre e mata atlântica (NOBRE et al., 2008).

Quadro 8.2-1 - Lista de espécies na área de influência indireta (AII) obtida a partir de dados secundários para o Projeto Santa Quitéria.

FAMÍLIA	NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Hesperiidae	*Aguna albistria*		x	
Hesperiidae	*Aguna asander*	x		1
Hesperiidae	*Astraptes fulgerator*		x	
Hesperiidae	*Astraptes anaphus*		x	
Hesperiidae	*Callimormus saturnus*		x	
Hesperiidae	*Chioides catillus*		x	1
Hesperiidae	*Chiomara asychis*		x	1
Hesperiidae	*Cogia calchas*		x	1
Hesperiidae	*Cogia* sp.		x	1
Hesperiidae	*Epargyreus socus*		x	1
Hesperiidae	*Gesta gesta*		x	1
Hesperiidae	*Gorgythion sp.*		x	
Hesperiidae	*Heliopetes alana*		x	
Hesperiidae	*Heliopetes arsalte*		x	1
Hesperiidae	*Heliopyrgus domicella*		x	
Hesperiidae	*Hesperiinae* sp.		x	
Hesperiidae	*Hylephila phyleus*			1
Hesperiidae	*Mylon* sp.		x	1
Hesperiidae	*Nisoniades macarius*		x	
Hesperiidae	*Nisoniades* sp.		x	
Hesperiidae	*Panoquina lucas*			1
Hesperiidae	*Perichares philetes*		x	1
Hesperiidae	*Polyctor polyctor*		x	
Hesperiidae	*Proteides mercurius*			1
Hesperiidae	*Pyrgus orcus*	x	x	1
Hesperiidae	*Pyrgus veturius*			1
Hesperiidae	*Spathilepia clonius*		x	
Hesperiidae	*Staphylus* sp.		x	

FAMÍLIA	NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Hesperiidae	*Timochares trifasciata*		x	1
Hesperiidae	*Trina geometrina*		x	
Hesperiidae	*Typhedanus undulatus*		x	1
Hesperiidae	*Urbanus dorantes*		x	1
Hesperiidae	*Urbanus procne*			1
Hesperiidae	*Urbanus proteus*		x	1
Hesperiidae	*Zopyrion evenor thania*	x	x	1
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.1*	x		
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.2*	x		
Hesperiidae	*Hesperiidae sp.3*	x		
Lycaenidae	*Arawacus ellida*			1
Lycaenidae	*Atlides polybe*			1
Lycaenidae	*Chlorostrymon simaethis*		x	1
Lycaenidae	*Cyanophrys* sp.		x	
Lycaenidae	*Electrostrymon endymion*		x	1
Lycaenidae	*Hemiargus hanno*	x	x	1
Lycaenidae	*Kizutam syllis*		x	1
Lycaenidae	*Leptotes cassius*	x	x	1
Lycaenidae	*Michaelus jebus*			1
Lycaenidae	*Ministrymon azia*			1
Lycaenidae	*Ostrinotes* sp.		x	
Lycaenidae	*Pseudolycaena marsyas*		x	1
Lycaenidae	*Rekoa marius*			1
Lycaenidae	*Rekoa palegon*		x	
Lycaenidae	*Rubroserrata ecbatana*		x	1
Lycaenidae	*Strymon astiocha*		x	1
Lycaenidae	*Strymon bazochii*		x	1
Lycaenidae	*Strymon bubastus*		x	1
Lycaenidae	*Strymon cestri*		x	1

FAMÍLIA	NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Lycaenidae	*Strymon crambusa*		x	1
Lycaenidae	*Strymon mulucha*		x	1
Lycaenidae	*Strymon rufofusca*		x	1
Lycaenidae	*Theclinae* sp.		x	
Lycaenidae	*Tmolus echion*		x	
Nymphalidae	*Adelpha iphicleola*		x	1
Nymphalidae	*Agraulis vanillae*		x	1
Nymphalidae	*Anartia jatrophae*		x	1
Nymphalidae	*Anthanassa frisia*		x	
Nymphalidae	*Biblis hyperia*		x	1, 2
Nymphalidae	*Calicore sorana*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Danaus eresimus*			1
Nymphalidae	*Danaus erippus*		x	1
Nymphalidae	*Danaus gilippus*	x		1
Nymphalidae	*Danaus* sp.		x	
Nymphalidae	*Dynamine arene*		x	
Nymphalidae	*Dynamine artemisia*		x	
Nymphalidae	*Dynamine postverta*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Dyas julia*			
Nymphalidae	*Dione Juno*	x		
Nymphalidae	*Episcada hymenaea*		x	1
Nymphalidae	*Eueides isabella*		x	1
Nymphalidae	*Eunica macris*	x		
Nymphalidae	*Eunica tatila*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Euptiichiini* sp.		x	
Nymphalidae	*Euptoieta hegesia*		x	1
Nymphalidae	*Fountainea glycerium*		x	1, 2
Nymphalidae	*Fountainea halice moretta*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Fountainea ryphea*		x	

FAMÍLIA	NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Nymphalidae	*Hamadryas februa*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Hamadryas feronia*		x	1, 2
Nymphalidae	*Heliconius erato*	x		1
Nymphalidae	*Hermeuptychia hermes*		x	
Nymphalidae	*Historis acheronta*	x		1, 2
Nymphalidae	*Hypna clytemnestra*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Junonia evarete*	x	x	1
Nymphalidae	*Libytheana carinenta*		x	1
Nymphalidae	*Lycorea halia*		x	1
Nymphalidae	*Marpesia chiron*			1
Nymphalidae	*Mechanitis lysimnia*			1
Nymphalidae	*Mestra dorcas*	x	x	1
Nymphalidae	*Opsiphanes invirae*	x		1, 2
Nymphalidae	*Ortilia ithra*		x	1
Nymphalidae	*Pharneuptychia phares*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Phystis simois*		x	1
Nymphalidae	*Prepona laertes*	x		2
Nymphalidae	*Pyrrhogyra amphiro*		x	
Nymphalidae	*Siproeta stelenes*		x	1
Nymphalidae	*Taygetis laches*	x	x	1, 2
Nymphalidae	*Yphthimoides affinis*		x	
Nymphalidae	*Zaretis isidora*			2
Papilionidae	*Battus polydamas*	x	x	1
Papilionidae	*Heraclides anchisiades*			1
Papilionidae	*Heraclides thoas*			1
Pieridae	*Anteos clorinde*	x		1
Pieridae	*Aphryssa statira*	x	x	1
Pieridae	*Ascia monuste*	x	x	1
Pieridae	*Eurema albula*	x	x	1

FAMÍLIA	NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Pieridae	*Eurema arbela*		x	
Pieridae	*Eurema elathea*	x	x	1
Pieridae	*Glutophryssa drusilla*		x	1
Pieridae	*Itaballia demophile*		x	
Pieridae	*Phoebis philea*			1
Pieridae	*Phoebis sennae*	x	x	1
Pieridae	*Pyrisitia nise*	x	x	1
Riodinidae	*Aricoris middletoni*			
Riodinidae	*Aricoris campestris*	x	x	1
Riodinidae	*Aricoris propitia*	x		
Riodinidae	*Aricoris epulus*		x	
Riodinidae	*Baeotis johannae*			1
Riodinidae	*Emesis guttata jaibensis*		x	1
Riodinidae	*Hallonympha paucipuncta*		x	1
Riodinidae	*Melanis aegates*		x	
Riodinidae	*Synargis calyce*		x	1

Legenda: Dados Secundários: 1 Nobre et al. (2008); 2 Nobre et al. (2012)

C.9. Comparação entre dados do EIA-RIMA 2011 e presente estudo

Comparando-se o presente estudo com levantamentos pretéritos (ARCADIS LOGOS, 2014), observa-se, além de grandes assimetrias na composição da fauna de borboletas, algumas diferenças metodológicas: O presente estudo contou com um período de amostragem total seis dias maior que o primeiro EIA, contemplando menos estações sazonais. Apesar de localizados na mesma área de estudo, este EIA também utilizou 2 transectos a mais que o anterior, de modo que tais aprimoramentos metodológicos aumentaram a eficiência amostral do EIA atual em 244% comparado ao anterior, quando observados sob a relação do número de armadilhas x transectos x dias.

Desse modo pode-se afirmar que os dados até o presente levantados para o grupo na área do Projeto Santa Quitéria são suficientes para uma avaliação adequada da viabilidade locacional do projeto.

Mesmo com menor eficiência amostral o EIA de 2014 conseguiu reunir um total de 6.830 borboletas frugívoras capturadas, um número expressivamente maior em relação ao presente levantamento com 2.014 borboletas, entre frugívoras e não frugívoras. O mesmo é observado em relação à riqueza, onde o EIA de 2014 registrou 99 espécies frugívoras, e o presente estudo registrou 37 espécies entre frugívoras e não frugívoras.

A considerações sobre tais discrepâncias foram discutidas ao longo das seções desse relatório.

D. Considerações Finais

Os resultados observados para *Fountainea halice moretta* indicam a espécie como bioindicadora para estudos de dinâmica de populações no local. O fato de essa espécie ser característica ao bioma semiárido, de fácil amostragem e sexagem e possuir uma população abundante e saudável em toda área de estudo, permite o monitoramento populacional da espécie para avaliação dos impactos do empreendimento sobre toda fauna de borboletas e outros organismos (UEHARA-PRADO *et al.*, 2009). Também é importante destacar que uma atenção especial deve ser dirigida às espécies de baixa abundância encontradas neste estudo. Aguiar et al. (2009) destacam como diretriz urgente a realização de coletas em regiões mal conhecidas e hábitats pouco explorados. Nesse contexto, e como corroborado por Santos & Mielke (2008), o semiárido como um todo continua sendo considerada como uma área prioritária para inventários da fauna de borboletas.

De modo geral, é esperado que haja um aumento significativo do número de espécies registradas na estação chuvosa em relação à estação seca, quando os recursos do ecossistema são deplecionados e os organismos sofrem quedas populacionais. A diferença no número de espécies no presente estudo em comparação ao estudo de ARCADIS LOGOS (2014) no mesmo local, possivelmente resulta deste ter sido realizado em época de maior pluviosidade. Assim, podemos afirmar que estudos subsequentes possivelmente resultarão em adendas à composição e dinâmica da fauna de borboletas da área de estudo. A despeito disso, pode-se considerar que o levantamento realizado no âmbito do presente EIA, somado ao conhecimento prévio relatado pelos resultados dos levantamentos de dados primários realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), são suficientes para a caracterização dos lepidópteros na área do Projeto santa Quitéria, de modo a possibilitar uma adequada avaliação sobre a viabilidade locacional do empreendimento.

É inegável a importância do monitoramento de impactos ambientais durante todas as fases de um empreendimento, porém ele é muitas vezes deixado de lado pelos seus elevados custos de execução ou complexidade logísticas. Entretanto, borboletas, em especial as frugívoras, por serem grandes, coloridas e de fácil identificação, são um dos melhores e mais

baratos organismos para serem utilizados como bioindicadores para programas de conservação com confiança satisfatória e que permitem extrapolações para todo o ecossistema (BROWN & FREITAS, 1999; COSTA-PEREIRA *et al.*, 2013; NEW, 1997; NOBRE *et al.*, 2014). Por esses motivos sugere-se o emprego de um programa de monitoramento regular e contínuo com o uso desses organismos, a fim de não apenas gerar respostas rápidas sobre os impactos, mas alavancar o escasso conhecimento existente do grupo para esse importante bioma brasileiro.

E. Relatório fotográfico

Figura 8.2-215 - *Hesperiidae sp.*1, vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-216 - *Pyrgus orcus* (Hesperiidae), vista dorsal. Ponto 3. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-217 - *Zopyrion evenor thania* (Hesperiidae), vista ventral. Ponto 2. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-218 - *Callicore sorana* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-219 -: *Eunica macris* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-220 - *Eunica tatila* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-221 - *Fountainea halice moretta* (Nymphalidae) macho, vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-222 -:*Fountainea halice moretta* (Nymphalidae) fêmea, vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-223 - *Fountainea halice moretta* (Nymphalidae), vista ventral. Ponro 3. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-224 - *Pharneuptychia aff*. Phares (Nymphalidae), vista ventral. Ponto Controle. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-225 - *Hamadryas februa* (Nymphalidae), vista dorsal. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-226 - *Prepona laertes* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 6. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-227 - *Historis acheronta* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 1. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-228 - *Mestra dorcas* (Nymphalidae), vista ventral. Ponto 2. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-229 - *Junonia evarete* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-230 - *Taygetis laches* (Nymphalidae), vista ventral. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-231 - *Ascia monuste* (Pieridae), vista ventral. Ponto 3. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-232 - *Aricoris campestres* (Riodinidae). Ponto 1. Santa Quitéria, CE.

Figura 8.2-233 - *Aricoris propitia* (Riodinidae). Ponto 3. Santa Quitéria, CE.

8.2.1.1.7. Apidae

A. Introdução

Dentre a grande diversidade de polinizadores, as abelhas constituem o grupo mais importante (MICHENER, 2007), pois são responsáveis pela manutenção da base da cadeia alimentar nos ecossistemas silvestres, e, por meio da polinização, garantem a reposição e manutenção das populações de plantas nos ecossistemas naturais (MMA, 2014). As abelhas retiram recursos das plantas, principalmente das flores, que são usados para construção dos ninhos, alimentação e reprodução. Os recursos usados pelas abelhas são a seiva, resina, óleos, fragrâncias, néctar e pólen (ROUBICK, 1989; MICHENER, 2007). Em relação à coleta de recursos florais, como o pólen, existem espécie de abelhas oligoléticas, que são abelhas especializadas em coletar polén em flores de plantas filogeneticamente próximas, muitas vezes de uma mesma família ou gênero (MICHENER, 2007).

Atualmente são descritas 678 espécies de abelhas para o Brasil, entretanto, devido à diversidade de biomas e espécies existentes na região Neotropical, há muitas regiões do Brasil que estão subamostradas (o Nordeste em particular. Assim, esse número

possivelmente representa apenas uma fração do total de espécies existentes (MOURE *et al.*, 2007) e, desse modo, estima-se que a riqueza total de espécies abelhas no Brasil seja de pelo menos 3.000 espécies (SILVEIRA *et al.*, 2002).

Para a Caatinga são listadas 187 espécies de abelhas, excluindo-se da contagem as áreas de exceção como os Brejos de Altitude e de Exposição. Ao se considerar todo o bioma, esse número certamente pode ultrapassar 300 espécies (ZANELLA & MARTINS, 2003).

Já para o estado do Ceará, o inventário de abelhas registrou 148 espécies, cinco famílias e 72 gêneros. Esses dados, recentes, foram compilados por Freitas e colaboradores (2021) a partir do levantamento de espécimes depositados em coleções regionais, nacionais e internacionais, publicações em revistas científicas, inventários, bases de dados e foram corroborados por taxonomistas que confirmaram a ocorrência das espécies no estado. De acordo com os dados, no estado do Ceará, Apidae é a família com maior número de espécies (111), seguida de Megachilidae e Halictidae, com 12 espécies cada, Colletidae com sete Andrenidae, com seis espécies registradas.

Esta seção trata do diagnóstico de Abelhas nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha, 05 a 17 de novembro de 2020; 2ª campanha, 31 de janeiro a 11 de fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados secundários

Atualmente são descritas 378 espécies de abelhas para a Caatinga e 148 espécies para o estado do Ceará. Estes números são consideravelmente inferiores à riqueza dos demais biomas, o que pode ser explicado pelas condições climáticas, tendo em vista que geralmente, nos estudos em áreas de vegetação xerófila, a riqueza resulta entre 24 a 66 espécies no máximo.

No presente estudo o levantamento de dados secundários se baseou nos resultados pretéritos obtidos pela ARCADIS, em 2011, na área do Projeto Santa Quitéria (ARCADIS LOGOS, 2014). Os dados compilados apontam que dentre as 378 espécies descritas para o Bioma (ARCADIS LOGOS *opus cit.*), 36 foram previamente registradas na área do projeto. Ressalta-se, porém, que além destas, há potencial de ocorrência para aquelas espécies registradas para outras localidades do Ceará.

Além do estudo de 2011 o levantamento dos dados secundários de abelhas na área de influência do Projeto Santa Quitéria foi realizado a partir de consulta bibliográfica a artigos científicos, livros e bases de dados online, além de relatórios técnicos de pesquisas. Foram levados em consideração estudos contendo listas de espécies de abelhas para áreas da Caatinga, preferencialmente aqueles com dados provenientes dos locais mais próximos possíveis ao empreendimento. Segue abaixo todas as bases de consulta utilizadas:

+ ARCADIS LOGOS (2014) – neste trabalho foram reunidas as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessário para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Como resultado o relatório aponta a ocorrência de 97 espécies de abelhas na área de estudo, a maioria morfoespeciadas, das quais apenas 35 foram completamente identificadas em nível de espécie e consideradas aqui para compor o banco de dados secundários;
+ SILVA (2014) – nesse estudo o autor faz um compilado de todos os dados já disponíveis na literatura científica sobre abelhas do semiárido brasileiro. Ao final, é disponibilizada uma lista com todas as espécies registradas para a Caatinga, a qual foi utilizada como base no presente estudo para estimar potenciais espécies de ocorrência na área;
+ FREITAS et al. (2021) – este trabalho consiste em uma lista das espécies de abelhas nativas do estado do Ceará e foi elaborado a partir do levantamento de espécimes depositados em diversas coleções regionais, nacionais e internacionais, publicações em revistas científicas, inventários e bases de dados. Para o presente estudo, foram consideradas as espécies da Caatinga cearense.

B.2. Dados primários

Área de Amostragem

A área do Projeto Santa Quitéria está localizada na Fazenda Itataia, de propriedade da INB (Indústrias Nucleares Brasileira), no Município de Santa Quitéria, região centro-oeste do Estado do Ceará, distando 210 km de Fortaleza. As amostragens foram realizadas em duas diferentes áreas de influência do empreendimento: Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA), além dos pontos controles, localizados fora dos limites da AID (Tabela 8.2-34 e Mapa 8.2-2). Em campo, dentro dessas áreas, tendo como referência um raio em torno das coordenadas centrais previamente aprovadas no plano amostral que compôs o pedido de Abio, foram selecionados pontos de amostragem com características bióticas e abióticas consideradas mais adequadas para a captura de abelhas.

Tabela 8.2-34 - Pontos de amostragem de abelhas (*Hymenoptera: Apidae*) na área do Projeto Santa Quitéria, na estação seca e na estação chuvosa.

PONTO AMOSTRAL	TÁXON	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		FITOFISIONOMIAS	INFLUÊNCIA
		UTM 24-M (M)/ SIRGAS 2000 - X/Y			
1	Apidae	415848	9496020	Savana Estépica Florestada	AID
2	Apidae	413937	9496662	Savana Estépica Florestada	AID
3	Apidae	413909	9493500	Savana Estépica Arborizada	AID
4	Apidae	411566	9494633	Savana Estépica Arborizada	AID
5	Apidae	413814	9496048	Savana Estépica Arborizada	ADA
6	Apidae	415355	9495681	Savana Estépica Arborizada	AID
Controle	Apidae	419428	9491049	Savana Estépica Arborizada	AII

Amostragem

Em cada campanha foram aplicados métodos de coleta passivo, com uso de armadilhas, e ativo, por meio de coleta ativa com rede entomológica. Cada ponto amostral foi visitado um dia por campanha e os dois métodos de amostragem empregados no mesmo dia para cada ponto.

A coleta passiva foi realizada com uso de garrafas-armadilhas confeccionadas com PET, contendo iscas de cheiro ou mel, além de uma armadilha controle sem nenhum atrativo. Esse método é bastante utilizado em levantamentos de abelhas para avaliar a riqueza e frequência de suas espécies (NEMÉSIO, 2009; ROUBIK & ACKERMAN, 1987), uma vez que se pode padronizar o tipo de odor atrativo, quantidade de armadilhas por área e tempo de exposição da armadilha. Esse tipo de armadilha é efetivo para captura de abelhas das Tribos Euglossini e Meliponini. Euglossines machos são especializados na coleta de odores florais em diversas espécies de plantas, principalmente das famílias Orchidaceae e Araceae e são facilmente atraídos com iscas de odores artificiais. Já Meliponinas são atraídas por mel.

Para cada ponto amostral foram delimitados dois transectos, cada um contendo um conjunto de nove armadilhas. Em um dos transectos as armadilhas distaram 5 m umas das outras, enquanto no outro transecto, do mesmo ponto amostral, essa distância foi de 50 m entre as armadilhas. Cada conjunto de armadilhas continha sete diferentes iscas de cheiro (essências químicas), uma isca de mel e uma armadilha controle (sem atrativo). As essências utilizadas como iscas foram: baunilha, cravo e canela, eucalipto, jasmim, lima-limão, lírio-orquídea e menta. Os conjuntos de armadilhas foram instalados às 8h00 e retirados às 16h00,

totalizando oito horas de amostragem por transecto, e 2.304 armadilhas/hora para todo o estudo.

Enquanto as armadilhas ficavam expostas, a área amostral era vistoriada ao longo de trilhas, bordas de mata e estradas à procura de abelhas em plantas com flores (das 9h00 às 16h00), totalizando sete horas de amostragem por ponto, 56 horas por campanha e 112 horas para todo o estudo. Quando avistados, os espécimes foram capturados com auxílio de rede entomológica. Também foram realizadas observações em árvores e frestas nas rochas em busca de ninhos de abelhas e, quando possível, foram coletados exemplares do ninho. As árvores que continham ninho foram fotografadas e as coordenadas anotadas. Os espécimes coletados foram mortos, em frasco mortífero com acetato de etila, armazenados em álcool 70%, acompanhados de etiqueta com informações de localidade, data, tipo de amostragem e observações específicas, e transportados para o Laboratório de Entomologia no Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), conforme atesta a carta de recebimento da instituição depositária conveniada, a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no Anexo 8.2-I, Volume V.

Após montagem em alfinete entomológico, os exemplares foram secos em estufa a 40ºC de 24 a 48 horas dependendo do tamanho do espécime (SILVEIRA et al., 2002). Para Identificação foram utilizadas chaves taxonômicas (SILVEIRA et al., 2002) e comparação com espécies depositadas na Coleção Entomológica do DSE-UFPB.

Para o levantamento de outras informações foram usados artigos, livros e sites especializados, por exemplo o Catálogo de Abelhas Moure.

O nível de ameaça das espécies foi verificado nas listas Nacional (IBAMA, 2014) e International (*Union for Conservation of Nature*- IUCN, 2021) e *Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES, 2021).

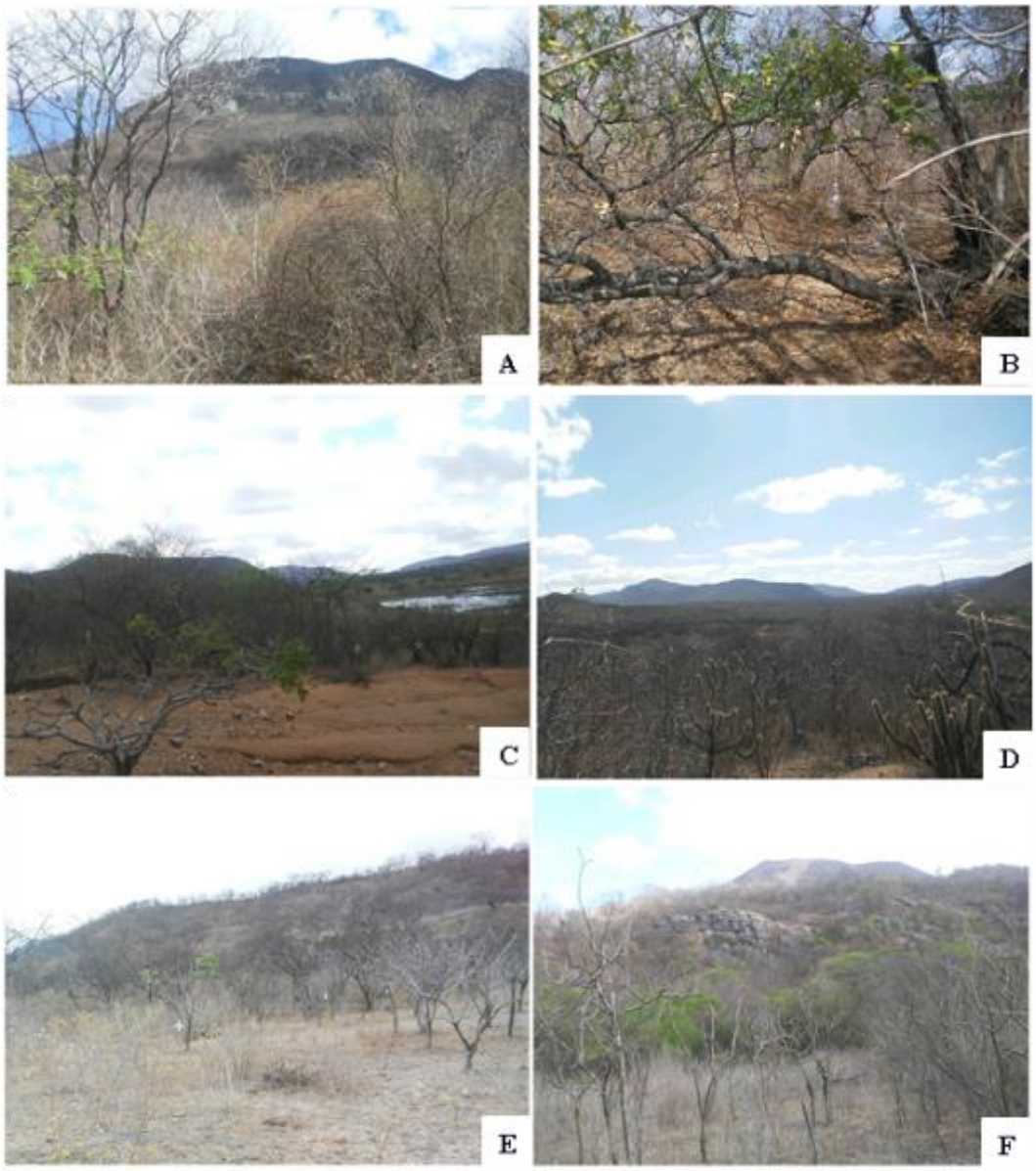


Figura 8.2-234 - Vista geral dos pontos de amostragem de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, em novembro de 2020, estação seca. A- Ponto 1; B- Ponto 2; C- Ponto 3; D- Ponto 4; E- Ponto 5; F- Ponto 6.

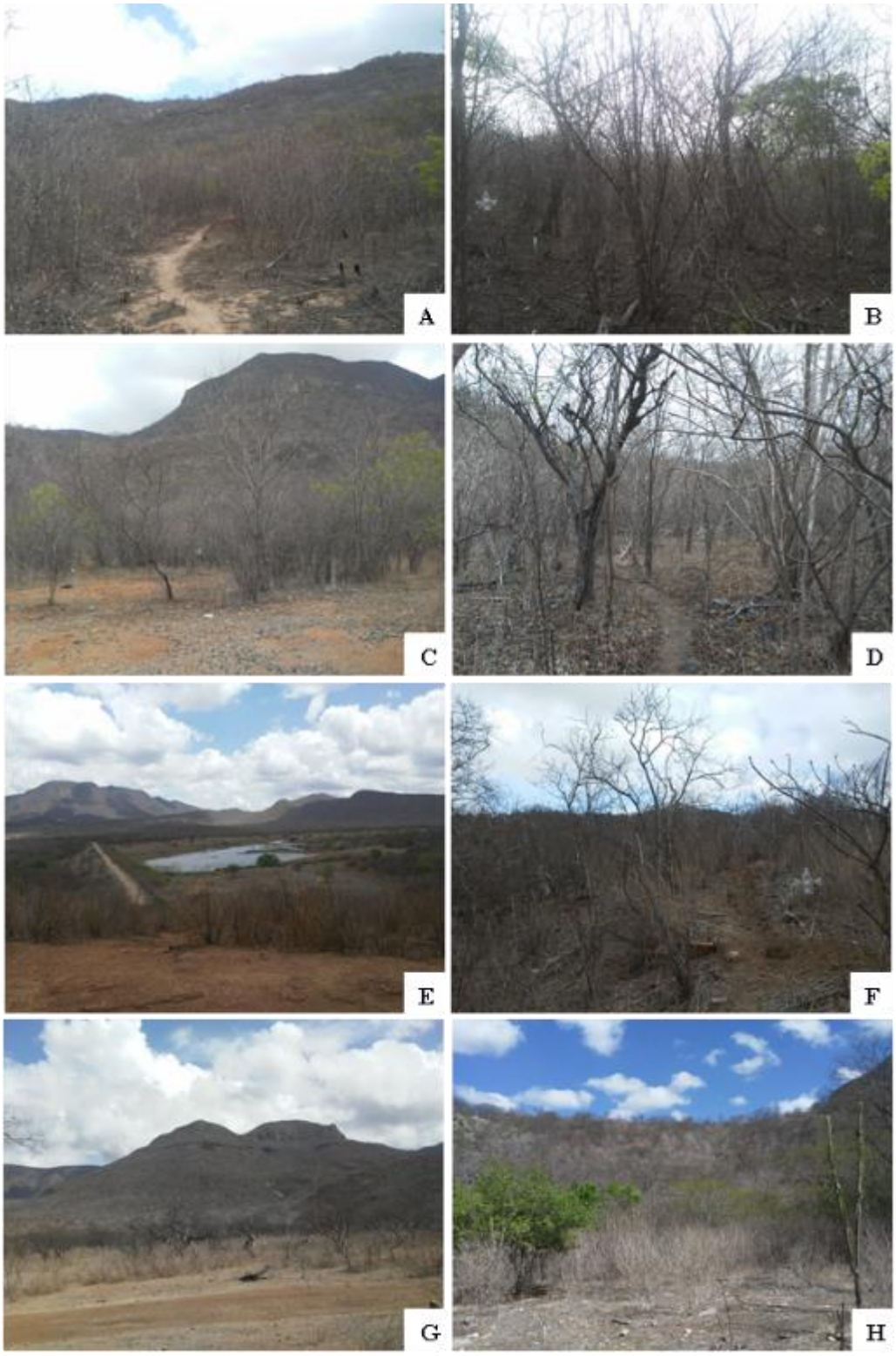


Figura 8.2-235 - Vista geral dos pontos de amostragem de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, em fevereiro de 2021, estação chuvosa. A- Ponto 1; B- Ponto 2; C- Ponto 3; D- Ponto 4; E- Ponto 5; F- Ponto 6; G – Controle 1; H- Controle 2.

Figura 8.2-236 - Garrafa-armadilhas confeccionadas com PET, contendo iscas de cheiro para coleta de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria.

B.3. Análises de Dados

Foram tomadas a riqueza das espécies e a frequência relativa de abelhas. Esse método é recomendado no caso de insetos sociais, porque assim é contado o número de colônias e não o número de indivíduos, para evitar a superestimação da abundância de espécies com colônias grandes (LEAL & LOPES, 1992; LEAL *et al.*, 1993; LEAL, 2002). Foram calculados o Índice de Diversidade (1-D) e Dominância de Simpson (D) e de Equitabilidade de Pielou (J'). A fim de comparar as áreas quanto à composição de espécies foi aplicada a medida de similaridade qualitativa de Jaccard. Posteriormente, foi aplicada sobre a matriz uma análise de agrupamento não ponderado aos pares por médias aritméticas – UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages), resultando em um dendrograma. As análises foram realizadas no *software* PAST 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001).

Foram construídas curvas de acumulação de espécies, a partir de 1000 randomizações sem reposição. A riqueza total foi estimada, por extrapolação da riqueza de espécies observada em relação ao esforço amostral, utilizando estimadores baseados na incidência (Chao 2, Jackknife 1) das espécies. A suficiência amostral foi calculada a partir da razão da riqueza observada pela estimada. Os dados estimados foram obtidos por meio do programa EstimateS versão 9 (COWELL, 2013). Para Apidae, as amostras correspondem aos dias de amostragem. Em cada estação, apenas uma amostra foi coletada por ponto amostral, tanto para busca ativa quanto para armadilhas, totalizando 14 amostras. Dessa forma, não há possibilidade de gerar curvas do coletor para cada área específica, já que não foram coletadas subamostras de cada área.

A espécie *Apis mellifera* L. 1758, é uma espécie introduzida e muito abundante nas regiões brasileiras. Para não diminuir a eficiência da coleta ativa, essa espécie foi excluída da amostragem e das análises, uma vez que é superabundante e de fácil reconhecimento em atividades de campo. Esse é um procedimento que já foi usado em várias publicações de comunidade de abelhas no Brasil (eg. AGUIAR et al., 1995; BORTOLI & LAROCA, 1990; CAMARGO & MAZUCATO, 1984; ZANELLA, 2003). Um espécime testemunho, entretanto, foi coletado por ponto amostral.

C. Resultados e discussão

C.1. Composição Faunística

Foram registradas 16 espécies na amostragem realizada em ambas as campanhas (novembro de 2020 e fevereiro de 2021). As espécies são pertencentes a 13 gêneros (Tabela 8.2-35), dos quais sete espécies de seis gêneros ocorreram no período seco e 14 espécies de 12 gêneros, no período chuvoso (Tabela 8.2-36). O gênero mais rico foi *Frieseomelitta* com três espécies, seguido por *Trigona* com duas espécies. Todos os outros gêneros foram representados por uma única espécie. A espécie mais frequente, com 11 ocorrências (O), foi *Frieseomelitta varia*, seguida por *Plebeia flavocincta* (O=10), *Trigona spinipes* (O=8) e *Apis mellifera* (O=8). Juntas, essas espécies representaram 69% de toda a amostragem. *Frieseomelitta varia* ocorreu em todos os pontos de amostragem, exceto um dos pontos da área controle. *Plebeia flavocincta* e *Trigona spinipes*, também foram bem distribuídas entre as áreas de amostragem, ocorrendo em seis e cinco, respectivamente, dos oito pontos amostrados. *Apis mellifera* foi registrada em cinco dos pontos e não ocorreu no ponto amostral 1 e nos pontos controle. Duas espécies, *Frieseomelitta doederleini* e *Lestrimelitta tropica*, foram registradas apenas na primeira campanha (período seco). Enquanto nove espécies foram registradas exclusivamente no período chuvoso, são elas: *Centris trigonoides*, *Ceratina maculifrons*, *Dicranthidium arenarium*, *Florilegus (Euflorilegus)* sp., *Frieseomelitta* sp., Megachile sp., *Mesocheira bicolor*, *Trigona fuscipennis* e *Xylocopa grisescens*.

Centris trigonoides, *Lestrimelitta tropica* e *Mesocheira bicolor* foram registradas exclusivamente no ponto amostral 5, Área Diretamente Afetada (ADA). *Ceratina maculifrons*, Megachile sp. e *Trigona fuscipennis*, ocorreram apenas no Ponto 3 e *Dicranthidium arenarium* somente no Ponto 4, ambos inseridos na Área de Influência Direta (AID). Das 16 espécies registradas, apenas cinco ocorreram na área controle, nenhuma exclusiva dessa área.

É a primeira vez que as espécies *Centris trigonoides*, *Dicranthidium arenarium*, *Lestrimelitta tropica* e *Mesocheira bicolor* são registradas para a região do empreendimento

em Santa Quitéria-CE. A espécie *L. tropica* encontra-se distribuída no Ceará, Bahia e Rio de Janeiro, não sendo conhecida a localidade exata do Ceará (MARCHI & MELO, 2006). Abelhas do gênero *Lestrimelitta* são cleptoparasitas, invadem o ninho de outros meliponíneos para consumir os recursos (pólen e mel), não coletam recursos em flores. Apesar disso, o exemplar do presente estudo foi capturado na armadilha contendo a essência de Jasmin. As operárias de outra espécie do mesmo gênero, *Lestrimelitta rufipes*, também já foram registradas em armadilhas odoríferas (ALVES et al., 2011). *Dicranthidium arenarium, possui* distribuição nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (SILVEIRA et al., 2002; URBAN, 2002; CATÁLOGO MOURE).

A maioria das espécies de abelhas registradas foram de a belhas eussociais, entretanto, algumas espécies consideradas solitárias foram coletadas. Foram as seguintes: *Centris trigonoides*, *Ceratina maculifrons*, *Dicranthidium* arenarium, *Florilegus (Euflorilegus)* sp., *Megachile (Pseudocenthron)* sp. e *Mesocheira bicolor*.

As abelhas dos gêneros *Centris* e *Xylocopa* e da subfamília Megachilinae são documentadas para Caatinga e áreas de transição Caatinga/Mata Atlântica (ZANELLA, 2003), MILET-PINHEIRO & SCHLINDWEIN, 2008) e foram registradas para a região do empreendimento no EIA de 2011 (ex.: *Centris fuscata*, *Xylocopa cearensis* e *Megachile dentipes*) e no presente estudo (*Centris trigonoides*, *Xylocopa grisescens* e Megachile sp.) (ARCADIS LOGOS, 2014).

As espécies do gênero *Centris* são solitárias, nidificam no solo, formando grandes agregações, ou em orifícios de madeira. São abelhas que coletam em flores produtoras de óleo, como, por exemplo, flores de Malpighiaceae (SILVEIRA,2002). Distribuem-se da Argentina ao Estados Unidos e são mais abundantes nas regiões tropicais úmidas (SILVEIRA, 2002). *Centris trigonoides*, registrada no presente trabalho, encontra-se distribuída nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe e São Paulo (ABELHAS.ORG – SPICIESLINK; SILVEIRA et al., 2002)

Os gêneros *Xylocopa* e *Megachile* apresentam ampla distribuição e por isso eram esperados no presente estudo. As abelhas do gênero *Xylocopa* estão presentes nas regiões quentes, tropicais e temperadas, do mundo (SILVEIRA, 2002). De acordo com o *Catálogo Moure*, a espécie *Xylocopa grisescens*, registrada na área do projeto tanto neste estudo quanto no estudo anterior, realizado pela Arcadis em 2011, é encontrada em Caatinga e está distribuída nos seguintes estados: Alagoas, Amapá, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pará, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e São Paulo. O espécime observado de *Megachile*, possuía escopa ventral, uma estrutura usada

para a deposição do pólen coletado. É uma das características das fêmeas não parasitas da família, além da construção do ninho usando folhas e resinas vegetais (SILVEIRA, 2002). O estudo anterior também registrou uma espécie de *Megachile* não parasita e é provável que seja a mesma espécie, porém alguns grupos são de difícil identificação ao nível específico sem serem enviados para taxonomistas especialistas, por isso são identificados como morfoespécies.

Dentre as abelhas parasitas, foi registrada no presente trabalho *Mesocheira bicolor*, uma espécie parasita de *Centris* (AGUIAR & MARTINS, 2002; BRASIL, 2015; MENDES & RÊGO, 2007) e que pode ser encontrada do Paraguai ao México. *M. bicolor* parece ser a única espécie do gênero ocorrendo nesta extensão (SILVEIRA et al., 2002).

As espécies *Frieseomelitta doederleini*, *Frieseomelitta varia*, *Lestrimelitta tropica*, *Plebeia flavocincta*, *Trigona spinipes* e *Trigonisca pediculana* já haviam sido registradas para o estado do Ceará, no Maciço de Baturité – CE, uma área de Brejo de Altitude (LIMA-VERDE 2011).

Diferente do esperado, não foram capturadas abelhas da Tribo Euglossini nas armadilhas odoríferas. Além das espécies de Meliponini (*Trigona spinipes* e *Trigonisca pediculana*) foram capturados exemplares de *Apis mellifera*, *Frieseomelitta doederleini*, *Lestrimelitta tropica* e *Plebeia flavocincta*. As iscas mais atrativas foram mel e Jasmim e a espécie mais frequentemente capturada nas armadilhas foi *Plebeia flavocincta*, ocorrendo em todos os tipos de isca. A armadilha controle não capturou nenhum exemplar.

As espécies de abelhas presentes na Caatinga podem alterar suas populações sazonalmente em decorrência da variação climática, a qual afeta a oferta de recursos florais e consequentemente o comportamento reprodutivo das abelhas (VIANA et al., 2001). Segundo ZANELLA & MARTINS (2003) algumas espécies de abelhas são fortemente influenciadas pela sazonalidade, principalmente as espécies solitárias.

Um exemplar de *Florilegus* (*Euflorilegus)* sp. foi capturado, em coleta ativa aleatória fora da área do empreendimento, visitando flor de Viúva-alegre. Este subgênero contém duas espécies que ocorrem no Ceará, *F. festivus* (SMITH, 1854) e *F. similis*, (URBA, 1970) (ZANELLA, 2000). Espécies do gênero *Florilegus* são classificadas como oligoléticas, que coletam pólen em espécies de plantas do mesmo gênero ou família (ZANELLA & MARTINS, 2003). No EIA de 2011, outras espécies oligoléticas, *Protomeliturga turnerae* e *Gaesischia nigra* foram registradas (ARCADIS LOGOS, 2014). As espécies de abelhas oligoléticas merecem atenção, pois dependem de plantas que tenham relações filogenéticas próximas, e que, se extintas localmente, podem afetar a população destas abelhas na região, tornando-as mais vulneráveis à extinção local que as abelhas poliléticas.

Tabela 8.2-35 - Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na estação seca e na estação chuvosa. (PC= Ponto controle)

ESPÉCIE	PONTOS AMOSTRAIS							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ÁREA CONTROLE	
Apis mellifera		x	x	x	x	x		
Centris trigonoides					x			
Ceratina maculifrons			x					
Dicranthidium arenarium				x				
Frieseomelitta doederleini				x		x		
Frieseomelitta varia	x	x	x	x	x	x		x
Frieseomelitta sp.				x				x
Lestrimelitta tropica					x			
Megachile sp.			x					
Mesocheira bicolor					x			
Plebeia flavocincta	x	x		x	x			x
Trigona fuscipennis			x					
Trigona spinipes			x	x	x	x		x
Trigonisca pediculana			x	x	x	x		
Xylocopa grisescens					x			x
Riqueza Total	**2**	**3**	**7**	**8**	**9**	**5**	**5**	**5**

A - Ponto amostral; C - Ponto controle.

Tabela 8.2-36 - Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, por campanha (1°CAMPANHA = estação seca; 2°CAMPANHA= segunda campanha; AC= Área Controle).

ESPÉCIE	1°CAMPANHA							2°CAMPANHA						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	AC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ÁREA CONTROLE
Apis mellifera			x	x	x	x			x	x	x	x		
Centris trigonoides												x		
Ceratina maculifrons										x				
Dicranthidium arenarium											x			

ESPÉCIE	1°CAMPANHA							2°CAMPANHA						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	AC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ÁREA CONTROLE
Frieseomelitta doederleini				x		x								
Frieseomelitta varia	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	
Frieseomelitta sp.							x				x			
Lestrimelitta tropica					x									
Megachile sp.										x				
Mesocheira bicolor												x		
Plebeia flavocincta	x	x		x	x		x	x	x		x	x		x
Trigona fuscipennis										x				
Trigona spinipes			x	x		x	x			x	x	x	x	
Trigonisca pediculana				x						x		x	x	
Xlocopa grisescens							x					x		
Riqueza Total	**2**	**2**	**3**	**6**	**3**	**4**	**5**	**2**	**3**	**7**	**5**	**8**	**3**	**1**

A - Ponto amostral; C - Ponto controle

C.2. Distribuição de Ninhos

Foram encontrados 21 ninhos (Tabela 8.2-37), todos de abelhas nativas eussociais: *Frieseomelitta varia* (N=16), *Frieseomelita sp.* (N=1), *Trigona spinipes* (N=1) e *Trigona sp.*(N=3) (Tabela 8.2-37) Os ninhos foram encontrados principalmente em árvores de Angico e Umburana (Figura 8.2-238 e **Figura 8.2-239**). Todos os pontos, exceto P3, apresentaram ninhos, sendo o maior número encontrado no P2 e a maior riqueza de espécies no P5 (S=4), Área Diretamente Afetada (ADA).

MARTINS et al. (2004) observaram que abelhas sem ferrão nidificam em troncos de diferentes árvores no ambiente de Caatinga (PB e RN), sendo as principais *Caesalpinia pyramidalis* (Catingueira) e *Commiphora leptophloeos* (Umburana). Além dessas, as espécies de *Frieseomelita* nidificam também em outras árvores como: *Spondia tuberosa*, *Tabebuai caraiba*, *Mimosa acutistipula*, *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis.*

Os ninhos de *Trigona* foram encontrados no dossel de árvores com altura mínima de 10 m (Figura 8.2-240). Os ninhos estavam distantes entre si e presentes em áreas mais abertas ou com predominância de vegetação arbustiva. *Trigona spinipes* é mais abundante em florestas tropicais e subtropicais, e a densidade/ha de ninhos é maior em savana e florestas úmidas. A colonização de árvores por *T. spinipes* depende do diâmetro das árvores

(HENRIQUES, 1997), podendo estar presente em diferentes tipos de paisagens, de florestas conservadas a ambientes alterados (JAFFÉ ET AL. 2015).

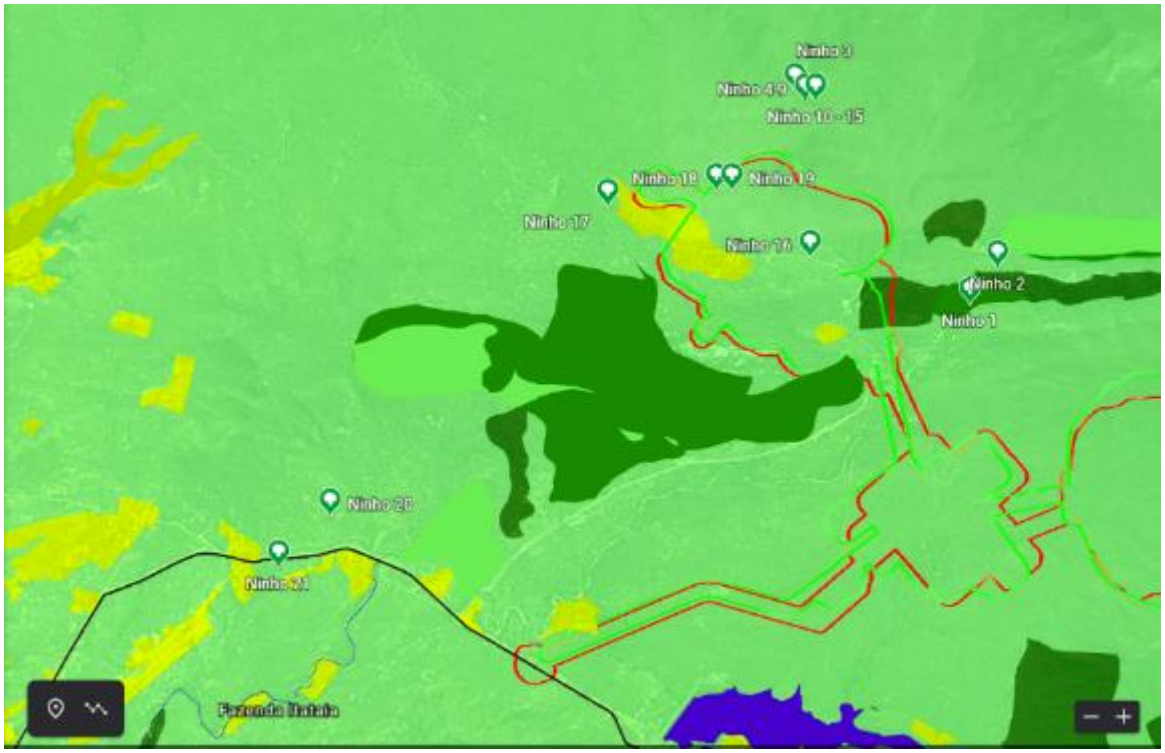


Figura 8.2-237 - Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem, em novembro de 20 na área do Projeto Santa Quitéria nas duas campanhas. Linha vermelha – limite da Área diretamente afetada.

Fonte: Google Earth.

Ter conhecimento dos locais dos ninhos oferece informações das áreas de atividades de voo em busca de recursos alimentares ou novos nichos de nidificação das abelhas sem ferrão, pois, diferente de *Apis melifera*, os meliponíneos não abandonam os ninhos em condições desfavoráveis (ZANELLA ET MARTINS, 2003). Algumas espécies de meliponíneos de corpo maior podem voar mais que 3km de distância do ninho. Abelhas do gênero *Melipona* deslocam-se em torno de 2 km de raio, enquanto *Tetragonisca angustula* e *Plebeia* spp. cerca de 500 m (A.B.E.L.H.A.). Esse tipo de informação é útil para conhecer o raio de atividade das abelhas e desenvolver projetos de conservação.

Tabela 8.2-37- Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) de acordo com os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e na campnha da estação chuvosa.

NINHO	PONTOS AMOSTRAIS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM 24- M (M)/ SIRGAS 2000 - X/Y		QUANTIDADE DE NINHO/ÁRVORE	ESPÉCIE	ÁRVORE
1	6	415386	9495743	1	*Frieseomelitta varia*	Angico
2	1	415540	9495958	1	*Frieseomelitta varia*	Umburana
3	2	414357	9497001	1	*Frieseomelitta varia*	Umburana
4-9	2	414399	9496939	6	*Frieseomelitta varia*	Umburana
10-15	2	414460	9496939	6	*Frieseomelitta varia*	Umburana
16	5	414430	9496018	1	*Trigona* sp.	-
17	5	413228	9496324	1	*Trigona spinipes*	Quixabeira
18	5	413875	9496417	1	*Trigona* sp.	Aroeira
19	5	413968	9496417	1	*Frieseomelitta sp.*	Angico
20	4	411566	9494480	1	*Frieseomelitta varia*	Umburana
21	4	411259	9494172	1	*Trigona* sp.	-

Figura 8.2-238 - Ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Angico, no Ponto 6, na área do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-239 - Entrada do ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Umburana, no Ponto 2 na área do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-240 - Ninho de *Trigona* sp. (lado superior direto) no Ponto 4, na área do Projeto Santa Quitéria.

C.3. Eficiência Amostral

Tendo em vista a homogeneidade da paisagem na área, foi construída uma curva única de acumulação de espécies para todos os dados. As estimativas de riqueza sugerem que a amostragem na área estudada foi suficiente. Ao analisar as amostras, obteve-se uma suficiência amostral de pelo menos 68% (com Jackkniffe e com Chao2) da riqueza estimada de espécies com a amostragem do presente estudo (Figura 8.2-242). A comparação entre a riqueza observada e a estimada pode ser visualizada na Figura 8.2-241.

Apesar desse resultado, o número de espécies registradas foi relativamente baixo (N= 14) Este valor de riqueza exclui a espécies exótica *Apis mellifera* e *Florilegus* sp. Essa última por ter sido capturada em uma coleta aleatória fora dos pontos amostrais. A baixa riqueza provavelmente é devida à baixa quantidade de plantas floridas na região durante as amostragens. Na Caatinga, comumente na seca, os adultos de abelhas solitárias morrem e somente abelhas sociais, que têm colônias perenes, permanecem ativas. A ausência de chuvas somada à escassez na oferta de recursos florais torna-se um fator limitante para atividades da maior parte das abelhas (ZANELLA; MARTINS, 2003).

A Riqueza observada (N=14) representou 74% da Riqueza estimada pelo índice de Chao e 68 % da Riqueza estimada por Jackknife. Assim, pelos estimadores o número de espécies de abelhas na área do Projeto Santa Quitéria pode variar entre 19 e 20 (Figura 8.2-241)

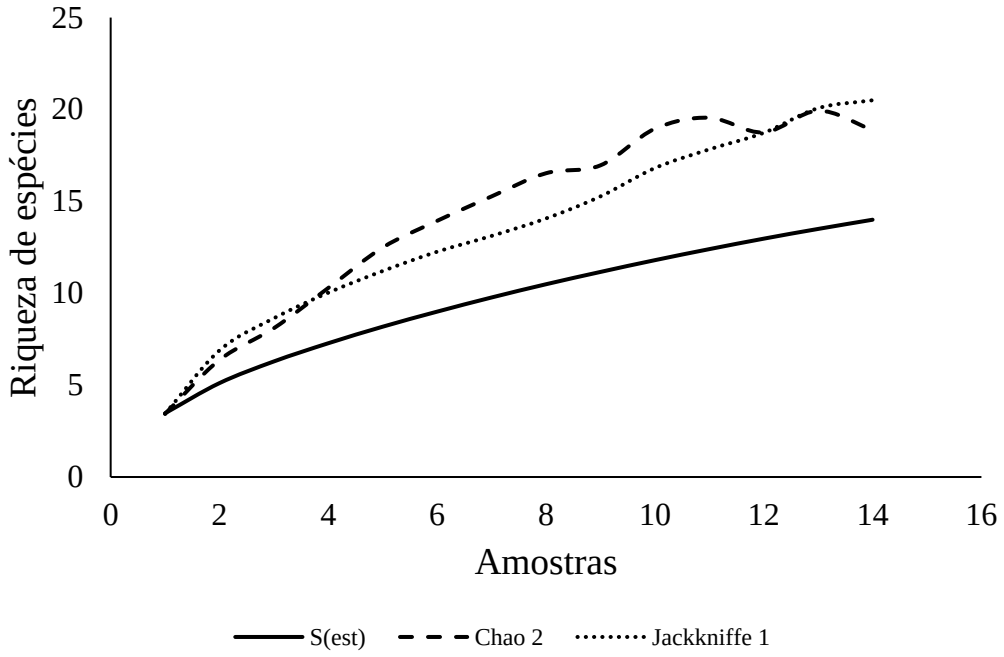


Figura 8.2-241 - Estimativa da riqueza de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na amostragem em Santa Quitéria-CE em novembro de 2020 e fevereiro de 2021, excetuando *Apis melífera* e *Florilegus* sp.

Ao comparar as curvas de acumulação de espécies do estudo realizado em 2011 na área do empreendimento do presente estudo, utilizando a mesma metodologia, é possível verificar que tanto a riqueza observada quanto a estimada foram maiores no. Possivelmente, as condições de estiagem prolongada e severa na região influenciaram nos resultados obtidos. Na Caatinga, nos períodos de estiagem, somente abelhas sociais, que tem colônias perenes, permanecem ativas. O período seco foi mais longo e severo que o usual e em fevereiro, quando foi realizada a campanha da estação chuvosa, a quantidade e intensidade de chuvas, possivelmente, não havia sido suficiente para determinar uma resposta na

vegetação que refletisse nos números populacionais das abelhas. Mesmo assim, quatro espécies, que não haviam sido registradas anteriormente na área do projeto, foram encontradas no presente estudo: *Dicranthidium arenarium, Centris trigonoides, Lestrimelitta tropica e Mesocheira bicolor*.

A partir dos dados do estudo realizado em 2011 o índice de Chao e Jackkife estimaram uma riqueza de 140 a 169 espécies para a área. Esses dados mostram que, que a área detém um potencial grande número de espécies de abelhas. A despeito das curvas não terem atingido a assíntota, reconhece-se que os levantamentos de dados realizados no presente estudo, são suficientes e adequados para o objetivo de avaliação da viabilidade locacional do empreendimento. Somando-se os dados dos dois estudos, foram registradas 101 espécies na área do projeto Santa Quitéria, o que representa mais de 68 % das espécies descritas para o estado do Ceará.

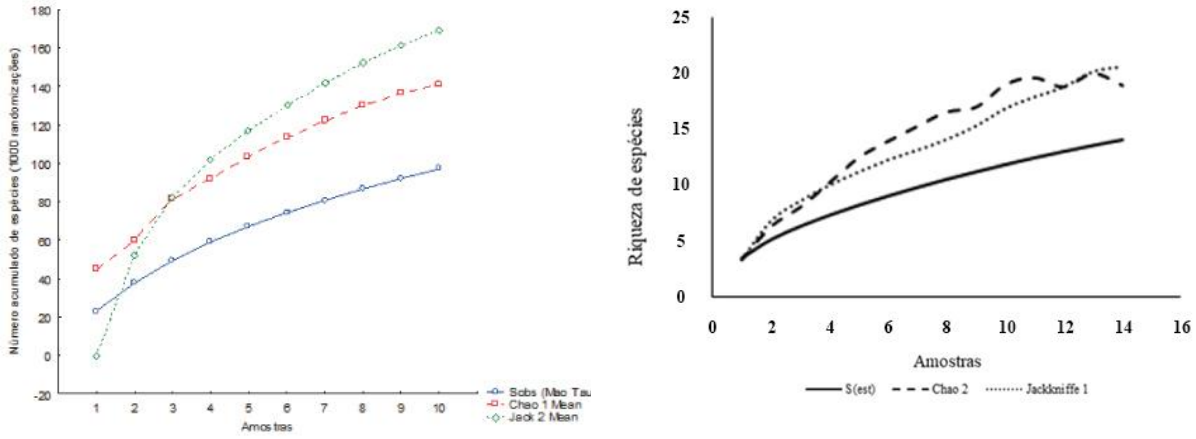


Figura 8.2-242 - Comparação da estimativa da riqueza de abelhas (Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS 2014) gráfico à esquerda, e no presente estudo (gráfico à direita), excetuando Apis melífera e Florilegus sp.

C.4. Espécies Ameaçadas e Protegidas por legislação Internacional e/ou Federal

Nenhuma espécie registrada no presente estudo compõe a Listas Nacional (MMA,2014) ou internacional de espécies ameaçadas de extinção (IUCN, 2021), ou os apêndices da CITES, 2021 (*Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*).

C.5. Espécies bioindicadoras, endêmicas, Raras e Não descritas

Não houve novos registros de espécies de abelhas endêmicas para a Caatinga. Houve registro ocasional de um táxon que poderá servir como bioindicador devido aos seus hábitos oligoléticos: F*lorilegus*,sp. Além desta, podem ser consideradas bioindicadoreas as abelhas sociais, pois demandam alta qualidade ambiental para manutenção de suas populações e a presença de recursos florais plantas e hospedeiras, a exemplo de *Trigona spinipes, Trigona*

fuscipennis, *Plebeia flavocincta*, *Lestrimelitta tropica*, *Partamona cupira*, as especies do gênero *Frieseomelitta*, *Trigonisca intermedia* e *Trigonisca pediculana*.

C.6. Espécies cinegéticas, domésticas, invasoras e exóticas

A espécie exótica *Apis mellifera* é considera invasora e de importância econômica.

C.7. Comparação entre áreas, Riqueza, Índice de diversidade e similaridade

Das 16 espécies de abelhas registadas nas duas campanhas, 11 (68,7%) ocorreram nas Áreas de Influência Direta (AID), nove (56,2%) na Área de Influência Direta (ADA) e cinco na área controle (31,2%).

Os índices de diversidade mostraram uma comunidade pouco diversa, com alguns pontos com alta dominância de espécies em ambas as campanhas (Tabela 8.2-38).

Tabela 8.2-38 - Parâmetros de diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa (excetuando *Apis melífera*).

ÍNDICES	SECA						CHUVOSA						ÁREA CONTROLE
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	AC
Riqueza de espécies	2	3	2	5	2	3	2	2	7	4	7	4	6
Diversidade de Simpson (1-D)	0,50	0,38	0,07	0,21	0,44	0,27	0,13	0,24	0,81	0,60	0,67	0,67	0,45
Dominância de Simpson (D)	0,50	0,62	0,93	0,79	0,56	0,73	0,87	0,76	0,19	0,40	0,33	0,33	0,50
Equitabilidade de Pielou (J')	1,00	0,63	0,24	0,31	0,92	0,48	0,36	0,58	0,92	0,75	0,71	0,88	0,57

A – Ponto amostral.

Em relação à composição de espécies, cinco espécies foram compartilhadas pela maioria das áreas, três espécies foram compartilhadas por apenas duas áreas e sete espécies ocorreram exclusivamente em uma única área. No dendrograma gerado pela matriz de similaridade com o índice de Jaccard observou-se a separação de dois grupos (Figura 8.2-243). O grupo formado pelos pontos P1 e P2, apresentou apenas três espécies, compartilhando duas delas entre si e com os outros pontos, ficando assim separado do restante na análise. Provavelmente essa baixa riqueza ocorreu devido a ausência de flores nesses pontos amostrais. Os demais pontos compartilharam oito espécies no total, sendo os

mais similares entre si P4 e P6, compartilhando cinco espécies. Os mais distantes e, portanto, mais dissimilares quanto à composição de espécies, foram P3 e P5, por apresentarem três espécies exclusivas cada. Os resultados do índice de similaridade de Jaccard podem ser visualizados na Tabela 8.2-39 e na Figura 8.2-243.

Tabela 8.2-39 - Coeficiente de similaridade de Jaccard para abelhas (Hymenoptera: Apidae) entre os pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa, excetuando *Apis melifera*.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	ÁREA CONROLE
P1	1,00						
P2	1,00	1,00					
P3	0,29	0,29	1,00				
P4	0,29	0,29	0,40	1,00			
P5	0,25	0,25	0,36	0,36	1,00		
P6	0,40	0,40	0,50	0,71	0,44	1,00	
ÁREA CONTROLE	0,40	0,40	0,33	0,50	0,44	0,43	1,00

A - Ponto amostral; C - Controle

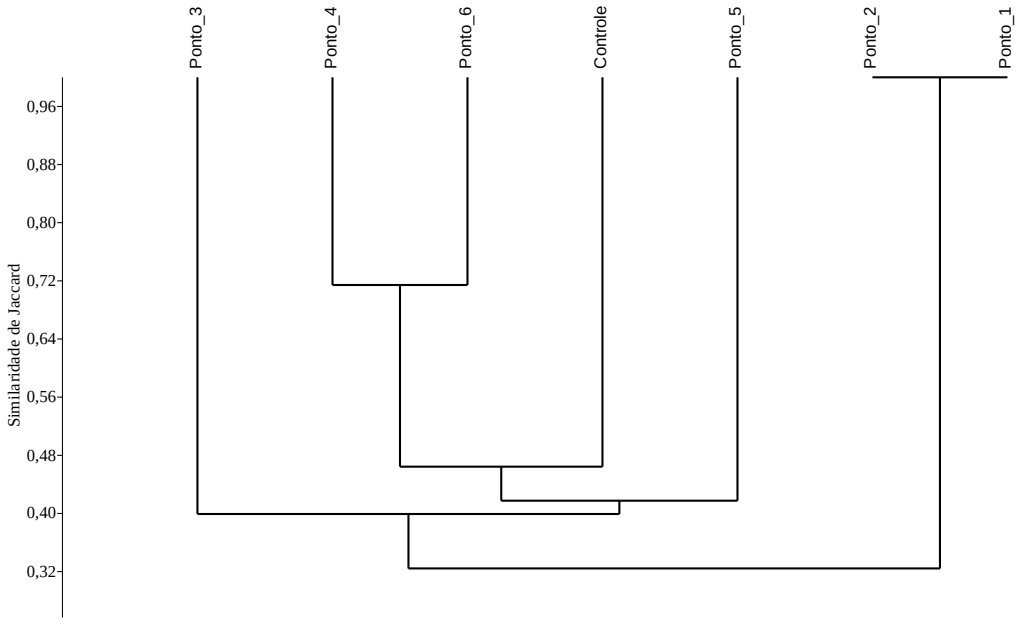


Figura 8.2-243 - Similaridade de Jaccard para abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria, campanha da estação seca e da estação chuvosa, (excetuando *Apis melífera)*.

C.8. Relevância regional (Comparação entre dados primários e secundários)

Dos 111 gêneros de abelhas que compõem os dados secundários da AID do Consórcio Santa Quitéria, 10,81% das espécies com potencial de ocorrência na região foram amostradas em campo (dados primários) (Tabela 8.2-40). De acordo com Silva (2014) na Caatinga existem 376 espécies de abelhas descritas, o que representa uma baixa riqueza comparada a outros Biomas (Floresta Atlântica, Cerrado e Floresta Amazônica). Mesmo diante disso, a riqueza de gêneros encontrada neste estudo (S=12) foi relativamente baixa, se comparada aos obtidos a partir de estudos em outras áreas de Caatinga semelhantes, bem como na mesma área do presente estudo em ano anterior. Em áreas com vegetação xerófila, a riqueza varia de 24 a 66 espécies (ZANELLA ET MARTINS, 2003), entretanto, no presente estudo a riqueza foi de 15 espécies. Esses resultados podem estar relacionados às condições de estiagem prolongada e severa da região. De todo modo, o conhecimento acumulado pelos dados levantados no presente estudo e no estudo de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) são suficientes para embasar adequada avaliação sobre a viabilidade locacional do projeto. Considerando conjuntamente os dados dos dois estudos foram registradas 59 espécies de abelhas na área do projeto.

Ao comparar as listas de espécies, a maioria dos representantes encontrados no presente trabalho é bem distribuída na Caatinga. A despeito, disso, quatro espécies não haviam sido registradas anteriormente na área do projeto, sendo as três últimas encontradas apenas na ADA: *Dicranthidium arenarium, Centris trigonoides, Lestrimelitta tropica e Mesocheira bicolor*. Porém são espécies com ampla distribuição geográfica e relativamente abundantes em suas áreas de ocorrência.

Tabela 8.2-40 - Lista de espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) registrados para a Caatinga a partir e comparação com as espécies encontradas no presente estudo e no estudo realizado e 2011 (ARCADIS LOGOS,2014)

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Acamptopoeum prinii (Holmberg, 1884)		x	1
Acamptopoeum vagans (Cockrell, 1926)			1
Acanthopus excellens Schrottky, 1902			1, 2
Agapostemon chapadensis Cockerell, 1900			1
Agapostemon semimelleus Cockerell, 1900			1
Ancyloscelis apiformis (Fabricius, 1793)			1
Ancyloscelis frieseana (Ducke, 1908)			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Anthidium (Tetranthidium) latum Schrottky, 1902			1
Anthidium appendiculatum Ducke, 1911			1
Anthidium sertanicola Moure & Urban, 1964			1
Anthodioctes megachiloides Holmberg, 1903			1
Anthrenoides petrolinensis Urban, 2006		x	
Apis mellifera Linnaeus, 1758	x	x	1
Arhysoceble huberi (Ducke, 1908)			1
Ariphanarthra palpalis Moure,1951			1
Augochlora (Augochlora) caerulior Cockerell, 1900			1
Augochlora (Augochlora) esox (Vachal,1911)		x	1, 2
Augochlora (Augochlora) neivai (Moure, 1940)			1
Augochlora (Augochlora) tantilla Moure, 1943			1
Augochlora (Oxystoglossella) diafractes (Vachal, 1911)			1
Augochlora (Oxystoglossella) morrae Strand, 1910			1
Augochlora (Oxystoglossella) thalia Smith, 1879		x	1, 2
Augochlorella ephyra (Schrottky, 1910)			1
Augochlorella tredecim (Vachal, 1911)			1, 2
Augochlorella urania (smith, 1853)			1
Augochloropsis (Augochloropsis) callichroa (Cockerell, 1900)			1
Augochloropsis (Augochloropsis) diversipennis (Lepeletier, 1841)			1
Augochloropsis artemisia (Smith, 1854)			1
Augochloropsis cf. melanochaeta Moure,1950			1
Augochloropsis cleopatra (Schrottky, 1902)			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Augochloropsis cockerelli Schrottky, 1909			1
Augochloropsis cupreola (Cockerell, 1900)			1
Augochloropsis hebescens (Smith, 1879)			1
Augochloropsis heterochroa (Cockerell, 1900)		x	2
Augochloropsis multiplex (Vachal, 1903)			1
Augochloropsis notophos (Vachal, 1903)			1
Augochloropsis patens (Vachal, 1903)			1
Augochloropsis prognatha Moure,1944			1
Augochloropsis smithiana (Cockerell, 1900)			1
Augochloropsis terrestres (Vachal, 1903)			1
Augochloropsis wallacei (Cockerell, 1900)			1
Austrostelis catamarcencis (Schrottky, 1909)			1
Austrostelis iheringi (Schrottky, 1910)			1
Austrostelis silveirai Urban, 2006			1
Bombus (Fervidobombus) atratus (Franklin, 1913)			1
Bombus (Fervidobombus) brasiliensis Lepeletier, 1836			1
Bombus (Fervidobombus) brevivillus Franklin, 1913		x	1
Bombus (Fervidobombus) morio (Swederus, 1787)			1
Bombus (Fervidobombus) pauloensis Friese, 1913			1
Brachynomada cearensis (Ducke, 1910)			1
Brachynomada tomentifera (Ducke, 1907)			1
Caenohalictus tesselatus (Moure, 1940)			1
Caenonomada unicalcarata (Ducke, 1908)		x	1
Callonychium (Callonychium) brasiliense (Ducke, 1907)			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Camargoia nordestina Camargo 1996			1, 2
Ceblurgus longipalpis Urban & Moure, 1993			1
Centris (Centris) nitens Lepeletier, 1841			1
Centris (Centris) aenea Lepeletier, 1841			1
Centris (Centris) caxienses Ducke, 1907			1
Centris (Centris) decolorata Lepeletier, 1841			1
Centris (Centris) flavifrons (Fabricius, 1775)			1
Centris (Centris) nitens Lepeletier, 1841			1
Centris (Centris) obscurior Michener, 1954			1
Centris (Centris) poecila Lepeletier, 1841			1
Centris (Centris) pulchra (Moure, Oliveira e Viana, 2003)			1
Centris (Centris) spilopoda Moure,1969			1
Centris (Centris) varia (Erichson, 1849)			1
Centris (Hemisiella) lanipes (Fabricius, 1775)			1
Centris (Hemisiella) tarsata Smith, 1874			1
Centris (Hemisiella) trigonoides Lepeletier, 1841	x		1
Centris (Hemisiella) vittata Lepeletier, 1841			1, 2
Centris (Heterocentris) cf. bicornuta Mocsáry, 1899			1
Centris (Heterocentris) analis (Fabricius, 1804)			1
Centris (Melacentris) collaris Lepeletier, 1841			1
Centris (Melacentris) confusa Moure, 1960			1
Centris (Melacentris) fluviatilis Friese, 1924			1
Centris (Melacentris) lateritia Friese, 1899			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Centris (Melacentris) violacea Lepeletier, 1841			1
Centris (Melacentris) xanthocnemis (Perty, 1833)			1
Centris (Melanocentris) obsoleta Lepeletier, 1841		x	1
Centris (Paracentris) burgdorfi Friese, 1900			1
Centris (Paracentris) klugii Friese, 1899			1
Centris (Paracentris) xanthomelaena Moure & Castro, 2001			1
Centris (Paracentris)hyptidis Ducke, 1908		x	1
Centris (Ptilotopus) maranhensis Ducke, 1910			1, 2
Centris (Ptilotopus) moerens (Perty, 1833)			1
Centris (Ptilotopus) scopipes (Friese, 1899)			1
Centris (Ptilotopus) sponsa Smith, 1854			1
Centris (Trachina) fuscata Lepeletier, 1841		x	1
Centris (Trachina) longimana Fabricius, 1804			1
Centris (Trachina) machadoi Azevedo & Silveira, 2005			1
Centris (Trachina) rupestris Azevedo & Silveira, 2005			1
Centris (Xanthemisia) bicolor Lepeletier, 1841			1
Centris (Xanthemisia) lutea Friese, 1899			1
Cephalotrigona capitata (Smith, 1854)			1
Ceratina (Calloceratina) chloris (Fabricius, 1804)			1
Ceratina (Ceratinula) manni Cockerell, 1912			1, 2
Ceratina (Crewella) asuncionis Strand, 1910			1
Ceratina (Crewella) maculifrons Smith, 1854	x	x	1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Ceratina (Crewella) madeirae (Moure, in litteris)			1
Ceratina (Crewella) paraguayensis (Schrottky, 1907)			2
Ceratina cf. portoi (Friese, 1910)			1
Ceratina richardsoniae Schrottky, 1909			1
Ceratinula (Ceratinula) manni Cockerell, 1912			1
Chaeturginus alexanderi Ruz & Melo, 1999			1
Chilicola (Prosopoides) minima (Ducke, 1908)			1
Coelioxys (Acrocoelioxys) cf. laevigatasmith Smith, 1854			1
Coelioxys (Acrocoelioxys) tolteca Cresson, 1878			1
Coelioxys (Glyptocoelioxys) cearensis Friese, 1921			1
Coelioxys (Glyptocoelioxys) cerasiopleura Holmberg, 1903			1
Coelioxys (Glyptocoelioxys) chacoensis Holmberg, 1903			1, 2
Coelioxys (Neocoelioxys) assumptionis (Schrottky, 1910)			1
Coelioxys (Neocoelioxys) praetextata Haliday, 1837			1
Coelioxys (Rhinocoelioxys) clypeata Smith, 1879			1
Coelioxys pirata (Holmberg, 1884)			1
Coelioxys punctipennis Cresson, 1878			1
Coelioxys simillima Smith, 1854			1
Colletes petropolitanus Delatorre, 1896			1
Colletes rufipes Smith, 1879			1
Colletes rugicollis Friese, 1900			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Dasyhalonia (Pachyalonia) cearensis (Ducke, 1911)			1
Diadasia murihirta Cockerell, 1912			1
Diadasia parahybensis (Cockerell, 1912)			1
Diadasina paraenses (Ducke, 1912)			1
Diadasina riparia (Ducke, 1907)			1
Dialictus (Chloralictus) opacus Moure, 1940		x	1, 2
Dialictus nanus (smith, 1879)			1
Dicranthidium arenarium (Ducke, 1907)	x		1
Dicranthidium gregarium (Schrottky, 1905)			1
Dicranthidium luciae Urban, 1993			1, 2
Dicranthidium soniae Urban, 1993			1
Epanthidium maculatum Urban, 1995			1
Epanthidium tigrinum (Schrottky, 1905)			1
Epicharis (Anepicharis) dejeanii Lepeletier, 1841			1
Epicharis (Epicharana) flava Friese, 1900			1
Epicharis (Epicharis) bicolor Smith, 1854			1
Epicharis (Epicharitides) cockerelli Friese, 1900			1
Epicharis (Epicharitides) iheringi Friese, 1899			1
Epicharis (Epicharoides) xanthogastra Moure & Seabra, 1959			1
Epicharis (Hoplepicharis) fasciata Lepeletier & Serville, 1828			1
Epicharis (Triepicharis) analis Lepeletier, 1841			1
Epicharis (Triepicharis) schrottkyi Friese, 1899			1
Eucera compositarum Ducke, 1910			1
Eufriesea aridicola Moure, Neves & Viana 2001			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Eufriesea auriceps Friese, 1899			1
Eufriesea nigrohirta (Friese, 1899)			1
Eufriesea nordestina (Moure, 1999)		x	1, 2
Eufriesea violacens Moscáry, 1898			1
Euglossa (Euglossa) cordata (Linnaeus, 1758)		x	1
Euglossa (Euglossa) fimbriata Rebelo & Moure, 1968			1
Euglossa (Euglossa) leucotricha Rebelo & Moure, 1996			1
Euglossa (Euglossa) melanotricha Moure, 1966			1
Euglossa (Euglossa) nanomelanotricha (Nemésio, 2009)			2
Euglossa (Euglossa) securigera Dressler, 1982		x	1, 2
Euglossa (Euglossa) townsendi Cockerell, 1904			1
Euglossa (Euglossa) truncata Rebêlo & Moure, 1986			1
Euglossa (Euglossura) imperialis Cockerell, 1922			1
Euglossa (Glossurella) carinilabris Dressler, 1982			1
Euglossa (Glossurella) crassipunctata Moure 1986			1
Euglossa (Grossullera) stellfeldi Moure, 1947			1
Euglossa aff. carolina Nemésio, 2009			1
Euglossa aratingae Nemésio, 2009			1
Euglossa aridicula (Moure & Neves, 2001)			1
Euglossa pleosticta Dressler, 1982			1
Eulaema (Apeulaema) cingulata (Fabricius, 1804)			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Eulaema (Apeulaema) marcii Nemésio, 2009			1
Eulaema (Apeulaema) nigrita Lepeletier, 1841		x	1
Eulaema (Eulaema) bombiformis (Packard, 1869)			1
Euplusia aridicula (Moure, Neves, and Viana, 2001)			1
Euplusia faceta Moure, 1999			1
Euplusia melaena			1
Eurytis funereus Smith, 1854			1
Exaerete dentata (Linnaeus, 1758)			1, 2
Exaerete smaragdina (Guérin, 1844)			1
Exomalopsis (Exomalopsis) analis Spinola, 1853			1
Exomalopsis (Exomalopsis) aureopilosa (Spinola, 1854)			1
Exomalopsis (Exomalopsis) fernandoi Moure, 1990			1
Exomalopsis (Exomalopsis) fulvipennis Schrottky, 1910			1
Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata Smith, 1879			1
Exomalopsis (Exomalopsis) subtilis Timberlake, 1980			1
Exomalopsis (Exomalopsis) tomentosa Friese, 1899			1
Exomalopsis (Phanomalopsis) trifasciata Brèthes, 1910		x	
Exomalopsis villipes Smith, 1854			1
Florilegus (Euflorilegus) festivus (Smith, 1854)			1
Florilegus (Euflorilegus) fulvipes (Smith, 1854)			1
Florilegus (Euflorilegus) similis Urban, 1970			1, 2

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Florilegus (Floriraptor) melectoides (Smith, 1879)			1
Friesella schrottkyi (Friese, 1900)			1
Frieseomelitta doederleini (Friese, 1900)	x	x	1
Frieseomelitta flavicornis (Fabricius, 1798)			1
Frieseomelitta francoi (Moure, 1946)			1
Frieseomelitta silvestrii languida (Moure, 1990)			1
Frieseomelitta varia díspar (Moure, 1950)	x	x	1
Gaesischia (Agaesischia) hyptidis (Ducke, 1910)			1
Gaesischia (Agaesischia) patellicornis (Ducke, 1910)			1
Gaesischia (Gaesischia) carinata Urban, 1989			1
Gaesischia (Gaesischia) flavoclypeata Michener, LaBerge & Moure, 1955			1
Gaesischia (Gaesischia) glabrata Urban, 1989			1
Gaesischia (Gaesischia) labiatarum Ducke, 1911			1
Gaesischia (Gaesischia) nigra Moure, 1968		x	
Gaesischia (Gaesischia) rosadoi Urban, 1989			1
Gaesischia (Gaesischia) similis Urban, 1989			1, 2
Geotrigona mombuca (Smith, 1863)			1
Geotrigona subterrânea (Friese, 1901)			1
Geotrigona xanthopoda Camargo & Moure, 1996			1
Hylaeus rivalis (Schrottky, 1906)			1
Hypanthidium beniense (Cockerell, 1927)			2
Hypanthidium cacerense (Urban, 1998)			2
Hypanthidium erythrogaster Moure & Urban, 1994			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Hypanthidium foveolatum (Alfken, 1930)			1
Hypanthidium nigritulum Urban, 1998			1
Isepeolus viperinus (Holmberg, 1886)			1
Larocanthidium bilobatum Urban, 1997			1
Larocanthidium emarginatum Urban, 1997			1
Larocanthidium ornatum (Urban, 1997)			1
Larocanthidium spinosum Urban, 1997			1
Leiopodus lacertinus Smith, 1854			1
Leiopodus nigripes Friese, 1908			1
Leiopodus trochantericus Ducke, 1907			1
Lestrimelitta limao (Smith, 1863)			1
Lestrimelitta tropica Marchi & Melo, 2006	x		
Leurotrigona muelleri (Friese, 1900)			1
Lithurge huberi Ducke, 1907			1
Lophopedia nigrispinis (Vachal,1909)			1
Lophopedia pygmaea (Schrottky, 1902)			1
Megachile (Acentron) eburneipes (Vachal, 1904)			1
Megachile (Acentron) tupinaquina Schrottky, 1913			1
Megachile (Acentron) verrucosa Brèthes, 1909			1
Megachile (Austromegachile) antiqua Mitchell, 1930			1
Megachile (Austromegachile) fascialis Vachal, 1909			1
Megachile (Austromegachile) habilis (Mitchell, 1930)			2
Megachile (Austromegachile) orbiculata Mitchell, 1930			1
Megachile (Austromegachile) susurrans Haliday, 1836			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Megachile (Austrosarus) diasi Raw, 2003			1
Megachile (Austrosarus) frankieana Raw, 2003			1
Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides Moure, 1943			1
Megachile (Cressoniella) rava Vachal, 1909			1
Megachile (Leptorachina) laeta Smith, 1853			1
Megachile (Leptorachis) aureiventris Schrottky, 1902			1
Megachile (Leptorachis) friesei Schrottky, 1902			1
Megachile (Leptorachis) paranensis Schrottky, 1913			1
Megachile (Leptorachis) paulistana Schrottky, 1902			1
Megachile (Melanosarus) brasiliensis Dalla Torre, 1896			1
Megachile (Melanosarus) nigripennis Spinola, 1841			1
Megachile (Moureapis) maculata Smith, 1853			1
Megachile (Neochelynia) paulista (Schrottky, 1920)			1
Megachile (Neomegachile) brethese Schrottky, 1909			1
Megachile (Pseudocentron) asuncicola Strand, 1910			1
Megachile (Pseudocentron) botucatuna Schrottky, 1913			1
Megachile (Pseudocentron) lissotate (Moure,1943)			1
Megachile (Pseudocentron) terrestris Schrottky, 1902			1
Megachile (Ptilosaroides) neoxanthoptera Cockerell, 1933			1
Megachile (Sayapis) cylindrica Friese, 1906			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Megachile (Sayapis) dentipes Vachal, 1906		x	1, 2
Megachile (Schrottkyapis) assumptionis Schrottky, 1908			1
Megachile (Trichurochile) gracilis Schrottky, 1902			1
Megachile (Tylomegachile) orba Schrottky, 1913			1
Megachile (Zonomegachile) gigas Schrottky, 1908			1
Megachile bernardina Schrottky, 1913			1
Megachile iheringi Schrottky, 1913			1
Megachile inquirenda Schrottky, 1913			1, 2
Megalopta amoena (Spinola, 1853)			1
Melipona (Eomelipona) asilvai Moure, 1971			1
Melipona (Eomelipona) bicolor Lepeletier, 1836			1
Melipona (Eomelipona) marginata Lepeletier, 1836			1
Melipona (Melikerria) quinquefasciata Lepeletier, 1836			1
Melipona (Melipona) mandacaia Smith, 1863			1
Melipona (Melipona) subnitida Ducke, 1911			1
Melipona (Melipona) quadrifasciataanthidioides Lepeletier, 1836			1
Melipona (Michmelia) scutellaris Latreille, 1811			1
Melissodes (Ecplectica) nigroaenea (Smith, 1854)			1
Melissodes (Ecplectica) sexcincta (Lepeletier, 1841)			1
Melissodes pubescens (Smith, 1879)			1
Melissoptila aureocincta Urban, 1968			1
Melissoptila cnecomala (Moure, 1944)			1
Melissoptila fiebrigi Brethes, 1909			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Melissoptila pubescens (Smith, 1789)			1
Melissoptila richardiae Bertoni & Schrottky, 1910			1
Melissoptila unicornis (Ducke, 1911)			1
Melissoptila vulpecula Bertoni & schrottky, 1910			1
Melitoma grisescens (Ducke, 1907)			1
Melitoma ipomoearum Ducke, 1912			1
Melitoma osmioides (Ducke, 1908)			1
Melitoma segmentaria (Fabricius, 1804)			1
Melitoma taurea (Say, 1873)			1
Melitomella murihirta (Cockerell, 1912)		x	1, 2
Mesocheira bicolor (Fabricius, 1804)	x		1
Mesonychium asteria (Smith, 1854)			1
Mesonychium caerulescens (Lepeletier & serville, 1825)			1
Mesoplia regalis (Smith, 1854)			1
Mesoplia rufipes (Perty, 1833)			1
Mesoplia similima Schrottky, 1920			1
Mesoplia similis Schrottky, 1920			1
Microthurge friesei (Ducke, 1907)			1
Monoeca pluricincta (Vachal, 1909)			1
Nannotrigona testaceicornis (Lepeletier, 1836)			1
Neocorynura oiospermi (Schrottky, 1909)			1
Nomada cf. polybioides Ducke, 1908			1
Nomiocolletes bicellularis (Ducke, 1911)			1
Nomiocolletes cearenses (Ducke,1908)			1
Osirinus parvicollis (Ducke, 1910)			1
Oxaea austera Gerstaecker, 1867			1
Oxaea flavescens Klug, 1807			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Oxaea schwarzi Moure &Seabra, 1962			1
Oxytrigona tataira (Smith, 1863)			1
Paratetrapedia fervida (Smith, 1879)			1
Paratetrapedia volatilis (Smith, 1879)			1
Paratrigona glabrata Moure, 1990			1
Paratrigona incerta Camargo & Moure, 1994			1
Paratrigona lineata (Lepeletier, 1836)			1
Paratrigona subnuda Moure, 1947			1
Parepeolus aterrimus (Friese, 1906)			1
Paroxystoglossa Jocasta (Schrottky, 1910)			1
Partamona cupira (Smith, 1863)		x	1
Partamona helleri (Friese, 1900)			1
Partamona rustica Pedro & Camargo 2003			1
Peponapis fervens (Smith, 1879)			1
Perditomorpha brunerii (Ashmead, 1899)			1
Perditomorpha decoloratus (Ducke, 1908)			1
Perditomorpha iheringi (Schrottky, 1910)			1
Perditomorpha laena (Vachal, 1904)			1
Pereirapis rhizophila Moure,1943			1
Plebeia albopicta			1
Plebeia droryana (Friese,1900)			1
Plebeia flavocincta (Cockerell, 1912)	x	x	1
Plebeia marinae			1
Protodiscelis alismatis (Ducke, 1908)			1
Protodiscelis palpalis (Ducke, 1908)		x	1
Protomeliturga turnerae (Ducke, 1907)		x	1
Psaenythia canina Cockerell, 1912			1
Psaenythia variabilis Ducke, 1908		x	1
Pseudagapostemon (Pseudagapostemon) ochromerus (Vachal, 1904)			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Pseudagapostemon (Pseudagapostemon) pruinosus Moure & sakagami, 1984			1
Pseudaugochlora gramínea Fabricius, 1804			1
Pseudaugochlora pandora (Smith, 1853)			1
Ptiloglossa torquata Moure, 1989			1
Ptilothrix plumata Smith, 1853			1
Rhathymus acutiventris Friese, 1906			1
Rhathymus bicolor nigripes Friese, 1912			1
Rhectomia mourei (Eickwort, 1969)			1
Rhogepeolus plumbeus (Ducke, 1910)			1
Rhophitulus friesei (Ducke,1907)			1
Rhophitulus hyptidis Ducke,1908			1
Rhophitulus paragua-yanus Strand, 1910			1
Sarocolletes fulva Moure & Urban, 1995		x	1
Scaptotrigona bipunctata (Lepeletier, 1836)			1
Scaptotrigona tubiba (Smith, 1863)			1
Scaura atlantica Melo, 2004			1
Tapinotaspis heathi Cockerell, 1912			1
Tapinotaspoides rufescens (Friese, 1899)			1, 2
Temnosoma metallicum Smith, 1853			1
Tetragonisca angustula (Latreille, 1811)			1
Tetrapedia clypeata Friese, 1899			1
Tetrapedia diversipes Klug, 1810			1
Tetrapedia rugulosa Friese, 1899			1
Thectochlora alaris (Vachal, 1904)			1
Thygater (Thygater) analis (Lepeletier, 1841)			1
Triepeolus buchwaldi (Friese, 1908)			1
Trigona (Frieseomelitta) freiremaiai Moure, 1963			1

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Trigona fulviventris Guérin, 1844			1
Trigona grupo fuscipennis Friese,1900	x	x	1
Trigona hyalinata (Lepeletier, 1836)			1
Trigona recursa Smith, 1863			1
Trigona spinipes (Fabricius, 1793)	x	x	1
Trigona truculenta Almeida, 1984			1
Trigonisca intermedia (Moure, 1990)		x	1
Trigonisca pediculana (Fabricius, 1804)	x	x	1
Trigonopedia cf. oligotricha Moure, 1941			1
Tropidopedia punctifrons (Smith, 1879)			1
Xylocopa (Cyrroxylocopa) vestita Hurd & Moure, 1963			1
Xylocopa (Dasyxylocopa) bimaculata Friese, 1903			1
Xylocopa (Diaxylocopa) truxali Hurd & Moure, 1963			1
Xylocopa (Monoxylocopa) abbreviata Hurd & Moure, 1963			1
Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum (Linnaeus, 1767)			1
Xylocopa (Neoxylocopa) carbonaria Smith, 1854			1
Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis Ducke, 1910		x	1
Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis Olivier, 1789			1
Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens Lepeletier, 1841	x	x	1
Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima Maidl, 1912			1
Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria Smith, 1874			1
Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta Moure & Camargo, 1988			1, 2

NOME DO TÁXON	DADOS PRIMÁRIOS (2021	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
Xylocopa (Schoennherria) aff. viridis Smith, 1854			1
Xylocopa (Schoenherria) subcyanea Perez, 1901			1
Xylocopa (Schoennherria) macrops Lepeletier, 1841			1
Xylocopa (Schoennherria) muscaria (Fabricius, 1775)			1
Xylocopa (Schoennherria) subzonata Moure, 1949			1

Legenda: Dados Secundários: 1 – Silva (2014); Freitas et. al. (2021)

C.9. Comparação entre dados do EIA-RIMA 2011 e presente estudo

Durante o levantamento realizado em 2011 na área do empreendimento (foram registradas 97 espécies de abelhas (ARCADIS LOGOS, 2014), enquanto no presente estudo a riqueza de abelhas foi de 16 espécies, sendo em ambos os estudos a suficiência amostral calculada em torno de 70%. Essa diferença ocorreu provavelmente devido às condições de estiagem mais longa registradas no presente estudo. Apesar de uma riqueza bem abaixo da registrada no levantamento anterior (em 2011), quatro espécies de abelhas - *Centris trigonoides, Dicranthidium arenarium, Lestrimelitta tropica* e *Mesocheira bicolor* – foram registradas pela primeira vez para a área do empreendimento

D. Considerações Finais

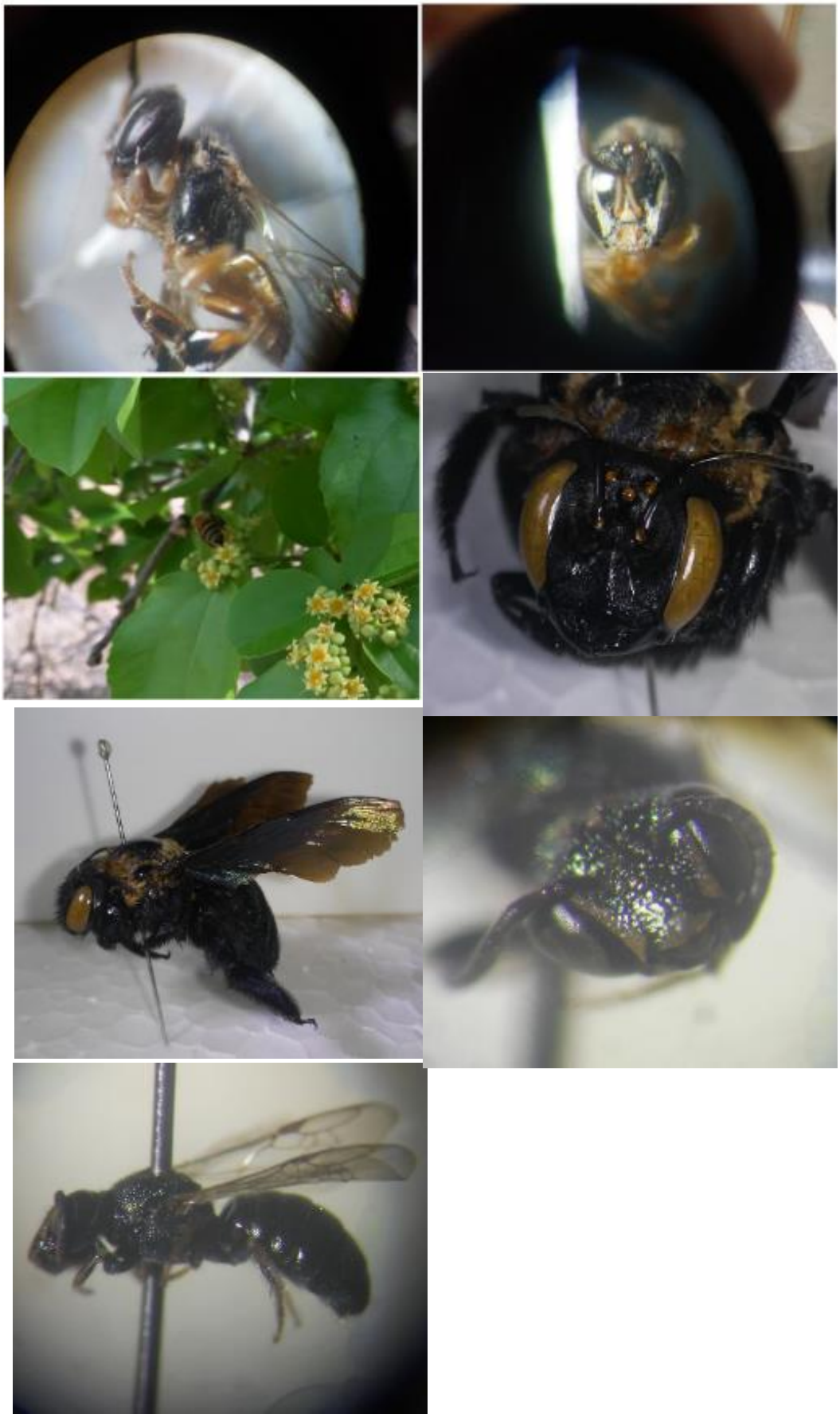
Os resultados obtidos mostram que as espécies de abelhas registradas para a área do empreendimento em Santa Quitéria-CE, nas duas campanhas realizadas para o presente diagnóstico, possuem ampla distribuição em outras áreas de Caatinga. A riqueza de espécies foi baixa comparada aos outros estudos executados em outras áreas de Caatinga e a maioria das espécies de abelhas registradas foi composta de exemplares eussociais, ou seja, que possuem ninho perenes. Esse fato pode estar relacionado às condições ambientais atípicas na região, onde ocorreu uma estiagem mais longa e severa que o usual. Além disso, na campanha da estação chuvosa, a quantidade e intensidade de chuvas, possivelmente, não havia sido suficiente para determinar uma resposta na vegetação que refletisse nos números populacionais das abelhas. Mesmo assim, quatro espécies, que não haviam sido registradas anteriormente na área do projeto, foram encontradas no presente estudo: *Dicranthidium arenarium, Centris trigonoides, Lestrimelitta tropica e Mesocheira bicolor*.

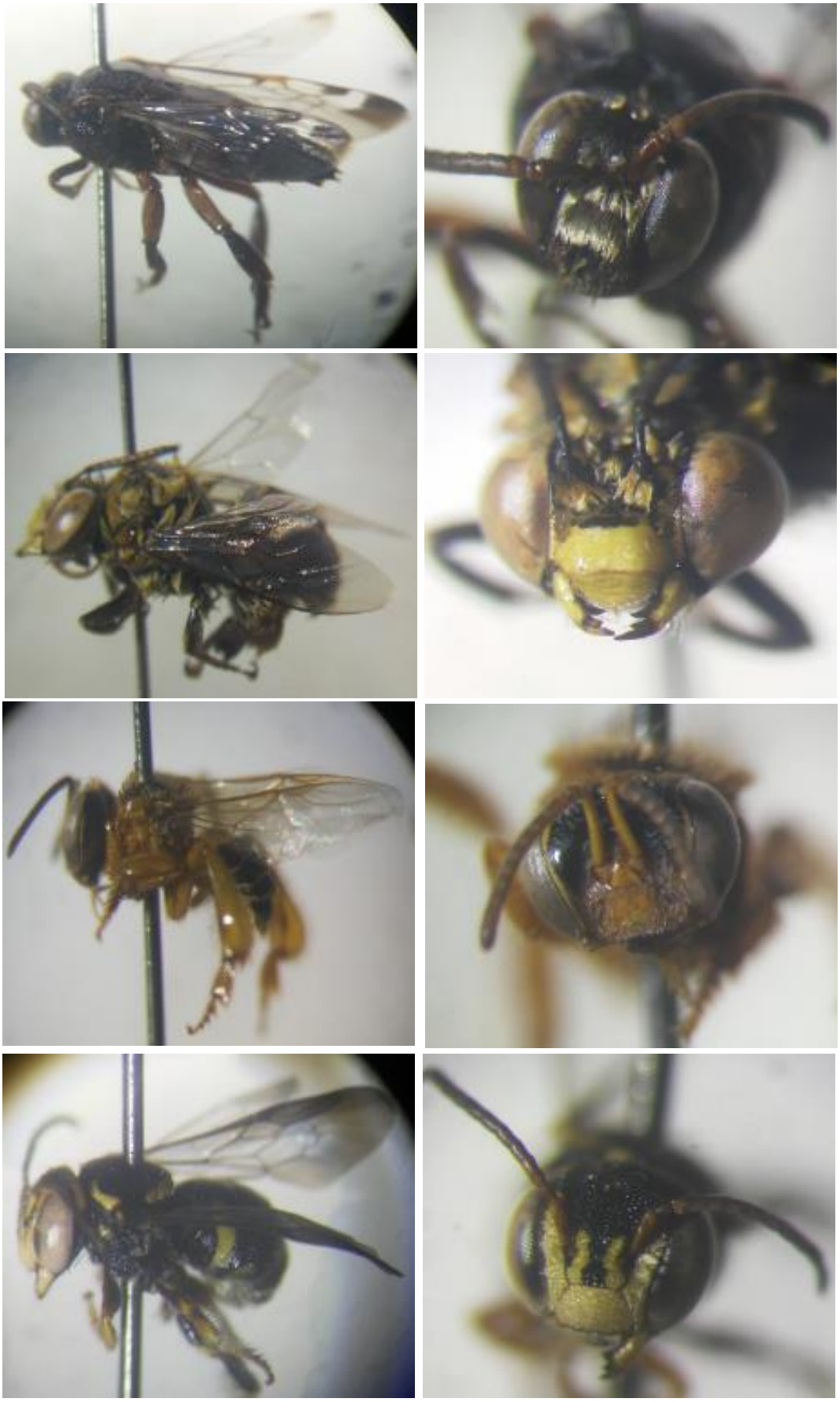
Duas espécies chamam atenção: *Mesocheira bicolor* e *Florilegus (Euflorilegus)* sp.. A primeira por ser parasita de *Centris*, se a torna dependente desse gênero de abelhas para reprodução; a segunda é uma espécie oligolética, vulnerável por depender de recursos restritos.

Dessa forma, durante as atividades de instalação do empreendimento deve-se evitar impactos irreversíveis sobre abelhas sociais e oligoléticas. As abelhas sociais demandam uma qualidade ambiental alta e dependem, não só das espécies de plantas que fornecem recursos florais, mas também das plantas hospedeiras dos ninhos. Mapear a localização dos ninhos das abelhas permite entender em que condições de conservação das áreas as espécies os constroem, bem como conhecer locais onde os recursos florais são coletados. Assim, caso seja necessário, é possível manejar esses ninhos para áreas similares de onde são retirados.

São desejáveis novas incursões para levantamento de espécies de abelhas na área, especialmente que possibilitem ampliar a lista de espécies solitárias. A despeito disso, considera-se que o conhecimento acumulado para a área, totalizando 101 espécies de abelhas inventariadas, que representam aproximadamente 68 % das espécies listadas para o estado do Ceará, é suficiente para embasar as avaliações sobre a viabilidade locacional do projeto Santa Quitéria.

E. Relatório Fotográfico





Sequência das fotos em ordem esquerda-direita/ superior-inferior: Trigona spinipes visitando a flor de Feijão-Bravo (esquerda); Frieseomelitta varia (Direita); Lestrimelitta tropica (vista lateral e frontal); Frieseomelitta doederleini (vista lateral e frontal); Trigonisca pediculana (vista lateral e frontal); Plebeia flavocincta (vista lateral e frontal); Apis mellifera visitando flor de Juazeiro; Xylocopa grisescens (vista lateral e frontal); Ceratina maculifrons (vista lateral e frontal); Megachille (Pseudocenthron) - Fêmea (vista lateral e frontal); Megachille (Pseudocenthron) - Macho (vista lateral e frontal); Megachille (Pseudocenthron) – fêmea (vista lateral e frontal); Trigona fuscipennis (vista lateral e frontal); Mesoceira bicolor (vista lateral e frontal); Centris trigonoides (vista lateral e frontal); Frieseomelitta sp. (vista lateral e frontal); Dicranthidium arenarium (vista lateral e frontal); Florilegus (Euflorilegus) (vista lateral e frontal)

8.2.1.1.8. Formicidae

A. Introdução

Os insetos, devido à grande diversidade de espécies e seu alto valor de biomassa, são fundamentais nos processos que estruturam os ecossistemas (WILSON, 1987; EGGLETON, 2020). Insetos sociais, como cupins e formigas, representam os maiores grupos de animais em termos de biomassa, com pelo menos duas vezes mais biomassa que os humanos e pelo menos 13 vezes mais que os vertebrados terrestres selvagens (EGGLETON, 2020).

Por apresentarem um sistema funcional importante, serem taxonomicamente tratáveis, ecologicamente bem conhecidos e facilmente inventariados, os insetos vêm sendo utilizados como indicadores para a diversidade biológica em florestas neotropicais (BROWN, 1991; 1997) e, cada vez mais, considerados nos estudos de monitoramento ambiental (ROSENBERG et al., 1986; BROWN, 1991; 1996; GERLACH et al., 2013). O uso de grupos específicos acarreta menor custo e maior facilidade na amostragem e identificação do material, sendo cupins, besouros, borboletas, abelhas, libélulas e formigas os grupos de insetos mais utilizados para esse fim (GREENSLADE, 1985; BROWN, 1991; 1997; LAVELLE, 1996; GERLACH et al., 2013).

As formigas são ecologicamente dominantes e constituem mais de 15% da biomassa total de animais terrestres da região tropical (FITTKAU & KLINGE, 1973; WILSON &

HOLLDOBBLER, 2005). Todas as formigas estão inseridas na família Formicidae sendo conhecidas até o momento 13.860 espécies (BOLTON, 2020). Estudos sobre as comunidades de formigas vêm embasando programas de avaliação de impactos e conservação de ecossistemas (BROMHAM et al., 1999; HILTY & MERENLENDER, 2000; GERLACH et al., 2013), como por exemplo seu uso em monitoramentos do progresso de restauração do ambiente após atividades de mineração (MAJER et al., 1984; ANDERSEN, 1997; MAJER, 1992; MAJER & DE KOCK, 1992).

Elas são consideradas um bom táxon indicador por: (1) apresentar uma alta diversidade e abundância local, (2) possuir ninhos perenes e estacionários, assim como área de forrageamento restrita, podendo então serem amostradas e monitoradas com segurança de que representam as unidades estudadas, (3) serem facilmente amostradas e separadas em morfoespécies, e (4) responderem rapidamente à mudanças ambientais por possuírem faixas estreitas de tolerância e serem especialmente sensíveis à mudanças no clima e microclima (FOWLER et al., 1991; SILVIA & BRANDÃO, 1999; AGOSTI et al., 2000; BIEBER et al., 2006). Dessa forma, são excelentes bioindicadores, seja na indicação de espécies invasoras (YEMSHANOV et al., 2011), de poluição (PEREIRA et al., 2010) ou mesmo de níveis de perturbação dos hábitats (ALONSO, 2000; KASPERI & MAJER, 2000; ANDERSEN et al., 2002; THOMSON et al., 2007; PAOLUCCI et al., 2010).

Esta seção trata do diagnóstico da mirmecofauna nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª campanha, novembro de 2020; 2ª campanha, fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados secundários

Dentre os estudos consultados, o mais relevante foi o levantamento realizado para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado pela Arcadis Logos (2014). Neste trabalho foram reunidas as espécies identificadas durante o levantamento dos dados primários em 2011. Como resultado, o relatório aponta a ocorrência de 37 morfoespécies de formigas pertencentes a 18 gêneros na área de estudo.

Além do estudo supracitado, o levantamento de dados secundários de formigas na AID do PSQ foi realizado por meio de consulta bibliográfica a artigos científicos e livros, além de relatórios técnicos de pesquisas realizados na área de estudo. Foram levados em consideração estudos contendo listas de espécies de formigas para áreas da Caatinga,

preferencialmente aqueles com dados provenientes dos locais mais próximos possíveis ao empreendimento, entretanto, não há muitos estudos com formigas na Caatinga.

Assim, os trabalhos consultados foram os seguintes:

+ ARCADIS LOGOS (2014) - levantamento feito para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) previamente realizado para o Projeto Santa Quitéria, com resultados do diagnóstico executado em 2011.
+ LEAL (2003) – esse estudo foi realizado em diferentes áreas de Caatinga, na região de Xingó – Al e SE. Foram inventariadas cinco diferentes unidades de paisagem, em cinco cidades, utilizando o mesmo protocolo do presente estudo (ALL), além de iscas de sardinha. Foram listadas 61 espécies de formigas, pertencentes a 18 gêneros, os quais foram considerados na composição dos dados secundários do presente estudo.
+ LEAL *et al*. (2007) – esse estudo foi realizado também na região de Xingó- AL e SE, porém, com metodologia diferente da utilizada no presente estudo, objetivando levantar as formigas dispersoras de sementes. Foi escolhido para compor os dados das espécies de potencial ocorrência do Projeto Santa Quitéria, por mostrar potenciais espécies de ocorrência na região que porventura não foram amostrados devido à metodologia de coleta adotada. Foram listadas 18 espécies pertencentes a dez gêneros, os quais foram levados em consideração no presente estudo.
+ SANTOS *et al*. (1999) – esse estudo foi realizado na cidade de Itatim-BA e utilizou os mesmos métodos de coleta do presente estudo, além de um método adicional (guarda-chuva entomológico). Foram inventariadas 50 espécies de formigas pertencentes a 17 gêneros, os quais foram considerados para os dados secundários do presente estudo.
+ QUINET & TAVARES (2005) - esse estudo foi realizado no estado do Ceará, em quatro áreas localizadas dentro e no entorno da Reserva Natural Serra das Almas, no município de Crateús. Foram utilizados *pitfalls* para coleta das formigas, porém com distribuição diferente da utilizada em Santa Quitéria, além de iscas no solo e sobre a vegetação. Dos trabalhos publicados, essa foi a área mais próxima da região do presente estudo, por isso, todas as ocorrências foram levadas em consideração para a construção dos dados secundários, sendo registradas ao todo 76 espécies pertencentes a 34 gêneros, dos quais, considerando a classificação atual, foram reagrupados em 33 gêneros, aqui acatados.
+ QUINET et al. 2021 – um inventário de formigas do Estado do Ceará elaborado a partir do levantamento de espécimes depositados na coleção de formigas do Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Ceará, de publicações em revistas científicas ou livros, de trabalhos de monografia e da base de dados disponível no Antmaps. Foram

consideradas para compor os dados secundários do presente estudo apenas as espécies registradas em Caatinga, totalizando 33 espécies de 19 gêneros.

+ SOUSA *et al*. (2015) – esse estudo foi realizado na caatinga paraibana, município de Pombal, em paisagens com diferentes graus de conservação, incluindo uma área de vegetação nativa. Foram utilizados *pitfalls* para amostragem, sendo inventariadas ao total 30 espécies de formigas pertencentes a 12 gêneros, os quais foram levados em consideração para compor os dados secundários do presente estudo.

B.2. Dados primários

As áreas de amostragem, localizadas na Fazenda Itataia, em Santa Quitéria-CE, foram escolhidas buscando a representação das paisagens de Caatinga da região, Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada. As áreas foram selecionadas previamente por meio da identificação e mapeamento destas fitofisionomias, compreendendo seis áreas de amostragem e uma área controle. Em campo, foram selecionados pontos de amostragem com características bióticas e abióticas mais adequadas para a captura de formigas. A amostragem da estação seca foi realizada entre 21 e 24 de novembro de 2020, já a amostragem da estação chuvosa ocorreu entre 14 e 18 de fevereiro de 2021. Os pontos de coleta das formigas estão apresentados na Tabela 8.2-41 e Mapa 8.2-2.

Tabela 8.2-41 - Pontos de amostragem de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas campanhas da estação seca e da estação chuvosa.

PONTO AMOSTRAL	TÁXON	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		FITOFISIONOMIAS	INFLUÊNCIA
		UTM 24-M (M)/ SIRGAS 2000 - X/Y			
1	Formicidae	415848	9496020	Savana Estépica Florestada	AID
2	Formicidae	413937	9496662	Savana Estépica Florestada	AID
3	Formicidae	413909	9493500	Savana Estépica Arborizada	AID
4	Formicidae	411566	9494633	Savana Estépica Arborizada	AID
5	Formicidae	413814	9496048	Savana Estépica Arborizada	ADA
6	Formicidae	415355	9495681	Savana Estépica Arborizada	AID
Controle	Formicidae	419428	9491049	Savana Estépica Arborizada	AII

Para caracterizar a fauna de formigas, em cada uma das campanhas era previsto coleta de 20 amostras de serapilheira, em parcelas de 1m² (Figura 8.2-244 – A) espaçadas 10 m entre si, ao longo de um transecto de 200 m. Esse é o número mínimo de amostras necessárias para avaliação das espécies mais características ou comuns em uma área

(LEPONCE *et al.*, 2004). Esse método foi aplicado somente no ponto de amostragem 2, por ser o único que apresentava uma melhor cobertura de serapilheira (Figura 8.2-244 - D). A serapilheira coletada foi peneirada (Figura 8.2-244 - B) e transferida para sacos de tecido individuais. Em seguida, as amostras foram colocadas em extratores do tipo mini-Winkler, onde permaneceram por um período de 24h (Figura 8.2-244 – C) O protocolo adotado é o sugerido pelo ALL *Protocol* (*Ants of Leaf Litter*) para padronização global dos inventários sobre a fauna de formigas de serapilheira (AGOSTI & ALONSO, 2000).

Figura 8.2-244 - Coleta de formigas (Formicidae) na Fazenda Itataia, Santa Quitéria-CE, em novembro de 2020 e fevereiro de 2021. a – Amostra de 1m² de serapilheira; b – Peneiramento da amostra de serapilheira; c- Amostras dispostas em extratores do tipo mini-Winkler; d – Visão geral do ponto amostral 2.

Foram utilizados também 70 *pitfalls*, em cada campanha, distribuídos em sete transectos de 100 m, sendo um transecto em cada um dos pontos amostrais (A1, A2, A3, A4, A5, A6 e controle). Em cada transecto, foram instalados dez *pitfalls*, que consistiram em copos plásticos transparentes de 250 ml, com 10 cm de diâmetro, enterrados no solo, com a parte superior nivelada à superfície, espaçados por 10 m de distância. Nessas armadilhas,

foi colocada uma solução composta por água e detergente, para capturar os espécimes. Os *pitfalls* ficaram abertos 24h/dia, sendo revisados diariamente. O período de operação dos *pitfalls* foi de 72h, perfazendo um esforço amostra de 5040 armadilhas/hora por campanha, totalizando 10080 armadilhas/hora ao final do estudo.

As formigas coletadas foram armazenadas em vidros contendo álcool 70%, transportadas para o laboratório, triadas, montadas em alfinete entomológico e identificadas em nível de morfoespécie, seguindo as chaves de identificação HOLLDOBLER & WILSON (1990) e BOLTON (1994). De acordo com LATTKE (2000), esse nível de identificação é suficiente para estudos restritos a uma determinada área geográfica.

As formigas foram separadas em guildas, de acordo com os hábitos alimentares e de nidificação, seguindo a classificação de DELABIE *et al*. (2000) e SILVESTRE & SILVA (2001), como: 1) predadoras especialistas (espécies que se alimentam de apenas um tipo de presa); 2) predadoras generalistas (alimentam-se de vários tipos de presas); 3) cultivadoras de fungo (alimentam-se de fungo); 4) espécies nômades (espécies extremamente agressivas com recrutamento do tipo legionário); 5) generalistas (espécies generalistas na escolha do item alimentar e com ampla tolerância às condições físicas do ambiente); 6) oportunistas (utilizam várias fontes de alimentos e de nidificação); e 7) arborícolas (espécies que nidificam e forrageiam na vegetação).

B.3. Análise de dados

Foram calculadas a riqueza das espécies e frequência relativa de Formicidae. Esse método é recomendado no caso de insetos sociais, porque assim é contado o número de colônias e não o número de indivíduos, para evitar a superestimação da abundância de espécies com colônias grandes (LEAL & LOPES, 1992; LEAL *et al.*, 1993; LEAL, 2002). A comparação da riqueza das espécies de formigas entre os pontos de amostragem e campanhas foi realizada por meio de Análise de Variância (ANOVA Fatorial). Foram testados os pré-requisitos de normalidade de resíduos e homogeneidade de variância e a análise foi calculada no *software* Statistica 8 (STATSOFT 2007).

Foram calculados o Índice de Diversidade (1-D) e Dominância de Simpson (D) e de Equitabilidade de Pielou (J'). A fim de comparar as áreas quanto à composição de espécies, foi aplicada a medida de similaridade qualitativa de Jaccard. Posteriormente, foi aplicada sobre a matriz uma análise de agrupamento não ponderado aos pares por médias aritméticas – UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages), resultando em um dendrograma. As análises foram realizadas no *software* PAST 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001).

As curvas de acumulação de espécies foram elaboradas a partir de 1000 randomizações sem reposição. A riqueza total foi estimada, por extrapolação da riqueza de espécies observada em relação ao esforço amostral, utilizando estimadores baseados na incidência (Chao 2, Jackknife 1) das espécies. A suficiência amostral foi calculada a partir da razão da riqueza observada pela estimada. Os dados estimados foram obtidos por meio do programa EstimateS versão 9 (COWELL, 2013).

C. Resultados e discussão

C.1. Composição Faunística

Foram registradas 18 morfoespécies na amostragem realizada em Santa Quitéria-CE em novembro de 2020 e fevereiro de 2021, tendo havido o registro de 14 na estação seca e 16 na estação chuvosa.

Nas duas campanhas foram registradas morfoespécies pertencentes a 14 gêneros e cinco subfamílias (Tabela 8.2-42). Myrmicinae foi a família mais rica, com nove morfoespécies, seguida por Formicinae e Dolichoderinae, com três morfoespécies cada. Myrmicinae também foi a subfamília mais frequente, com 93 ocorrências (O), seguida de Formicinae (O=79) e Ectatomminae (O=59) (Fig.3). A amostragem de serapilheira registrou sete morfoespécies, num total de apenas oito ocorrências (Tabela 8.2-43). Todas as morfoespécies desse estudo foram registradas na amostragem com *pitfall*. Devido a isso, as análises estatísticas foram realizadas exclusivamente com a amostragem por *pitfall*. A ocorrência das espécies em cada uma das campanhas pode ser visualizada na Tabela 8.2-42.

Tabela 8.2-42. Riqueza de espécies e frequência de ocorrência de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria-CE, novembro de 2020 e fevereiro de 2021, coletados na serapilheira e com uso de *pitfalls*.

SUBFAMÍLIA ESPÉCIE	PONTOS							FREQUÊNCIA	%
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	C		
Dolichoderinae									
Dolichoderus sp.				1				1	0,42
Dorymyrmex sp.				1		5		6	2,54
Tapinoma sp.			1	1				2	0,85
Formicinae									
Camponotus sp.1	6	4	3	5	10	1	12	41	17,37
Camponotus sp.2	3	5	4	4	1	1	15	33	13,98
Nylanderia sp.						1	4	5	2,12

SUBFAMÍLIA ESPÉCIE	PONTOS							FREQUÊNCIA	%
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	C		
Myrmicinae									
Acromyrmex sp.	1	2	4		1			8	3,39
Cephalotes sp.1	1					1	1	3	1,27
Cephalotes sp.2	1					1		2	0,85
Crematogaster sp.				4		2		6	2,54
Cyphomyrmex sp.					2			2	0,85
Pheidole sp.1	9	3	3	6	5	5	9	40	16,95
Pheidole sp.2	3	1		1	6	5		16	6,78
Pheidole sp.3		2				2		4	1,69
Solenopsis sp.		2	2	3	2	2	1	12	5,08
Ectatomminae									
Ectatomma sp.	5	13	5			2	20	45	19,07
Gnamptogenys sp.	3	3	6			2		14	5,93
Ponerinae									
Platythyrea sp.		2	2					4	1,69
Frequência Total	32	37	30	26	27	30	62	244	
Riqueza Total	9	10	9	9	7	13	7	18	

P- Ponto amostral; C – Ponto controle

Tabela 8.2-43 - Ocorrência de espécies de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria. Dados coletados na campanha da estação seca e da estação chuvosa, em 20 amostras de serapilheira, no ponto de amostragem P2.

SUFAMÍLIA ESPÉCIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Formicinae																				
Camponotus sp.1																		x		
Myrmicinae																				
Pheidole sp.1			x																	
Pheidole sp.3	x											x								
Solenopsis sp.									x											
Ectatomminae																				
Ectatomma sp.											x									
Gnamptogenys sp.							x							x						

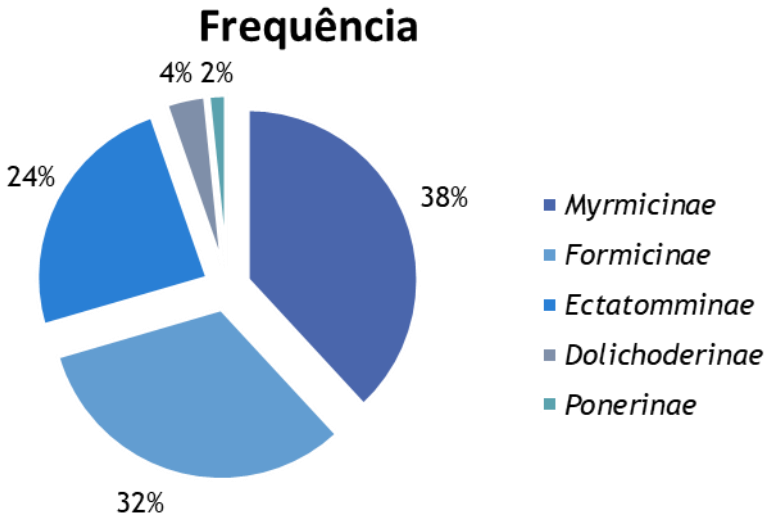


Figura 8.2-245 - Riqueza relativa das morfoespécies de formigas (Formicidae) por subfamília registradas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*.

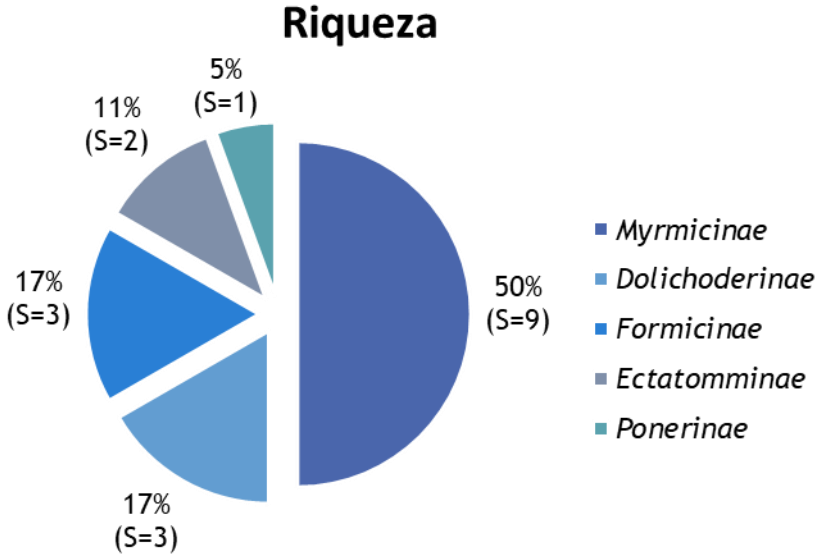


Figura 8.2-246 - Frequência relativa das subfamílias de formigas (Formicidae) registradas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e pitfall. S = riqueza de espécies.

Tabela 8.2-44 - Riqueza de espécies e frequência de ocorrência de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, por campanha, coletados de serapilheira e *pitfall*. (1°CAMPANHA= estação seca; 2°CAMPANHA= estação chuvosa).

SUFAMÍLIA ESPÉCIE	1°CAMPANHA							2°CAMPANHA						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	AC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	AC
Dolichoderinae														
Dolichoderus sp.											1			
Dorymyrmex sp.						3					1		2	
Tapinoma sp.			1								1			
Formicinae														
Camponotus sp.1	6	3	2	4	9	1	6		1	1	1	1		6
Camponotus sp.2	3	4	3	4	1	1	8		1	1				7
Nylanderia sp.							2						1	2
Myrmicinae														
Acromyrmex sp.		2	3					1		1		1		
Cephalotes sp.1	1												1	1
Cephalotes sp.2	1					1								
Crematogaster sp.				3		1					1		1	
Cyphomyrmex sp.												2		
Pheidole sp.1	7		3	4	2	3	6	2	3		2	3	2	3
Pheidole sp.2	1			1	3	1		2	1			3	4	
Pheidole sp.3						2			2					
Solenopsis sp.		2	2	2	1	2			1		1	1		1
Ectatomminae														
Ectatomma sp.	2	7	3			1	10	3	6	2			1	10
Gnamptogenys sp.								3	3	6			2	
Ponerinae														
Platythyrea sp.		2	2											
Frequência Total	**21**	**20**	**19**	**18**	**16**	**16**	**32**	**11**	**18**	**11**	**8**	**11**	**14**	**30**
Riqueza Total	**7**	**6**	**8**	**6**	**5**	**10**	**5**	**5**	**5**	**5**	**7**	**6**	**8**	**7**

A boa representatividade de Myrmicinae era esperada, visto que essa subfamília é a mais rica dentro de Fomicidae (HOLLDOBLER & WILSON, 1990; BOLTON, 1994) e constitui um grupo extremamente adaptável aos diversos nichos ecológicos na região neotropical (FOWLER *et al.*, 1991). Formicinae e Dolichoderinae, também estão entre as mais diversas da família (HOLLDOBLER & WILSON, 1990; BOLTON, 1994).

Dolichoderinae, apesar de ter sido uma das mais ricas no presente estudo, apresentou uma baixa frequência de ocorrência, o que pode ser explicado devido ao método de coleta utilizado no presente estudo, direcionado às formigas de solo e as formigas dessa subfamília apresentam hábito arborícolas (BRANDÃO, 1999; BESTELMEYER *et al.*, 2000; DELABIE *et al.*, 1997; SILVESTRE & SILVA, 2001). A ausência de registro de outras subfamílias comuns de formigas, como Dorylinae e Pseudoyrmecinae, nos métodos amostrados não necessariamente indica a ausência destes no ambiente. A primeira, Dorylinae, de hábito predador e nômade, naturalmente apresenta densidade extremamente baixa em ambientes com pouca abundância de artrópodes de solos, como é o caso da Caatinga em períodos de estiagem (HOLLDOBLER & WILSON, 1990). JPseudoyrmecinae, é arborícola e pode ter sido subamostrada devido ao método amostral adotado (BRANDÃO, 1999; BESTELMEYER *et al.*, 2000; DELABIE *et al.*, 1997; SILVESTRE & SILVA, 2001).

O gênero mais rico em espécies foi Pheidole, com três morfoespécies identificadas, seguido de Cephalotes e *Camponotus*, ambos com duas morfoespécies. Todos os demais gêneros apresentaram apenas uma espécie **(**Tabela 8.2-42**).** Os gêneros mais frequentes foram Camponotus (O=74), Pheidole (O=60), Ectatomma (O=45), Gnamptogenys (O=14) e *Solenopsis* (O=12), que juntos representaram 84% das ocorrências na área.

As espécies mais frequentes foram *Ectatomma* sp. (O=45), *Camponotus* sp.1 (O=41), *Pheidole* sp.1 (O=40), *Camponotus* sp.2 (O=33), *Pheidole* sp.2 (O=16), *Gnamptogenys* sp. (O=14) e *Solenopsis* sp. (O=12), que juntas representaram mais de 80% das ocorrências em Santa Quitéria-CE. *Cyphomyrmex* sp. foi registrada exclusivamente no ponto amostral P5, Área Diretamente Afetada (ADA), e *Dolichoderus* sp. no P4. *Cephalotes* sp.2, *Pheidole* sp.3 e *Platythyrea* sp. foram registradas apenas na primeira campanha e *Dolichoderus* sp., *Nylanderia* sp., *Cyphomyrmex* sp. e *Gnamptogenys* sp. apenas na segunda campanha **(Tabela 8.2-44**Tabela 8.2-44**)** É a primeira vez que as espécies *Dorymyrmex* sp. e *Platythyrea* sp. são registradas para a região de Santa Quitéria-CE (Tabela 8.2-49**).** Das 18 morfoespécies registradas, apenas sete ocorreram na área controle, entretanto, a maioria delas com frequência mais alta que nas outras áreas **(**Tabela 8.2-42**)**

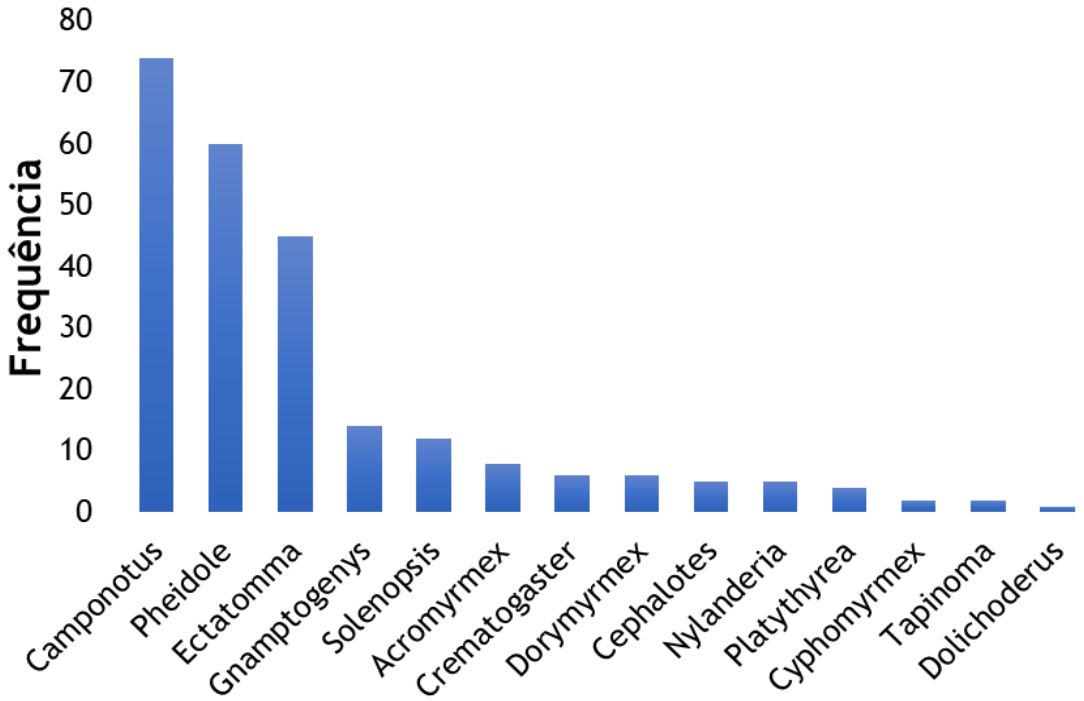


Figura 8.2-247 - Frequência relativa dos gêneros de formigas (Formicidae) registrados na área do Projeto Santa Quitéria-CE, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*.

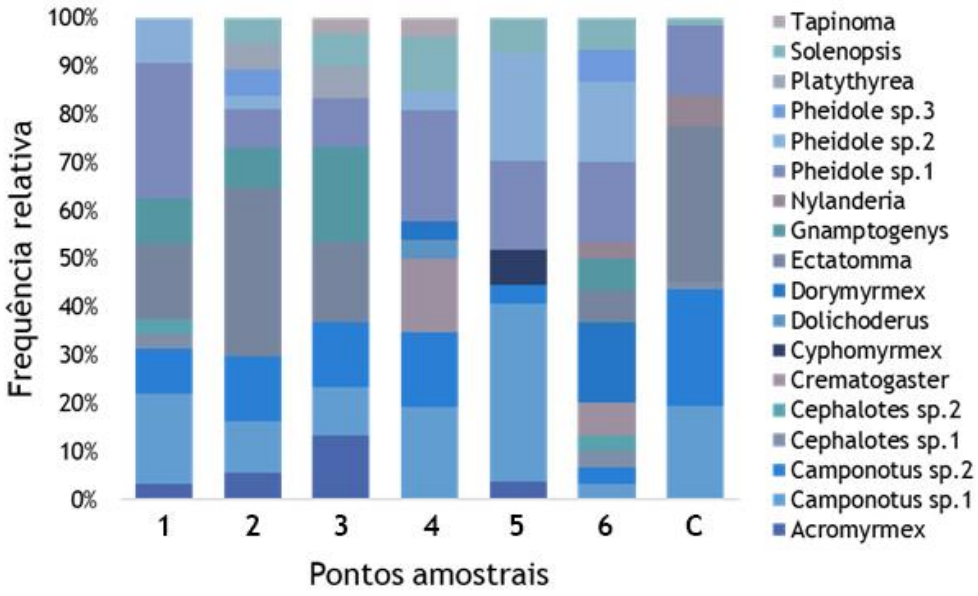


Figura 8.2-248 - Frequência relativa dos gêneros de formigas (Formicidae), por ponto amostral, registrados na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, por meio de coleta de serapilheira e *pitfall*.

A alta frequência de espécies dos gêneros Camponotus, Ectatomma e Pheidole era esperada. Camponotus é o gênero mais diversos de Formicinae e o segundo mais rico em espécies (KEMPF, 1972; WILSON, 1976a; BOLTON, 1995), dominando numericamente os ecossistemas da região tropical (MARIANO *et al*. 2001).

Ectatomma é um gênero relativamente comum e abundante em florestas secas (BROWN,1958) devido à sua ampla variação nas estratégias de forrageio e dieta (FERNÁNDEZ, 1991). Já *Pheidole* é um gênero bem representado em coletas de formigas de serapilheira (BIEBER *et al*., 2006; CASTRO *et al*., 1990; LONGINO & NADKARNI, 1990; VASCONCELOS, 1999; YANOVIAK & KASPARI, 2000). Este gênero está entre os mais abundantes e ricos em números de espécies no mundo (BRANDÃO, 1999) e é um dos que possuem maior diversidade de espécies e de adaptações, além de uma maior extensão de distribuição geográfica e maior abundância local (WILSON, 1976b).

Pheidole é um gênero considerado generalista, mas amplamente competitivo, com espécies ecologicamente diversificadas, incluindo coletoras de sementes, predadoras e mutualísticas em associações com plantas (HOLLDOBLER & WILSON, 1990). *Pheildole* sp.1 e *Solenopsis* sp. registradas no presente estudo são as mesmas espécies registradas nos estudos anteriores na área do Projeto Santa Quitéria, realizados em 2011.

A presença dos gêneros Solenopsis e Acromyrmex pode indicar que o ambiente esteja sofrendo algum grau de perturbação. *Solenopsis*, assim como *Crematogaster* e *Pheidole*, são formigas generalistas e mais tolerantes aos ambientes abertos, o que pode explicar sua frequência na área estudada. Diversas espécies têm maior resistência térmica e podem se manter em ambientes menos complexos e mais abertos (CERDA *et al*., 1997).

Além disso, formigas do gênero *Solenopsis* possuem uma eficiente estratégia de recrutamento e podem passar longos períodos de escassez de alimentos (FOWLER *et al*., 1991). Esta característica justifica a presença dessas formigas em ambientes com grande sazonalidade de recursos, como é a Caatinga. *Acromyrmex* apresenta ampla distribuição desde o sul dos Estados Unidos até o centro da Argentina, com a maior diversidade de espécies sendo encontrada no Brasil. O gênero é associado à perturbação ambiental, devido ao hábito de utilizar folhas como substrato para seu fungo simbionte, sendo mais abundantes em áreas abertas (WIRTH *et al*., 2003), onde as plantas pioneiras investem menos em defesa química. *Tapinoma*, outro gênero registrado no presente estudo, porém em baixa frequência, já foi documentado em áreas domiciliares e pode estar relacionado à perturbação antrópica (HOLLDOBLER & WILSON, 1990).

Em contrapartida, um dos gêneros mais frequentes, Gnamptogenys, são formigas consideradas indicadoras de habitats conservados (FREITAS et al., 2003; FREITAS et al.,

2006). Gnamptogenys tem distribuição na América Central e do Sul e inclui formigas de hábito predador.

Leal (2003), documentando resultados em áreas de Caatinga na região do Xingó (Alagoas e Sergipe), sugeriu que a vegetação mais densa aumenta a espessura da serapilheira. Nessas condições, há um aumento no número de habitats disponíveis para as formigas nidificarem, bem como na abundância de artrópodes de solo, principais presas das formigas (HOLLDOBLER & WILSON, 1990).

As formigas predadoras especialistas têm sido consideradas o principal indicador de habitats conservados (NEW, 1995; AGOSTI & ALONSO, 2000; BIEBER et al., 2006; FREITAS et al., 2006). A perda de espécies é um dos efeitos mais marcantes da perturbação de diversos ecossistemas (TURNER, 1996). Ela afeta primeiramente as espécies dos níveis tróficos superiores, que, por apresentarem populações de tamanhos reduzidos e dependentes dos níveis tróficos mais baixos, são mais susceptíveis à extinção e, por esta razão, são os primeiros a desaparecerem localmente (KRUES & TSCHARNTKE, 1994; RAO et al., 2001). Portanto, a presença de formigas do gênero Gnamptogenys sugere que a área possui habitats disponíveis para a manutenção de populações de formigas de níveis tróficos superiores.

C.2. Eficiência amostral

Para a avaliação da eficiência amostral foi construída a curva do coletor considerando o acúmulo de espécies das amostras. Tendo em vista a homogeneidade da vegetação na área amostral, construiu-se uma curva única com a totalidade das amostras. Adicionalmente, foram construídas também curvas em cada ponto amostral.

As estimativas de riqueza sugerem que a amostragem na área estudada foi suficiente. Ao analisar as amostras como um todo (todas as áreas conjuntamente nas duas campanhas), obteve-se uma suficiência amostral de pelo menos 95% da riqueza estimada de espécies (Chao2 100%; Jackkniffe 1 94,79%). Ao analisar as áreas separadamente, a suficiência amostral foi de pelo menos 67% para P 6, e acima de 70% para todas as outras Áreas. O Ponto 6 foi o que apresentou maior riqueza de espécies tanto observada quanto estimada, e, consequentemente, a menor suficiência amostral, porém de valor considerado adequado para representar a Área. A maior riqueza de P 6 pode estar relacionada à presença de um leito de rio intermitente e boa cobertura de serapilheira. A comparação entre a riqueza observada e a estimada pode ser visualizada nas figuras Figura 8.2-249 e Figura 8.2-250

Tabela 8.2-45 - Suficiência amostral das coletas de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria-CE, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*.

ESTIMATIVA	P1	%	P2	%	P3	%	P4	%	P5	%	P6	%	ÁREA CONTROLE	%
Riqueza observada	9		9		9		9		7		13		7	
Chao 2	10,35	86,96	9,68	92,98	9	100	11,7	76,92	7,3	95,89	17,73	73,32	7,9	88,61
Jackkniffe 1	11,7	76,92	11,7	76,92	9,9	90,91	12,6	71,43	8,8	79,55	19,3	67,36	8,8	79,55

A= ponto amostral; % = riqueza observada/riqueza estimada

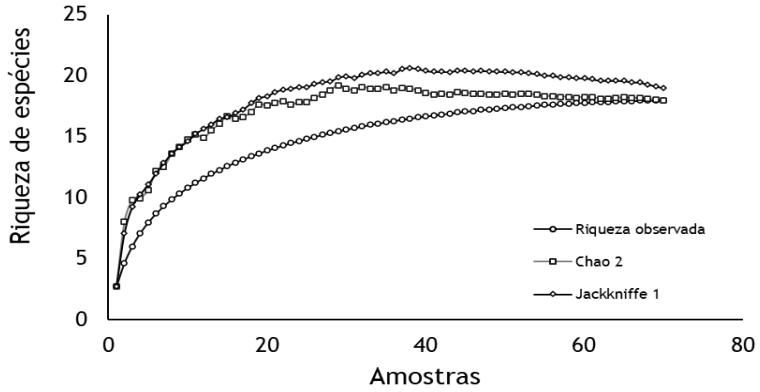


Figura 8.2-249 - Estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) pela amostragem realizadas na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*.

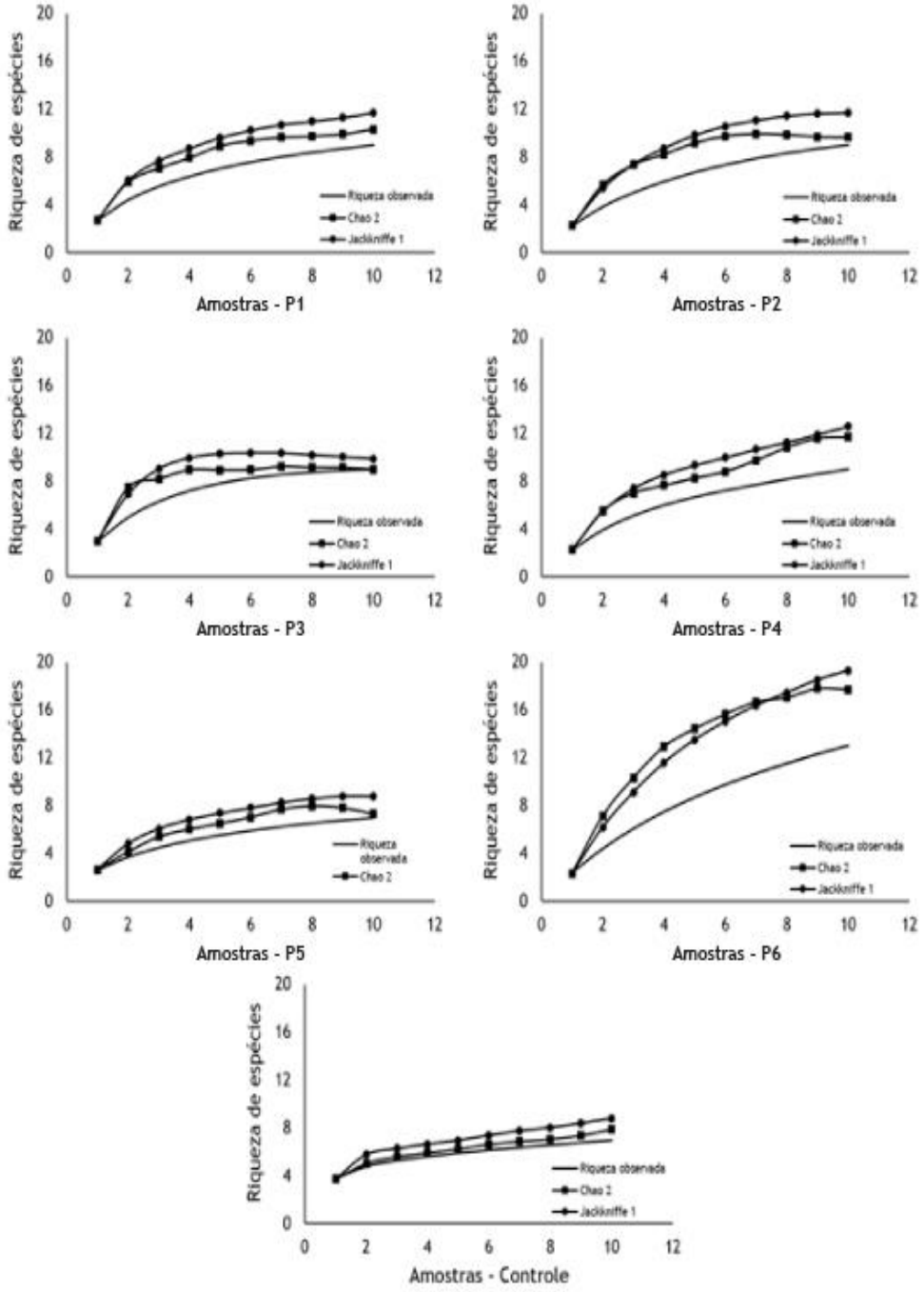


Figura 8.2-250 - Estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) em sete pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*.

Ao comparar os resultados obtidos no presente estudo com as curvas de acumulação de espécies do estudo realizado em 2011, na mesma área do empreendimento, utilizando as mesmas metodologias, é possível verificar que tanto a riqueza observada quanto a estimada foram maiores no primeiro estudo. No estudo realizado em 2011 foram registradas sete espécies a mais de formigas. È possível que a diferença na riqueza tenha ocorrido pelo fato

de, na ocasião do primeiro estudo, as condições climáticas estivessem mais favoráveis, já que a amostragem da estação chuvosa no presente estudo ocorreu no início da estação.

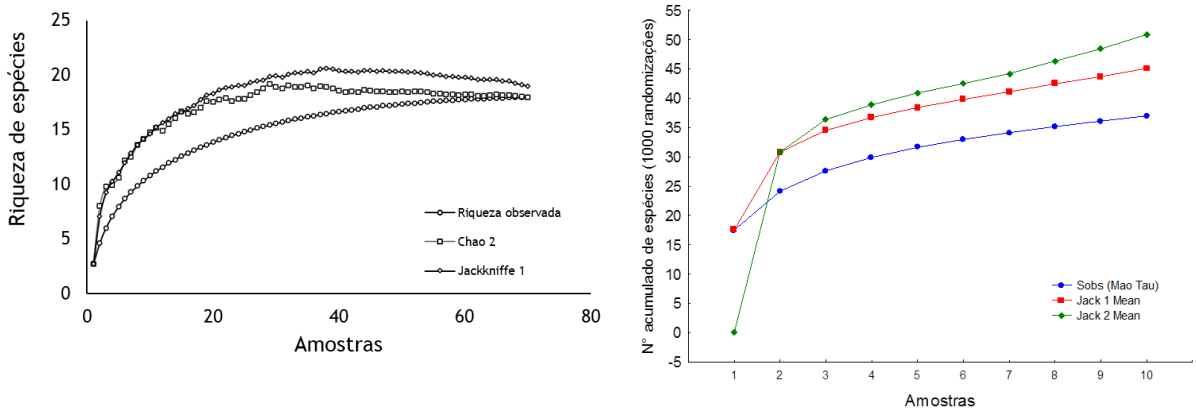


Figura 8.2-251 - Comparação da estimativa da riqueza de formigas (Formicidae) nas amostragens do presente estudo (gráfico à direita) e no estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) (gráfico à esquerda).

A despeito das diferenças nos resultados, considera-se satisfatória a amostragem realizada nas campanhas de novembro de 2020 e fevereiro de 2021 para caracterização do grupo na área do Projeto Santa Quitéria. Ademais, o conhecimento acumulado, considerando os estudos pretéritos realizados em 2011, contribui de modo significativo para balizar as análises pertinentes à fase do licenciamento ao qual se dedica o presente estudo.

C.3. Espécies ameaçadas e Protegidas por legislação Internacional e/ou federal

Neste estudo não foi encontrada nenhuma das espécies listadas pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) como em perigo de extinção. Na lista da IUCN constam 149 espécies ameaçadas, das quais 139 espécies de formigas estão na categoria "vulneráveis" e três em "criticamente ameaçadas"; destas, 11 têm distribuição restrita à América do Sul. Contudo, nenhuma destas espécies tem distribuição no Brasil, sendo a grande maioria restrita à Argentina (IUCN, 2021). A falta de registros de espécies de formigas ameaçadas não significa que não há espécies brasileiras correndo risco de extinção, demonstra apenas que a pesquisa e conhecimento científico nesta área ainda são muito incipientes.

Com relação à lista das espécies da fauna brasileira ameaçada de extinção, não é possível afirmar o grau de vulnerabilidade das espécies de formigas registradas neste trabalho, pois estas foram identificadas em nível de morfoespécie. Entretanto, das 12 espécies constantes na lista brasileira pertencentes aos mesmos gêneros identificados para Santa Quitéria, a maioria não está incluída dentro da categoria "Ameaçadas", sendo consideradas avaliadas, porém sem dados suficientes, não aplicável, de status menos

preocupante ou quase ameaçadas. Apenas uma espécie dessa lista, *Gnamptogenys wilsoni*, possui status de ameaça “Em perigo”. No entanto, essa espécie só foi registrada em área de Floresta Atlântica na Bahia e provavelmente não é a mesma de Santa Quitéria-CE (ICMBio, 2018).

C.4. Espécies bioindicadoras e de interesse econômico

As identificações ao nível de morfoespécie podem ocultar a existência de espécies novas ou novos registros. Até o presente momento os espécimes estão sendo identificadas pela instituição depositária conveniada, a Universidade Federal da Paraiba- UFPB, conforme atesta a carta de recebimento que conta do Anexo 8.2-I. É necessário ressaltar as dificuldades existentes devido ao *status* taxonômico de alguns grupos de formigas. Contudo, foi verificada a existência de gêneros de importância econômica, como *Camponotus* e *Acromyrmex*, conforme demonstrado a seguir. O quadro 8.2.1-6 aponta as espécies indicadoras a serem consideradas para avaliação de alterações ambientais na área do projeto Santa Quitéria

Conforme observado na Tabela 8.2-46 , não foram encontradas espécies exóticas neste estudo. Já as três espécies do gênero Pheidole são espécies potencialmente invasoras. Formigas dos gêneros Pheidole, Solenopsis e Nylanderia são caracterizadas como dominantes, onívoras e generalistas (SILVESTRE et al. 2003) com alta capacidade de dispersão (PESQUERO et al. 2008). Ao se estabelecer em um novo ambiente elas podem aumentar sua distribuição, ameaçando e expulsando a diversidade nativa. São encontradas frequentemente em ambientes urbanos, onde são consideradas pragas (LUTINSKI et al. 2013; OLIVEIRA, CAMPOS-FARINHA, 2005).

As formigas pertencentes ao gênero Crematogaster são generalistas e apresentam rápido recrutamento, agressividade e comportamento territorial (LONGINO, 2003) e são listadas como um dos gêneros pragas no Brasil (CAMPOS-FARINHA et al. 2002). Formigas do gênero Acromyrmex são popularmente conhecidas como cortadeiras por utilizar folhas verdes e outras partes vegetais para cultivar o fungo que serve de alimento para a colônia. Em geral, cortam gramíneas ou material herbáceo baixo, em níveis moderados em habitats abertos, podendo em alguns casos se tornar pragas, por terem uma tendência a se tornar hiperabundantes em florestas tropicais perturbadas (WIRTH et al. 2007). Em contrapartida, formigas do gênero Gnamptogenys são indicadoras de habitats conservados, pois são consideradas especialistas de habitat.

Tabela 8.2-46 - Classificação das formigas registradas na área do Projeto Santa Quitéria, quanto as suas características ambientais e econômicas.

SUFAMÍLIA ESPÉCIE	INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL	EXÓTICAS	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	POTENCIALMENTE INVASORAS
Dolichoderinae				
Dorymyrmex sp.				
Tapinoma sp.			Nidificam no interior de residências	
Formicinae				
Camponotus sp.1			Nidificam no interior de residências	
Camponotus sp.2			Nidificam no interior de residências	
Nylanderia sp.	Indicador de perturbação		Nidificam no interior de residências.	
Myrmicinae				
Acromyrmex sp.	Indicador de perturbação		Cortam as plantas	
Cephalotes sp.1				
Cephalotes sp.2				
Crematogaster sp.			Nidificam no interior de residências	
Cyphomyrmex sp.				
Pheidole sp.1			Nidificam no interior de residências	x
Pheidole sp.2			Nidificam no interior de residências	x
Pheidole sp.3			Nidificam no interior de residências	x

SUFAMÍLIA ESPÉCIE	INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL	EXÓTICAS	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	POTENCIALMENTE INVASORAS
Solenopsis sp.	Indicador de perturbação		Nidificam no interior de residências e podem infestar aparelhos elétricos e cabines de eletricidade	
Ectatomminae				
Ectatomma sp.				
Gnamptogenys sp.	Indicadoras de habitats conservados			
Ponerinae				
Platythyrea sp.				

C.5. Espécies Cinegéticas, domésticas, invasoras e exóticas

Conforme observado na Tabela 8.2-46 e no item 8.2.1.1.8.C.4, não foram encontradas espécies exóticas neste estudo. Já as três espécies do gênero Pheidole são espécies potencialmente invasoras, caracterizadas como espécies dominantes, onívoras e generalistas (SILVESTRE et al. 2003) com alta capacidade de dispersão (PESQUERO et al. 2008). Ao se estabelecer em um novo ambiente elas podem aumentar sua distribuição, ameaçando e expulsando a diversidade nativa. São encontradas frequentemente em ambientes urbanos, onde são consideradas pragas (LUTINSKI et al. 2013; OLIVEIRA, CAMPOS-FARINHA, 2005).

C.6. Comparação entre as áreas. Riqueza, índices de diversidade e similaridade

Das 18 espécies de formigas registadas nas duas campanhas, 17 (94,5%) ocorreram nas Áreas de Influência Direta (AID), sete (38,9%) na Área Diretamente Afetada (ADA) e sete na área controle (38,9%). Houve diferença na riqueza de espécies de formigas entre as duas campanhas ($F=11,95$; g.l.=1; $p=0,001$), tendo sido maior na primeira campanha. Quando comparados os pontos de amostragem, também houve diferença estatisticamente significativa ($F=6,31$; g.l.=6; $p<0,001$), tendo sido maior no ponto controle. Não foi encontrada interação entre os fatores (campanha x ponto de amostragem) ($F=0,5$; g.l.=6;1; $p=0,808$), sendo possível analisá-los separadamente. A diferença entre os pontos de amostragem ocorreu devido à coleta da segunda campanha ($F=6,41$; g.l.=6;63; $p=0,00003$), na qual a área controle apresentou uma riqueza significativamente mais alta em relação aos outros pontos. Na primeira campanha, não houve diferença significativa entre os pontos ($F=1,83$; g.l.=6;63; $p=0,1067$).

Assim, considera-se que os dados mostraram uma comunidade diversa, equilibrada e com baixa dominância de espécies em ambas as campanhas (Tabela 8.2-47).

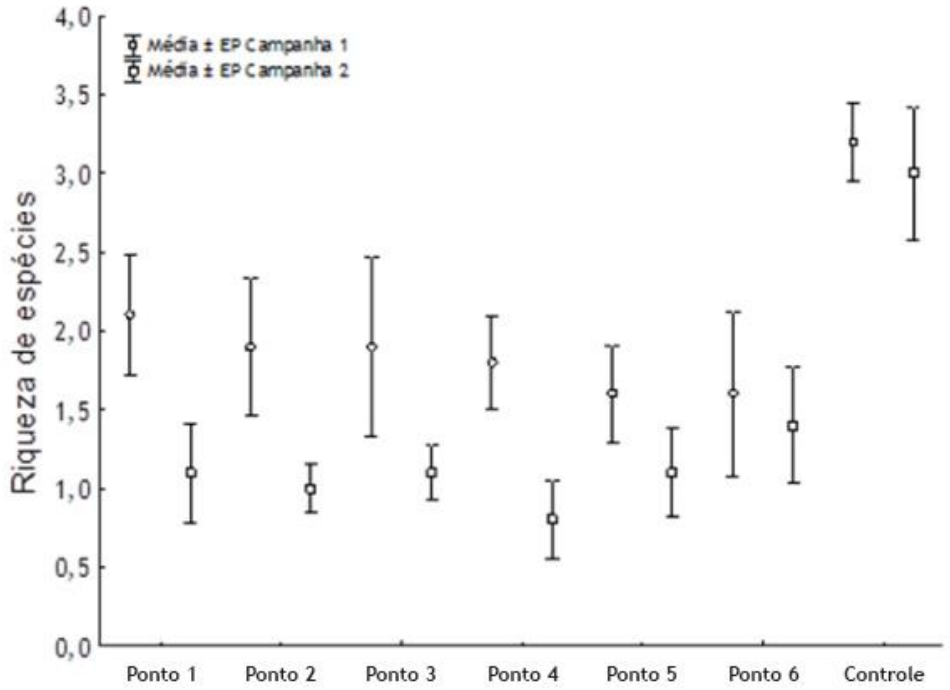


Figura 8.2-252 - Análise de Variância comparando a riqueza de espécies de formigas (Formicidae) na área do Projeto Santa Quitéria, nas duas campanhas (seca e chuvosa) e em sete pontos de amostragem, utilizando o método *pitfall*. EP - Erro Padrão.

Tabela 8.2-47 - Parâmetros de diversidade dos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*.

ÍNDICES	SECA						CHUVOSA						ÁREAS CONTROLE	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	C1	C2
Riqueza de espécies	7	6	8	6	5	10	5	5	5	7	6	8	5	7
Diversidade de Simpson (1-D)	0,77	0,77	0,86	0,81	0,63	0,88	0,78	0,68	0,64	0,84	0,79	0,84	0,77	0,78
Dominância de Simpson (D)	0,23	0,23	0,14	0,19	0,38	0,13	0,22	0,32	0,36	0,16	0,21	0,16	0,23	0,22
Equitabilidade de Pielou (J')	0,85	0,90	0,98	0,95	0,77	0,95	0,96	0,84	0,80	0,98	0,93	0,94	0,94	0,86

A - Ponto amostral

Quanto à composição de espécies, de acordo com a similaridade de Jaccard, as áreas 2, 3 e 5 foram as mais semelhantes entre si, formando um grupo separado das áreas 1, 6 e área controle. O ponto mais distinto foi A4, que não formou grupo com nenhuma das outras áreas. (Tabela 8.2-48 e Figura 8.2-253).

Tabela 8.2-48 - Coeficiente de similaridade de Jaccard para formigas (Formicidae) entre os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	C
A1	1						
A2	0,64	1					
A3	0,50	0,80	1				
A4	0,29	0,38	0,38	1			
A5	0,45	0,60	0,45	0,45	1		
A6	0,57	0,47	0,38	0,47	0,33	1	
C	0,45	0,45	0,45	0,33	0,40	0,54	1

A - Ponto amostral; C - Controle

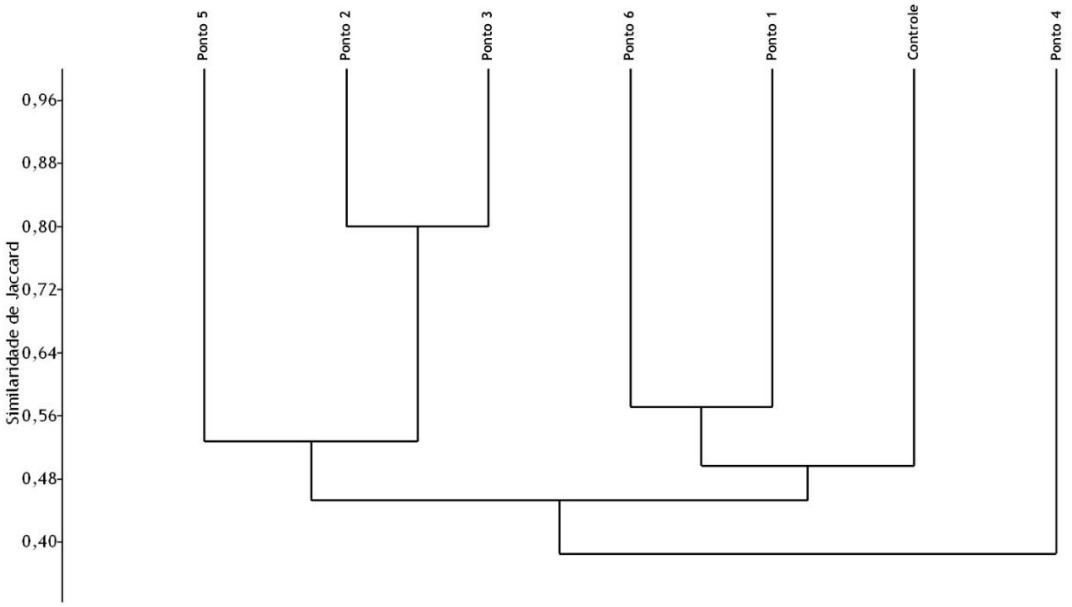


Figura 8.2-253 - Similaridade de Jaccard para formigas (Formicidae) entre os pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e da estação chuvosa, utilizando o método *pitfall*. A - Ponto amostral. Coeficiente de correlação cofenética= 0,8

C.7. Relevância regional (Comparação entre dados primários e secundários)

Dos 41 gêneros de formigas que compõem os dados secundários da AID do Consórcio Santa Quitéria, 34% com potencial de ocorrência na região foram amostrados em campo (dados primários). A riqueza de gêneros encontrada neste estudo (S=14) foi maior que um estudo realizado na área de Xingó-AL e SE (LEAL *et al.*, 2007) e outro na Paraíba (SOUSA *et al.*, 2015), porém mais baixa quando comparada à registrada em outras regiões de Caatinga, inclusive considerando estudos realizados no estado do Ceará (SANTOS *et al.*, 1999; LEAL, 2003; QUINET & TAVARES, 2005, QUINET *et al.*, 2021). Essa riqueza também foi mais baixa que a encontrada na mesma área, em estudo anterior no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), na qual a riqueza de gêneros registrada foi de 18 (Tabela 8.2-49). Na ocasião foram registrados sete gêneros que não foram amostrados no presente estudo. A menor representatividade da amostragem atual pode estar relacionada à condições climáticas em que foram realizadas as amostragens, pois a seca foi extrema no anos de 2020. Além disso a a amostragem da estação chuvosa, realizada no início da estação também pode ter influenciado na representatividade de alguns grupos, sem que isso invalide ou desqualifique os resultados obtidos.

Ao comparar as listas de gêneros, a maioria dos representantes encontrados no presente trabalho é bem distribuída na Caatinga. Entretanto, o gênero Platythyrea *foi* registrado apenas na área do Projeto Santa Quitéria, no estado do Ceará e com baixa frequência de ocorrência na AID. Trata-se, porém, de um gênero diverso e bem distribuídos em ambientes secos e pode não ter sido coletado em outras áreas do estado devido ao tipo de amostragem, visto que possuem hábitos arbóreos.

Tabela 8.2-49 - Lista de gêneros registrados para a Caatinga a partir de estudos realizados nos estados de Alagoas, Sergipe, Bahia e Ceará; e comparação com os gêneros encontrados no presente estudo, na área do Projeto Santa Quitéria, na campanha da estação seca e na campanha da estação chuvosa.

NOME DA SUBFAMÍLIA E GÊNERO	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Myrmicinae			
Acromyrmex	x	x	1, 3, 4, 6
Atta		x	1, 4
Blepharidatta			4, 6
Carebara			4
Cephalotes	x	x	1, 3, 4, 6
Crematogaster	x	x	1, 2, 3, 4, 5, 6
Cyatta			6

NOME DA SUBFAMÍLIA E GÊNERO	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Cyphomyrmex	x	x	1, 2, 3, 4, 5
Hylomyrma			4
Mycetophylax			4
Myrmicocrypta			3, 4
Ochetomyrmex		x	
Oxyepoecus			4, 6
Pheidole	x	x	1, 2, 3, 4, 5, 6
Rogeria			3, 6
Solenopsis	x	x	1, 2, 3, 4, 5, 6
Strumigenys		x	4
Trachymyrmex			1, 2, 4
Wasmannia		x	3, 4
Dorylinae			
Labidus			4, 6
Neivamyrmex			4, 5, 6
Nomamyrmex			4
Pseudomyrmecinae			
Pseudomyrmex		x	1, 5, 6
Ponerinae			
Anochetus			4, 6
Dinoponera			1, 2, 3, 4, 6
Odontomachus		x	1, 2, 3, 4, 5
Platythyrea	x		
Thaumatomyrmex			4
Ectatomminae			
Ectatomma	x	x	1, 2, 3, 4, 6
Gnamptogenys	x	x	1, 3, 4, 6
Amblyoponinae			
Prionopelta			4
Formicinae			

NOME DA SUBFAMÍLIA E GÊNERO	REGISTRO POR DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Brachymyrmex			1, 3, 4, 5
Camponotus	x	x	1, 2, 3, 4, 5, 6
Myrmelachista			4
Nylanderia	x	X	5
*Paratrechina**			3, 4
Dolichoderinae			
Azteca			3
Dolichoderus	x	x	6
Dorymyrmex	x		1, 2, 3, 4, 5
Linepithema			1
Tapinoma	x	x	1, 4, 5, 6
Riqueza de Gêneros	14	18	47

Legenda: Dados Secundários: 1 - Leal (2003); 2 - Leal ***et al., (2007); 3 -*** *Santos* ***et al., (1999); 4 -*** *Quinet & Tavares (2005); 5 - Sousa* ***et al., 2015; 6 -*** *Quinet et al. (2021). [1] EIA Arcadis Logos (2014). *Algumas espécies foram alocadas recentemente no gênero Nylanderia. Por não ter acesso ao material, não é possível saber ser é o caso dos trabalhos de Santos et al. (1999) e Quinet & Tavares (2005).*

C.8. Comparação entre dados do EIA-RIMA 2011 e presente estudo

Durante o levantamento realizado em 2011 na área do empreendimento (ARCADIS LOGOS, 2014) foram registradas 37 morfoespécies de formigas pertencentes a 18 gêneros, enquanto no presente estudo a riqueza de formigas foi de 18 morfoespécies em 14 gêneros. Destes, 12 gêneros foram comuns a ambos os estudos, sendo seis gêneros registrados apenas no levantamento de 2011 e dois gêneros registrados somente no presente estudo. Pseudomyrmex e Cephalotes possuem hábito arbóreo e possivelmente foram coletados acidentalmente, respectivamente em 2011 e 2020/2021. Alguns gêneros registrados apenas em 2011, como Odontomachus e Strumigenys, possivelmente não foram registrados no presente estudo devido às condições climáticas. Este resultado mostra que, apesar das condições de estiagem mais longa e atípica que ocorreu no ano de 2020, considerando ambos os estudos a suficiência amostral ficaram em torno de 70%, indicando que a fauna de formigas é semelhante à encontrada anteriormente na mesma área e sugerindo que o local possui complexidade estrutural suficiente para manter populações de formigas de níveis tróficos superiores.

D. Considerações Finais

Os resultados obtidos mostram que as espécies de formigas da área do Projeto Santa Quitéria possuem ampla distribuição em outras áreas de Caatinga e em diversos pontos da própria região. Além disso, a presença de algumas espécies é indicativa de que determinadas áreas apresentam algum grau de interferência antrópica. O predomínio de formigas generalistas é comum em ambientes como a Caatinga e reflete a capacidade de resistência dessas espécies aos ambientes de marcada sazonalidade e flutuação de recursos. No entanto, apesar de determinadas áreas apresentarem algum grau de interferência antrópica, a manutenção de espécies de formigas de níveis tróficos superiores, sugerem que o local possui complexidade estrutural suficiente para manter essas populações.

Ainda que as amostragens tenham sido realizadas nas estações seca e chuvosa, as condições de estiagem atípicas que vigora na região podem ter influenciado nos resultados obtidos. As condições meteorológicas na estação chuvosa não foram as mais favoráveis para aumentar os registros do grupo em relação à campanha anterior. A diferença na composição e riqueza de espécies entre estações é esperada, uma vez que a perduração do período seco favorece o encontro das espécies mais resistentes na Caatinga, quando as mais sensíveis podem estar recolhidas, aguardando condições ambientais mais amenas. A despeito disso, cinco morfoespécies foram registradas exclusivamente na campanha da estação chuvosa.

Não foram encontradas espécies exóticas neste estudo. Já as três espécies do gênero Pheidole são espécies potencialmente invasora e podem servir como bioidicadoras. assim como as dos gêneros Camponotus e Acromyrmex, ou ainda *Solenopsis* sp. Indicador de perturbação e *Gnamptogenys* sp. Indicadoras de habitats conservados.

8.2.1.1.9. Entomofauna Vetora

A. Introdução

A classe Insecta possui cerca de 1 a 5 milhões de espécies descritas mundialmente (LAMARRE et al., 2015). Dentre essas espécies, desde 1878, a partir da comprovação da transmissão do nematoide *Wuchereria bancrofti* pelo culicídeo *Culex quinquefasciatus* (MACHADO, 1987), identificaram-se os insetos com a capacidade de vetoriar patógenos ao homem e aos animais, destacando o interesse médico-veterinário e iniciando-se assim, os estudos de entomologia médica.

O potencial de transmissão de patógenos de algumas espécies de insetos está associado ao hábito de hematofagia, o qual, em alguns grupos, é realizado apenas pelas fêmeas. Nesses casos, a alimentação sanguínea é relacionada à maturação dos ovos e longevidade das fêmeas (CLEMENTS, 1963; NAYAR & SAUERMAN, 1975; CONSOLI & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994), como ocorre entre as fêmeas de culicídeos e flebotomíneos. Em outros grupos, machos e fêmeas alimentam-se exclusivamente de sangue de animais vertebrados, como os insetos da subfamília Triatominae, que realizam o repasto sanguíneo desde as formas imaturas (ninfas) até a forma adulta (ARGOLO *et al.*, 2008), possibilitando a transmissão de patógenos pelas espécies vetoras em todas as suas fases do desenvolvimento, exceto na

Em um estudo realizado por Vasconcellos *et al* (2010) foi observado que os principais preditores de sazonalidade da Caatinga, importantes na abundância e atividade dos insetos, são a pluviosidade e umidade. Estes fatores se destacam, uma vez que a temperatura ideal ao desenvolvimento desses insetos varia consideravelmente entre as espécies. Dessa forma, para os insetos de interesse médico, a alta pluviosidade e umidade apontam os períodos de maior abundância desses insetos vetores, uma vez que dependem de ambientes mais úmidos ou mesmo da formação de acúmulos de água em criadouros para seu desenvolvimento.

O estado do Ceará historicamente apresentou importantes estudos sobre insetos vetores, após surtos de agravos como leishmaniose e malária, mantendo-se até os dias atuais como localidade endêmica para algumas doenças transmitidas por insetos, tal como Leishmaniose Visceral, Leishmaniose Tegumentar Americana, Doença de chagas e Dengue (DATASUS, 2020). Um dos estudos de suma importância ocorreu no município de Sobral, após um grave surto de Leishmaniose visceral (LV) em 1953. Na ocasião, DEANE & DEANE (1954) comprovaram a importância de *Lutzomyia longipalpis* como principal vetor de *Leishmania (Leishmania) chagasi*. Este estudo foi precedido de outro surto de LV no ano de 1934, quando o Nordeste se destacou como foco principal do agravo, com ênfase no estado do Ceará, onde então deu-se início aos estudos pioneiros de Evandro Chagas em Sergipe e também no Ceará, no qual *Lu longipalpis* foi sugerido pela primeira vez como vetor da LV.

Atualmente a fauna de flebotomíneos estudada no estado do Ceará apresenta 25 espécies (GALATI, 2019). No Estudo de Impacto Ambiental realizado em 2011 no município de Santa Quitéria – CE foi identificado ao nível de espécie apenas *Lu longipalpis*, que aparenta ser uma espécie predominante na região (ARCADISLOGO, 2014). Não há, no entanto, estudos eco-epidemiológicos que complementem ou corroborem esses dados. Santa Quitéria, contudo, apresentou o maior número de casos notificados como município de infecção para LV no ano de 2019, acumulando nove casos em apenas um ano, e 37 casos totais notificados no período de 2008 a 2019 (DATASUS, 2020), além de um caso de Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) a cada ano nos anos de 2009, 2013 e 2019 (DATASUS, 2020). Este agravo foi causado pelo parasita *Leishmania (Viannia) brasiliensis*, que no Ceará tem como seus principais vetores Nyssomyia *whitmani* (ANTUNES & COUTINHO, 1939) e *Migonemyia migonei* (FRANÇA, 1920).

O estado do Ceará se destacou também no surto de malária alastrado do Rio Grande do Norte nos anos de 1932 a 1937. O principal vetor deste surto, o mosquito *Anopheles gambie,* foi erradicado em 1940 (ALBUQUERQUE, 2020). Já o vetor *Anopheles aquasali* apresenta importante característica de elevadas densidades apenas no município de Fortaleza, orquestrada com as inundações do rio Cocó na estação seca, favorecendo surtos de Malária extra-amazônica nesta região (DEANE, CAUSEY & DEANE, 1946). De fato, o município apresentou três casos da doença em 2007 e um caso em 2011 (DATASUS, 2020). Tais notificações e relatos não ocorrem no município de Santa Quitéria, o qual, dentre os agravos de notificação que possuem como vetor os culicídeos, apenas a dengue apresentou notificações no período de 2014 a 2017, com destaque para o ano de 2016, quando ocorreu o maior surto de casos da região (DATASUS, 2020).

A fauna de culicídeos na região de Santa Quitéria também é pouco estudada, havendo apenas um estudo em 1983 destacando a presença de *Aedes (Ochlerottatus) fluviatilis* (LUTZ, 1904) na região (XAVIER *et al.*, 1983). No Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado em 2011 foram identificadas 11 espécies de mosquitos (ARCADISLOGO, 2014), dentre estas *Aedes albopictus*, notabilizou-se por ser o provável vetor dos casos de dengue na região. Destaca-se entre os resultados obtidos ainda, a presença de culicídeos descritos como potenciais vetores: *Anopheles albitarsis,* vetor da malária*; Culex* spp.*,* gênero o qual algumas espécies podem transmitir filariose e algumas arboviroses*; Aedes (Ochlerottatus) scapularis* e *Aedes (Ochlerottatus) serratus*.

Quanto à doença de chagas, apesar de endêmica no estado, apenas um caso foi notificado no ano de 2008, no município de Sobral (SINAN, 2020). Contudo, surtos esporádicos acontecem principalmente por infecção oral, como em 2006 no município de Aratuba (CAVALCANTI *et al.*, 2009). Sendo assim, apesar de reduzida a transmissão vetorial

de *Trypanosoma cruzy*, os surtos de transmissão oral evidenciam a necessidade de se manter uma vigilância ativa nessas regiões onde há registro da presença do vetor, tal como os municípios do Ceará em que as características ambientais favoreçam o desenvolvimento do inseto vetor.

Dentre a fauna de triatomíneos conhecida no estado, as espécies *Triatoma brasiliensis* e *Triatoma pseudomaculata* são as espécies vetoras predominantes (CPPS/ NCV/ SSCE, 2017). Espécies essas também identificadas na campanha do EIA realizado em Santa Quitéria no ano de 2011, juntamente com *Panstrongylus lutzi* (ARCADISLOGO, 2014), que é esporadicamente encontrada invadindo domicílios, porém, não há relatos de colonizá-los como acontece com as duas espécies citadas anteriormente (CPPS/ NCV/ SSCE, 2017).

A competência e a capacidade vetorial desses insetos hematófagos dependem de diversos fatores da sua biologia e da interação do vetor com seu parasita, bem como da interação ecológica desses vetores com os animais e seres humanos. Tais interações com os seres humanos são cada vez mais presentes devido à capacidade adaptativa aos ambientes alterados pelo homem que alguns desses insetos possuem, denominados como sinantrópicos (CARRERA, 1991). Essas alterações ambientais ocorrem a partir da construção de moradias e criadouros de animais, bem como mediante a exploração dos recursos naturais e instalação dos grandes empreendimentos.

A abordagem do estudo de vetores nos estudos de impactos ambientais é pouco comum por não haver normativa que inclua obrigatoriamente o diagnóstico do grupo no processo de licenciamento ambiental (SILVEIRA & ARAÚJO NETO, 2014), com exceção dos vetores da malária, cujo diagnóstico é obrigatório na Amazônia legal. Contudo, estudos apontam que a implantação de grandes empreendimentos, como mineração, podem favorecer a proliferação de insetos vetores de doenças e, consequentemente, aumentar a incidência desses agravos na região (ANDRADE *et al.*, 1995; DUARTE & FONTES, 2002; CHAGAS *et al.*, 2006; BARBIERI 7& SAWYER, 2007).

O estudo dos vetores é de suma importância para evitar danos à saúde humana e animal (SILVEIRA & ARAÚJO-NETO, 2014), bem como para avaliar o presente risco em que a comunidade residente já se encontra a fim de destacá-los, visando a promoção da saúde na região. Dessa forma, o presente relatório visou abranger a avaliação de culicídeos, vetores de arboviroses, malária e filariose; flebotomíneos, vetores das leishmanioses; e triatomíneos, vetores da doença de chagas.

Assim, esta seção trata do diagnóstico da entomofauna vetora nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Fauna: 1ª

campanha, 05 a 17 de novembro de 2020; 2ª campanha, 31 de janeiro a 11 de fevereiro de 2021.

B. Metodologia

B.1. Dados Secundários

Para a construção do banco de dados secundários foi realizado o levantamento bibliográfico de publicações científicas e/ou técnicas realizadas no local do empreendimento ou em área de caatinga próxima a este Tabela 8.2-50). Além dos dados referentes à fauna entomológica, será utilizado como fonte de dados secundários, especificamente para a análise de dados de insetos de interessa à saúde pública, o banco de dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para o levantamento dos casos notificados no município de inserção do empreendimento, bem como nos municípios de seu entorno. Tal abordagem tem como objetivo fomentar maiores informações quanto ao risco de ocorrência ou aumento de casos de doenças devido a implantação do empreendimento, permitindo o delineamento de métodos de mitigação e controle na região.

Tabela 8.2-50 - Trabalhos acadêmicos utilizados para o levantamento de espécies para o banco de dados secundário do estudo com indicação de distância para o Projeto Santa Quitéria. *Fonte: Google Earth.

FONTE	AUTORES	LOCAL DO LEVANTAMENTO	DISTÂNCIA PARA O EMPREENDIMENTO (KM)*
1	ARCADIS LOGOS, 2014	EIA/RIMA Santa Quitéria	0
2	MACEDO *et al* 2008	Sobral - CE	85km
3	CRUZ, 2013	Sergipe	1101
4	TEXEIRA, 2011	Russas - CE	342
5	SANTOS-SILVA et al 2017	Missão velha – CE	509
		Brejo Santo – CE	551
		L. Mangabeira – CE	453
		Iguatu - CE	319
		Mauriti – CE	543
		Jaguaribe – CE	384
		Jaguaretama – CE	307

B.2. Dados Primários

Os pontos amostrais foram selecionados conforme a biologia das espécies-alvo, assim como pela dinâmica populacional que em sua grande maioria segue o ciclo de ação sinantrópico, pautando-se, portanto, nos seguintes critérios:

+ Áreas do empreendimento que terão uma ampla circulação com instalações temporárias, maquinários, funcionários e principalmente com passagem de pessoas;
+ Áreas antropizadas com conjunto de habitações humanas e seus ecótopos;
+ Áreas com características bióticas e abióticas mais adequadas para a captura dos táxons em questão (Culicidae, Psychodidae e Reduviidae).
+ Áreas controles representando a característica antropizada
+ Área controle mais preservada e sem ação humana.

Ao todo, dez pontos amostrais foram utilizados no presente estudo, dois quais 8 foram coincidentes com os pontos utilizados nas amostragens já realizadas no Estudo de Impacto Ambiental, cujo campo ocorreu em 2011 (ARCADIS LOGOS, 214). Além destes, foram inseridos dois novos pontos na área estabelecida como controle, localizada fora da Área de Influência Direta (AID) (Mapa 8.2-2).

Culicídeos e Flebótomos

Foram realizados seis dias de campanha de amostragens do período seco, entre cinco e 11 de novembro de 2020 e nove dias de campanha de período chuvoso, entre dois e 12 de fevereiro de 2021. A adição de 3 dias no período chuvoso teve como objetivo aumentar o esforço amostral dos pontos controles, para uma maior obtenção de dados, tendo em vista a baixa densidade de coleta da campanha da estação seca.

No período da manhã foram vistoriados os ambientes domiciliares com o auxílio de aspirador manual de castro, sendo padronizados 15 minutos para cada coleta. Além disso, nas transecções inspecionadas, havendo árvores de copa, foram procedidas à captura de estrato solo a estrato copa à procura de mosquitos, totalizando 3 horas de esforço amostral.

Armadilha Shannon estava prevista, contudo, o manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral não prevê o uso de armadilhas do tipo Shannon em suas campanhas de monitoramento vetorial em áreas de transmissão de Leishmaniose visceral (BRASIL, 2017). Essa ‘não recomendação’ se dá devido à alta exposição que a referida armadilha impõe aos profissionais executores, uma vez que a armadilha Shannon consiste na montagem de uma tenda branca com o suporte de uma fonte luminosa onde os profissionais ao realizarem as coletas deverão permanecer em seu interior realizando buscas ativas ao vetor flebotomíneo e culicídeos nas campanhas de arboviroses, malária e filarioses. Essa execução acontece no

período de maior atividade biológica dos flebotomíneos vetores. Sendo assim, caracteriza-se uma alta exposição dos profissionais se realizada em área endêmica de Leishmaniose visceral, tal como a região do município de Santa Quitéria, não sendo recomendado neste caso específico.

Dessa forma, a fim de substituir a armadilha Shannon, foram posicionadas armadilhas adesivas nos pontos definidos para a execução da armadilha substituída. A armadilha adesiva consiste na suspensão em fio de náilon de chapas de papel pincelado com cola entomológica nos pontos amostrais definidos. Como previsto no manual de Leishmaniose visceral, as folhas foram suspensas no primeiro dia de coleta próximo ao crepúsculo vespertino (aproximadamente às 18h) e permaneceram suspensas por quatro noites seguidas, sendo retiradas na manhã do quinto dia de coleta. Ao todo, essa armadilha permitiu avaliar 96 horas de atividade em cada campanha.

A Armadilha CDC (*Center Deseases Control*), desenvolvida pelo Centro de Controle de Doenças da cidade de Atlanta, Georgia, USA, para coleta de culicídeos, simulídeos e flebotomíneos também foi empregada, tendo sido utilizado nesse estudo a armadilha CDC modelo HP (item F, Foto 8.2.1-3). Esta possui como atração a luminosidade e é constituída de estrutura tubular de PVC com instalação interna motorizada para o funcionamento de pequenas hélices giratórias que tem por finalidade a sucção dos insetos íntegros, diretamente para uma câmara coletora, onde esses artrópodes alados ficam retidos em tubo de saco coletor, confeccionado em tecido sintético (Poliamida) de trama extremamente fina e altamente permeável à passagem de ar.

Após avaliação em campo, foram instaladas armadilhas para captura de adultos em todos os pontos amostrais estabelecidos para avaliação de Flebotominae e Culicidae. Foram instaladas três armadilhas CDC por dia, iniciando seu funcionamento no período do crepúsculo vespertino e desligando somente pela manhã do dia seguinte, após o crepúsculo matutino, completando um total aproximado de 12 horas/dia. As armadilhas foram religadas novamente no dia seguinte de forma a completar três noites por ponto amostral (BRASIL, 2017), totalizando 36 horas de funcionamento/ponto amostral a cada campanha.

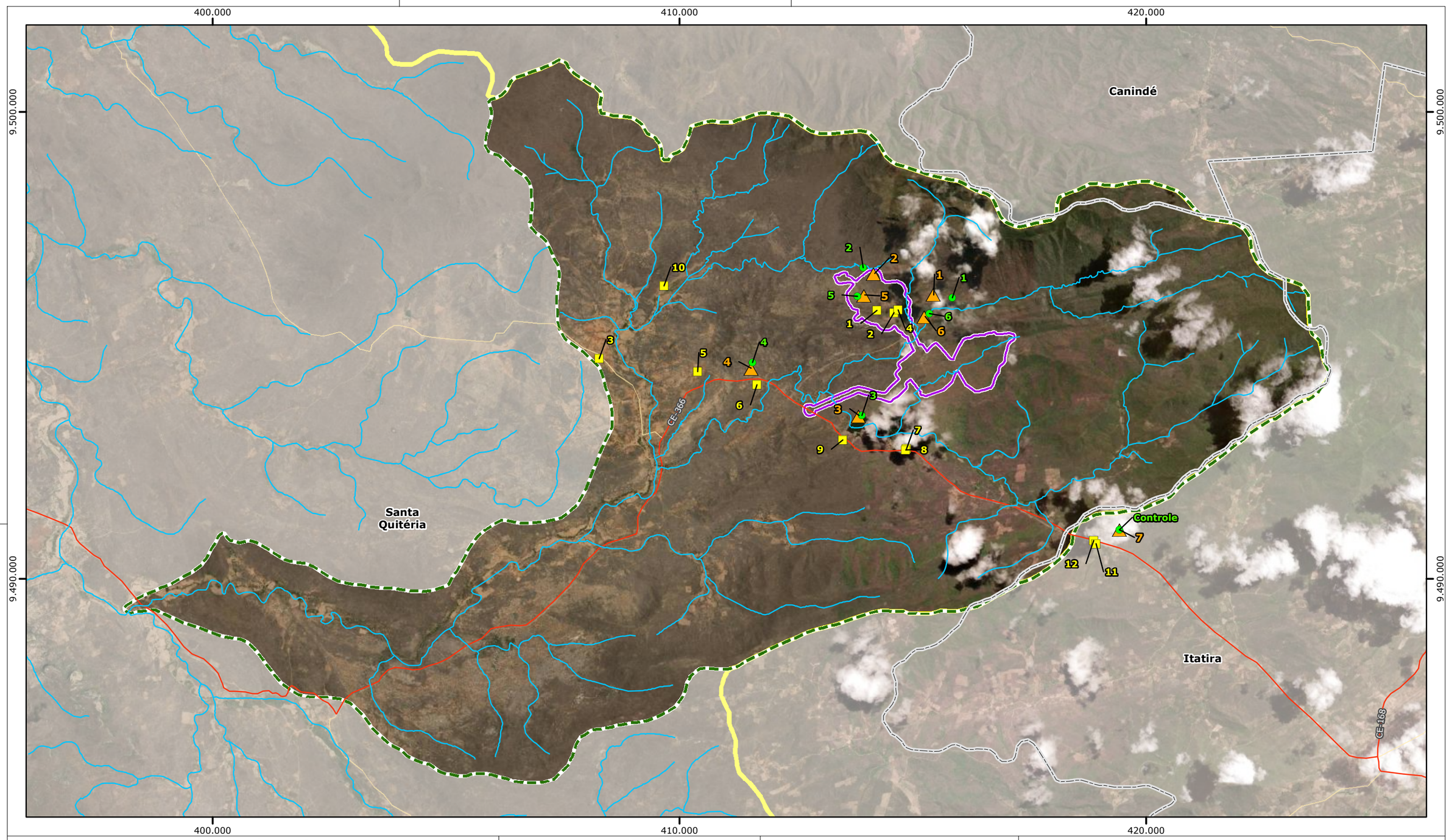
As coordenadas dos pontos de amostragem estão na Tabela 8.2-51 e no Mapa 8.2-2.

Tabela 8.2-51 - Pontos de amostragem de Vetores na área do Projeto Santa Quitéria.

PONTO	TÁXON	UTM 24-M (M) / SIRGAS 2000		FITOFISIONOMIAS	INFLUÊNCIA
		X	Y		
1	Flebotominae Culicidae	414232	9495748	Savana Estépica Arborizada	ADA
2	Flebotominae Culicidae Triatominae	414598	9495701	Savana Estépica Florestada	ADA
3	Flebotominae Culicidae	408279	9494716	Sem vegetação	AID
4	Flebotominae Culicidae	414685	9495758	Savana Estépica Arborizada	ADA
5	Flebotominae Culicidae Triatominae	410392	9494438	Sem vegetação	AID
6	Flebotominae Culicidae Triatominae	411660	9494155	Sem vegetação	AID
7	Flebotominae Culicidae Triatominae	414863	9492783	Savana Estépica Arborizada	AID
8	Flebotominae Culicidae Triatominae	414847	9492760	Savana Estépica Arborizada	AID
9	Flebotominae Culicidae	413498	9492974	Savana Estépica Arborizada	AID
10	Flebotominae Culicidae	409668	9496273	Sem vegetação	AID
11	Flebotominae Culicidae Triatominae	418926	9490754	Savana Estépica Florestada	controle

PONTO	TÁXON	UTM 24-M (M) / SIRGAS 2000		FITOFISIONOMIAS	INFLUÊNCIA
		X	Y		
12	Flebotominae Culicidae Triatominae	418876	9490820	Savana Estépica Florestada	controle

Elaboração: TetraMais, 2020.



Legenda

- Rodovias
- Via Local
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- All do Meio Físico e Biótico

Pontos de Amostragem

- Pontos de Amostragem de Formicidade e Apidae
- Pontos de Amostragem de Lepdópteros
- Pontos de Amostragem de Vetores

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Pontos de Amostragem de Abelhas e Formigas

Mapa	Escala	Localização	
8.2-2	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V03	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

No período próximo ao crepúsculo vespertino, no momento de instalação das armadilhas CDC, nos pontos amostrais estabelecidos foi realizado um esforço amostral/ponto de 30 minutos para a realização de capturas ativas de mosquitos com o auxílio de aspirador manual de castro, totalizando três horas e 30 minutos de esforço amostral por campanha. Os culicídeos coletados da captura ativa, armadilha adesiva e armadilha CDC foram sacrificados com vapor de álcool a 92,8%, em exposição à baixas temperaturas, posteriormente colocados em tubos entomológicos plásticos, datados e etiquetados. Como medida de conservação do material para análise e identificação, os espécimes foram colocados de forma a ficarem na superfície em contato com papel filtro padronizado, contendo camadas de algodão hidrofóbico subsequente e naftalina (em pó) ao fundo.

Já os flebotomíneos, também coletados da captura ativa, armadilha adesiva e armadilha CDC, foram sacrificados com vapor de álcool a 92,8%, em exposição à baixas temperaturas, posteriormente colocados em tubos Falcon (50mL), etiquetados para identificação com etiquetas à lápis no interior do tubo e armazenados com álcool 70%.

Para formas imaturas de Culicídeos foi utilizada concha entomológica com capacidade volumétrica de 350 mililitros, diâmetro de abertura de 11,0 centímetros e o cabo de manuseio de aproximadamente um metro. Nos pontos amostrais estabelecidos (pontos 9 e 10), ambos ambientes lênticos, foi aplicada a padronização dos métodos utilizados em pesquisas larvárias de Anopheles, segundo a Nota Técnica n° 012/2007 CGPNCM/DIGES/SVS do Ministério da Saúde. Foram realizadas três “conchadas” em diferentes posições do coletor à margem do criadouro, totalizando nove “conchadas” em cada transecção estabelecida por ponto amostral (F; Foto 8.2.1-2). A cada “conchada” foram observadas se havia a presença de imaturos para separá-los por estágio (L1, L2, L3, L4, L5 e pupa). Em seguida, as larvas e pupas encontradas foram pipetadas e acondicionadas em sacos plásticos de 250mL (Whirl-Pak Bags), vedados para o transporte.

As metodologias previram que larvas nos estágios de L1 e L2 fossem levadas ao Laboratório para serem criadas e posteriormente identificadas, assim como as pupas com água do próprio criadouro. As exúvias obtidas seriam montadas em preparações permanentes para microscopia, entre lâminas e lamínulas, com bálsamo do Canadá para identificação específica. As larvas de L3 e L4 instares seriam identificadas diretamente, in loco. Contudo, nenhum espécime imaturo foi coletado neste estudo.

Triatomíneos

A área de cada ponto amostral foi vistoriada ao longo das habitações humanas e seus ambientes domiciliares e peridomiciliares. A escolha das casas foi em função da presença de ecótopos, edificações e condições do terreno, notadamente habitações de alvenaria,

quintais com excesso de materiais de obra abandonados e locais com animais domésticos em ambiente humano, com possíveis riscos de saúde pública.

As buscas ativas ocorreram no período da manhã durante um tempo aproximado de 30 a 40 minutos por habitação (pontos 3, 5, 6, 7 e 8), totalizando um esforço amostral de aproximadamente 3 horas e 30 minutos (Item F, Foto 8.2.1-4). Foi realizado um esforço amostral pela equipe também na Área de Influência Direta (AID, pontos 1, 2 e 4) pelo mesmo período.

Os triatomíneos encontrados seriam coletados vivos com auxílio de pinça inox anatômicos de 30 centímetros, adaptada aos serviços entomológicos e acondicionados em tubos tipo Falcon (fabricação polipropileno grau médico, certificados quanto a ausência de DNA, RNA, DNase, RNase, nucleases, endotoxinas e traços de metal). A determinação da infectividade, em laboratório, seria realizada através do extrato fecal seguindo a metodologia de SIQUEIRA (1960), que inclui a preparação dos antissoros e a avaliação da titulação e especificidade. A investigação da presença de *T. cruzi* seria feita através da leitura a fresco, entre lâmina e lamínula, do conteúdo intestinal. Contudo não foram coletados espécimes de Triatominae em nenhuma das duas campanhas realizadas.

C. Análise de dados

C.1. Culícideos

Não foram realizadas análises estatísticas na campanha do período seco devido a não terem sido coletados nenhum espécime nos pontos demarcados. O mesmo ocorreu no período chuvoso onde apenas um espécime foi coletado durante toda a campanha. Assim, foi descrito apenas a situação epidemiológica da região, dos agravos vetoriados por culicídeos, a partir de dados secundários disponibilizados no SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação).

C.2. Flebotomíneos

Nas análises de flebotomíneos, a fim de se estimar a riqueza dos pontos amostrais, foram utilizados os estimadores de riqueza Jack 1 e Chao 2, calculados com o suporte do software EstimateS Win910. Foram utilizados também os índices de riqueza: Diversidade de Simpson e Dominância de Simpson, também com o auxílio *software* EstimateS Win910. Bem como utilizou-se o Excel do pacote Word 365 para as análises descritivas de distribuição de espécies e montagem dos gráficos. Além disso, para facilitar a visualização por ponto amostral das espécies foi elaborado um mapa georreferenciado com o auxílio do *software* qGis.

C.3. Triatomíneos

Não foram realizadas análises estatísticas nas campanhas dos períodos seco e chuvoso devido não terem sido coletados nenhum espécime nos pontos demarcados durante a campanha. Sendo descrito apenas a situação epidemiológica da região, da doença de chagas aguda, a partir de dados secundários disponibilizados no SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação).

D. Resultados e Discussão

D.1. Composição Faunística

Culicídae

Ao final das amostragens do período seco não houve espécimes capturados. Destaca-se a não presença de culicídeos relatada na campanha de período seco, que pode estar relacionadas à grande escassez de chuva. A ausência de chuvas no período que antecedeu a campanha de período chuvoso, bem como a pouca densidade de chuva ocorrida durante a campanha possivelmente influenciaram também na coleta de culicídeos deste período que contemplou o intervalo dos dias dois a 12 de fevereiro de 2021. Dessa forma, apenas uma fêmea de *Culex (Microculex*) spp. foi capturado no dia 09/02/2021 no Alojamento da INB (Ponto 6). É válido ressaltar que devido à falta de caracteres que diferenciem as fêmeas do gênero *Culex*, bem como a falta de chave dicotômica para a identificação do subgênero *Microculex* (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994; DEMARI-E-SILVA, 2009), não foi possível chegar à nível de espécie por se tratar apenas de um espécime fêmea, se fazendo necessário a presença do macho para sua identificação.

Como a biologia dos culicídeos estão intimamente ligadas à precipitação e, por consequência ao acúmulo de água superficial, sejam eles artificiais ou naturais, para a formação de criadouros para os estágios imaturos destes insetos, a ausência de exemplares pode correr quando as chuvas são ausente ou insuficientes para criar estes ambientes. Pode haver a persistências destes mosquitos em um período de chuvas mais consistentes e de maior volume, devido à capacidade de resistência dos ovos à dessecação (diapausa) que podem ser superiores a 400 dias sem o contato com água (CONSOLI & LOURENÇO, 1994; SILVA & SILVA, 1999).

Phlebotominae

Ao final do estudo foram capturados ao todo 719 espécimes de flebotomíneos em sua forma adulta, dentre esses 12 em área de influência direta (AID), sendo todos identificados em uma única espécie (*Lu longipalpis*). Na área de influência indireta (AII) foram

identificados 662 espécimes, dentre esses 29 da espécie *Evandromyia* (*Aldamyia*) *lenti* (Mangabeira, 1938), 615 *Lutzomyia longipalpis* (Lutz e Neiva, 1912), 12 *Micropygomyia* (*Sauromyia*) *peresi* (Mangabeira, 1942), quatro *Deanemyia samueli* (Deane, 1955) e dois *Micropygomyia* (*Sauromyia*) villelai (Mangabeira, 1942). E, por fim, nos pontos controle foram capturados 45 espécimes no total, também identificados dentre as cinco espécies, sendo 11 *Evandromyia* (*Aldamyia*) *lenti*, 28 *Lutzomyia longipalpis*, dois *Micropygomyia* (*Sauromyia*) *peresi*, três *Deanemyia samueli* e um *Micropygomyia* (*Sauromyia*) *villelai*.

Na campanha de campo do período seco, que compreendeu o período de 5 a 11 de novembro de 2020, foram capturados e identificados 292 espécimes de flebotomíneos em sua forma adulta, sendo todos os espécimes capturados em armadilha CDC (modelo HP). Os espécimes capturados foram identificados distribuídos em três espécies *Lutzomyia longipalpis* com registro de 264 indivíduos, correspondeu a 90 % do total de espécimes coletados. Na Área de Influência Direta (AID) foram registrados 263 indivíduos e na Área Diretamente Afetada (ADA) um único espécime; Foram registrados 21 indivíduos na Área de influênca Direta (AID) de *Evandromyia lenti* 21 (7% do total de espécimes registrados); *Micropygomyia (Sauromyia) peresi* teve 7 espécimes registrados, totalizando 2,4 % dos indivíduos da amostragem da estação seca, todos registrados na Área de Influência Direta (AID); (Figura 8.2-254 e Tabela 8.2-52).

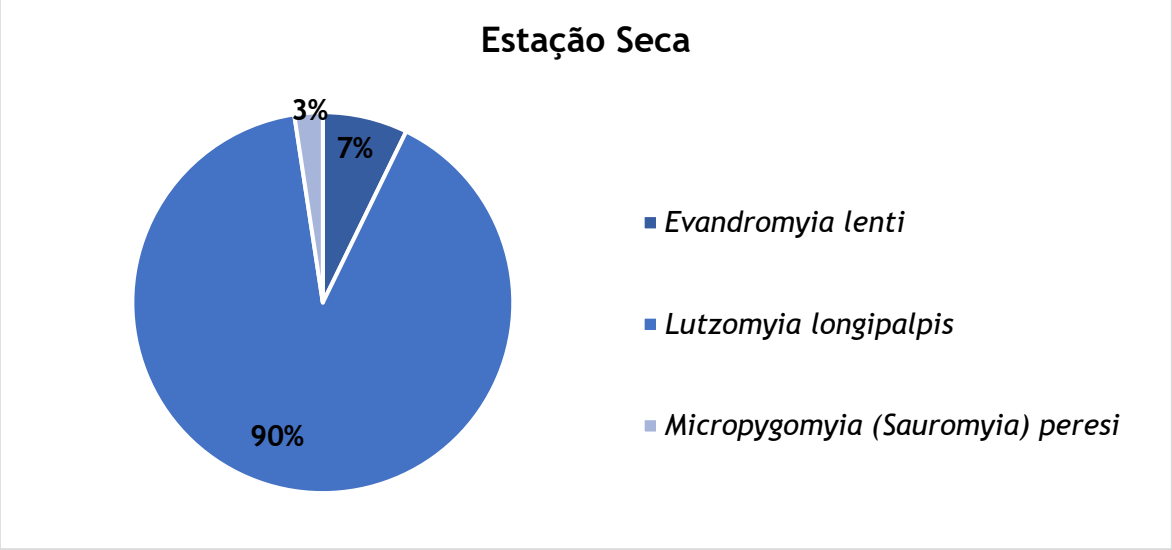


Figura 8.2-254 - Proporção (%) das espécies capturadas na forma adulta durante o período seco na área do Projeto Santa Quitéria.

Tabela 8.2-52 - Número e proporção (%) de flebotomíneos capturados durante a campanha de campo do período seco na área do Projeto Santa Quitéria.

ESPÉCIMES ESTAÇÃO SECA				
ESPÉCIE	**ADA**	**AID**	**TOTAL**	**%**
Lutzomyia longipalpis	1	263	264	90%
Evandromyia lenti	0	21	21	7%
Micropygomyia (Sauromyia) peresi	0	7	7	2%
Total de espécimes	1	291	292	100%

Na campanha do período chuvoso, realizada no período de 02 a 12 de fevereiro de 2021, foram capturados e identificados 371 espécimes de flebotomíneos em sua forma adulta na Área de Influência Direta (AII), 11 espécimes na Área Diretamente Afetada (ADA) e 45 espécimes capturados na área controle, capturados em armadilha CDC (modelo HP). Sendo identificado neste período cinco espécies, sendo essas: *Lu longipalpis* representou 92% fda amostra (352 espécimes na AID, 11 espécime na ADA e 28 espécimes na área controle;); *Ev lenti* teve o registro de 8 espécimes na AID e 11 na área controle, totalizando 4 % do total de espécimes; *Mi peresi* totalizou 2 5 dos registros , com cinco espécimes na AID e duas na área controle; *De samueli contabilizou 2%* dos registros, com quatro espécimes na AID e três na área controle; *Mi villelai* registrou duas espécimes na AID e um espécime na área controle, totalizando 1% dos registros na estação chuvosa **(**Figura 8.2-255**;** Tabela 8.2-53).

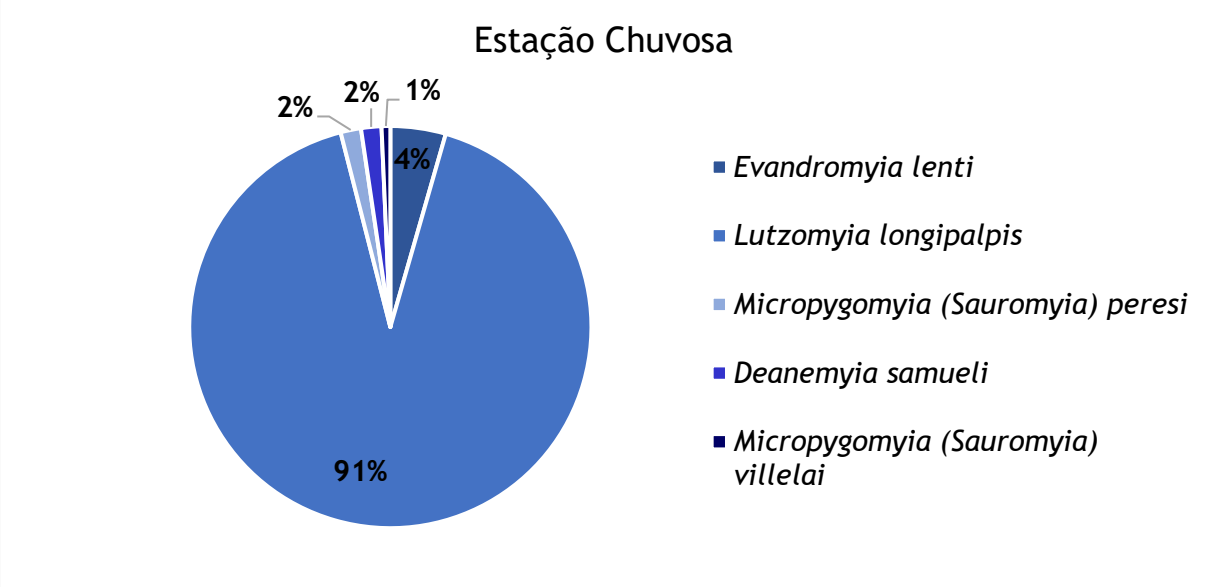


Figura 8.2-255 - Proporção (%) das espécies capturadas na forma adulta durante o período chuvoso na área do Projeto Santa Quitéria.

Tabela 8.2-53 - Número e proporção (%) de flebotomíneos capturados durante a campanha de campo do período chuvoso na área do Projeto Santa Quitéria.

ESPÉCIMES ESTAÇÃO CHUVOSA					
ESPÉCIE	**ADA**	**AII**	**CONTROLE**	**TOTAL**	**%**
Lutzomyia longipalpis	11	352	28	391	92%
Evandromyia lenti	0	8	11	19	4%
Micropygomyia (Sauromyia) peresi	0	5	2	7	2%
Deanemyia samueli	0	4	3	7	2%
Micropygomyia (Sauromyia) villelai	0	2	1	3	1%
Total de espécimes	11	371	45	427	100%

Triatominae

Assim como a fauna de culicídeos, ao final da campanha do período seco e chuvoso não houve nenhum espécime de Triatominae capturado após grande esforço amostral. Esta captura nula pode estar associada à eficiência das ações dos agentes de endemia na região, os quais encontramos nos assentamentos realizando a supervisão das casas. Além disso, em 2016 o Município de Santa Quitéria, por meio da Secretaria Municipal de Saúde realizou a contratação de uma empresa de engenharia com o objetivo de realizar melhorias habitacionais para o controle da doença de chagas (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA QUITÉRIA, 2016).

D.2. Eficiência Amostral

A riqueza estimada do estudo para Phlebotominae foi de 5 espécies, apontando uma riqueza satisfatória uma vez que, mesmo em baixas densidades, o número de espécies observadas apontou o mesmo índice da riqueza estimada (Figura 8.2-256). A despeito disso, pode-se supor que a riqueza e densidade das espécies serão maiores quando as coleções hídricas estiverem com água superficial, após perídos de maior pluviosidade. O mesmo fator pode justificar as capturas nulas principalmente da família Culicidae, a qual depende diretamente de chuvas para seu desenvolvimento.

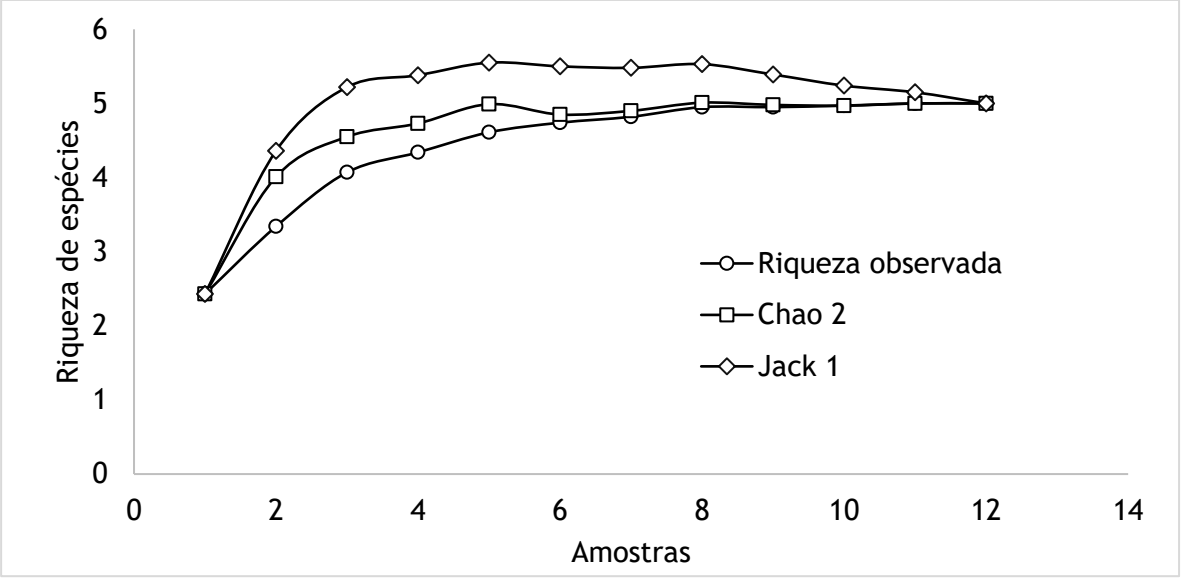


Figura 8.2-256 - Curvas de acumulação aleatorizadas (observada e estimada por Jackknife 1 e CHAO 2) para Phlebotominae no levantamento de dados primários para EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria

D.3. Espécies Ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou Federal

Apesar da sua importância ecológica, poucos insetos estão inseridos em listas vermelhas nacionais e internacionais. Dentre esses insetos que não estão incluídos em classificações de ameaça se encontram os insetos das ordens Diptera e Hemiptera, os quais englobam os insetos de interesse à saúde pública. Dessa forma, não é aplicável classificar as espécies ameaçadas e/ou protegidas neste estudo.

D.4. Espécies bioindicadoras, endêmicas, raras, não descritas e de interesse à saúde pública

Culicidae

Culex (Microculex) spp.

O gênero Culex é considerado um gênero considerado Tropico-cosmopolita, ocorrendo em todas as regiões tropicais mundiais, ocorrendo em todo o Brasil (CONSOLI & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994). As espécies desse subgênero *Microculex* não apresentam uma importância médica devido a preferência de hábito alimentar ser para animais de sangue frio como anfíbios (OLIVEIRA & HEYDEN, 1986). Essas espécies possuem preferência por criadouros naturais (CONSOLI & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994), logo, são encontrados em maiores densidades nos ambientes menos antropizados e com maiores ofertas de criadouros.

Phlebotominae

Lutzomyia longipalpis (Lutz e Neiva, 1912)

Lutzomyia longipalpis (item F - Foto 8.2.1-7) foi confirmado como vetor de Leishmania (*Leishmania chagasi*), causadora da Leishmaniose Visceral, no ano de 1954 na cidade de Sobral, interior do Ceará por DEANE & DEANE (1954). Atualmente *Lu longipalpis* é considerado o principal vetor da Leishmaniose visceral no Brasil. Sendo a região nordeste, principalmente Ceará, a localidade com destaque para os casos de Leishmaniose visceral desde o início da década de 30 (LAISON & RANGEL, 2005). Segundo dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN, 2020), Santa Quitéria apresentou 37 casos notificados de LV, sendo o maior número de notificação ao ano ocorrendo no ano de 2019, com 8 casos notificados (Tabela 8.2-54).

Tabela 8.2-54 - Casos confirmados de Leishmaniose Visceral Notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação no município de Santa Quitéria - Ceará no período de 2007 a 2019 (DATASUS, 2020).

LEISHMANIOSE VISCERAL CASOS CONFIRMADOS NOTIFICADOS NO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO - CEARÁ													
MUN INFECÇÃO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOTAL
Santa Quitéria	1	4	2	3	4	2	2	3	2	3	3	8	37

O vetor *Lu longipalpis* é a espécie mais bem adaptada aos diferentes ecótopos, de forma que possui ampla distribuição regional, estando presente em 25 dos 27 estados Brasileiros (GALATI, 2019). Durante os estudos realizados no Ceará pelos pesquisadores Deane & Deane na década de 50, foram coletados pela primeira vez formas imaturas da espécie *Lu longipalpis* em amostras obtidas de currais de jumentos e sob pedras (DEANE & DEANE, 1957), ambientes úmidos e com matéria orgânica, que caracterizam os criadouros de animais. DEANE & DEANE (1957) apontam ainda que há maior densidade desses vetores nos períodos chuvosos, onde destacam que a umidade, juntamente com as sombras geradas com a alteração do ambiente da Caatinga nesse período, favorece o desenvolvimento das suas formas imaturas até a forma adulta.

Lu longipalpis apesar de estar associada nos estudos epidemiológicos de LV sempre com criadouros de animais e presença de animais domésticos, esta é uma espécie primordialmente silvestre (CHAGAS et al., 1938, LAINSON et al., 1986, RYAN et al., 1986c),

de forma que os criadouros, quando em áreas de borda de florestas, aproximam estes vetores do convívio humano no intradomicílio (DYE et al., 1991).

Neste estudo, apesar da baixa umidade durante os dias de coleta, *Lu longipalpis* foi capturado em maior densidade nos 4 pontos amostrais onde existiam criadouros de animais – Pontos amostrais 3, 5 e 7 (item F- Foto 8.2.1-8, Foto 8.2.1-9 e Foto 8.2.1-10) ou era avistado a pastagem de jumentos nos arredores com frequência – Ponto amostral 6 (item F -Foto 8.2.1-10). Sendo assim, a umidade dos solos devido aos bebedouros dos animais, bem como a matéria orgânica proveniente de suas excretas podem ter favorecido o desenvolvimento de suas formas imaturas mesmo que com densidades ainda inferiores que as previstas para o período chuvoso.

Evandromyia (Aldamyia) lenti (Mangabeira, 1938)

A espécie *Ev lenti* (item F -Foto 8.2.1-12), apesar de não possuir incriminação como espécie capaz de transmitir nenhum agravo até o momento, encontra-se presente nas áreas de transmissão de LV e LTA em diversos estudos. Além disso, em um estudo realizado na Bahia, essa espécie foi encontrada naturalmente infectada por formas promastigotas de *Leishmania chagasi* (SHERLOCK, 1996), bem como encontrada infectada naturalmente por *Leishmania brasiliensis* (MARGONARI *et al.*, 2010). Esta espécie, contudo, em infecção experimental, já havia sido demonstrada como refratária à infecção (BRAZIL *et al*, 1997). Além disso, apesar de antropifílica, *Ev lenti* tem preferência por sangue de cão, podendo assim estar presente no ciclo da infecção mesmo não transmitindo o patógeno ao homem (SHERLOCK, 1996).

Em um estudo realizado no Piauí sobre o hábito alimentar de flebotomíneos, *Ev lenti* apresentou a detecção de sangue de ave e espécimes com reação cruzada contendo sangue de ave, cão e cavalo, demonstrando assim o ecletismo da espécie em relação à sua fonte alimentar, bem como sua preferência alimentar pelas aves (SOUZA, 2018). O seu hábito alimentar preferencial, juntamente com a característica de ser comumente encontrada no peridomicílio (OLIVEIRA *et al*. 2003), corrobora com o encontro da espécie nos pontos amostrais 3, 5, 6 e 7 do presente estudo. Destaca-se a maior densidade encontrada no ponto 7 (11 espécimes), seguido do ponto 3 (cinco espécimes), pontos que possuíam como característica em comum a presença de galinheiros nos locais onde foi instalada uma das armadilhas CDC-HP.

Quanto a distribuição geográfica desta espécie, *Ev lenti* encontra-se, até o presente momento, distribuído em 19 estados brasileiros nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste (GALATI, 2019). Sendo uma espécie característica de ambiente rural, capturada próximo a abrigos de animais e no peridomicílio (CAMPBELL-LENDRUM *et al.*, 1999; COLLA-JACQUES,

CASANOVA & PRADO, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2010), fatores característicos da região d empreendimento e dos pontos onde foram obtidas a maior densidade dos espécimes deste estudo.

Micropygomyia (Sauromyia) peresi (Mangabeira, 1942)

A espécie se caracteriza por se adaptar aos diferentes habitats, sendo encontrada em 16 estados distribuídos entre as regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste (AGUIAR & MEDEIROS, 2003; GALATI, 2019). Em estudos anteriores, foi capturada no estado de Tocantins, em ambiente periurbano, mas com a presença de chiqueiros (VILELA et al., 2013) e em um assentamento no Mato Grosso do Sul no ano de 1998 em abrigo de carneiro (NUNES, 2001). No presente estudo, a espécie foi capturada nos pontos amostrais 3 e 7, onde armadilhas foram instaladas nos chiqueiros localizados em residências, bem como houve captura desta espécie no ponto 6, onde animais como jumentos e bois pastavam diariamente nas laterais do escritório da INB.

Estudos apontam que Mi peresi realiza repasto sanguíneo em animais de sangue frio (GALATI, 1990; YOUNG & DUNCAN, 1994; NUNES, 2001). Contudo, em um estudo realizado no norte de Minas Gerais foi relatado o encontro de DNA de Leishmania spp. nos espécimes desta espécie em um foco de leishmaniose cutânea, sugerindo provável infecção (RÊGO et al., 2015).

Micropygomyia (Sauromyia) villelai (Mangabeira, 1942)

A espécie foi descrita no bioma Caatinga, com sua espécie-tipo capturada no município de Russas – Ceará (MANGABEIRA, 1942). Este município encontra-se há aproximadamente 300 km da área do Projeto Santa Quitéria, e indica fortemente a endemicidade da espécie *Mi villelai* na região. Ocorrendo em todos os estados das regiões nordeste e centro oeste, bem como parte da região norte e sudeste (GALATI, 2019).

Em um estudo realizado em Alagoas, *Mi villelai* foi capturado em dois diferentes biomas: Mata Atlântica e Caatinga (FREITAS *et al.*, 2017). Além disso, em Porto Velho-RO, essa espécie, ainda que em baixa densidade em todos os ecótopos, esteve presente tanto na região de unidade de conservação, quanto na borda de mata e no peridomicílio em densidades semelhantes (PEREIRA-JUNIOR *et al.*, 2019), indicando, assim, a sua adaptação aos diferentes hábitats. É apontada em estudos anteriores como uma espécie frequente, mesmo que em baixas densidades, em ambientes modificados e antropizados, bem como há o relato da ocorrência dessa espécie em galinheiros e chiqueiro (VILELA *et al.*, 2013). Rêgo e colaboradores (2015) relatam também o encontro de DNA de *Leishmania* spp. nos espécimes de *Mi villelai* em área com casos leishmaniose tegumentar.

Deanemyia samueli (Deane, 1955)

Com ocorrência nos estados do Pará, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (GALATI, 2019), teve um indivíduo macho descrito pela primeira vez no estado do Ceará e uma fêmea descrita anos depois na região do Parque Nacional do Ubajara, também no Ceará (MARTINS *et al.*, 1989), localizado a aproximadamente 100km da área do Projeto Santa Quitéria. Apesar de descrita em região de Caatinga, a espécie *De samueli* foi capturada em região de floresta sub-úmida e semiárida na floresta amazônica (XIMENES *et al.*, 2000) e em região de Floresta sazonal e Cerrado no estado do Maranhão (RÊBELO *et al.*, 2010).

De samueli no estado do Piauí foi capturado apenas na região de caverna e de floresta, não sendo relatada em coletas nas residências (ANDRADE-FILHO, SILVA & FALCÃO, 2001). Além disso, não há na literatura ao habitat e sobre o hábito alimentar da espécie, bem como a mesma não é relacionada a transmissão de patógenos de importância na saúde pública.

D.5. Espécies cinegéticas, domésticas/invasoras e exóticas

O presente grupo não contempla espécies consideradas cinegéticas, além disso, não houve espécies capturadas consideradas exóticas ou invasoras. Registre-se, contudo, espécies encontradas em ambientes peri-domésticos: *Mi villelai*; *Mi peresi*; *Ev lenti* e *Lu longipalpis* (CAMPBELL-LENDRUM *et al.*, 1999; COLLA-JACQUES, CASANOVA & PRADO, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2010; VILELA *et al.*, 2013; PEREIRA-JUNIOR *et al.*, 2019). A espécie *Lu longipalpis*, apresenta ainda a característica de já ter sido encontrada no ambiente doméstico, apesar de ser uma espécie essencialmente silvestre (LAISON & RANGEL, 2003, 2005).

Tabela 8.2-55 - Caracterização das espécies de insetos de interesse à saúde pública capturadas nas regiões do PSQ no período de novembro de 2020 e fevereiro de 2021.

Nº	TÁXON	NOME POPULAR	END.	HÁBITO ALIMENTAR		VETOR	DISTRIBUIÇÃO	AMBIENTES	TIPO DE ARMADILHA	PONTO AMOSTRAL	ÁREA DE INFLUÊNCIA
				MACHO	FÊMEA						
	Classe	DIPTERA									
	Família	Culicidae									
1	*Culex (Microculex) spp.*	Mosquito	sim	FT	FT/HE	Não	CAA; MA;	SV	CDC	6	AID
	Classe	DIPTERA									
	Família	Phlebotominae									
1	*Evandromyia lenti*	Mosquito-palha	Sim	FT	FT/HE	Não	CAA; MA;	SV; PU; AT	CDC	3; 5; ;6; 7; 9; 11; 12	ADA; AII
2	*Lutzomyia longipalpis*	Mosquito-palha	Sim	FT	FT/HE	Sim	CAA; CE; MA; AM	SV; PU; AT; ID	CDC	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 9; 11; 12	ADA; AID; AII
3	*Micropygomyia (Sauromyia) peresi*	Mosquito-palha	Sim	FT	FT/HE	Não	CAA; CE; MA; AM	SV; PU; AT	CDC	3; 6; 7; 9; 11	ADA; AII
4	*Deanemyia samueli*	Mosquito-palha	Sim	FT	FT/HE	Não	CAA; CE; MA; AM	SV	CDC	7; 9; 11; 12	ADA; AII
5	*Micropygomyia (Sauromyia) villelai*	Mosquito-palha	Sim	FT	FT/HE	Não	CAA; MA;	SV; PU; AT	CDC	7; 9; 12	ADA; AII

Legenda*: *End *– Endemismo; Hábito Alimentar; Vetor; Distribuição; Criadouros, Tipo de armadilha; Ambientes:* ***PU****, peri-urbano,* ***AT****, antropizado,* ***ID****, intradomicílio,* ***SV****, silvestre;* ***AI – Áreas de Influência: ADA****, Área Diretamente Afetada,* ***AID****, Área Indiretamente Afetada.* ***AII****, Área Indiretamentne Afetada.*

D.6. Comparação entre as áreas, índice de diversidade e similaridade

Tendo em vista a captura da família Phlebotominae na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA), apenas esta possibilitou a comparação entre as áreas de estudo. Sendo assim, ao verificar a distribuição das espécies por ponto amostral no período seco, pode-se observar que as capturas e maiores densidades encontradas foram verificadas nos pontos amostrais da AID, com a presença de moradias e do alojamento da INB (Tabela 8.2-53). O ponto amostral 7 apresentou a maior densidade da espécie *Lu longipalpis* do estudo contemplando 189 espécimes (93% do total coletado nesta estação de monitoramento), seguido do ponto amostral 3 (86% do total coletado nesta estação de monitoramento) e do ponto amostral 6 (83% do total coletado nesta estação de monitoramento) (Tabela 8.2-56)

Tabela 8.2-56 - Distribuição dos flebotomíneos capturados no período seco, distribuídos entre os pontos amostrais de captura na área do empreendimento de Santa Quitéria.

ESPÉCIES IDENTIFICADAS POR PONTO AMOSTRAL											
ESPÉCIE	PONTOS AMOSTRAIS										TOTAL
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
Evandromyia lenti	0	0	5	0	1	4	11	0	0	0	21
Lutzomyia longipalpis	0	0	36	1	4	34	189	0	0	0	264
Micropygomyia (Sauromyia) peresi	0	0	1	0	0	3	3	0	0	0	7
Total	292										

Maria Claudia Paley Braga Filipe Martines Biazzi Ricardo Lieutaud Elcio Terron Carla Conde José Pedro de Paiva

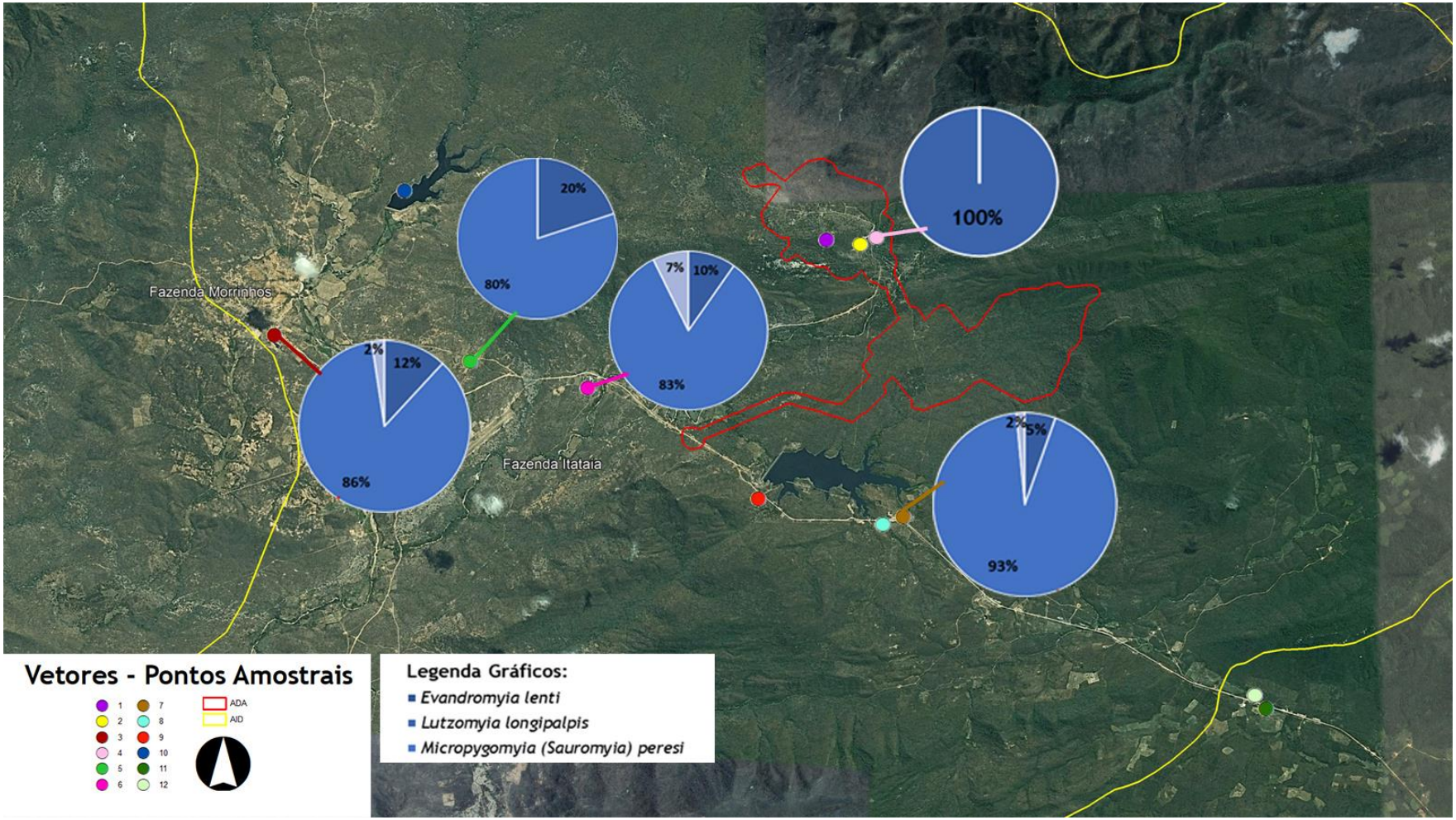


Figura 8.2-257 - Mapa temático com a distribuição em porcentagem das espécies capturadas em cada ponto amostral da Área de Influência Indireta do empreendimento de Santa Quitéria.

Quanto à distribuição por ponto amostral dos espécimes capturados no período chuvoso, pode-se observar que os locais que mais se destacaram quanto a densidade de captura da espécie *Lu longipalpis* foram os pontos de AID próximos às residências (**Figura 8.2-258**). No ponto 7 (Casa habitada INB) foram registrados 175 espécimes (96% do total coletado nesta estação de monitoramento), seguido do ponto 5 (Assentamento Queimadas), contemplando 109 espécimes (99% do total coletado nesta estação de monitoramento e do ponto 3 (Assentamento morrinhos), contemplando 47 espécimes (98% do total coletado nesta estação de monitoramento).

A distribuição amostral dessas espécies por pontos amostrais está ilustrada no mapa amostral, contendo a porcentagem das espécies capturadas em cada ponto (**Tabela 8.2-57** e **Figura 8.2-258**).

Tabela 8.2-57 - Distribuição dos flebotomíneos capturados no período chuvoso, distribuídos entre os pontos amostrais de captura.

ESPÉCIES IDENTIFICADAS POR PONTO AMOSTRAL													
ESPÉCIE	**PONTOS AMOSTRAIS**												
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**P10**	**P11**	**P12**	**TOTAL**
Evandromyia lenti	0	0	1	0	1	2	3	0	1	0	4	7	19
Lutzomyia longipalpis	6	3	47	2	109	5	175	0	16	0	18	10	391
Micropygomyia (Sauromyia) peresi	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	2	0	7
Deanemyia samueli	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	2	1	7
Micropygomyia (Sauromyia) villelai	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3
Total	**427**												

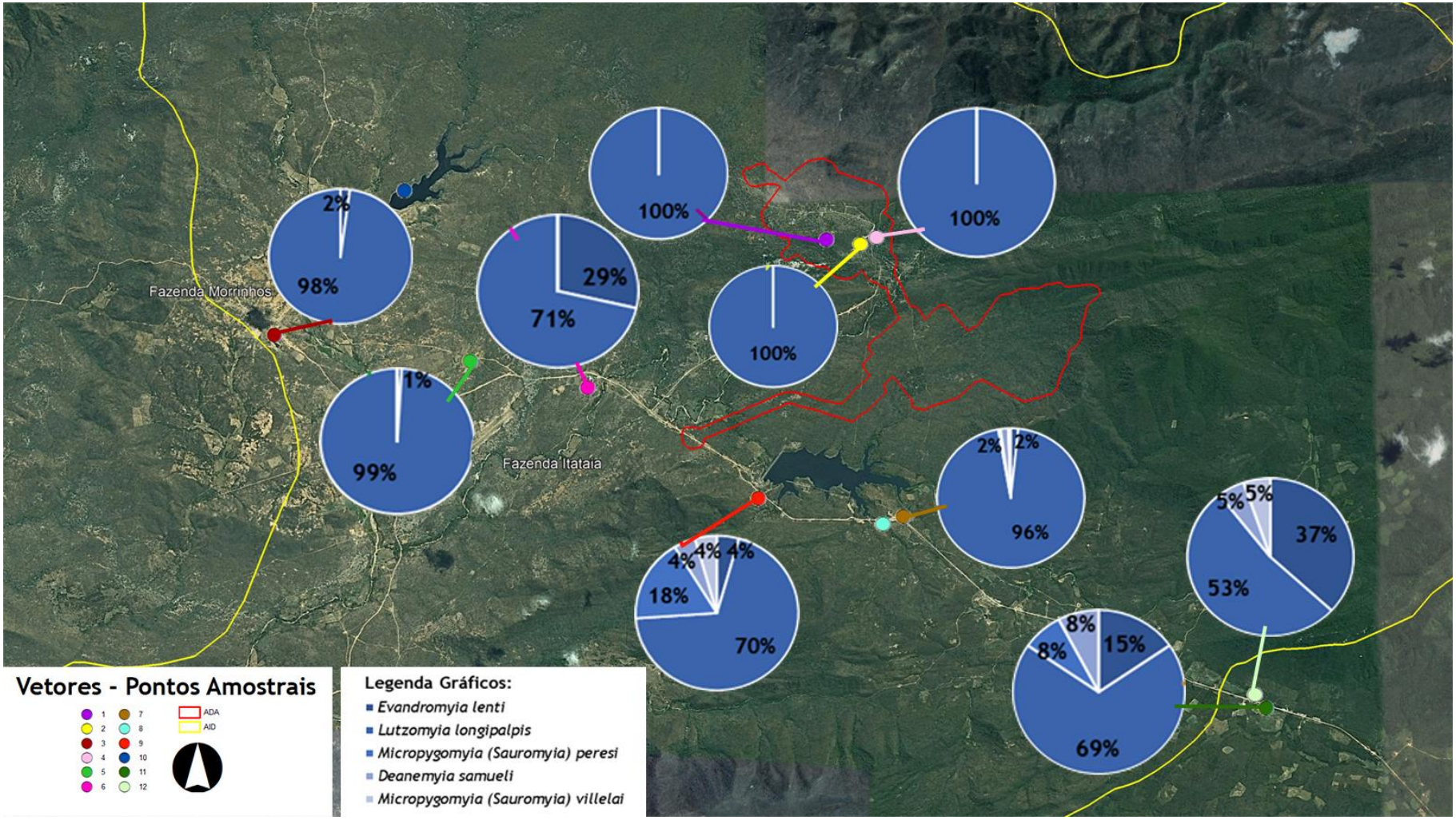


Figura 8.2-258 - Mapa temático com a distribuição em porcentagem das espécies capturadas em cada ponto amostral da Área de Influência Direta do empreendimento de Santa Quitéria.

D.7. Distribuição e abundância de espécies nos pontos de amostragem

As análises da Área de Influência Direta (AID) foram feitas separadamente a fim de não estabelecer um viés, uma vez que a Área Diretamente Afetada (ADA) apresentou a ocorrência de apenas 1 (um) espécime de *Lutzomyia longipalpis* no período seco e 11 espécimes no período chuvoso. Essa baixa densidade de captura na ADA pode ser justificada pela ausência de umidade no solo nestes pontos, uma vez que se encontravam afastados dos reservatórios e sem a umidade proveniente desses pontos. A umidade do solo juntamente com a matéria orgânica proveniente da decomposição de plantas e excretas de animais são fundamentais para os criadouros de flebotomíneos e o desenvolvimento de suas formas imaturas (YOUNG & DUNCAN, 1994).

Segundo os estimadores de riqueza calculados em nosso estudo (*JACK 1* e *CHAO 2*), a maior riqueza do período seco foi verificada no ponto amostral 3, localizado no assentamento Morrinhos, com índice estatisticamente igual ao ponto amostral 5, localizado no assentamento Queimadas, locais mais antropizados dentre os pontos amostrais do estudo. Esses locais eram caracterizados pelos maiores números de moradias construídas de alvenaria, criadouros de animais e presença de umidade e matéria orgânica devido à criação (Figura 8.2-259 - Estimador de riqueza Chao 2 para o período seco, apontando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 3 na área do Projeto Santa Quitéria. Figura 8.2-260).

Já no período chuvoso, o ponto amostral 3, devido à elevada dominância da espécie *Lu longipalpis*, apresentou uma baixa riqueza, segundo os estimadores de riqueza calculados (*JACK 1* e *CHAO 2*). O ponto amostral 7, por sua vez, totalizou a maior riqueza do período chuvoso (Figura 8.2-261 **e** Figura 8.2-262**)**. Apesar de, assim como no ponto amostral 3, o ponto amostral 7 ser localizado em casa habitada com a presença de galinheiro e chiqueiro (item F-Foto 8.2.1-8, Foto 8.2.1-9 e Foto 8.2.1-10), o P7 apresenta como particularidade não estar localizado em um assentamento, estando mais próximo ao açude Quixaba, onde a proximidade com um ambiente menos alterado favoreceu a presença de uma fauna mais eclética, ainda que com elevada densidade de *Lu longipalpis*.

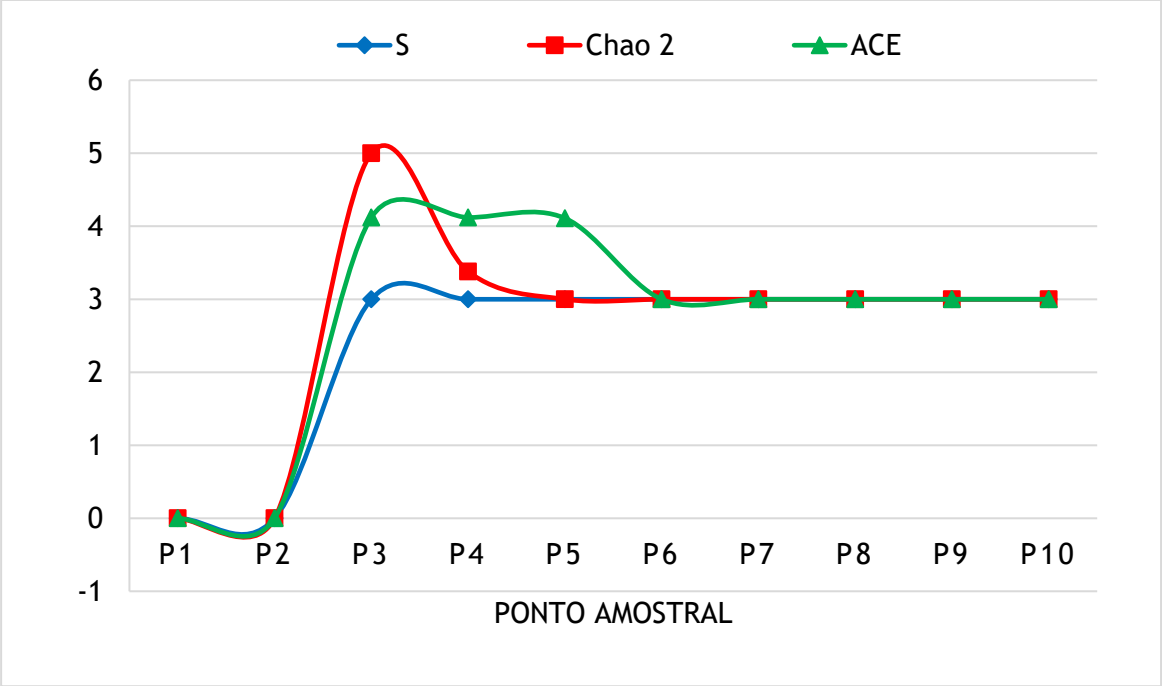


Figura 8.2-259 - Estimador de riqueza Chao 2 para o período seco, apontando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 3 na área do Projeto Santa Quitéria.

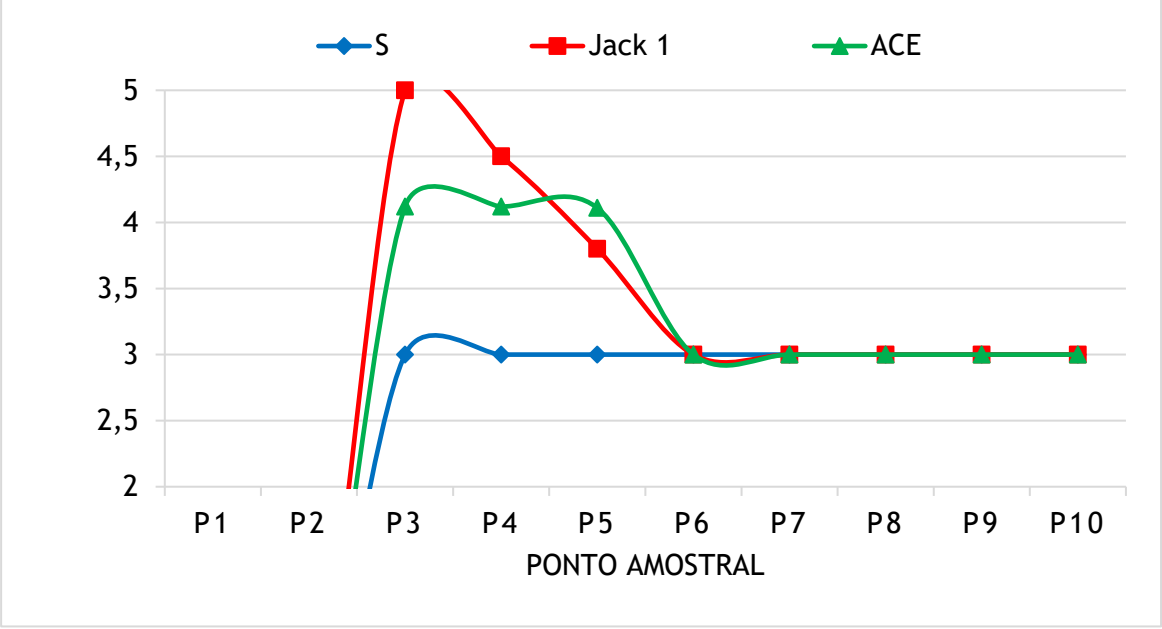


Figura 8.2-260 Estimador de riqueza Jack 1 para o período seco, confirmando a maior riqueza node espécies no ponto amostral 3 da área do Projeto Santa Quitéria.

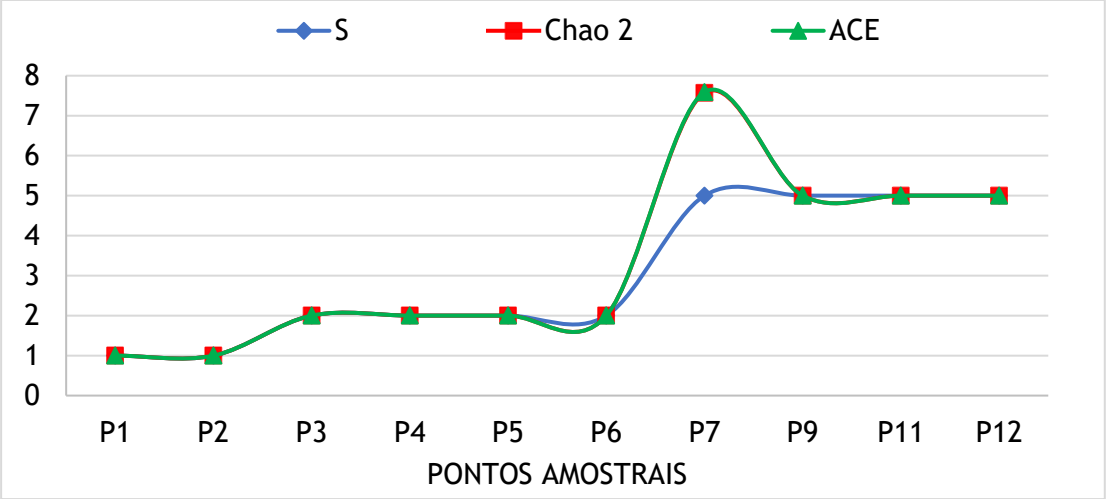


Figura 8.2-261 Estimador de riqueza Chao 2 para o período chuvoso, apontando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 7 da área do Projeto Santa Quitéria.

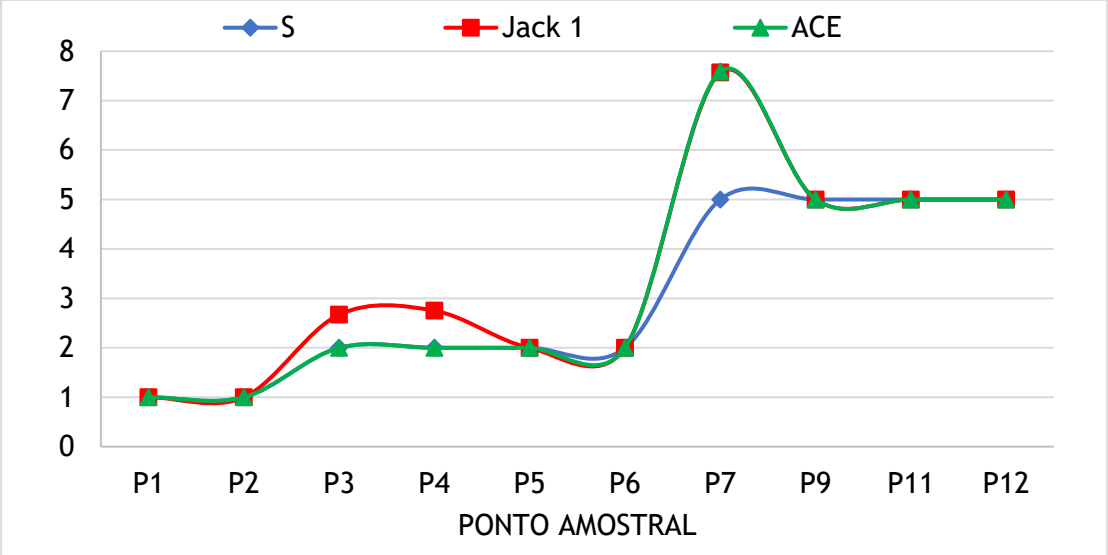


Figura 8.2-262 -Estimador de riqueza Jack 1 para o período chuvoso, confirmando a maior riqueza de espécies no ponto amostral 7 da área do Projeto Santa Quitéria.

No ponto amostral 6 ocorreu a maior diversidade no período seco. Uma possível explicação está no fato de haver animais soltos, não havendo, portanto, uma concentração de apenas uma espécie em um local e aumentando assim a dispersão de fontes alimentares, favorecendo dessa forma a maior atração das três espécies identificadas no período.

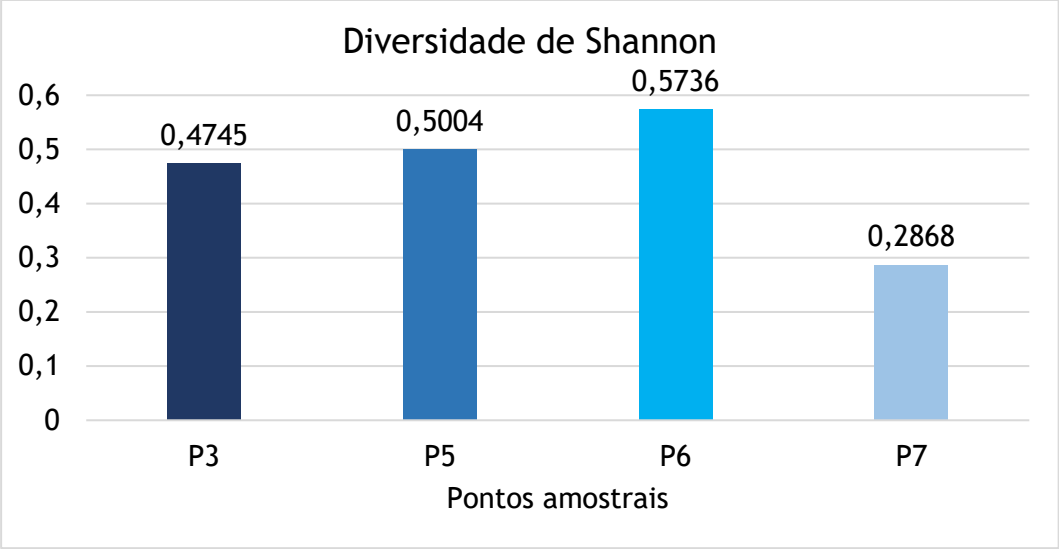


Figura 8.2-263 - Índice de diversidade de Shannon-Winner para o período seco, apontando a maior diversidade no ponto amostral 6 do empreendimento de Santa Quitéria.

O mesmo padrão não foi observado na campanha de período chuvoso, quando a variação da umidade pode ter favorecido para os resultados observados no índice de diversidade neste período. O ponto amostral 9, então, devido sua localização na região do açude Quixaba, favoreceu a captura das cinco espécies identificadas neste período, tanto em maior densidade quanto em números absolutos. Este ponto foi o de maior densidade de captura do período chuvoso, bem como com a maior diversidade do estudo, semelhante apenas aos pontos controle P11 e P12.

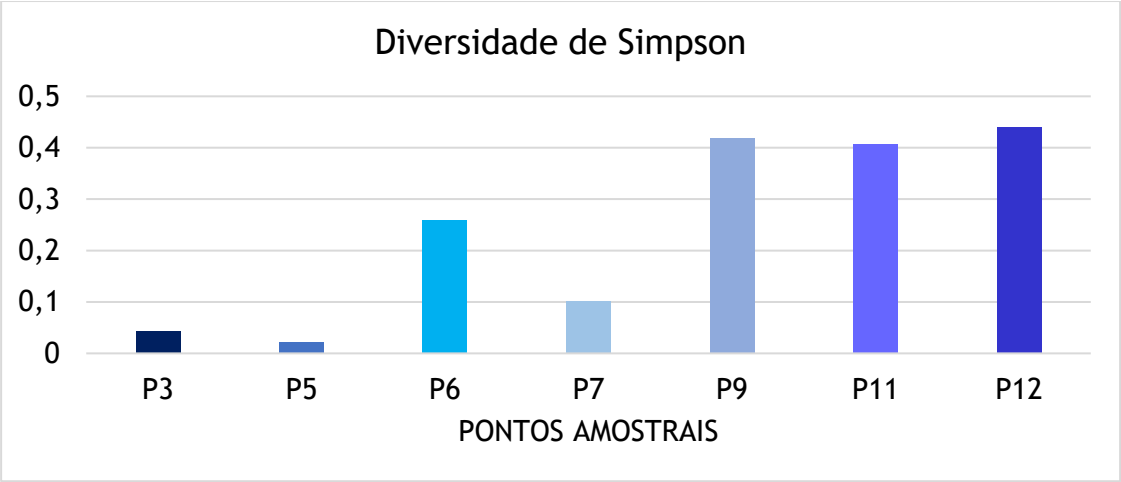


Figura 8.2-264 Índice de diversidade de Simpson para o período chuvoso, apontando a maior diversidade no ponto amostral 12. Do empreendimento de Santa Quitéria.

O assentamento Queimadas (Ponto amostral 5) apresentou a maior dominância do período seco. caracterizada pela identificação de 5 espécimes de apenas duas espécies, dentre os quais 4 pertenciam à espécie *Lu longipalpis*. O maior número de espécimes de *Lu longipalpis, no entanto,* ocorreu no Ponto amostral 7, localizado em uma casa habitada em área de propriedade da IBN.

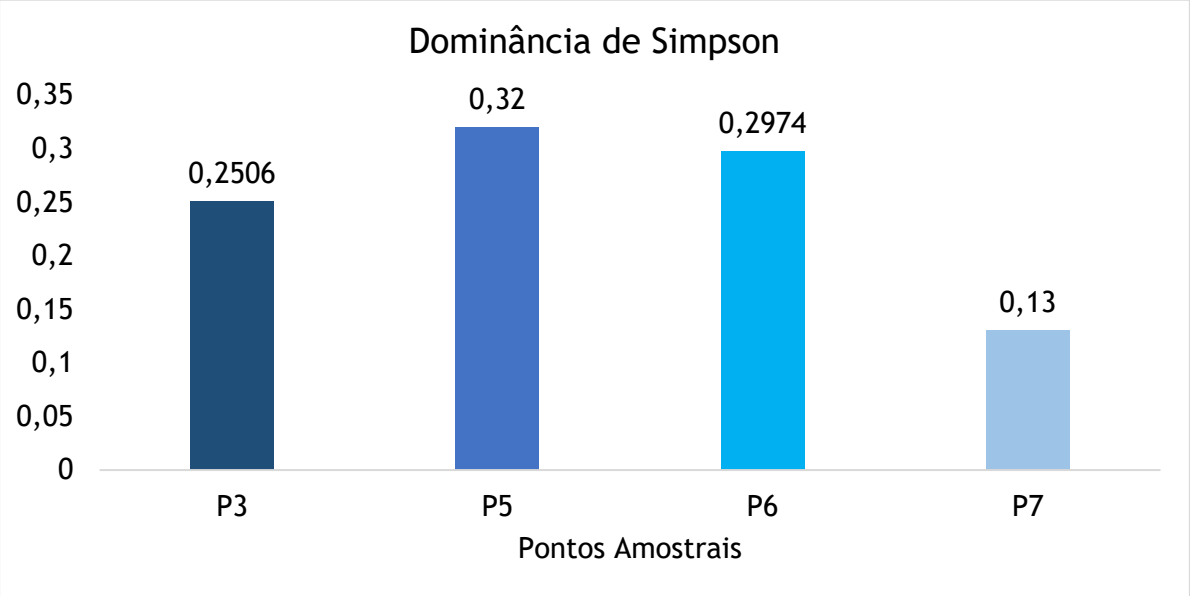


Figura 8.2-265 - Índice de dominância de Simpson para o período seco, apontando a maior dominância no ponto amostral 5 do empreendimento de Santa Quitéria.

No período chuvoso a maior dominância também foi caracterizada pela maior densidade da espécie *Lu longipalpis* nos pontos amostrais. Esta dominância foi semelhante nos pontos amostrais P1, P2, P3, P4 e P5, seguidos do ponto amostral P7.

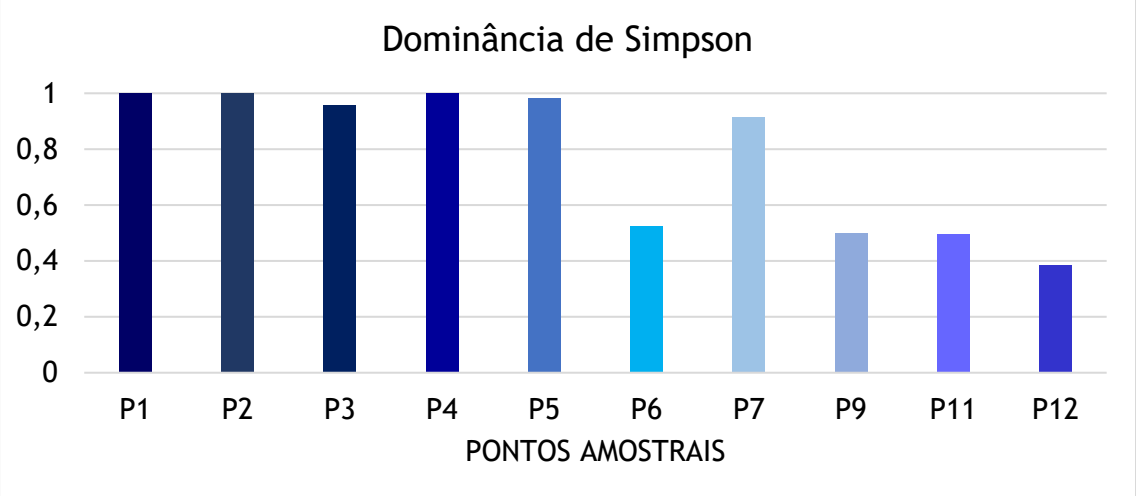


Figura 8.2-266 - Índice de dominância de Simpson para o período chuvoso, apontando a maior dominância no ponto amostral 5 e estatisticamente igual aos pontos amostrais 1, 2, 3 e 4do empreendimento de Santa Quitéria.

Quanto à equitabilidade, no período seco, ela foi maior no ponto 5. Já na campanha de período chuvoso o índice de equitabilidade foi maior no ponto amostral 6, onde houve a captura apenas das estécies *Ev lenti* e *Lu longipalpis*. A seguir, os maiores índices de equitabilidade foram obtidos nos pontos amostrais 11 e 12, apresentando quatro das cinco espécies identificadas com distribuições semelhantes em números absolutos, e o ponto amostral 9, onde foram identificadas todas as espécies relatadas neste período.

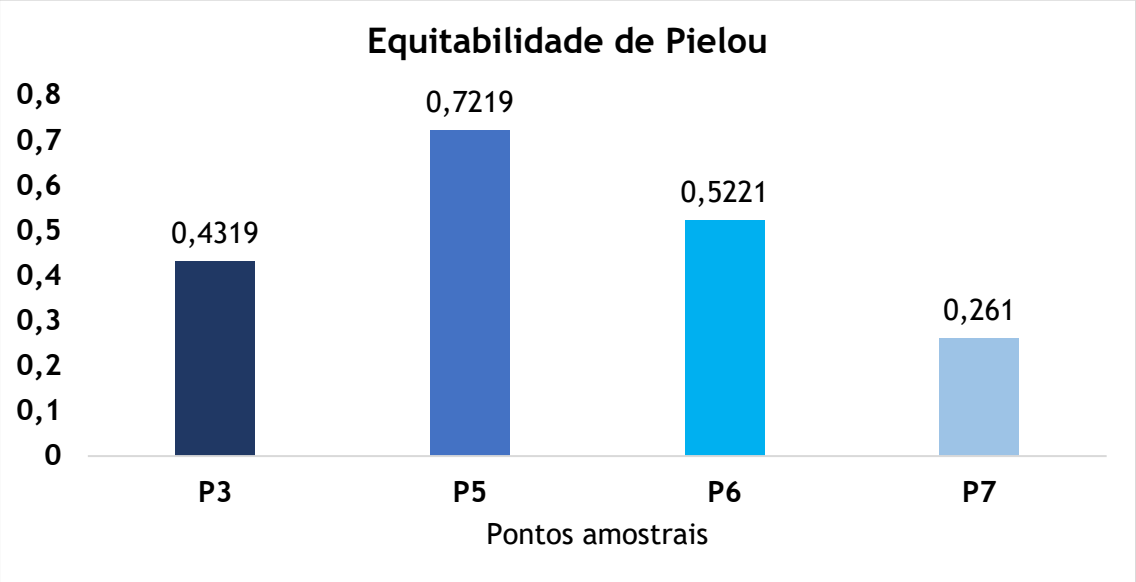


Figura 8.2-267 - Índice de equitabilidade de Pielou para o período seco, apontando a maior equitabilidade no ponto amostral 5 do empreendimento de Santa Quitéria.

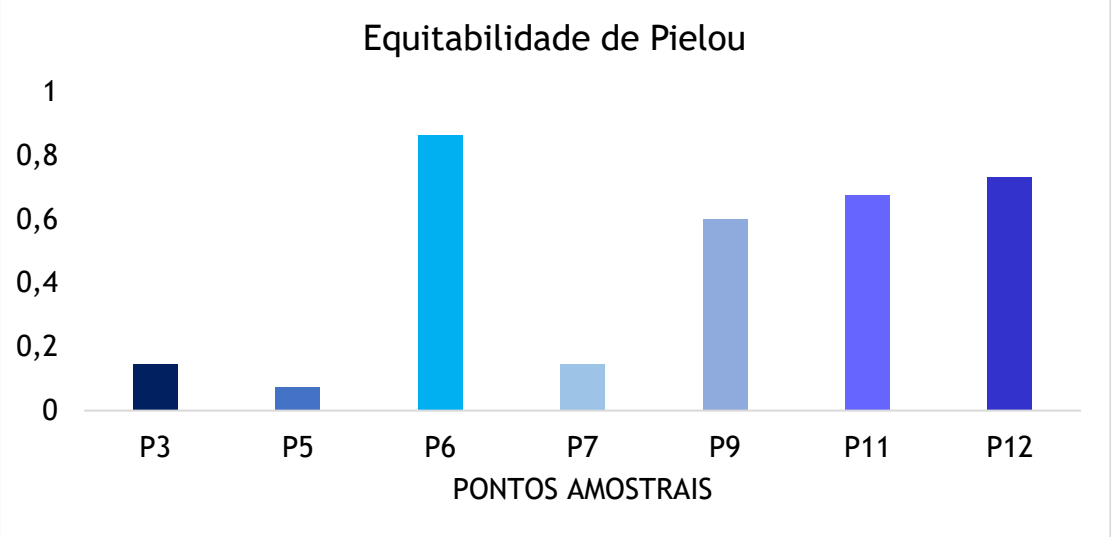


Figura 8.2-268 - Índice de equitabilidade de Pielou para o período chuvoso, apontando a maior equitabilidade no ponto amostral 6 do empreendimento de Santa Quitéria.

Pode-se concluir que, comparando a fauna de flebotomíneos da AID com a fauna da ADA, as áreas onde há maior ação antrópica, com a presença de criadouros de animais mantendo umidade no solo, bem como o acúmulo de matéria orgânica, favorecem a manutenção de criadouros. Como consequência, nesses locais, mesmo no período seco, foi possível manter uma diversidade de espécies, mesmo que baixa. Além disso, a influência antrópica favorece a maior densidade de Lu. longipalpis, um importante vetor da LV, presente nos dois períodos de coleta e em todos os pontos amostrais positivos.

D.8. Relevância regional (comparação entre dados primários e secundários)

Phlebotominae

O presente estudo registrou apenas 5 espécies de flebótomos presentes na área do empreendimento. Esses dados não foram comparados com os dados do estudo de 2011, uma vez que apenas a espécie *Lutzomyia longipalpis* foi identificada a nível de espécie (ARCADIS LOGOS, 2014).

Em 2005 e 2006, em um estudo realizado no município de Sobral foram identificadas 11 espécies de flebotomíneos, sendo a espécie *Lu longipalpis* a mais dominante do estudo, que também relatou a presença das seguintes espécies: *Sciopemyia Sordellii; Psathyromyia Brasiliensis; Micropygomyia Oswaldoi; Nyssomyia whitmani; Micropygomyia quinquefer; Evandromyia Evandroi; Evandromyia sericea; Micropygomyia Villelai; Psathyromyia Shannoni;* e *Evandromyia lenti.* (MACEDO *et al* 2008)

No estudo realizado para a transposição do rio São Francisco também no estado do Ceará, foram capturadas 18 espécies nos municípios de Missão Velha, Brejo Santo, Lavras da Mangabeira, Iguatu, Mauriti, Jaguaribe e Jaguaretama de 2011 a 2014. Sendo esses: Brumptomyai brumpti; Denemyia samueli; Evandromyia Cortelezzii; Evandromyia Evandroi; Evandromyia lenti; Evandromyia walkeri; Lutzomyia Longipalpis; Micropygomyia Oswaldoi; Micropygomyia Peresi; Micropygomyia Quinquefer; Micropygomyia Villelai; Migonemyia migonei; Psathyromyia Abonnenci; Psathyromyia Brasiliensis; Psathyromyia Shannoni Series e Sciopemyia Sordellii (DOS SANTOS-SILVA et al 2017).

O levantamento desses dados secundários aponta que a fauna flebotomínica da região do empreendimento pode ser ainda mais diversa do que a apresentada nos dados primários deste estudo. Sendo essa alteração justificável pelo estudo se restringir a um único município e pela umidade insuficiente em muitos dos pontos de levantamento.

Culicídae

Ao final das amostragens do período seco não houve espécimes capturados, havendo apenas um espécime *de Culex (Microculex)* spp. capturados no período chuvoso do atual estudo. Por meio de outras publicações, entretanto, foi possível ter uma noção de quais espécies de culicídeos são passíveis de serem encontradas, especificamente neste bioma, porém não exatamente na mesma região.

Em um estudo realizado por CRUZ (2013) foram encontrados 469 mosquitos das espécies: *Anopheles (Nysorhynchus) albitarsis (134); Ochlerotatus (Och) scapularis (16); Aedomyia squamippenis (10); Culex (Culex) chydesteri (130); Culex (Culex) gr. coronator (4); Culex (Culex) maxi (95); Culex (Melanoconion) aureonotatus (28); Culex (Melanoconion) bastagarius (31); Mansonia (Mansonia) indubitans (1); Uranotaenia (Uranotaenia) apicalis (4); Uranotaenia (Uranotaenia) lowii (2);* Outros (14), embora tal estudo tenha sido realizado em outro estado (Sergipe), este foi feito exclusivamente em ambiente de Caatinga e realizado por 15 meses consecutivos (Julho/2011 a Outubro/2012) abrangendo, portanto, os períodos chuvosos e secos e resultou num esforço amostral total bastante superior ao do presente estudo.

Nas coletas realizadas na área do empreendimento no ano de 2011 (ARCADIS LOGUS, 2014) foram encontrados 600 espécimes distribuídos nas seguintes espécies: *Anopheles (Nyssorhynchus) albitarsis* (149); *Culex spp.* (208); *Aedes (Stegomyia) albopictus* (3); *Mansonia (Mansonia) indubitans* (2); *Mansonia (Mansonia) titillans* (145); *Coquillettidia (Rhynchotaenia) shannoni* (12); *Coquillettidia (Rhynchotaenia) fasciolata* (9); *Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis* (4); *Ochlerotatus (Ochlerotatus) scapularis* (64); *Ochlerotatus (Ochlerotatus) serratus* (2); *Uranotaenia (Uranotaenia) ditaenionota* (2), esses resultados foram obtidos a partir de duas campanhas na região em dois períodos distintos: seco (17/08/2011 a 28/08/2011) e chuvoso (12/05/2011 a 17/05/2011).

Triatomínae

Em um estudo realizado em Pernambuco no período de 2006 a 2015 observou-se a diminuição da colonização intradomiciliar devido às atividades de borrifação, destacando neste estudo ainda a necessidade de manutenção da vigilância ativa e passiva nessas regiões (SILVA, 2017). O mesmo pôde ser observado no estado de Minas Gerais, onde destaca-se que os vetores autóctones persistem colonizando outros habitats (DIOTAIUTI *et al.*, 1995). Dessa forma, manter a supervisão da localidade nos diferentes ecótopos se faz importante.

No estudo de impacto ambiental (EIA) realizado na área do Projeto Santa Quiteria no ano de 2011pela Arcadis, foram relatadas três espécies capturadas na estação seca:

Triatoma brasiliensis, *Triatoma pseudomaculata* e *Panstrongylus lutzi*, sendo os dois últimos encontrados infectados com *Trypanosoma cruzy* na estação seca. Em outro estudo realizado com Triatimíneos coletados pelos moradores em diversos municípios do Ceará em 2004, a espécie *Panstrongylus lutzi* (NEIVA & PINTO, 1923) também foi encontrada infectada com *T. Cruzy* e ingurgitada com sangue de ave e roedor no município de Santa Quitéria (CARANHA *et al.*, 2006).

No município de Russas – CE, que possui características semelhantes aos pontos dos assentamentos na área do Projeto Santa Quitéria, Teixeira (2011) descreve que as maiores densidades de triatomíneos coletados foram em peridomicílios que possuíam amontoados de madeiras. Nessa localidade, a maior frequência de captura ocorreu em rochas, em um ecótopo natural de *T. brasiliensis* (TEIXEIRA, 2011). Comparando assim o ambiente descrito no EIA previamente produzido pela Arcadis (ARCADIS LOGUS, 2014) com o observado no presente estudo, houve alteração ambiental principalmente com o manejo de amontoados de madeira e telhas registrados em 2011, o que pode ter favorecido a redução das infestações juntamente com as ações eficientes da vigilância local.

A Tabela 8.2-58 Lista as espécies de insetos de interesse à saúde pública registrados para a Caatinga a partir de estudos realizados próximos à área do Projeto Santa Quitéria e os resultados do presente estudo, nas campanhas de novembro de 2020 e fevereiro de 2021.

Tabela 8.2-58 - Lista de espécies de insetos de interesse à saúde pública registrados para a Caatinga a partir de estudos realizados próximo ao empreendimento do Consorcio Santa Quitéria e no presente estudo, nas campanhas de novembro de 2020 e fevereiro de 2021.

NOME DO TÁXON	REGISTRO DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
DIPTERA			
Phlebotominae			
Brumptomyai brumpti			2
Denemyia samueli	x		2
Evandromyia Cortelezzii			2
Evandromyia Evandroi			1, 2
Evandromyia lenti	x		1, 2
Evandromyia walkeri			2
Lutzomyia Longipalpis	x	x	1, 2
Micropygomyia Peresi	x		2
Micropygomyia Oswaldoi			1, 2

NOME DO TÁXON	REGISTRO DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Micropygomyia Quinquefer			1, 2
Micropygomyia Villelai			1, 2
Migonemyia migonei	x		2
Nyssomyia whitmani			1
Psathyromyia Abonnenci			2
Psathyromyia Brasiliensis			1, 2
Psathyromyia Shannoni Series			1, 2
Sciopemyia Sordellii			1, 2
DIPTERA			
Culicidae			
Aedes (Stegomyia) albopictus		x	
Aedomyia squamippenis			3
Anopheles (Nysorhynchus) albitarsis		x	3
Coquillettidia (Rhynchotaenia) fasciolata		x	
Coquillettidia (Rhynchotaenia) shannoni		x	
Coquillettidia (Rhynchotaenia) venezuelensis		x	
Culex (Culex) chydesteri			3
Culex (Culex) gr. coronator			3
Culex (Culex) maxi			3
Culex (Melanoconion) aureonotatus			3
Culex (Melanoconion) bastagarius			3
Culex (Microculex) spp	x		
Culex spp.		x	
Mansonia (Mansonia) indubitans		x	3

NOME DO TÁXON	REGISTRO DADOS PRIMÁRIOS (2021)	REGISTROS EIA (2014) [1]	DADOS SECUNDÁRIOS
Mansonia (Mansonia) titillans		x	
Ochlerotatus (Och) scapularis		x	3
Ochlerotatus (Ochlerotatus) serratus		x	
Uranotaenia (Uranotaenia) apicalis			3
Uranotaenia (Uranotaenia) ditaenionota		x	
Uranotaenia (Uranotaenia) lowii			3
HEMÍPTERA			
Triatominae			
Panstrongylus lutzi		x	
Triatoma brasiliensis		x	4
Triatoma pseudomaculata		x	

Legenda: Dados Secundários: 1 - macedo et al 2008; 2 - Santos-Silva et al 2017; 3 - Cruz, 2013; Texeira, 2011.[1] Arcadis Logos (2014)

E. Considerações Finais

E.1. Culicídae

Após as campanhas realizadas não existem meios de aferir (até o momento) a invasão de alguma espécie nova na área de estudo, embora as espécies já encontradas anteriormente nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria têm sido frequentemente incriminadas como vetores de agentes etiológicos de doenças ao homem ou a outros animais. Conforme relatório anterior, destaca-se a possibilidade de surtos esporádicos de arboviroses devido ao registro anterior de espécies do gênero *Culex* e *Aedes*. Tendo em vista que foi relatado vetor anofelino na região, considera-se ainda a introdução de novos ciclos de transmissão de malária mediante fluxos migratórios de trabalhadores oriundos de outras regiões endêmicas (principalmente norte do Brasil) e previamente parasitados por diversas espécies de Plasmodium (*P. falciparum, P. vivax e P. malariae*), que são as mais comuns no país.

A captura de apenas um espécime de *Culex (Microculex)* spp. sugere fortemente que a fauna de culicídae da região, apesar de existente, não pôde ser bem representada devido à baixa umidade, ausência ou insuficiência de chuvas em ambos os períodos de coleta. Uma

vez que os ovos de culicídeos possuem a capacidade de aguentar longos períodos de seca (diapausa), podem eclodir para seu desenvolvimento até adulto após um período de chuvas suficiente para o acúmulo de água nos criadouros (CONSOLI & LOURENÇO, 1994; SILVA & SILVA, 1999).

De acordo com a Instrução Normativa 141 de 2006 que regulamenta o controle e o manejo ambiental da fauna sinantrópica nociva; Art. 1º e 4º, incluindo todos seus incisos, sugere a análise criteriosa da Nota Técnica N° 16/2009 CGPNCM/DEVEP/SVS do Ministério da Saúde, que define diretrizes para o estabelecimento do Plano de Ação para o Controle de Malária em caráter preventivo ou profilático, levando em consideração que a região não é endêmica para a malária. E as Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue de 2019 define em seu item 5.2 a Vigilância epidemiológica e no item 5.3 o Controle vetorial ambos de responsabilidade do poder público.

E.2. Phlebotominae

Após a captura em ambos os períodos do presente estudo demonstra que a presença antrópica dos pontos amostrais dos assentamentos, casas habitadas, bem como o escritório da INB, favorecem o desenvolvimento das formas imaturas de flebotomíneo, enquanto os ambientes da ADA não exercem um papel importante na manutenção de criadouros desses insetos, sendo encontrado apenas uma fêmea de *Lutzomyia longipalpis* durante o período seco e oito fêmeas e três machos no período chuvoso.

Já nas AID 3, 5, 6 e 7 foram capturadas durante o período seco três espécies de flebotomíneos: *Lutzomyia longipalpis; Evandromyia lenti; Micropygomyia (Sauromyia) peresi*. Sendo que esta última não apresenta qualquer interesse médico-veterinário até o momento. Contudo, *Ev. lenti* apesar de não ser incriminada até o momento, apresenta evidências de participar do ciclo da leishmaniose, mesmo que sem apresentar importância médica para transmissão ao homem. No período chuvoso, além da presença de *Ev lenti* e *Lu longipalpis* em todos os pontos amostrais positivos da AII (3, 5, 6, 7 e 9), também esteve presente a espécie *Micropygomyia (Sauromyia) peresi* nos pontos 7 e 9, e as espécies *De samueli* e *Mi villelai* nos pontos 7 e 9, ambas registradas apenas no período chuvoso do estudo.

Destacamos, porém, a presença em dominância da espécie *Lu longipalpis*, principal vetor de um importante agravo endêmico na região: a leishmaniose visceral (LV). Um estudo realizado em fortaleza associou o aumento da incidência de casos de LV nesta região do Ceará com o período chuvoso de janeiro a junho, correlacionando com o aumento da densidade do vetor *Lu longipalpis* (RODRIGUES *et al.*, 2017). Ressalta-se que o aumento dessa densidade também foi observado em nosso estudo durante o período chuvoso. Além

disso, a comparação dos pontos da AID onde há maior influência antrópica e as maiores densidades de *Lu longipalpis*, reforçam a descrição em literatura de que a ação antrópica e a presença de animais favorecem as altas densidades do vetor. Esses fatores aumentam a necessidade de vigilância na região, bem como ações de promoção da saúde com a população residente que visem a prevenção da LV.

Apesar do período chuvoso apresentar uma umidade um pouco mais elevada que no período seco, o solo ainda se encontrava com baixa umidade, de forma que a fauna flebotomínica, dependente dessa umidade no solo para seu desenvolvimento, caracterizou-se com densidades menores que o esperado para esta última campanha.

E.3. Triatomínae

Apesar de não ter ocorrido captura de representantes do grupo nas campanhas de períodos seco e chuvoso, e da aparente efetividade das ações da secretaria de saúde para vigilância e controle da doença de chagas na região, devido a relatos de re-infestações em locais previamente controlados, conclui-se que se faz necessário manter tais ações a fim de evitá-las.

O fato de ter sido encontrada a espécie *T. brasiliensis* na campanha de 2011, realizada no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) elaborado pela Arcadis (Arcadis Logum, 2014), faz-se necessário estar alerta na localidade, uma vez que esta espécie se tornou a principal vetora após a erradicação da Doença de Chagas transmitida pelo *Triatoma infestans*, e por ser comum no intradomicílio, quando presente. Apesar de no EIA de 2011 não ter sido encontrada infectada, sugerindo em estudos anteriores que não se constitui em uma espécie importante para o ciclo de chagas da região, o achado da infecção de *T. pseudomaculata* e *P. Lutzi* reforça a necessidade de ações de vigilância constante, bem como ações de promoção da saúde com a população local.

F. Relatório Fotográfico

Foto 8.2.1-1 - Armadilha CDC modelo HP instalada no Ponto amostral 6, do empreendimento de Santa Quitéria, escritório IBN.

Foto 8.2.1-2 - Biólogo ajudante Alexandre Oliveira realizando a coleta para pesquisa de formas imaturas de Culicídeos através da metodologia de "conchada" no ponto 9 do empreendimento de Santa Quitéria

Foto 8.2.1-3 - Instalação de Armadilha CDC modelo HP no Ponto 4, ao lado da segunda mina, pela Bióloga Thamiris Balthazar no empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-4 - Bióloga Thamiris Balthazar realizando a busca ativa de Triatomíneos em criadouro de porcos (destaque na seta) no ponto 3 do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-5 - Mapa referencial com o ponto 10 em azul e o lago; Foto do mesmo local apresentado no mapa, sem qualquer vestígio de água do empreendimento de Santa Quitéria. (Foto: Alexandre Oliveira).

Foto 8.2.1-6 - Registros fotográficos do ponto amostral 9 sob o mesmo ângulo, sendo A capturado no período seco e B durante a coleta de período chuvoso demonstrando o nível mais baixo do açude no período chuvoso para o estudo da área do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-7 - Lutzomyia longipalpis montado em lâmina para identificação, visualizado em microscópio estereoscópio na lente 10x, sendo imagem A o detalhe da genitália masculina e B em destaque (círculo vermelho) a espermateca feminina, caracteres esses utilizados na identificação taxonômica para estudo da área do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-8 - Detalhe de Criadouro de animal com chiqueiro (Seta azul), galinheiro (seta vermelha) e Cabras (seta amarela). E em destaque (círculo vermelho) a instalação da armadilha CDC próximo ao galinheiro no ponto amostral 3 do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-9 - Detalhe Armadilha CDC-HP (círculo vermelho) no ponto amostral 5, localizada no chiqueiro do empreendimento de Santa Quitéria.

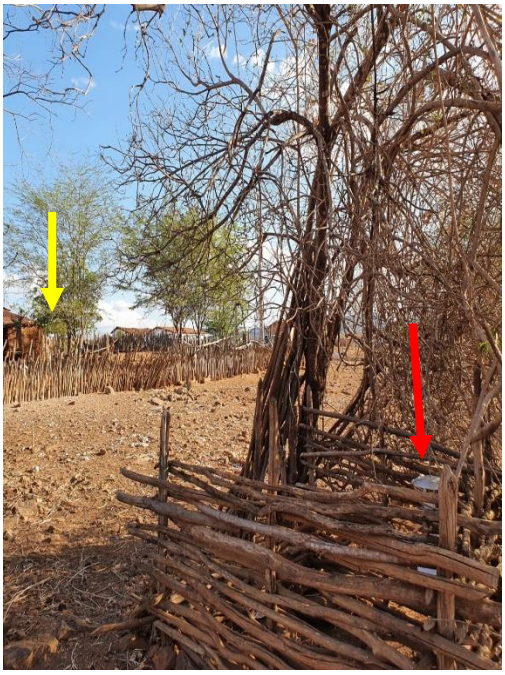


Foto 8.2.1-10 - Ponto amostral 5 com detalhe da casa de alvenaria, próximo ao galinheiro onde era instalada uma armadilha (seta amarela), detalhe de armadilha HP no interior do chiqueiro (seta vermelha), onde também era observado criação de animais soltos do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-11 - Ponto amostral 7 com destaque para Jumentos pastando ao redor do escritório INB do empreendimento de Santa Quitéria.

Foto 8.2.1-12 - Evandromyia lenti montado em lâmina para identificação, visualizado em microscópio estereoscópio na lente 10x, sendo imagem A o detalhe da genitália masculina e B em destaque (círculo vermelho) a espermateca feminina, carcteres esses utilizados na identificação taxonômica para estudo da área do empreendimento de Santa Quitéria.

8.2.1.2. Covariáveis Ambientais

8.2.1.2.1. Introdução

A atividade de mineração, que vem crescendo rapidamente desde a segunda metade do século 20 (SCHAFFARTZIK et al., 2016), produz efeitos ambientais em várias partes do mundo (FERNÁNDEZ-CALIANI et al., 2009; JOHNSON E HALLBERG, 2005; LI *et al.*, 2014). Apesar da mineração impor ameaças específicas ao meio ambiente e à biodiversidade, há uma complexa gama de questões associadas à extração de minério e à conservação da biodiversidade, ainda a ser elucidada. Ilustrativamente, a literatura científica sobre mineração e biodiversidade é altamente escassa, com menos de 1% dos artigos nas principais revistas de conservação referindo-se aos impactos relacionadas à mineração (SCHEFFERS et al., 2018). Para entender tais impactos é necessário a integração da pesquisa da biodiversidade aos setores de energia e mineração, questão que se tornou central da agenda nas discussões intragovernamentais para um Plano Estratégico para a Biodiversidade (NEP, 2017). Assim, o primeiro passo da série de desafios para se compreender os efeitos na mudança de habitat devido às atividades antrópicas, deve partir de uma melhor caracterização do habitat, da comunidade biológica e explorar as suas interrelações.

Um dos fatores que têm mais influência sobre a ocorrência da fauna é a mudança nas condições do habitat, tanto para invertebrados quanto para grupos de vertebrados (WOLDA, 1988; ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). Dessa maneira, espera-se que as características do solo, climáticas e a estrutura da vegetação, desempenhem um papel significativo na ocorrência de biodiversidade. Por exemplo, em estudos com abelhas, Aguiar & Martins (1997) encontraram relação positiva entre o número de espécies e a umidade, mediado por maior disponibilidade de recursos (florais), portanto, respondendo positivamente também à estrutura da vegetação (e.g. biomassa vegetal). Da mesma forma, o aumento da biomassa vegetal durante a estação chuvosa representa um aumento nos recursos para muitas espécies de Diptera, Orthoptera, Homoptera, Lepidoptera (larvas e adultos), Hymenoptera e Coleoptera (MACHADO *et al*. 1995). Também já foi observada associação positiva entre a composição e abundância de lepidoptera com maior uma umidade e densidade da vegetação em ecossistema tropical seco (CHECA *et al.*, 2014). Assim, sabe-se que as condições microclimáticas apropriadas são necessárias para ocorrência e sobrevivência de borboletas, além do efeito indireto sobre a disponibilidade de recurso, diretamente influenciando o desenvolvimento (HELLMANN *et al*. 2004). Lepidoptera também podem responder indiretamente às mudanças ambientais por meio de respostas de outros grupos de invertebrados e vertebrados, marcando o papel de bons indicadores de biodiversidade (UEHARA-PRADO *et al.*, 2009). Quanto às formigas, a riqueza de espécies geralmente tem sido associada à estrutura do habitat, em relações positivas com a disponibilidade de

recursos e a diversidade de micro-habitats (MARQUES & DEL-CLARO, 2006; RIBAS & SCHOEREDER, 2007), sobretudo nas espécies arborícolas (RIBAS *et al.*, 2003; SOUSA-SOUTO *et al.*, 2016).

Para vertebrados há uma grande variedade de mudanças em seus atributos (composição, riqueza, abundância etc.) em respostas às condições ambientais, sem um padrão consistente para todos os grupos ou espécies. Estudos recentes têm demonstrado a importância da quantidade de abrigo associados à riqueza e abundância de pequenos mamíferos, que reflete na relevância do microclima e na disponibilidade de recursos (FREITAS *et al.*, 2005). Além disso, há efeito de artefatos de amostragem e da importância do comportamento na adaptação e seleção de hábitat desse grupo na Caatinga (STREILEIN, 1982), sobretudo para mamíferos voadores (e.g. morcegos; SCHEFFER *et al.*, 2014), para os quais pode ser difícil a busca por padrões de ocorrência e distribuição em relação ao habitat. As relações são complexas e pouco conhecidas para a herpetofauna em regiões semi-áridas, enquanto podem apresentar tolerância termal e estarem associados às áreas abertas, e.g. lagartos que vivem próximos dos seus limites fisiológicos (RECORDER *et al.*, 2018; MAIA-CARNEIRO & NAVAS, 2021), estudos de ecologia para serpentes na região são ainda mais escassos (VITT & VANGILDER, 1983; MESQUITA *et al.*, 2013). Nos ambientes semiárido, as condições são severas para os mais sensíveis, e.g. levando a desidratação de anfíbios (NAVAS et al., 2004). Para a avifauna, Santos *et al.* (2004), apontam que é maior a importância relativa da sazonalidade ao longo do ano (seca e chuva) do que questões de complexidade do hábitat na Caatinga, com marcante a explosão reprodutiva no período chuvoso. Tal padrão indicaria uma resposta positiva da diversidade de aves à umidade, com maior abundância das espécies. De todo modo, no contexto dos estudos para avaliação de impactos ambientais da mineração, o avanço do conhecimento sobre as espécies e uso do hábitat em suas áreas de ocorrência, ajuda a caracterizar e descrever o ambiente e biodiversidade, de forma que avaliações locais específicas devem ajudar aprofundar na compreensão da relação entre tais fatores.

O presente relatório visa explorar tais questões, buscando entender como a modificação do habitat impacta a ocorrência de espécies na área de estudo do Projeto Santa Quitéria, por meio da análise dos dados de fauna obtidos em duas campanhas e em relação às covariáveis ambientais medidas *in loco*.

Entende-se que tais análises poderão contribuir para futuras avaliações, iniciativas em prol de conciliar as atividades de mineração e e de conservação da biodiversidade na região de estudo. Tais informações podem também ajudar a embasar decisões sobre esforços de monitoramento, avaliação e recuperação da área afetada.

Neste sentido, visando relacionar a ocorrência da fauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria com variáveis ambientais representativas do microclima e da estrutura e composição da vegetação. Para tanto, avaliou-se as covariáveis ambientais relacionadas ao meio abiótico e biótico, incluindo medidas para caracterização do solo, pluviometria e temperatura e estrutura e composição florística da vegetação, comparando tais atributos para identificar se há diferença estrutural ou microclimática entre os locais de amostragem.

Esta abordagem busca investigar potencial relação entre as variáveis medidas e a ocorrência de diferentes grupos de fauna diagnosticados no presente Estudo de Impacto Ambiental (borboletas, abelhas, formigas, répteis e anfíbios, aves e mamíferos).

8.2.1.2.2. Metodologia

A. Levantamento de dados

Para caracterização do solo, estrutura da vegetação, umidade e temperatura na área do empreendimento, foram levantados os dados de 18 covariáveis ambientais amostradas nas estações seca e úmida (Tabela 8.2-59). São elas: umidade relativa do ar, umidade do solo, intensidade luminosa/iluminância, temperatura do ar, temperatura do solo, altura média da vegetação herbácea, área de cobertura da serrapilheira, densidade média da vegetação herbácea, contagem de todos os indivíduos arbóreos com diâmetro na altura do peito maior que 10 cm (DAP > 10cm), contagem de indivíduos arbóreos DAP > 10cm próximos (dentro de raio de 3m do ponto de coleta) e altura média dos indivíduos arbóreos.

As campanhas de coleta de dados foram realizadas entre os dias 14 e 18 de dezembro (seco) e entre os dias 17 e 21 de maio (chuvosa), quando foram coletados dados em 33 pontos amostrais correspondentes aos pontos do levantamento dos grupos de fauna.

B. Área de estudo

A região estudada corresponde às áreas de maior influência do empreendimento onde foram realizados os diagnósticos de Flora e Fauna. A região da AID e ADA do empreendimento é representada por uma flora homogênea, apresentando principalmente as tipologias de Savana Estépica Arborizada, intercalada por pequenos trechos de Savana Estépica Florestada e áreas antropizadas.

C. Procedimentos de amostragem das covariáveis climáticas e estruturais

O procedimento de amostragem proposto tem como base a metodologia proposta por FREITAS & VIEIRA (2001) e SKUPIEN (2016), e adaptada para o presente estudo, na qual cada ponto amostral é caracterizado a partir de dados da estrutura da vegetação em uma parcela

e de quatro amostras das variáveis ambientais indicadoras medidas dentro de um gabarito de 1m² (Figura 8.2-270 e Figura 8.2-271). Os pontos amostrais do presente estudo correspondem às áreas amostrais do levantamento de fauna, sendo 14 pontos referentes aos vertebrados (Herpetofauna, Avifauna, Mastofauna) 12 pontos correspondente ao levantamento de Lepidópteros e 7 pontos referentes ao levantamento de invertebrados (Apídeos e Formicídeos), totalizando 33 pontos amostrais, cada um com 4 pontos de amostragem de variáveis ambientais.

Utilizando um GPS, cada ponto amostral teve seu centro demarcado para montagem de uma parcela circular com 15 metros de raio que teve todos os indivíduos arbóreos com CAP > 15 amostrado, registrando sua altura e coordenadas geográficas. Dentro de cada parcela, as amostragens de dados microclimáticos foram realizadas em 4 pontos amostrais equidistantes do centro, formando uma cruz com os pontos em direções opostas. As medidas climáticas eram amostradas a 50cm do solo, utilizando um multisensor ambiental MASTECH MS6300 calibrado (Figura 8.2-269), que aferia os dados de Temperatura (C°), Umidade do Ar (Umidade Relativa, %) e Iluminância (Lux). Para a realização de medidas medias de temperatura do Solo (C°) e de Umidade do Solo (M^3/M^3) era retirada a camada superficial de serapilheira e de pedregulhos de dentro do gabarito e inserido as agulhas do sensor Teros III acoplado à emissor Bluetooth ZSC. (Figura 8.2-269). Nesse ponto não eram medidas outras variáveis para não haver interferência da remoção de folhiço e pedras sobre outras medidas.

Figura 8.2-269 - Exemplo da medição de dados do microclima realizada com multisensor ambiental e sensor do solo.

Para cada ponto amostral, o gabarito foi disposto horizontalmente e era estimada a porcentagem de obstrução cobertura de serrapilheira e densidade de vegetação herbácea. Depois dessa medida, o gabarito era disposto verticalmente e a densidade média da vegetação até 1m de altura era aferida por estimativa de obstrução da vegetação até 3 metros de profundidade (Figura 8.2-271).

Figura 8.2-270 - Exemplo da estimativa de obstrução da serrapilheira com auxílio de gabarito de 1m².

Figura 8.2-271 - Exemplo da estimativa de obstrução do subbosque com auxílio de gabarito de 1m² disposto verticalmente.

8.2.1.2.3. Análise de dados

A presente seção descreve o método de análise dos dados ambientais e de fauna, todas as análises foram processadas usando o programa RStudio versão 4.0.5 (R Core Team 2021).

A. Covariáveis ambientais

A partir dos dados obtidos em campo, foram calculados o número total de espécies, o número de indivíduos arbóreos, a média do diâmetro na altura do peito (DAP) dos indivíduos arbóreos, o somatório das áreas seccionais e a altura média desses indivíduos. Tais medidas originaram as seguintes variáveis de estrutura de vegetação:

- Riqueza de espécies de árvores;
- Diversidade arbórea (índice de Simpson);
- Riqueza de famílias botânicas;
- Diversidade de famílias botânicas (índice de Simpson);
- Contagem de árvores;
- DAP arbóreo médio;
- Área basal, e
- Altura média das árvores.

As medidas das variáveis em cada estação são apresentadas na Tabela 8.2-59.

Em uma etapa preliminar de análise dos dados, foram feitas avaliações descritivas de cada variável, verificadas as distribuições, heterogeneidade e a existência de valores extremos. Como no delineamento foram coletadas quatro medidas de variáveis em cada ponto de amostragem, a partir desses dados brutos, foram calculadas a média, mediana e variação de cada uma das 18 covariáveis. As análises foram realizadas a partir da padronização e normalização dos dados em mesma escala para permitir melhor comparação e visualização dos mesmos, para isso, os dados de cada valor bruto das variáveis foram transformados fixando a média em zero e o desvio padrão em um, um procedimento amplamente utilizado na análise de dados ecológicos.

Com a finalidade de caracterizar os locais de amostragem de fauna (pontos onde as variáveis foram medidas dentro do diâmetro de 30 metros como descrito anteriormente), também foi feita uma análise de componentes principais (PCA) para se visualizar a estrutura de dados e comparar as amostras entre os pontos em cada estação, caracterizando assim as variáveis ambientais mais relevantes em cada campanha. Assim, rodou-se a função *PCA* pelo pacote “FactoMiner” (LE *et al.*, 2008) e visualizou-se os resultados plotando um gráfico pca biplot pela função *fviz_pca_biplot* do pacote “factoextra” (KASSAMBRA & MUNDT\, 2020). Como certa variação é esperada em estudos observacionais, avaliamos tais medidas no

intuito de definir uma estimativa representativa da tendência central nos dados. Seguiu-se pelo uso da média de cada variável, que além de observar frequente proximidade aos valores de mediana nas amostras, que é um indicativo de simetria nos dados, é uma conhecida medida estatisticamente apropriada da tendência central dos dados (WRIGHT,1994).

Tabela 8.2-59 - Valores brutos de cada uma das 18 variáveis ambientais medidas por ponto de coleta em cada campanha referente às estações seca e chuvosa, campanhas 1 e 2, respectivamente.

PONTO	CAMPANHA	UMID AR	TEMP AR	LUZ	UMID SOLO	TEMP SOLO	HERB PRÓX	ALTURA HERB	COBERTURA SERRAPILHEIRA	HERB PARCELA	DENS HERB	CONT ÁRVORE	RIQUEZA ÁRVORE	DIVER FLORA	ÁREA BASAL	DAP MÉDIO	ALTURA MÉDIA	CONT FAM	DIVERS FAM
P1	1	33,1	38,4	11975	0,0	36,8	2	7,0	71,3	1,5	8,8	39	5	0,67	6690,8	13,4	4,0	3	0,5
P1	2	54,5	31,1	442	0,2	31,3	40	5,5	75,0	39,0	52,5	28	6	0,71	7886,2	17,7	6,8	3	0,6
P2	1	41,2	37,5	11125	0,0	34,9	3	3,3	73,0	0,5	20,0	39	6	0,75	7137,7	14,2	3,1	3	0,5
P2	2	48,7	34,1	1134,5	0,1	33,5	28,25	6,3	95,0	60,8	57,5	18	6	0,76	1522,9	8,9	3,7	3	0,6
P3	1	38,7	34,2	5675	0,0	33,3	2,25	2,9	87,5	0,8	20,5	41	7	0,71	7796,6	14,2	3,0	4	0,6
P3	2	54,6	32,6	782	0,1	32,3	23,75	5,8	67,5	67,0	48,8	24	3	0,55	3530,4	12,0	3,5	3	0,6
P4	1	62,0	28,2	4337,5	0,2	27,3	2,75	3,6	59,3	0,3	18,8	26	8	0,77	4974,7	12,1	2,7	5	0,7
P4	2	67,4	29,2	1348	0,1	29,2	35,25	6,5	63,8	55,5	36,3	20	6	0,80	1488,3	8,4	3,8	3	0,4
P5	1	71,8	28,5	11275	0,1	28,0	2,5	3,3	67,0	1,3	69,8	19	6	0,74	2697,8	12,3	2,9	4	0,7
P5	2	60,7	31,0	3582,5	0,1	31,2	42,25	3,8	5,0	58,5	90,0	15	9	0,85	1046,2	8,7	4,6	6	0,7
P6	1	76,2	27,3	1445	0,0	27,2	5,25	5,3	90,0	1,8	58,8	18	8	0,79	7616,8	19,9	4,2	6	0,8
P6	2	64,1	30,1	2310	0,1	30,2	36	8,0	57,5	22,8	83,8	20	10	0,81	9914,1	21,3	4,6	7	0,8
P7	1	60,7	31,9	22800	0,1	30,7	1	1,8	46,0	0,0	3,0	20	8	0,82	4385,7	14,9	4,0	5	0,6
P7	2	58,3	32,2	2817	0,1	32,0	37,25	5,5	52,5	51,5	63,8	5	3	0,67	5523,7	23,2	4,6	3	0,7
P8	1	35,7	35,1	8450	0,0	34,9	5,25	3,4	93,0	2,5	19,5	25	5	0,62	3330,9	11,5	2,8	3	0,4
P8	2	65,0	27,7	1655	0,0	27,4	40	4,8	68,8	49,8	40,0	13	6	0,81	981,7	8,8	3,6	4	0,7
P9	1	49,4	30,0	3945	0,0	29,5	3,25	2,9	88,5	0,5	22,3	23	7	0,70	3093,7	12,1	2,7	5	0,5
P9	2	50,8	33,7	1949	0,0	33,9	49,75	4,5	73,8	68,5	56,3	19	5	0,56	1764,8	10,0	4,1	4	0,5
P10	1	33,9	36,3	4000	0,0	36,0	2,25	3,0	81,5	1,3	16,5	16	4	0,71	2990,8	13,4	3,8	3	0,6
P10	2	54,7	32,6	547,25	0,1	32,8	67,75	6,3	95,0	53,8	52,5	14	4	0,60	3725,1	16,3	3,6	3	0,6
P11	1	60,3	28,7	6950	0,0	28,4	2	1,3	94,3	0,3	30,3	32	6	0,78	5802,5	14,0	2,9	4	0,7
P11	2	51,6	34,3	1175,5	0,1	33,9	43,75	4,8	45,0	23,3	56,3	21	6	0,73	5923,5	17,0	5,2	3	0,6
P12	1	52,2	32,2	6637,5	0,0	31,4	3,5	3,8	90,8	2,3	50,0	21	6	0,76	4056,6	14,0	3,0	4	0,7
P12	2	50,2	35,2	1138,5	0,1	34,6	60	5,3	68,8	41,8	68,8	17	7	0,84	2946,0	12,8	4,0	6	0,8
P13	1	66,0	27,2	1998	0,0	26,6	3,25	3,9	66,3	0,5	34,0	34	4	0,43	6707,3	15,0	3,0	3	0,1
P13	2	61,1	29,4	1520,75	0,0	29,4	42,75	4,0	33,8	64,5	62,5	16	2	0,13	3605,0	15,5	3,6	2	0,1
P14	1	32,8	35,9	1762,5	0,0	36,4	3	3,3	47,0	1,3	27,5	30	5	0,69	7321,5	16,0	4,1	3	0,5
P14	2	50,5	34,2	4646,25	0,1	34,0	40,5	4,8	51,3	53,0	53,8	21	6	0,75	5120,8	15,0	5,0	3	0,6
P15	1	37,5	38,5	19275	0,0	37,6	2,5	2,3	71,8	0,3	35,0	24	3	0,57	3219,3	11,8	2,6	1	0,0

PONTO	CAMPANHA	UMID AR	TEMP AR	LUZ	UMID SOLO	TEMP SOLO	HERB PRÓX	ALTURA HERB	COBERTURA SERRAPILHEIRA	HERB PARCELA	DENS HERB	CONT ÁRVORE	RIQUEZA ÁRVORE	DIVER FLORA	ÁREA BASAL	DAP MÉDIO	ALTURA MÉDIA	CONT FAM	DIVERS FAM
P15	2	49,5	35,0	5452,5	0,0	34,4	35	2,8	0,0	26,0	42,5	15	3	0,37	1399,6	10,3	3,0	3	0,4
P16	1	27,6	38,7	6150	0,0	38,8	1,25	0,6	67,5	1,3	28,3	25	8	0,67	3213,1	10,6	2,2	3	0,3
P16	2	52,1	33,5	5562,5	0,1	33,3	36	3,3	10,0	41,0	61,3	11	4	0,66	3893,2	13,1	4,5	3	0,6
P17	1	25,4	40,9	30575	0,0	40,3	0,75	1,4	17,5	1,8	20,5	18	1	0,00	1354,8	9,2	1,8	1	0,0
P17	2	58,5	31,9	6240	0,1	31,3	32	2,0	0,0	49,8	30,0	9	2	0,44	576,5	8,7	3,7	1	0,0
P18	1	49,2	33,5	15975	0,0	32,6	3	3,5	58,8	1,0	26,0	31	6	0,79	6223,5	13,6	2,9	4	0,7
P18	2	71,9	28,1	2103,5	0,1	27,8	29,75	3,5	46,3	47,5	65,0	26	9	0,83	6961,8	12,7	5,1	6	0,7
P19	1	68,0	29,0	6575	0,0	28,1	3,5	5,1	81,8	0,5	5,3	36	6	0,55	8601,7	14,8	3,4	3	0,5
P19	2	64,4	29,2	2106,75	0,1	29,4	55,25	5,5	41,3	58,0	27,5	21	8	0,84	3201,3	12,2	3,6	5	0,7
P20	1	64,0	27,6	4210	0,0	27,1	4,5	5,5	86,5	0,8	20,5	35	8	0,79	7487,2	14,4	4,2	5	0,7
P20	2	64,6	28,4	899,75	0,0	28,1	28,5	6,0	92,5	28,8	57,5	26	8	0,76	7245,3	16,3	5,2	7	0,8
P21	1	63,7	31,1	9237,5	0,0	29,0	5,5	3,8	81,3	1,0	39,0	33	5	0,57	8037,8	15,6	3,6	3	0,5
P21	2	62,8	30,1	2461,5	0,1	30,1	40,5	4,0	81,3	55,5	65,0	39	7	0,62	6368,8	12,7	4,6	5	0,6
P22	1	37,1	36,5	4712,5	0,0	36,1	2,25	2,9	84,5	0,8	62,5	37	6	0,57	6798,4	13,6	3,4	4	0,2
P22	2	54,3	33,1	681,25	0,1	33,2	31	5,5	97,5	60,3	45,0	24	7	0,60	3949,0	12,4	5,1	5	0,6
P23	1	50,2	31,3	10475	0,0	31,0	2	3,0	73,8	3,3	57,3	24	2	0,24	1474,2	8,3	1,9	1	0,0
P23	2	56,4	32,4	4610	0,0	32,7	45,75	3,0	51,3	45,8	78,8	26	5	0,65	3877,5	12,5	3,5	4	0,5
P24	1	42,9	34,5	7047,5	0,0	34,7	0,5	1,5	43,8	0,8	26,3	15	4	0,70	3301,8	13,3	3,2	3	0,5
P24	2	61,4	32,0	6282,5	0,0	32,6	53,75	3,8	63,8	75,5	71,3	10	3	0,46	4509,8	21,3	4,7	3	0,5
P25	1	45,6	32,7	11812,5	0,0	33,5	1	25,0	64,5	0,8	12,7	30	5	0,57	6068,8	15,0	2,6	3	0,3
P25	2	57,3	32,3	6370	0,1	32,3	24,75	2,0	3,8	87,5	15,0	11	2	0,44	1004,5	10,2	3,4	2	0,4
P26	1	71,6	25,8	2505	0,0	25,9	3,5	2,8	95,3	0,8	21,5	23	8	0,74	5545,7	14,8	3,9	5	0,7
P26	2	73,4	27,8	1146,5	0,2	29,0	45,5	5,3	65,0	13,5	56,3	8	2	0,50	1648,6	14,6	5,4	2	0,5
P27	1	34,7	37,3	9500	0,0	36,1	0,5	1,0	8,5	0,8	5,8	4	2	0,38	1028,9	16,9	3,0	2	0,4
P27	2	49,2	35,3	2955	0,1	35,1	29,75	2,3	52,5	55,0	50,0	3	2	0,44	1069,7	20,4	5,3	2	0,4
P28	1	30,6	39,6	5887,5	0,0	37,9	1,25	1,6	72,0	1,5	43,8	17	3	0,52	2591,8	12,0	2,7	2	0,3
P28	2	51,4	34,5	1155,25	0,0	34,2	29,25	5,5	81,3	39,3	71,3	8	3	0,65	637,0	9,1	4,1	3	0,7
P29	1	45,0	30,9	6087,5	0,0	30,4	2,75	2,8	45,0	1,0	15,0	27	5	0,60	2569,8	9,4	2,4	2	0,1
P29	2	59,4	31,1	4637,5	0,1	30,8	29,75	3,8	36,3	60,8	58,8	14	5	0,76	3687,4	12,8	5,6	3	0,5
P30	1	48,5	31,6	6915	0,0	31,0	0,75	3,3	72,8	1,0	61,3	21	5	0,71	2840,0	11,2	2,4	2	0,5

PONTO	CAMPANHA	UMID AR	TEMP AR	LUZ	UMID SOLO	TEMP SOLO	HERB PRÓX	ALTURA HERB	COBERTURA SERRAPILHEIRA	HERB PARCELA	DENS HERB	CONT ÁRVORE	RIQUEZA ÁRVORE	DIVER FLORA	ÁREA BASAL	DAP MÉDIO	ALTURA MÉDIA	CONT FAM	DIVERS FAM
P30	2	59,8	31,1	4970	0,2	30,8	32,75	3,5	52,5	58,3	66,3	18	5	0,55	8002,4	16,7	5,2	3	0,3
P31	1	35,1	34,8	3487,5	0,0	33,9	2	3,0	67,3	1,3	24,5	49	5	0,67	10932,7	13,6	3,3	2	0,5
P31	2	58,0	31,8	5446,25	0,1	31,7	37,75	5,0	57,5	54,0	32,5	23	6	0,63	16348,8	17,2	5,5	4	0,6
P32	1	66,9	27,3	3692,5	0,0	26,9	1,5	2,9	57,0	0,5	7,3	19	6	0,73	5617,2	16,5	3,4	2	0,5
P32	2	68,4	28,8	3152,5	0,2	28,8	30	3,8	30,3	37,0	60,0	17	8	0,78	7539,0	20,2	5,8	5	0,7
P33	1	38,1	36,1	10375	0,0	35,3	3,25	3,5	84,3	2,0	71,3	31	4	0,52	5460,9	13,9	3,8	2	0,3
P33	2	55,0	33,8	1473,75	0,2	33,8	32,75	5,8	98,8	55,5	65,0	21	6	0,66	3681,2	13,4	5,0	4	0,6

Legenda das variáveis: Umid Ar- umidade relativa do ar; Temp Ar- temperatura do ar em graus Celsius; Luz- Intensidade luminosa/iluminância (Lux); Umid Solo- umidade relativa do solo; Temp Solo- temperatura do solo em graus Celsius; Herb próxima- contagem de herbáceas num raio de 3m do ponto central de coleta; Altura herb- altura estimada da vegetação herbácea; Cobertura Serrapilheira- área de cobertura da camada de serrapilheira em %; Herb parcela- contagem de herbáceas na parcela de amostragem; Dens Herb- densidade média da vegetação herbácea; Cont Árvore- quantidade de árvores DAP > 10cm na parcela; Riqueza de Árvore- número total de espécies arbóreas na parcela; Divers flora- diversidade de espécies arbóreas calculadas pelo índice de diversidade de Simpson; Área Basal- estimativa da área seccional transversal de árvores; DAP Médio- média do diâmetro na altura do peito; e, Altura Média- altura média dos individuos arbóreos na parcela, Cont fam- número de famílias botânicas no ponto; Divers fam- diversidade de famílias botânicas calculadas pelo índice de diversidade de Simpson.

Para explorar a intensidade e a direção da relação linear entre as covariáveis ambientais contínuas, testou-se a correlação utilizando o coeficiente de Pearson. Para computar tais correlações e exibir graficamente, utilizou-se a função *corrplot.mixed* do pacote estatístico de R "corrplot" (WEI & SIMCO, 2017). Para a interpretação dos resultados, considera-se que um valor de correlação absoluto igual a 1 indica uma relação linear perfeita, enquanto a correlação com valor perto de 0 indica que não há relação linear entre as variáveis. O sinal de cada coeficiente indica a direção da relação. Desse modo, se ambas as variáveis tendem a aumentar ou diminuir em conjunto, o coeficiente é positivo. Já se uma variável tende a aumentar à medida que as outras diminuem, o coeficiente é negativo. abióticas

Para investigar a relação entre as características ambientais e a potencial influência na distribuição da fauna e seus atributos no local, incluiu-se os dados de ocorrência de espécies dos grupos amostrados - Lepidoptera, Apideae, Formicideae, Herpetofauna, Avifauna, Mastofauna e Quiróptera. Para cada um desses grupos foi feito o cálculo do número de espécies (riqueza) por ponto em cada estação (seca ou úmida). Como uma medida complementar à riqueza, para o caso dos grupos em que o método de coleta aplicado contempla a possibilidade de contagem do número de indivíduos, também se calculou a abundância de cada espécie por ponto para realizar as mesmas explorações descritas para o dado de riqueza. Em etapa preliminar ao cruzamento dos dados de fauna e das covariáveis ambientais, para cada grupo foi feita exploração descritiva da natureza e distribuição da variável resposta.

Para se investigar a relação com as variáveis ambientais na riqueza total e, quando possível, a abundância de cada grupo, empregou-se análises de regressão linear. Dessa maneira, comparou-se cada variável resposta (riqueza e/ou abundância) de cada grupo em função de cada variável ambiental separadamente. Além de interpretação do padrão visual da relação, avaliou-se os resultados estatísticos numéricos de análise de variância (valor de P) e o coeficiente de proporção da variação explicada (R2). Para todos os testes estatísticos, estabelecemos um limite de significância pelos valores de $P< 0.05$.

8.2.1.2.4. Resultados e Discussão

Ao todo, 18 variáveis ambientais foram levantadas no intuito de caracterizar solo, estrutura da vegetação, umidade e temperatura na área do empreendimento. Ao se avaliar a distribuição por histogramas de contagem dos valores (Figura 8.2-272), observa-se que a maioria das variáveis tendeu à normalidade, com maior incidência de valores médios e menor de valores extremos, com algumas exceções. Destas, destaca-se a baixa de plantas herbáceas, amostrando valores de contagem muito baixos tanto na parcela inteira

('Herbáceas Parcela') quanto na do raio de 3m do ponto central de coleta ('Herbáceas próximas'), resultando em maior heterogeneidade e dispersão do dado (Figura 3.2.1)

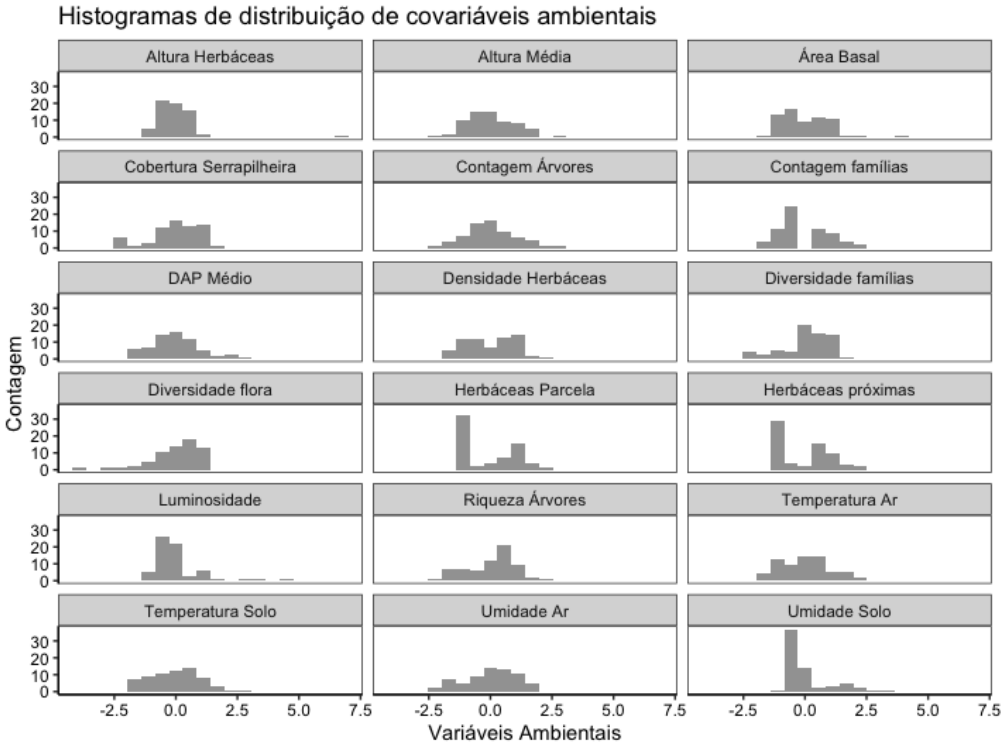


Figura 8.2-272 - Histogramas de distribuição das 18 covariáveis ambientais, valores padronizados para melhor comparação e visualização.

Para verificação da acuidade dos dados, avaliou-se se o comportamento das variáveis correspondeu ao esperado. Por meio da análise de correlação (Figura 8.2-273), foi possível observar a relação entre cada uma das variáveis par a par. Tal verificação encontra padrões esperados empiricamente, como alta correlação positiva entre as temperaturas do ar e do solo, e negativa destas variáveis com a umidade do ar. Assim, tais padrões embasam a robustez da amostragem das covariáveis ambientais (Figura 3.2.2).

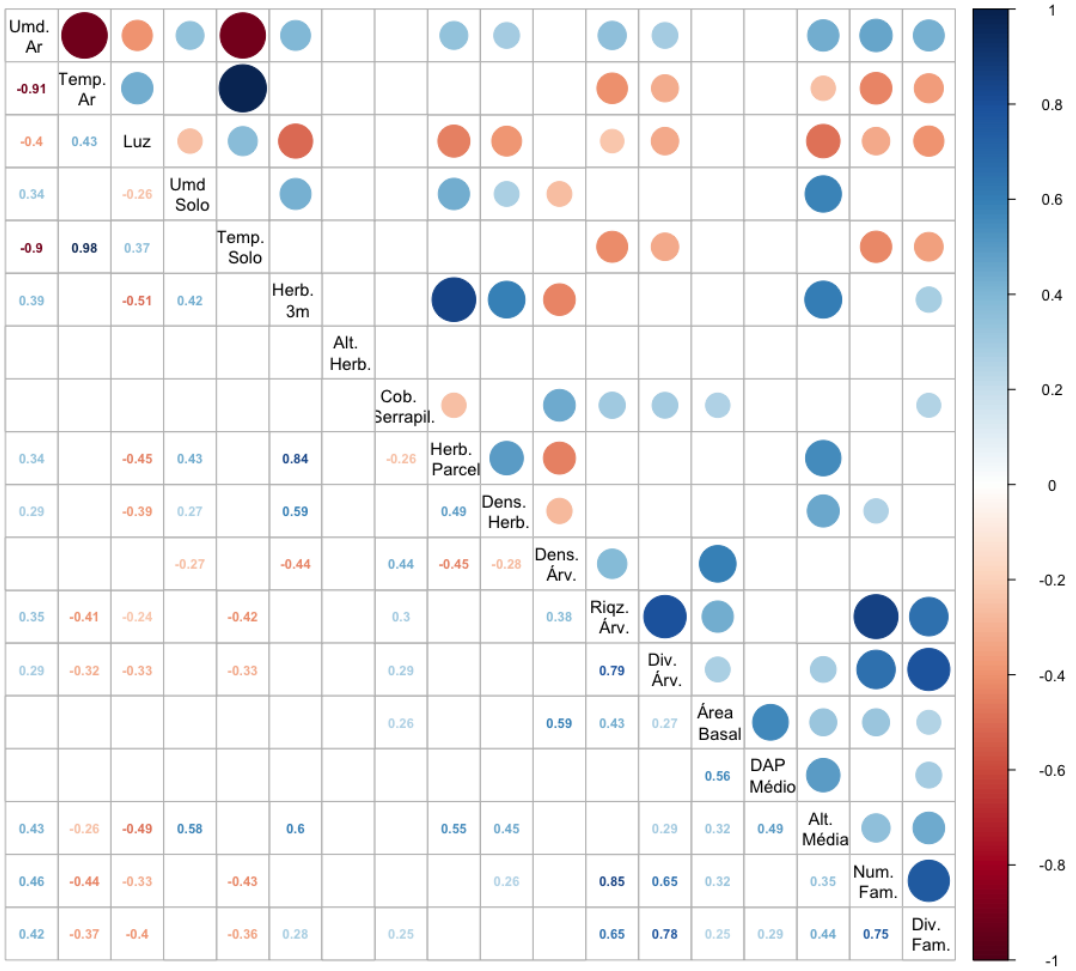


Figura 8.2-273 - Matriz de correlação mista, exibindo coeficientes de correlação de Pearson na diagonal inferior e representação visual dos mesmos na diagonal superior. Apresentando a relação das 18 variáveis, respectivamente: umidade relativa do ar, temperatura do ar, intensidade luminosa, umidade relativa do solo, temperatura do solo, contagem de herbáceas num raio de 3m, altura da vegetação herbácea, área de cobertura da camada de serrapilheira, contagem de herbáceas na parcela, densidade vegetação herbácea, contagem de árvores, riqueza de árvores na parcela, diversidade de árvores, área basal, média do DAP, altura média das árvores, e número e diversidade de famílias botânicas.

Após a detecção dos padrões esperados empiricamente procedeu-se a investigação de como tais condições climáticas, do solo e estrutura da vegetação podem influenciar na ocorrência de borboletas e mariposas (Lepidoptera), abelhas (Apideae), formigas (Formicideae), anfíbios, serpentes e lagartos (herpetofauna), mamíferos (Mastofauna), morcegos (Chiroptera) e aves (Avifauna). Como qualquer teste estatístico, o poder explicativo dos resultados é limitado pelo número de observações, que foi variável por grupo de fauna. Os dados foram coletados em apenas uma campanha por sazonalidade, o que limita também limita o número de amostras independentes das análises. Considerando esta limitação, esta seção apresenta resultados de tendências e potencial direção da relação, apontando para a influência das variáveis ambientais sobre a ocorrência dos grupos, porém, com baixa inferência estatística.

Para Lepidoptera, a amostragem resultou em um total de 2258 indivíduos registrados, com a ocorrência de 37 espécies. Ao cruzar os dados da riqueza com dados de covariáveis ambientais, observou-se relação significativa do número de espécies apenas com a umidade do solo ($p < 0.05$; $r2 = 0.62$; Figura 8.2-274). Tal sinal foi negativo, representando um menor número de espécies de borboletas e mariposas capturadas conforme o aumento da umidade. A literatura sugere que variações no micro-habitat e fatores edáficos podem influenciar a distribuição de lepidópteros indiretamente, por meio da distribuição de recursos (SWENGEL *et al.*, 2011, DAVIS *et al.*, 2007). Apesar de evidências empíricas apontarem para efeitos de características do habitat devido à variação edáfica sobre a seleção de hábitat e distribuição espacial de borboletas, a riqueza de espécies não respondeu em função de diferenças no solo (MYERS *et al.*, 2015). Ademais, os conhecimentos para o grupo na região semiárida nordestina do nordeste do Brasil são escassos (KERPEL *et al.*, 2014), e não há trabalhos que especificamente investigam a relação entre a riqueza de borboletas e mariposas com a umidade do solo na região de Caatinga.

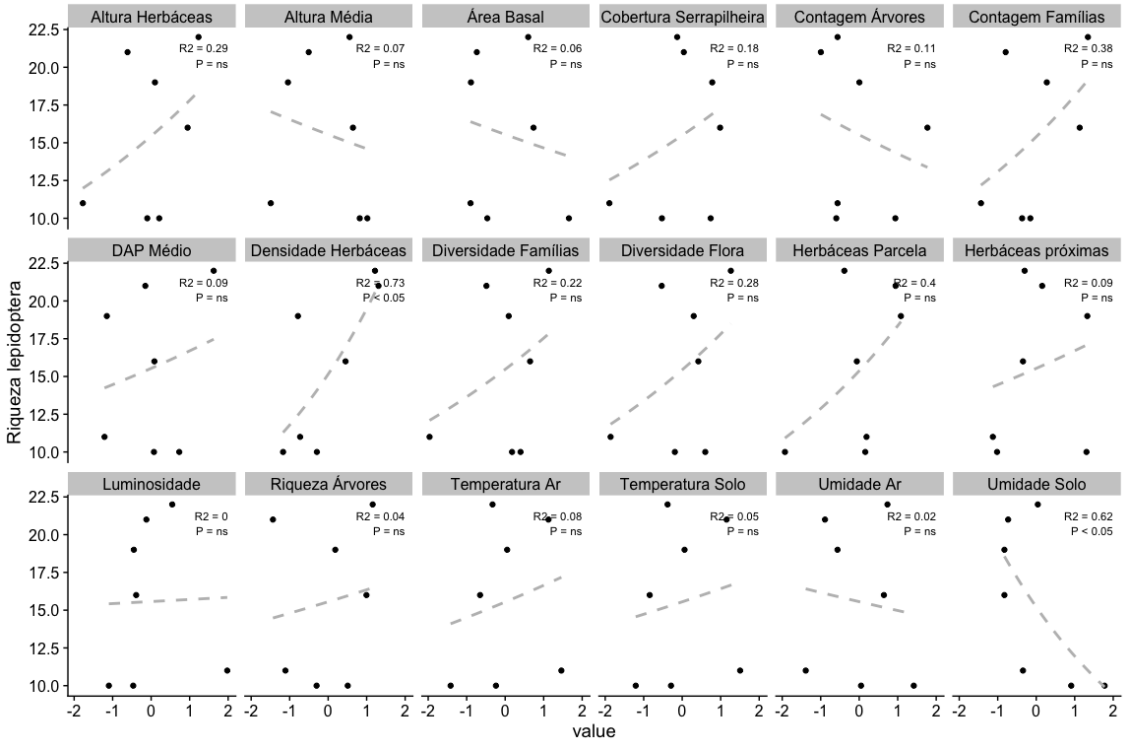


Figura 8.2-274 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre riqueza de lepidoptera e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Além da relação negativa entre riqueza e umidade do solo, apesar de não significativas, houve tendência negativa também com a umidade do ar e variáveis de estrutura da vegetação lenhosa (altura média, área basal e contagem de árvores). Da tendência positiva, pode-se citar variáveis de estrutura da vegetação herbácea (altura, densidade e contagem

de herbáceas, DAP médio e riqueza das árvores), cobertura de serrapilheira e temperatura do ar e solo. Ao avaliar a relação com a abundância, a direção das tendências foi majoritariamente mantida, apesar de nenhuma das relações serem significativas (Figura 8.2-276). Tais tendências e relações encontradas nos resultados devem ser interpretadas com parcimônia devido ao número de amostras independentes. Além disso, os resultados sugerem um efeito indireto da eficiência de captura desses invertebrados em certas condições. Por exemplo, a relação negativa de lepidoptera com altura média das árvores pode apontar que uma vegetação lenhosa mais baixa pode propiciar maior circulação e visualização de borboletas, resultando em maior captura deste grupo.

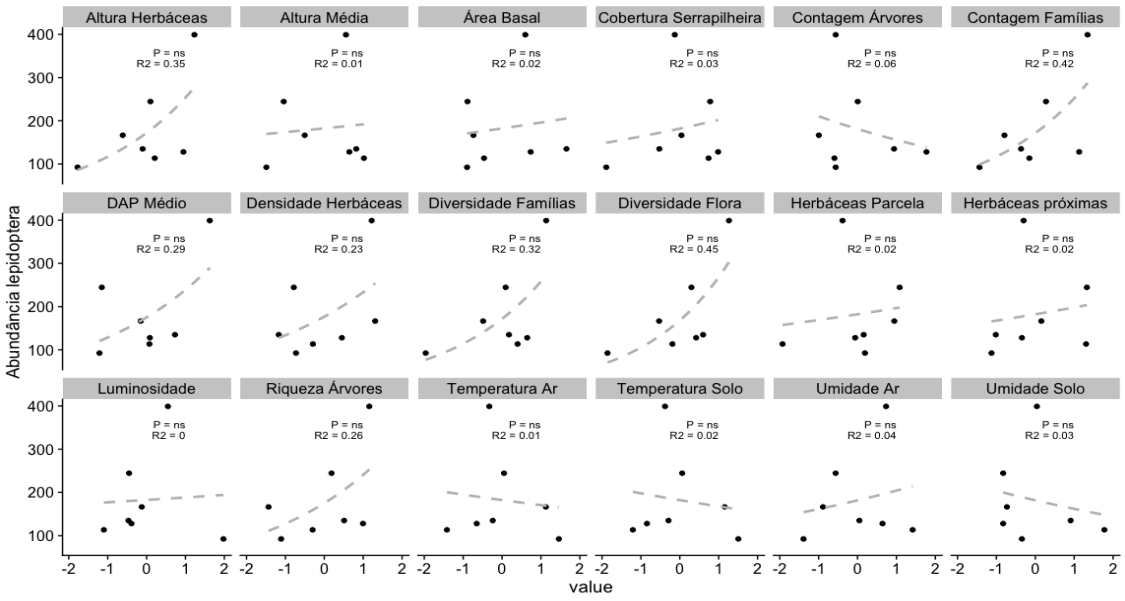


Figura 8.2-275 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de lepidoptera e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Para Apidae, a amostragem resultou em um total de 15 espécies amostradas e houve um padrão de resposta às variáveis relacionadas à estrutura da vegetação e microclima. Observou-se relação significativa negativa com a cobertura de serrapilheira ($p < 0.05$; $r2 = 0.77$) e com a contagem de herbáceas próximas ($p<0.05$; $r2 = 0.63$) e positiva com a contagem de herbáceas na parcela ($p<0.05$; $r2 = 0.62$) e a luminosidade ($p<0.05$; 0.55; Figura 8.2-276). Enquanto a relação positiva com a quantidade de vegetação herbácea pode sugerir um efeito indireto da disponibilidade de recursos sobre o número de espécies de abelhas, a direção oposta do efeito de herbáceas num raio próximo pode indicar um artefato de amostragem.

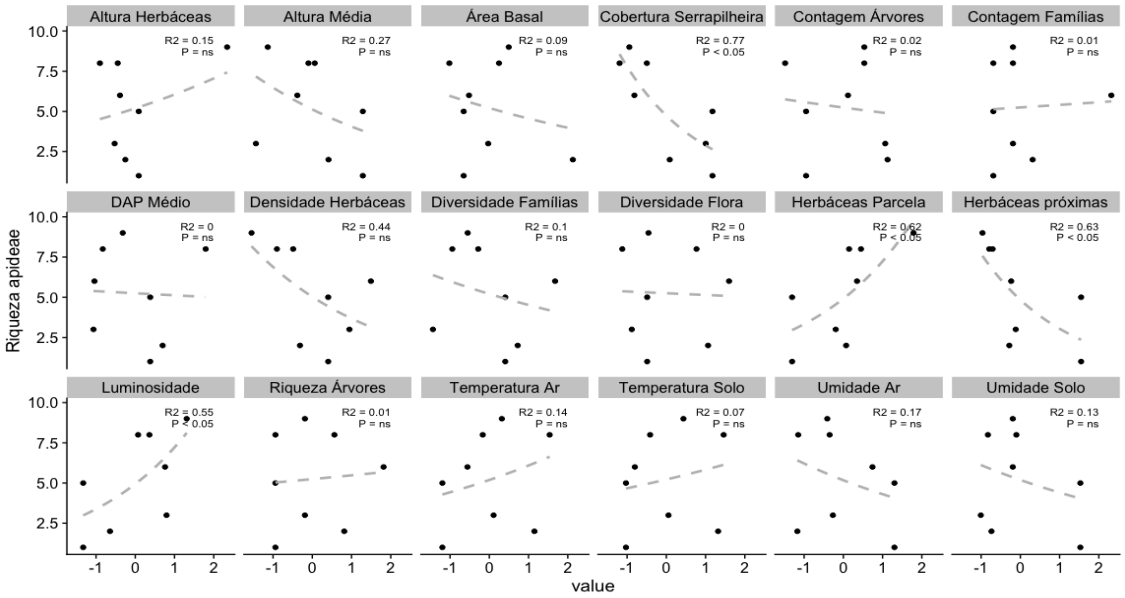


Figura 8.2-276 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre riqueza de abelhas e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

A amostragem de formigas resultou em um total de 18 espécies, que não apresentaram relações significativas entre a riqueza de espécies de formigas e as variáveis ambientais (Figura 8.2-277). Tal fato parece corroborar uma ocorrência de espécies adaptadas a uma amplitude de condições na região como mencionado no diagnóstico, onde foi sugerido que a composição amostrada é predominantemente de hábitos generalistas e bem distribuídas em outras áreas de Caatinga e em diversos pontos da própria região.

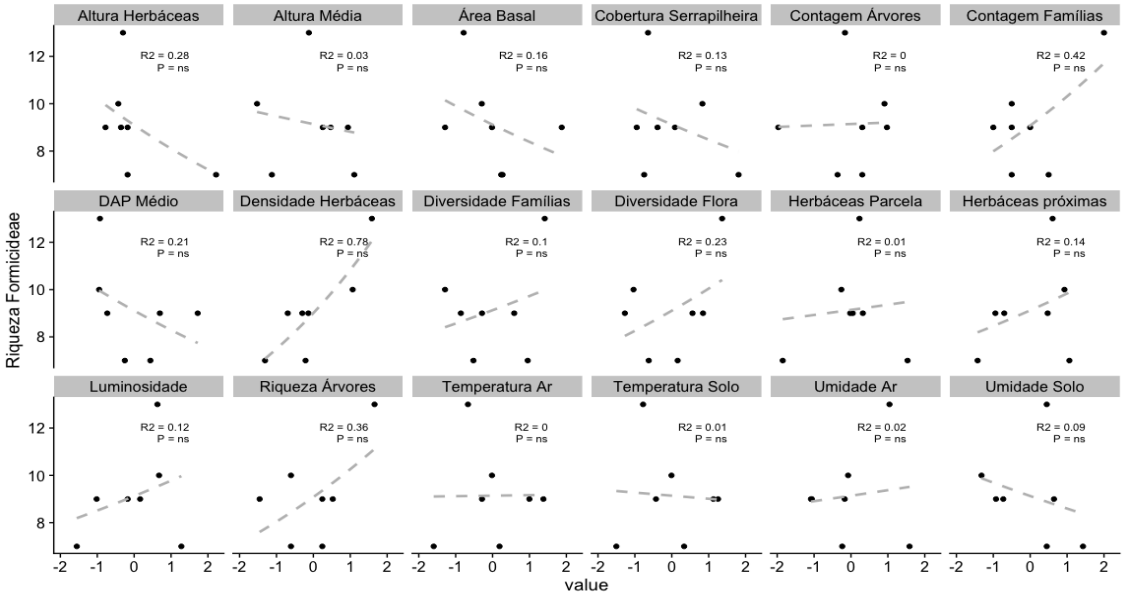


Figura 8.2-277 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de formigas e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Ao todo, 28 espécies de herpetofauna foram amostradas, destas 5 espécies de anfíbios, 10 espécies de serpentes e 13 espécies de lagartos. Os gráficos da riqueza dos respectivos grupos taxonômicos de herpetofauna em função de cada variável ambiental são exibidos nas figuras abaixo. Para Anfíbios nota-se que nenhuma variável foi significativamente relacionada à ocorrência do grupo. A altura da vegetação herbácea explicou 24 % dos dados em uma relação negativa com a Riqueza de espécies. Tal fato pode explicitar um artefato da amostragem, decorrendo da redução da detectabilidade de indivíduos sob condições de maior cobertura herbácea. A importância das réplicas amostrais em análises estatísticas se dá justamente para confirmar a ocorrência de padrões verdadeiros, pois as tendências podem não se confirmar mediante a análise de amostras independentes múltiplas.

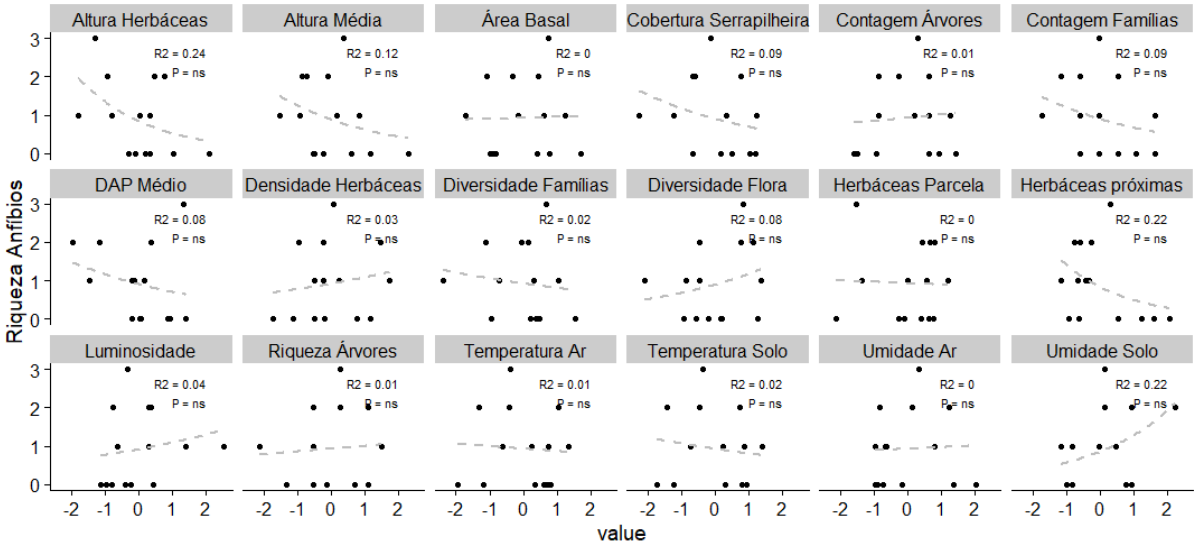


Figura 8.2-278 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de anfíbios e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Para as serpentes, que detém considerável grau de generalismo de hábitat na região da Caatinga (FRANÇA *et al.*, 2020), houve relação positiva significativa com duas variáveis relacionadas à vegetação herbácea, densidade ($p<0.05$, $r2= 0.46$;) e contagem de plantas num raio próximo de 3m ($p<0.05$, $r2= 0.44$). Tal resultado acha pouco suporte na literatura, parte pela esperada baixa resposta devido ao mencionado generalismo e por haver poucos estudos de serpentes na região da Caatinga (MESQUITA *et al.*, 2014). Pode-se inferir, no entanto, que estes animais busquem naturalmente, no ambiente árido, locais de maior cobertura herbácea, o que é compatível com o comportamento e estratégias de cripticidade de muitas espécies do grupo.

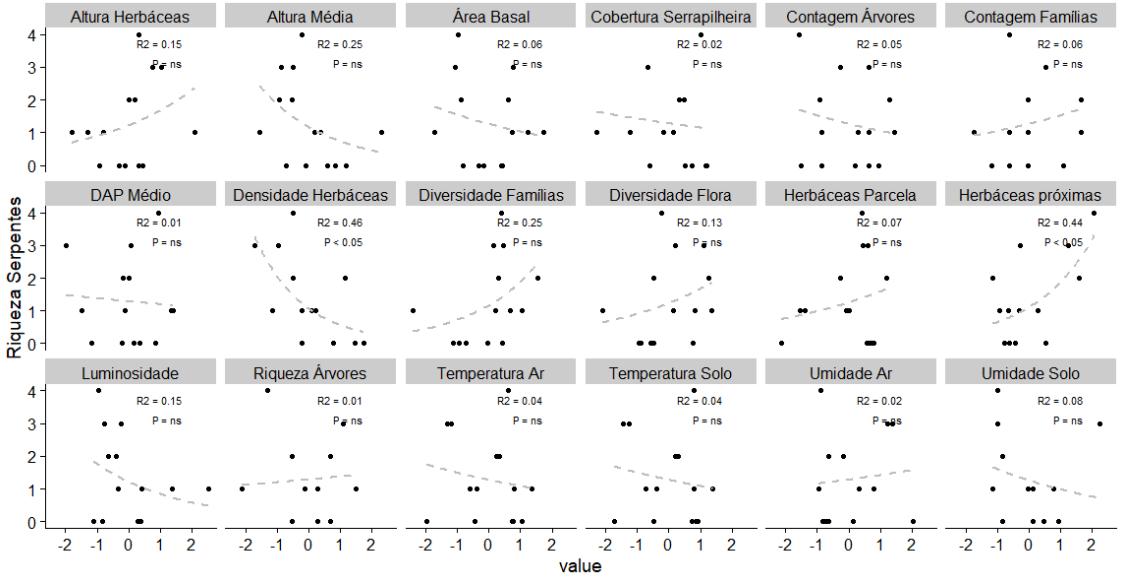


Figura 8.2-279 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de serpentes e as18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Para lagartos não foi encontrada nenhuma relação significativa com as variáveis medidas. A baixa relação com as variáveis ambientais é potencialmente explicada pelo baixo poder estatístico do n amostral e pela possível generalização do uso do hábitat em um sistema semiárido. Além disso, para todos esses grupos, sabe-se que há um limite de tolerância que reflete diretamente na seleção de microhabitats específicos, distribuição e persistência das espécies (e.g. RECORDER *et al.*, 2018), fator que torna ainda mais ruidoso se detectar tais relações deste grupo com as condições locais.

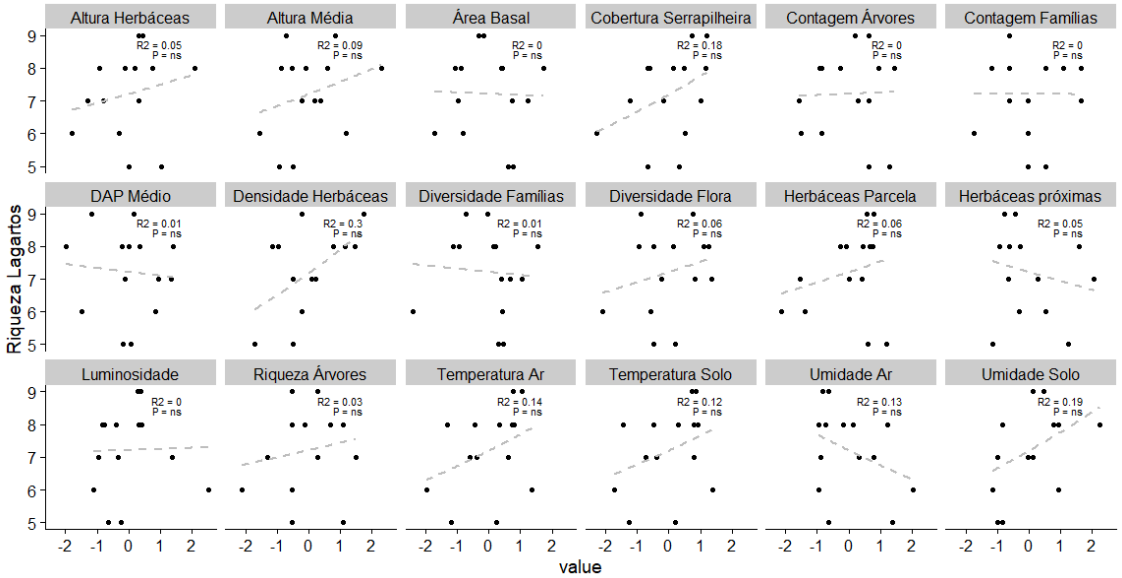


Figura 8.2-280 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de largatos e as18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Pela amostragem de mamíferos, um total de 24 espécies foram registradas contendo os exemplares de porte pequeno, médio e grande. Dentre a riqueza total, encontrou-se 2 espécies de primatas (*Callithrix jacchus* e *Sapajus libidinosus*), e 9 espécies de mamíferos de porte médio e grande, são elas: *Euphractus sexcinctus*, *Dasypus novemcinctus*, *Cerdocyon thous*, *Leopardus emiliae*, *Puma concolor*, *Conepatus semistriatus*, *Puma yagouaroundi*, *Pecari tajacu* e *Mazama gouazoubira*. Das 8 espécies encontradas de porte pequeno, foram capturados um total de 274 indivíduo, são elas: *Didelphis albiventris*, *Galea spixii*, *Gracilianus agilis*, *Kerodon rupestris*, *Monodelphis domestica*, *Oligoryzomys sp.*, *Thrichomys laurentius*, e *Wiedomys cerradensis*. Como para outros grupos, o resultado do cruzamento das covariáveis ambientais amostradas com os dados de riqueza de mamíferos de todos os portes observados teve baixo poder explicativo e as tendências encontradas não foram significativas (Figura 8.2-281). Apesar de tampouco significativas, é possível notar a direção da abundância dos pequenos mamíferos (Figura 8.2-282), em que se observou sinal negativo para temperatura de ar e solo, e sinal positivo para a riqueza de árvores, indicativa da complexidade estrutural do hábitat. Tais tendências estão em consonância a expectativa de maior riqueza de mamíferos em ambientes mais amenos e com locais de refúgio/abrigo de (FREITAS *et al.*, 2005).

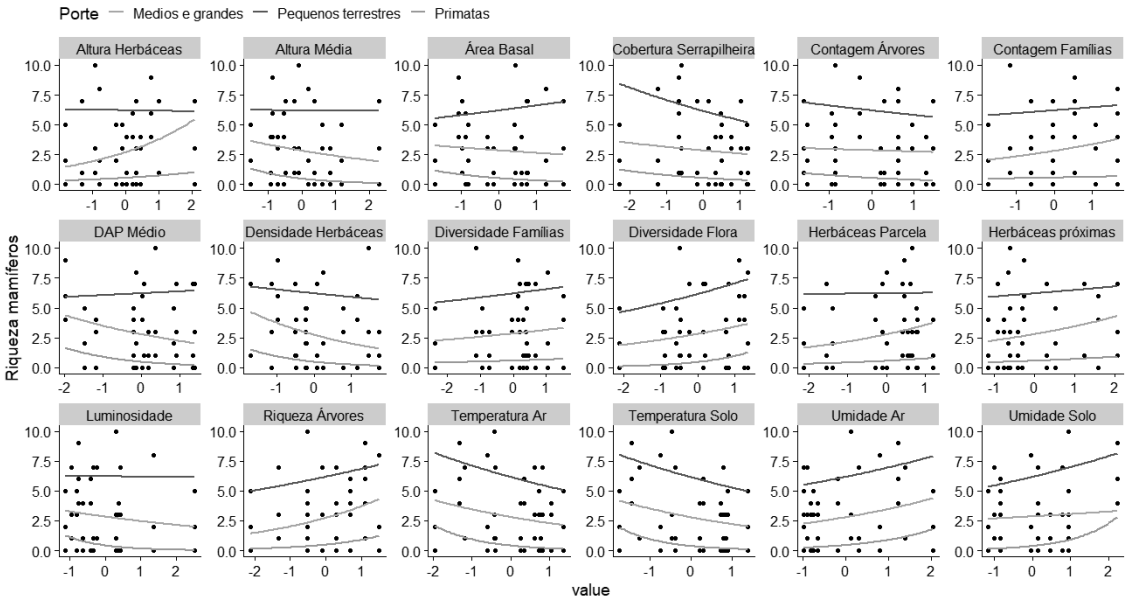


Figura 8.2-281 - Regressões lineares mostrando a relação entre riqueza de mamíferos primatas (azul), pequenos (verde) e de médio a grande porte (vermelho) e as 18 covariáveis ambientais.

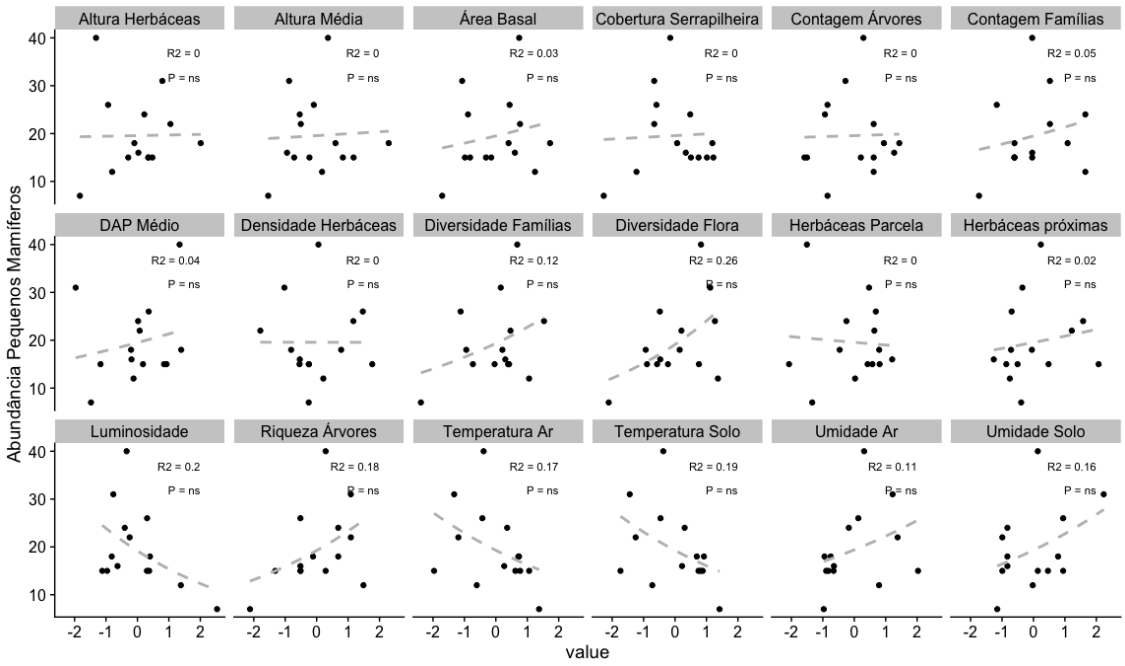


Figura 8.2-282 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre abundância de pequenos mamíferos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Para Chiroptera, a amostragem resultou em um total de 1179 indivíduos capturados, com a ocorrência de 29 espécies. Os morcegos foram os mais representativos em ocorrência dentro do grupo de mamíferos, assim como em outros biomas do Brasil além do da Caatinga (MARINHO-FILHO & SAZIMA, 1998; REIS *et al.*, 2011). Ocorreu a relação positiva e significativa com a densidade de herbáceas ($P<0.05$, $R2= 0.39$), que também foi encontrada usando abundância como variável resposta (Figura 3.2-12 e 3.2-13). O número de espécies e de indivíduos de quirópteros respondeu positivamente ao aumento de herbáceas por unidade de área (densidade de herbáceas).

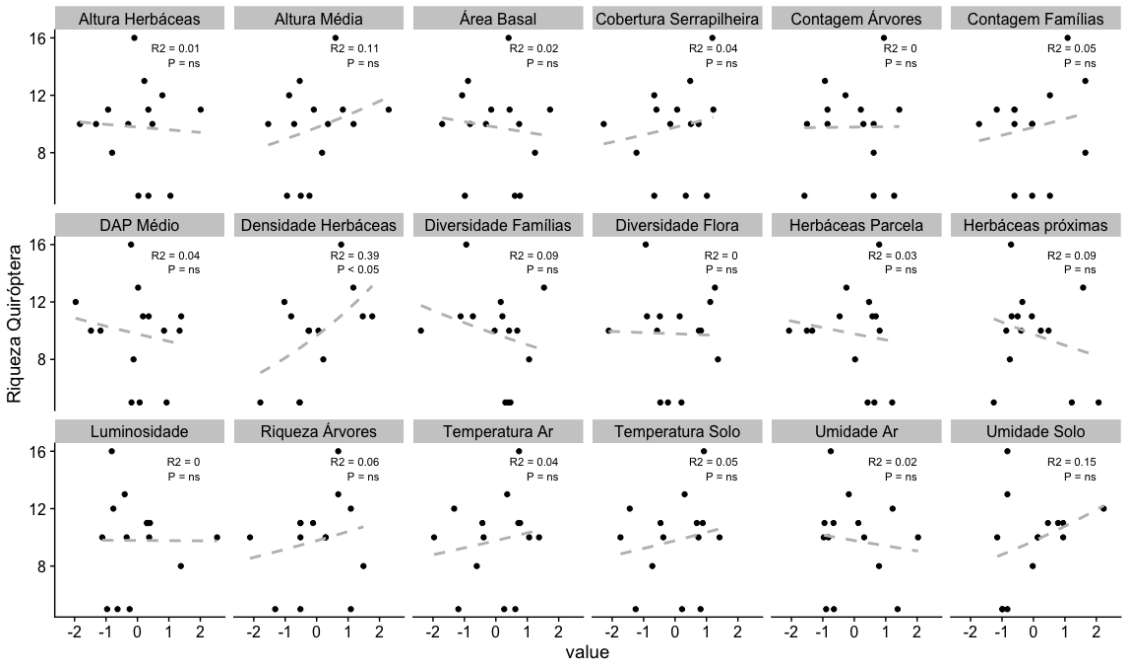


Figura 8.2-283 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de morcegos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

A relação de morcegos com a estrutura e diversidade da vegetação é conhecida para certas guildas que selecionam o habitat de acordo com a dieta, por exemplo de insetívoros que forrageiam em vegetação mais densa e próxima do solo (KALKO *et al.*, 1996) ou frugívoros que se alimentam de frutos de plantas arbustivas (PEREIRA, 2016; MELLO *et al.*, 2004). O relatório diagnóstico do grupo aponta para o potencial efeito da modificação na estrutura da vegetação sobre a fauna de quirópteros, e que tais efeitos de perda de hábitat poderiam ser atenuados com o estabelecimento de áreas protegidas na região. Além disso, uma avaliação mais específica das espécies presentes e a que guildas pertencem podem aprofundar o entendimento dessa relação como a identificação das espécies catadoras de invertebrados que teriam forte influência da estrutura da vegetação (KALKO *et al.*, 1999).

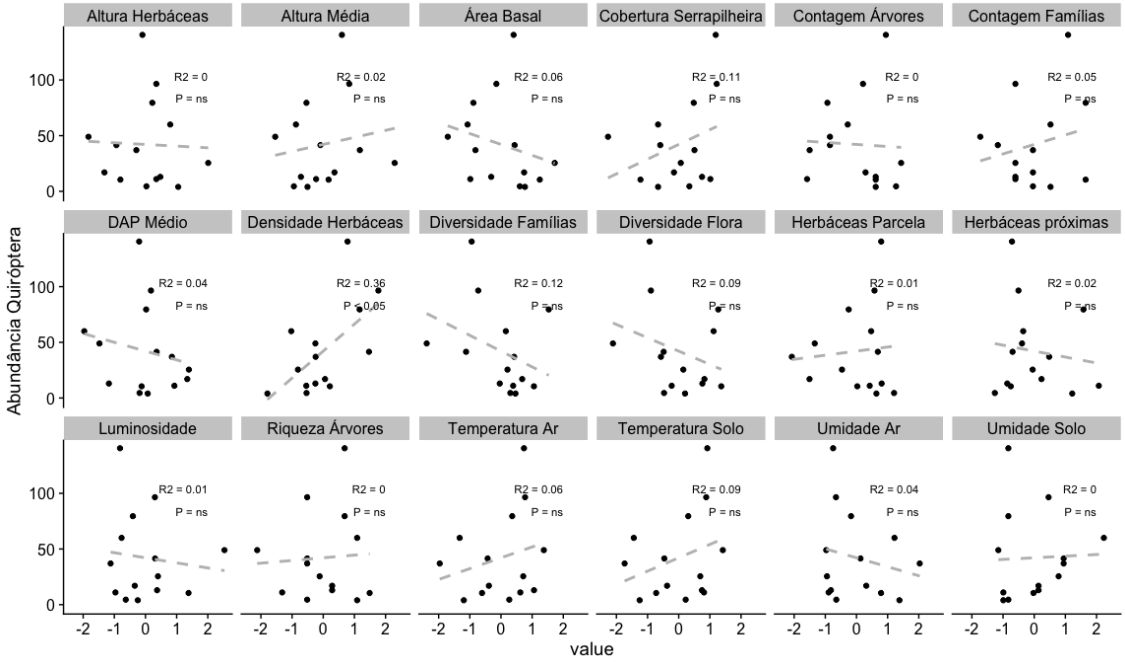


Figura 8.2-284 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de morcegos e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

Para a avifauna considera- se que a escala de observação deste estudo não é a ideal para investigar ocorrências do grupo, pois este reúne uma maioria de espécies com de alta capacidade de dispersão (SANTOS, 2004). No presente estudo as variáveis foram medidas dentro de um raio de distância a partir da coordenada central que delimitava o raio amostral para locação dos pontos de unidades amostrais fixas dos diferentes grupos de fauna estudados. As aves foram inventariadas a partir de metodologia "Lista de Mackinnon" na qual o observador se move através do habitat identificando as espécies. Durante o trajeto, muitas espécies são identificadas pelo canto e, assim os indivíduos estão localizados em variáveis distâncias do observador, de modo que as espécies com vocalizações mais altas podem ser detectadas em maiores distâncias.

A despeito disso, optou-se por proceder as mesmas análises realizadas para os demais grupos, para avaliar se seria possível detectar algum padrão.

A avifauna foi o grupo com maior ocorrência resultante da amostragem, encontrando um total de 2278 indivíduos e 153 espécies registradas. Apesar disso, o grupo teve baixo padrão de resposta às variáveis ambientais testadas no presente estudo, tanto sobre o número de espécies (Figura 8.2-285), quanto sobre o de indivíduos (Figura 8.2-286).

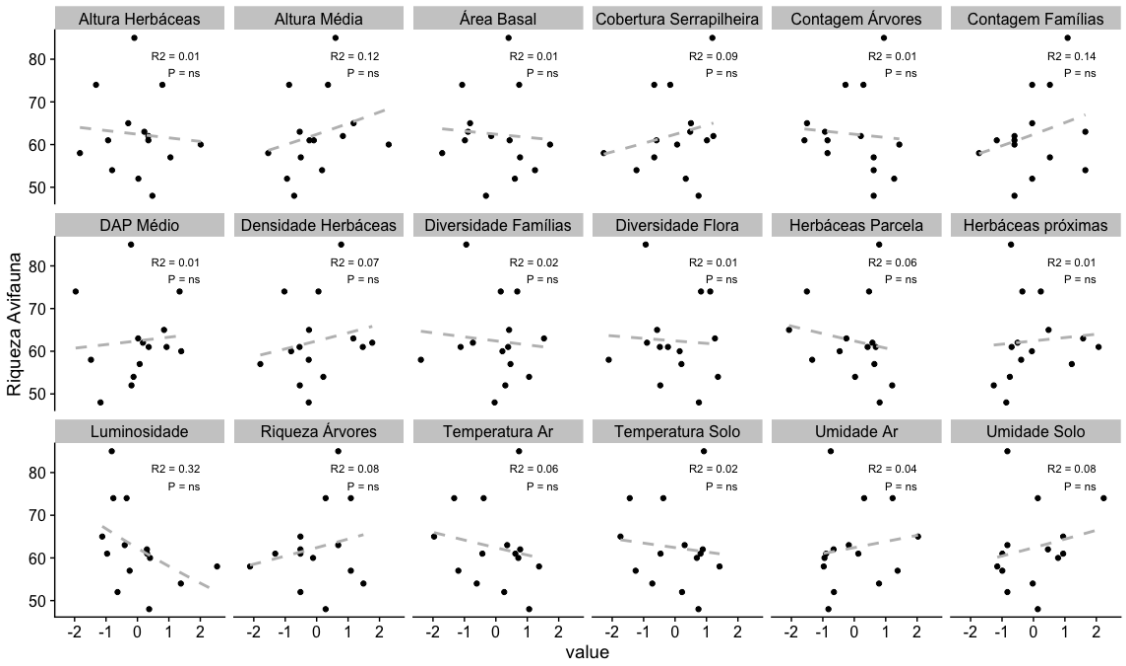


Figura 8.2-285 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a riqueza de aves e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

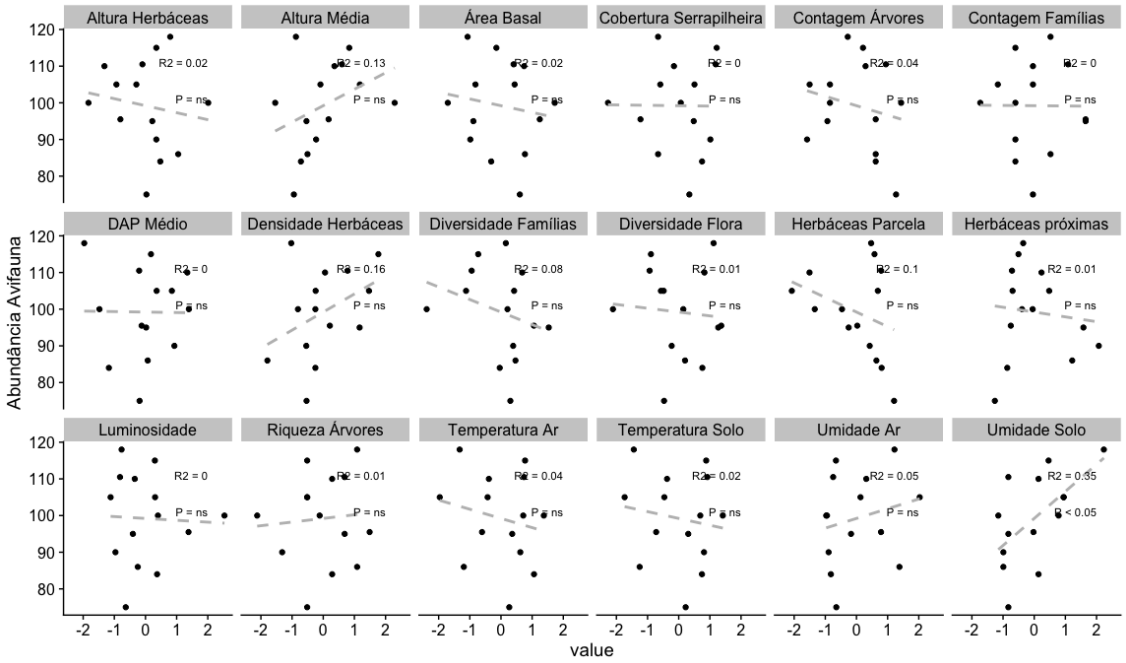


Figura 8.2-286 - Regressões lineares mostrando a tendência da relação entre a abundância de aves e as 18 covariáveis ambientais. Coeficientes dentro dos painéis representam o valor de significância ("P") e a variação explicada pela variável independente estação ("R2").

8.2.1.2.5. Considerações Finais

Das relações entre a fauna e as variáveis ambientais, avaliou-se a ocorrência de borboletas e mariposas (Lepidoptera), abelhas (Apideae), anfíbios, serpentes e lagartos (Herpetofauna), mamíferos (Mastofauna), morcegos (Chiroptera), formigas (Formicideae) e aves (Avifauna). A maioria destes resultados apontam para tendências sem inferência causal devido ao baixo poder estatístico limitado ao esforço amostral. Das principais tendências encontradas, pontua-se a influência da estrutura da vegetação sobre os grupos de mariposas e Lepidoptera, Apidae e Quiroptera. Das condições microclimáticas do habitat, medidas por variáveis de caracterização do solo, umidade e temperatura, as tendências encontradas parecem revelar sobre a eficiência amostral de alguns grupos.

O baixo padrão de respostas de mamíferos, herpetofauna, aves e formigas às variáveis ambientais sugerem que, uma vez sabendo-se que a amostragem foi suficiente para caracterizar a fauna de tais grupos na região, uma investigação mais aprofundada ao nível de espécies, grupos funcionais e da disponibilidade de seus respectivos recursos, com aumento de réplicas, pode contribuir para melhor entendimento de sua distribuição e padrões de ocorrência no local do empreendimento. Tal procedimento é previsto no Capítulo 11 do presente EIA – Programa Ambientais.

8.2.1.3. Receptores Ecológicos

A avaliação dos eventuais efeitos radiológicos deletérios sobre a fauna terrestre foi realizada considerando as informações levantadas para o licenciamento nuclear junto à CNEM.

Os efluentes líquidos não foram considerados nesta avaliação, pois, conforme apresentado no Capítulo 3 – Caracterização do Empreendimento, não são previstas quaisquer liberações destes efluentes nos corpos d'água proveniente da Instalação de Urânio e, desta forma, não foi identificado qualquer cenário que se aplica a eventuais impactos radiológicos referentes à água superficial ou água subterrânea para a Instalação de Urânio.

Assim, considerando os dados disponibilizados, foi considerado eventual contaminação do ar e do solo por emissões atmosféricas, mediante a possibilidade de dispersão para fora dos limites da Fazenda Itataia, considerando um cenário conservador de exposição rural, relativo às atividades de pecuária e de agricultura de subsistência em áreas limítrofes à Área Diretamente Afetada (ADA), em ponto onde seja previsto o maior nível de concentração de radionuclídeos no ar (grupo crítico hipotético).

Este cenário considera como via de exposição o solo e vegetais a serem consumidos diretamente pelos seres humanos (produtos agrícolas) ou a serem consumidos pelos animais de criação (pasto). Esta via de contaminação, que considera a pastagem, poderia servir num cenário hipotético às considerações sobre a entrada dos radionuclídeos no ecossistema, substituindo os animais domésticos por mamíferos herbívoros e aves granívoras, que se alimentem no nível de cadeia trófica dos produtores primários e, que neste contexto seriam considerados os receptores ecológicos, dos quais, como exemplo, citamos aves columbiformes e roedores herbívoros detectados no estudo, conforme Quadro 8.2-2.

Dentre as aves columbiformes, destaca-se a avoantes (*Zenaida auriculata*), por tratar-se de espécie migratório e, com potencial de, na eventualidade de uma contaminação por qualquer agente, poder levar esta contaminação até áreas remotamente distantes dos sítios contaminados. Além disso, os animais desta espécie se concentram em grandes colônias reprodutivas com centenas a milhares de indivíduos. Por essa razão forma aqui escolhidas como receptores ecológicos modelo.

Quadro 8.2-2 - Receptores ecológicos da fauna silvestre na área do Projeto Santa Quitéria

AVES	
Família Columbidae	
Espécie	**Guilda trófica**
Zenaida auriculata	Granívora
MAMÍFEROS	
Familia Echimyidae	
Espécie	
Thrichomys Laurentius (punaré)	herbívoro

Elaboração: Tetra Mais, 2021

Zenaida auriculata, é amplamente distribuída todo Brasil, principalmente em ambientes de vegetação mais aberta, como campos naturais do Cerrado e a Caatinga. Alimenta-se de grãos de espécies silvestres e cultivadas, sendo considerada importante dispersora de sementes.

Os grandes grupos migrantes da espécie alimentam-se muitas vezes de plantações de grãos localizados na sua rota, constituindo assim, um fator conflitante com a agricultura, especialmente de pequenas propriedades.

Finotti e colaboradores (2015) testaram a preferência alimentar de itens da dieta de roedores do gênero Thrichomys. Nos experimentos realizados, todas as espécies mostraram

grande preferência por sementes em relaçao aos frutos raízes e bagas *Thrichomys laurentius* foi a espécie com a maior quantidade de itens preferidos (maior amplitude de nicho alimentar), tendo também mostrado preferência por uma maior quantidade de raízes em relação às outras espécies. Tais resultados evidenciam que possuem uma dieta herbívora e mais generalista em relação às demais espécies do gênero e mais diversificada no que tange às partes preferidas das plantas. A área de vida desta espécie é maior para os machos na Estação seca, quando pode variar de 3 mil m^2 a 6 mil m^2 (ASSIS,2009).

Cabe destacar que o Programa de Monitoramento Radiológico Pré Operacional prevê o monitoramento de dos diferentes componentes (ar, solo, água, fauna e flora) nas diferentes fases do empreendimento, incluindo informações de *background*. Maiores informações sobre o referido programa são apresentadas no Capítulo 11 – Programas Ambientais.

8.2.1.4. Flora

A. Introdução

A Caatinga é o principal domínio do semiárido do nordeste brasileiro. Distribuída em uma área de 844.453 km^2, corresponde a 50% do território nordestino (IBGE, 2004). A cobertura vegetal do bioma compreende os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, o sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, a região norte e central da Bahia e uma faixa que alcança Minas Gerais, através do vale do rio São Francisco. Está inserida em um ambiente de baixa precipitação (300-1000 mm/ano) e possuí alto índice de evapotranspiração (1500-2000mm/ano) (IBGE, 2004).

As caatingas são consideradas um tipo vegetacional xérico, sempre associados à caducifolia das plantas, à presença mais ou menos regulares de cactáceas e/ou bromeliáceas, e desenvolvida sobre um substrato cristalino. Representa uma vegetação estacional, de caráter xerófilico, tropofílica pela acentuada caducifolia, e frequentemente espinhosa. Tais atributos estão sempre relacionados com as condições de semiaridez de origem climatológica, escassez e irregularidade de chuvas anuais (FERNANDES, 1990). De fato, a denominação “caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa floresta branca, em função da aparência que o conjunto florestal adquire durante a estação seca (ALBUQUERQUE & BANDEIRA, 1995).

Atualmente considera-se que o domínio da Caatinga abriga cerca de 4500 espécies de angiospermas, o que corresponde a 15% das espécies brasileiras (COSTA *et al*, 2015). Alguns

estudos recentes indicam também que, contrariamente ao que se supunha anteriormente, há um nível de endemismo alto, com cerca de 318 classificadas como endêmicas atualmente (QUEIROZ, 2006). A despeito disso, o bioma e suas formações estão sujeitos a um alto grau de pressão antrópica, que resulta em fragmentação de sua cobertura vegetal decorrente de atividades como a agricultura, pecuária e da ocupação humana (COSTA *et al*, 2015).

Mesmo estando bastante alterada, especialmente nas terras mais baixas, a Caatinga possui uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e com remanescentes de vegetação ainda bem preservada, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos. No entanto, não é possível se ter hoje uma lista completa da flora existente nesse Bioma.

O Centro Nordestino de Informação sobre Plantas - CNIP - (Centro ligado à APNE, UFPE e ao Jardim Real Botânico de Kew) apresenta na sua relação (*check list*) do NE, 8.760 espécies. Para o IBGE (2012) são frequentes os gêneros *Ziziphus, Acacia, Erythrina* e *Bauhinia*, porém são dominantes os representantes das famílias Cactaceae (*Cereus, Pilocereus* e outros) e Bromeliaceae (Bromelia). De uma forma mais ampla, o conhecimento sobre a biodiversidade da flora do Bioma Caatinga tem sido sintetizado no quadro do projeto Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga (MMA, 2002).

Destaca-se, ainda, que além de gêneros e espécies endêmicas, a Caatinga também abriga espécies com ampla distribuição nas Florestas Estacionais brasileiras, como *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenam, *Myracrodruon urundeuva* Engler e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos. (PRADO & GIBBS, 1993; ARAÚJO & HARIDASAN, 1997, citados por ALCOFORADO-FILHO, 1993). Também merecendo destaque a presença de espécies de Mata Atlântica, como *Ceiba erianthos, Myroxylum balsamum, Zollemia ilicifolia, Dalbergia variabilis, Caesalpinia leiostachya e Handroanthus serratifolius.*

As fisionomias do bioma variam em suas características, dependendo do regime de chuvas e tipos de solo, podendo ser encontradas florestas altas e secas, com indivíduos até 15-20m de altura, típicos de áreas com menor déficit hídrico. Por outro lado, em ambientes com acentuados déficits hídricos, há a predominância de espécies vegetais decíduas, que perdem as folhas logo no final da estação chuvosa, ocorrendo simpatricamente à outras que mantém sua folhagem até o final da estação seca, formando mosaicos temporais e espaciais nos microambientes (BARBOSA *et al*, 2003). A partir do Workshop de Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga (2000), Rodal & Sampaio, em 2002, propuseram mudanças no sistema de Andrade-Lima, analisando as unidades e associando-as ao Zoneamento Agroecológico do Nordeste - ZANE. Conclui-se que devido à

diversidade de padrões de vegetação detectados e a carência de estudos específicos ainda não é possível a elaboração de um sistema de classificação ideal, dificultando o trabalho de identificação das formações específicas em campo.

O IBGE, que serviu de referência para o presente estudo, categoriza as formações vegetais encontradas na Caatinga no grande grupo de Savana Estépica. A Savana Estépica é caracterizada por vegetação xeromórfica, com adaptações fisiológicas para estações de seca e de alta intensidade luminosa, a flora é decidual, com a presença de espécies arbóreas e arbustivas lenhosas, espinhosas e que apresentam microfilia. Plantas suculentas também compõem a vegetação, com representantes dos grupos Cactaceae e Bromeliaceae, enquanto lianas são raramente observadas (PRADO, 2003). Em áreas onde há a variação do nível de corpos d'água, como em períodos de cheia dos rios em épocas chuvosas, ou terrenos onde existe água empoçada, desenvolve-se uma comunidade vegetal campestre, composta por famílias pioneiras, como Solanaceae, Asteraceae, Myrtaceae (IBGE, 2012).

De acordo com as delimitações propostas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE (2004; 2012), a área do Projeto Santa Quitéria insere-se no Domínio da Caatinga, vegetação de maior ocorrência no Estado do Ceará, ocupando cerca de 46% do território cearense e 87,7% das tipologias vegetais do Estado (IPECE, 2007; BRASIL, 2016).

Para diagnóstico da flora na área de influência do Projeto Santa Quitéria os estudos da vegetação foram executados com o objetivo caracterizar a situação atual das Áreas de Influência do empreendimento, servindo como referência para avaliar os impactos da implantação e da operação do empreendimento, com base no conhecimento acumulado sobre a flora regional e informações levantadas em campo.

B. Considerações Metodológicas

Os estudos da vegetação na Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento foram realizados a partir do levantamento de dados secundários e primários obtidos em campo em duas campanhas realizadas, por meio do estabelecimento de pontos de levantamento florístico e parcelas. O presente estudo incluiu a análise e comparação com os dados obtidos pela ARCADIS, em 2011, na ocasião da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para o projeto Santa Quitéria.

a) Área de Influência Indireta (AII) e Contexto Regional

A caracterização da AII foi realizada a partir de dados de campo e da compilação de informações disponíveis na literatura especializada sobre vegetação (periódicos, artigos

científicos, livros e teses), abordando aspectos florísticos, fitogeográficos, estruturais, conservacionistas e sobre dinâmica florestal.

b) Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Para levantamento de dados primários da vegetação foram utilizados os dados de duas campanhas recentemente realizadas in loco: a primeira entre os dias 29 de outubro e 03 de novembro de 2020 e a segunda entre 02 e 07 de fevereiro de 2021, quando se coletou dados na ADA e AID de três diferentes atributos da vegetação: 1) fitofisionomia, 2) florística e 3) fitossociologia. Adicionalmente, a título de comparação, foram considerados os dados da campanha de campo realizada na ocasião de elaboração de um Estudo de Impacto ambiental para o mesmo empreendimento, em abril de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

B.1. Levantamento Fitofisionômico

Para a caracterização fitofisionômica, com o auxílio de imagens do Google Earth datado de 2020, foi percorrida toda a extensão da AID (que incorpora a ADA), tendo sido revisitados, inclusive, os pontos da campanha de 2011 (Tabela 8.2-60).

Nesta ocasião, foram identificadas as principais fitofisionomias, sendo os seguintes os principais parâmetros utilizados para a sua classificação: predomínio de ervas, arbustos ou árvores, presença de dossel, sinais de intervenção antrópica, estado de conservação da vegetação, composição de espécies, ambiente (seco, úmido, encharcado), estrato predominante (arbóreo, arbustivo, herbáceo), submata (densa, média, rala), textura predominante do solo (afloramento rochoso, pedregoso, arenoso, arenoso-argiloso, argiloso, siltoso), situação no terreno (encosta de morro, planície aluvial, planalto, outros), sendo utilizada para a classificação o Mapa da Vegetação Brasileira (IBGE, 2004; 2012) e o Mapa das Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará (IPECE, 2007), respeitando os limites observados em campo.

Para o levantamento fitofisionômico, procurou-se caracterizar o maior número de pontos possível localizados na ADA e AID. Nos pontos visitados em campo foram observadas espécies características (indicadoras) de cada uma das fisionomias, incluindo arbóreas, arbustivas e herbáceas (Anexo 8.2-IV – Ficha de coleta de dados florístico e fitofisionômico).

B.2. Levantamento florístico

Com objetivo de complementar a listagem de espécies obtida pelo levantamento fitossociológico, foram realizadas também coletas de material botânico abrangendo espécies de todos os hábitos (ervas, epífitas, lianas, arbustos, árvores) (Tabela 8.2-61).

Para o levantamento de campo foram utilizados os seguintes materiais para auxílio na coleta, identificação botânica e identificação das fitofisionomias: binóculo Canon 20 x 50; câmera fotográfica Sony Cyber-shot, tesoura de poda, saco de coleta e fita crepe, GPS Garmin 62 sc.

O levantamento florístico foi realizado em trechos ao longo da AID/ADA, como também nos mesmos pontos selecionados para a amostragem fitossociológica. Foram levantadas espécies vasculares (fanerógamas e pteridófitas), contemplando ervas, lianas, epífitas, arbustos e árvores.

Alguns materiais botânicos não puderam ser identificados até o nível de espécie devido à ausência de amostra fértil ou até mesmo de folhas. A classificação adotada para as angiospermas foi a de APG III -*Angiosperm Phylogeny Group* III (BREMER *et al.*, 2009).

Tabela 8.2-60- Pontos de Levantamento Florístico e Fitofisionômico.

PONTOS	LOCALIZAÇÃO	FITOFISIONOMIA	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000	
			L	N
1	ADA	Savana Estépica Arborizada	413955	9496209
2	ADA	Savana Estépica Arborizada	414583	9495733
3	ADA	Savana Estépica Arborizada	415140	9494635
5	ADA	Savana Estépica Arborizada	416332	9494672
6	ADA	Savana Estépica Arborizada	412968	9493683
CF1	AID	Savana Estépica Arborizada	415639	949639
CF2	AID	Savana Estépica Arborizada	412878	9496926
CF4	AID	Savana Estépica Arborizada	416207	9496652
1A	AID	Savana Estépica Arborizada	410228	9496240
2A	ADA	Savana Estépica Arborizada	410188	9496162
3A	ADA	Savana Estépica Arborizada	410910	9494960
4A	ADA	Savana Estépica Florestada	412922	9495291
5A	ADA	Savana Estépica Arborizada	413128	9494412
6A	ADA	Savana Estépica Arborizada	413938	9493614
7	AID	Savana Estépica Arborizada	411910	9494960
8	AID	Savana Estépica Arborizada	415265	9492768
9	AID	Savana Estépica Arborizada	415434	9493726

PONTOS	LOCALIZAÇÃO	FITOFISIONOMIA	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000	
			L	N
10	ADA	Savana Estépica Arborizada	414788	9494455
11	AID	Savana Estépica Arborizada	414210	9495960
12	AID	Savana Estépica Florestada	415915	9495830
13	AID	Savana Estépica Arborizada	416494	9492018
14	AID	Savana Estépica Arborizada	416836	9491880
15	ADA	Savana Estépica Arborizada	414910	9492960
18B	AID	Savana Estépica Florestada	412503	9494306

A identificação de espécies vegetais ameaçadas, encontradas no levantamento da vegetação, foi realizada por meio de consulta aos seguintes documentos:

+ Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014, a qual publica a Lista de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção;
+ Lista das Tracheophytas ameaçadas de extinção com ocorrência em Ceará publicada pela *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN, 2021); e
+ Lista das espécies da flora com ocorrência no Brasil publicada pela *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES, 2021).

B.3. Levantamento fitossociológico

O método fitossociológico utilizado foi o de Parcelas de 10 m x 20 m (RODAL et. al. 1992), distribuídas em 24 Pontos (Áreas) de amostragem. Sendo amostrado o total de 51 parcelas. O desenho amostral da AID/ADA está sumarizado na Tabela 8.2-61

Em cada parcela foram registrados todos os indivíduos arbustivos e arbóreos inseridos com CAB (Circunferência à Altura da Base) maior ou igual a 10 cm e altura igual ou superior a 2 m, para os quais foram registrados os seguintes dados: nome vulgar, CAB e altura total (Figura 8.2-287 e Figura 8.2-288) e disponibilizados no Anexo 8.2-IV.

Os parâmetros fitossociológicos calculados foram: densidade, frequência e dominância relativas e absolutas, valores de importância – VI (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). Os índices de diversidade calculados serão o de Shannon (H') e de equabilidade (J') de Pielou. Todos os cálculos serão feitos com o auxílio do programa FITOPAC-2 (SHEPHERD, 2010).

As unidades amostrais do levantamento de dados primários investigados no presente estudo estão identificadas nos Mapa 8.2-3. Adicionalmente, são apresentados, no Mapa 8.2-4 as unidades amostrais do levantamento de campo realizado pela Arcadis em 2011.

Visando entender alguns aspectos da dinâmica populacional, serão construídos histogramas de frequência de classes de diâmetro do tronco e de classes de altura para todos os indivíduos de todas as espécies amostradas no levantamento fitossociológico.

Figura 8.2-287 - Montagem das parcelas do levantamento fitossociológico

Figura 8.2-288 -Amostragem de dados no campo.

Visando ampliar a área amostral para acessar uma maior riqueza e confirmar a estrutura vigente na comunidade na área de estudo optou-se por, em alguns casos, realizar amostragem em novos pontos distintos daqueles escolhidos para a primeira campanha. Desta forma, alguns pontos foram amostrados em ambas as campanhas e outros em apenas uma delas (vide Tabela 8.2.12). Esta estratégia amostral é compatível com a fase de diagnóstico sendo que quando do estabelecimento dos monitoramentos de longo prazo deverão ser indicadas parcelas fixas com foco no acompanhamento de possíveis variações na composição das comunidades e seus principais parâmetros indicadores de qualidade ambiental.

Tabela 8.2-61 - Pontos amostrais e parcelas amostradas por fitofisionomia na AID/ADA

PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000		CAMPANHA	FISIONOMIAS	PARCELAS	FOTO
		L	N				
1	ADA	413955	9496209	1 de 2020	Savana Estépica Arborizada	2A, 1A, 3B	
2	ADA	414583	9495733	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	3A, 4A, 1B e 2B	

PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000		CAMPANHA	FISIONOMIAS	PARCELAS	FOTO
		L	N				
3	ADA	415140	9494635	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	7A,8A, 7B, 8B	
5	ADA	416332	9494672	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	6A, 5A, 4B, 5B	

PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000		CAMPANHA	FISIONOMIAS	PARCELAS	FOTO
		L	N				
6	ADA	412968	9493683	1 de 2020	Savana Estépica Arborizada	16A, 15A	
CF1	AID	415639	949639	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	11A, 12A, 11B	

PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000		CAMPANHA	FISIONOMIAS	PARCELAS	FOTO
		L	N				
CF2	AID	412878	9496926	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	13A, 14A, 15B	
CF4	AID	416207	9496652	1 de 2020/ 2 de 2021	Savana Estépica Arborizada	9A, 10A.9B, 9BC	

PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M) - SIRGAS 2000		CAMPANHA	FISIONOMIAS	PARCELAS	FOTO
		L	N				
12	AID	415915	9495830	2 de 2021	Savana Estépica Florestada	12B, 13B, 13C, 14B	
18b	AID	412503	9494306	2 de 2021	Savana Estépica Florestada	18B, 18BC, 19B, 19BC	

400.000 410.000 420.000

9.500.000

9.490.000

Detalhe

Canindé

Santa Quitéria

Itatira

CE-366

CE-168

13A, 14A, 15B
CF2
11A, 12A 11B
9A, 10A, 9B, 9BC
2A, 1A, 3B
3A, 4A, 1B e 2B
CF4
CF1
1A
2A
12B, 13B, 13C, 14B
1
11
12
4A
2
3A
7
7A, 8A, 7B, 8B
6A, 5A, 4B, 5B
5A
10
5
18B
3
18B, 18BC, 19B, 19BC
9
6A
16A, 15A
6
15
8
13
14

Legenda

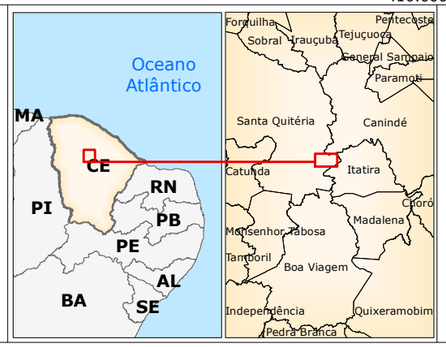
- Limite Municipal
- Rodovias
- Via Local
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Campanha

- Parcela 1ª Campanha - 2020
- 1ª Campanha de 2020/ 2ª Campanha de 2021
- Parcela 2ª Campanha - 2021

Levantamento Florístico - 2020 / 2021

- Ponto Amostral



Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidades Amostrais de Flora - Campanhas Out/Nov 2020 e Fevereiro de 2021

Mapa	Escala	Localização	
8.2-3	1:85.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	01/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

400.000 410.000 420.000

9.500.000

9.490.000

Detalhe

Canindé

Santa Quitéria

Itatira

CE-366

CE-168

Legenda

- Limite Municipal
- Rodovias
- Via Local
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Campanha

- Campanha 2011

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Arcadis, 2011.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidades Amostrais de Flora do Levantamento
Realizado em 2011

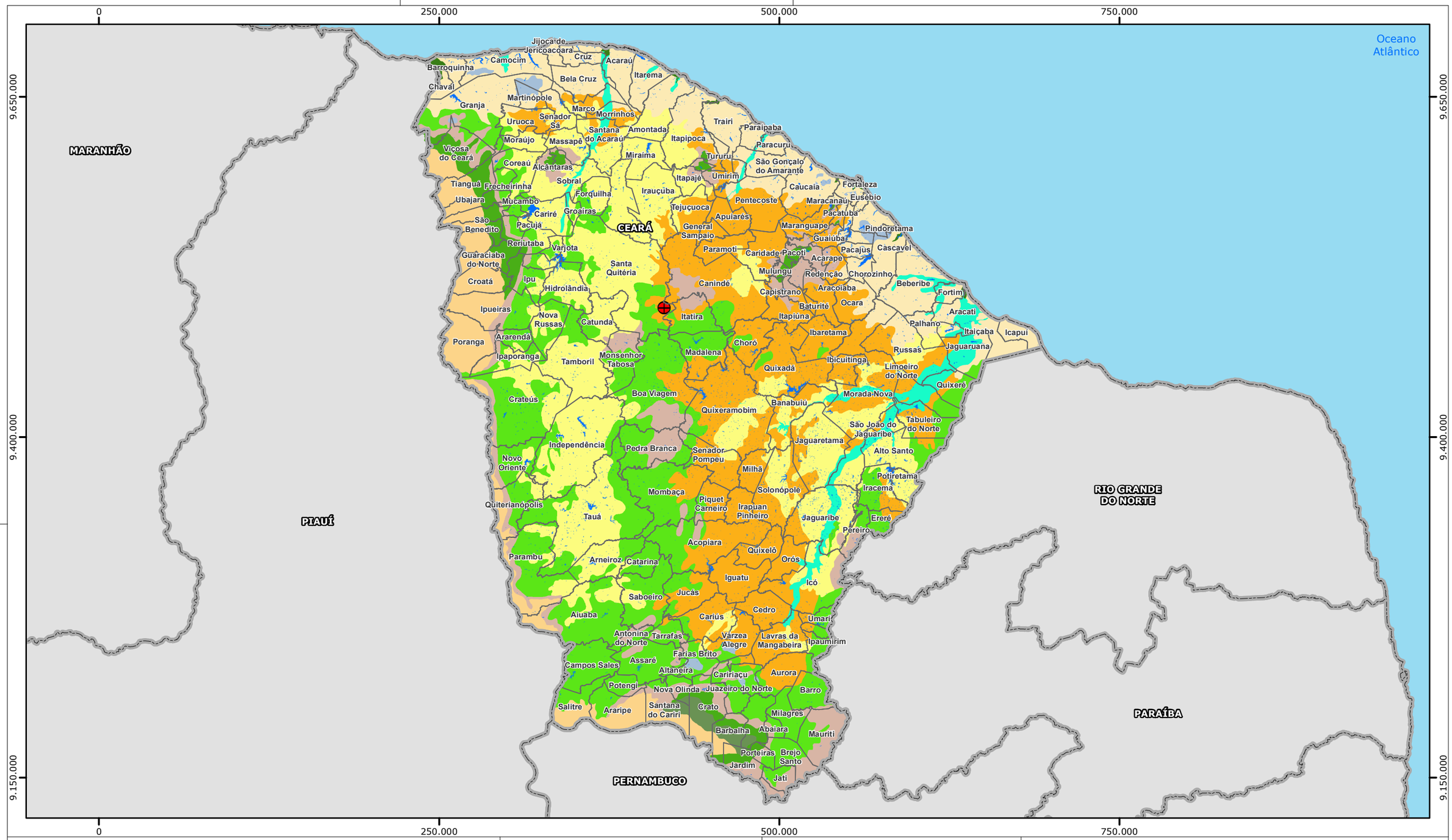
Mapa	Escala	Localização	
8.2-4	1:85.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

C. Resultados

C.1. Dados secundários

Área de Influência Indireta (AII) e Contexto Regional

De acordo com IPECE (2007) a cobertura vegetal do Estado do Ceará pode ser dividida, para fins utilitários, em onze tipos de vegetação: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea; Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Matas úmidas); Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas secas); Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga arbórea); Caatinga Arbustiva Densa; Caatinga Arbustiva Aberta; Carrasco; Floresta Perenifólia Paludosa Marítima; Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (Mata ciliar com carnaúba e dicotiledôneas); Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão) e Cerrado (Mapa 8.2-5).

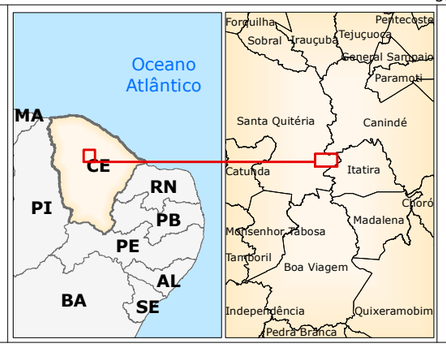


Legenda

Unidades Fitoecológicas

- CAA - Caatinga Arbustiva Aberta
- CAD - Caatinga Arbustiva Densa
- CRR - Carrasco
- CER - Cerrado
- CVL - Complexo Vegetacional da Zona Litorânea
- CA - Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea)
- VC - Floresta Mista Dicotilo-Palmaceae (Mata Ciliar com Carnaúba)
- M - Floresta Perenifólia Paludosa Maritima
- MS - Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca)
- CD - Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão)
- MU - Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida)

- Localização do Empreendimento
- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Corpo d'água



Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Unidades Fitoecológicas do Ceará (IPECE, 2015).

0 37,5 75 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará (IPECE, 2007- modificada)

Mapa	Escala	Localização	
8.2-5	1:2.750.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	05/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

Embora a caatinga do cristalino seja o tipo de vegetação mais comum no estado, ela foi curiosamente ignorada pela maioria dos estudos florísticos publicados para o Ceará e está ameaçada especialmente pelo desmatamento e pastoreio excessivo para agricultura e pecuária, retirada de lenha, produção de carvão, bem como pelo processo de desertificação, em que a degradação excessiva do ambiente faz com que haja perda de solos e a vegetação não consiga se recuperar (MORO *et. al*, 2016).

A região da AII está localizada na Depressão Sertaneja, Macrorregião do Sertão Central (IPECE, 2007), que de acordo com as delimitações proposta pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE (2004; 2012), Brasil (2016) e pelo mapa das Unidades Fitoecológicas do IPECE (2007) está sob o domínio das caatingas, abrangendo as seguintes unidades fitoecológicas: Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva Aberta e Densa).

Por conta da deficiência hídrica característica da região, a Depressão Sertaneja apresenta classes de solos pouco desenvolvidas, isto é, solos rasos, a exemplo dos luvissolos, pouco profundos, frequentemente contendo pedregosidade superficial e comumente recobertos por vegetação de caatinga do cristalino que de acordo com Figueiredo (1997) apresenta três unidades fitoecológicas: 1. Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea); 2. Caatinga Arbustiva Densa; 3. Caatinga Arbustiva Aberta (MORO *et. al*, 2016).

Na área de estudo, devido a relativa distância entre as Rodovias e cidades de maior porte, observa-se por meio das imagens de satélite (Mapa 8.2-6 e Figura 8.2-289), que a região apresenta baixas intensidades de fragmentação da cobertura vegetal, visto que a matriz de habitats é representada, principalmente, por fisionomias de Caatinga com elevado grau de conectividade, entremeadas por manchas de áreas antrópicas. Desta forma a área de estudo é considerada recoberta por uma vegetação pouco fragmentada e apresenta uma área prioritária indicada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA): Serra do Machado/Serra das Matas com prioridade e importância extremamente alta. O item 8.2.1.6 discute o cenário de fragmentação na região do Projeto Santa Quitéria, analisando o contexto atual e com a inserção do empreendimento na paisagem.

O município de Santa Quitéria, entretanto, juntamente com Irauçuba, Sobral, Miraíma, Itapajé e Canindé (Figura 8.2-289), é um dos municípios que vêm sofrendo com o processo de Degradação/Desertificação no Ceará, apresentando 71,46% da área com algum grau de degradação, o que se deve principalmente ao manejo indiscriminado da agropecuária, sendo as áreas com relevo de maior declividade as que possuem maior grau de conservação. É o caso observado nos maciços residuais, que devido ao seu menor grau de dissecação torna o

acesso e o preparo da área mais difícil para o exercício de atividades agrossilvopastoris, consequentemente limitando seu uso (VIEIRA, 2016).

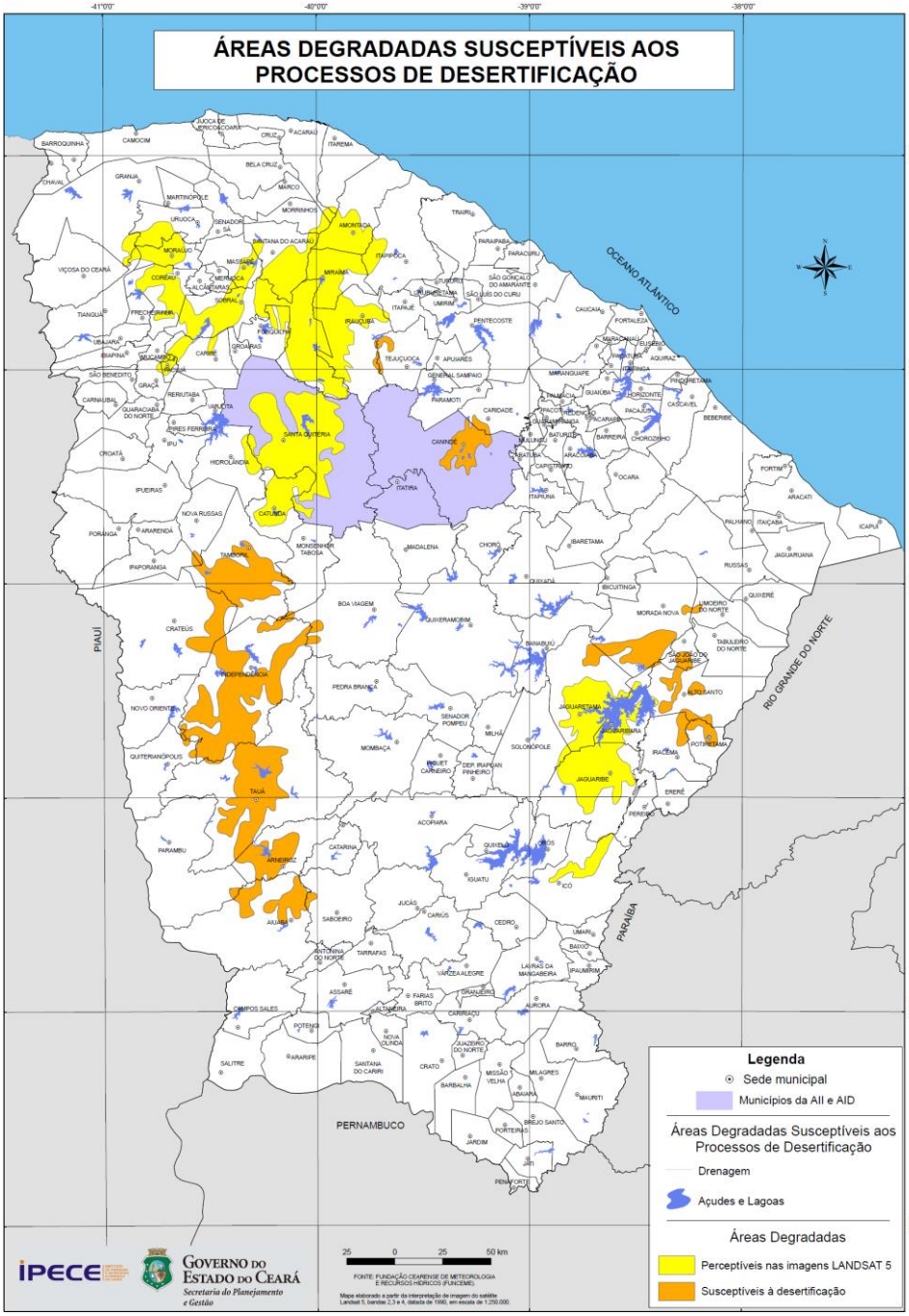
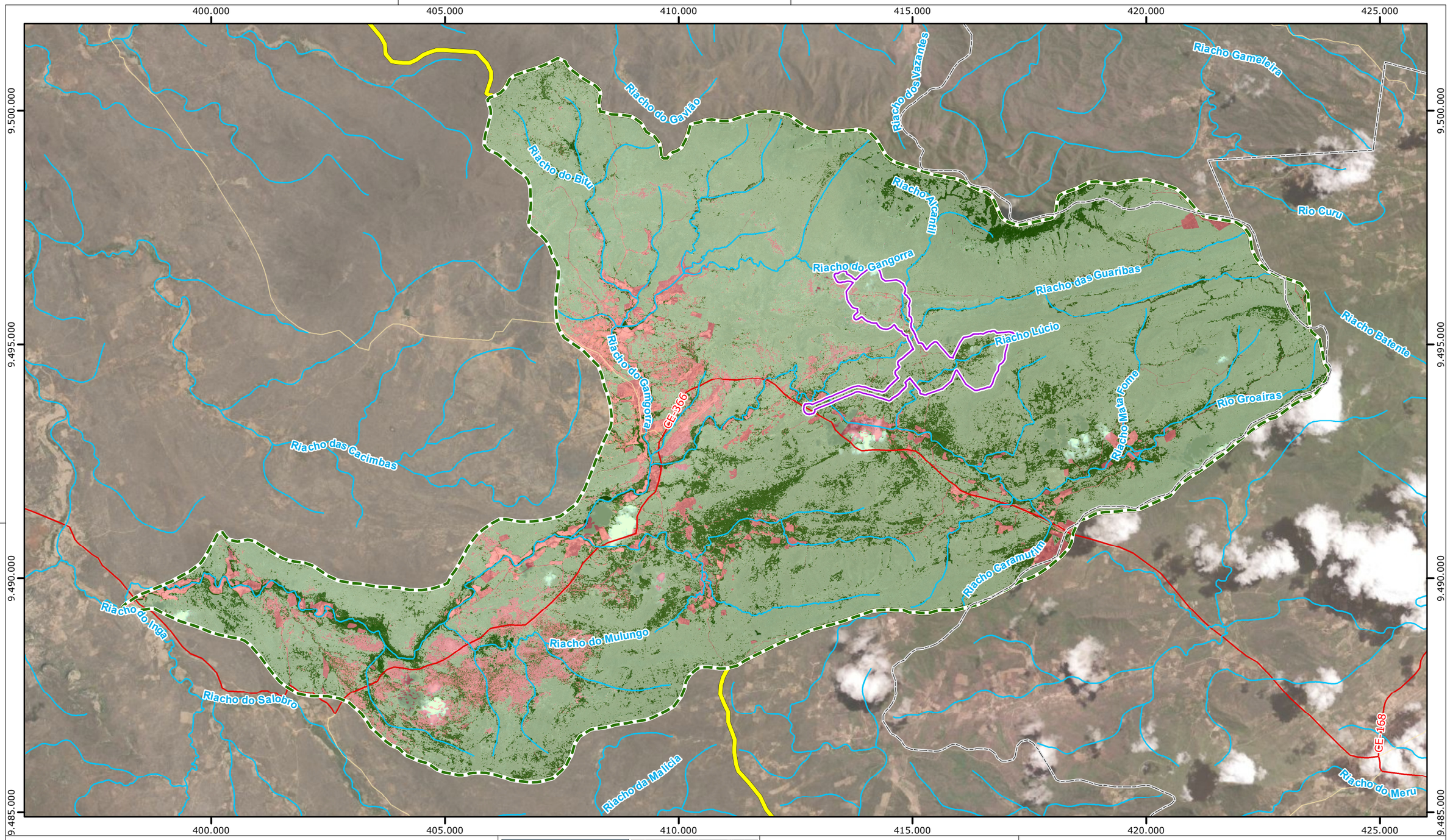


Figura 8.2-289 – Áreas susceptíveis a desertificação (IPECE, 2007) (modificada)



Legenda

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Rodovias
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Classe de Vegetação

- Savana Estépica Arborizada
- Savana Estépica Florestada

Outros Usos

- Usos Antrópicos

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Imagem CBERS 4A, 19/10/2020.
- Uso e Ocupação do Solo, Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa de Fitofisionomias identificadas
em campo na AID e ADA do Projeto Santa Quitéria

Mapa	Escala	Localização	
8.2-6	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	04/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

380.000
400.000
420.000
9.500.000
9.480.000
Santa Quitéria
Itatira
Catunda

Legenda

- Sede Municipal
- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Classes de vegetação (IBGE, 2019)

- Savana-Estépica Arborizada
- Savana-Estépica Arborizada sem Palmeiras e sem Floresta-de-galeria
- Savana-Estépica Florestada
- Pecuária (pastagem)
- Agropecuária
- Influência Urbana
- Corpo d'água

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Vegetação do Brasil (IBGE, 2019).

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa de Fitofisionomias (IBGE) na AID e ADA do Projeto Santa Quitéria

Mapa	Escala	Localização	
8.2-7	1:200.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	01/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

Estudos Pretéritos Realizados na Área de Influência Direta (AID)

Levantamento florístico e fitossociológico

De acordo com os levantamentos de campo realizados em 2011, que compuseram o primeiro Estudo de Impacto Ambiental elaborado para o Projeto Santa Quitéria (ARCADIS LOGOS, 2014) nas áreas de Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva), Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Vegetação Antrópica na AID do empreendimento, foram amostradas 39 famílias e 105 espécies, das quais 42 foram arbóreas, 17 arbustivas, 36 herbáceas e 10 trepadeiras. A família que apresentou maior número de espécies foi Fabaceae (25), seguida por Euphorbiaceae (9) e Cactaceae (7).

Na amostragem fitossociológica da Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea), as espécies mais relevantes, segundo VI, foram: o pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e o marmeleiro (*Croton sonderian*us), representando 34% do VI total, enquanto na Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) apresentaram maior VI o marmeleiro *(Croton sonderianus*) e catingueira (*Caesalpinia pyrami*dalis) (Tabela 8.2-62)

Tabela 8.2-62 - Listagem de espécies da flora encontradas nas Áreas de Influências no levantamento realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Alternantera tenella	Amaranthacea	quebra-panela	Herbácea		M	X	X	
Amburana cearensis	Fabaceae	cumaru	Arbórea	Em perigo pela IUCN	Ec, M	X	X	
Anadenanthera colubrina	Fabaceae	angico	Arbórea		O, EC		X	
Andropogon condensatus	Graminae	barba de bode	Herbácea			X	X	
Apodanthera congestiflora	Cucrubitaceae	cabeça de nego	Trepadeira			X	X	
Aspidosperma pyrifolium	Apocynaceae	pereio	Arbórea		EC	X	X	
Aspidosperma ulei	Apocynaceae	pitiá	Arbórea			X	X	
Cordia glazioviana	Boraginaceae	pau branco louro	Arbórea		Ec, M	X	X	
Cordia oncocalyx	Boraginaceae	pau branco	Arbórea		Ec	X	X	
Bauhinia cheilantha	Fabaceae	mororó	Arbórea			X	X	
Bidens bipinata	Compositae	carrapicho de agulha	Herbácea		M	X	X	X
Pachira endecaphylla	Bombacaceae	embiratanha	Arbórea		O, Ec, M	X	X	
Sideroxylon obtusifolium	Sapotaceae	quixabeira	Arbórea		M, EC	X	X	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Libidibia ferrea	Fabaceae	jucá	Arbórea		M, EC	X	X	
Cenostigma pyramidale	Fabaceae	catingueira	Arbórea		EC	X	X	X
Capparis fllexuosa	Fabaceae	feijão-brabo	Trepadeira		EC	X	X	
Cassia sericea	Fabaceae	mata-pasto	Herbácea					X

Hábito- A: arbóreo, B: arbustivo, H: herbáceo, T: Trepadeira. Espécies Ameaçadas: (IUCN, CITES, Portaria MMA 443/2014).
Ambientes: CA - Caatinga Arbustiva; CAV – Caatinga Arbórea; VA – Vegetação Antrópica. Importância: Econômico = Ec, Ornamental = O, Medicinal = M.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Cassia tetrafila	Fabaceae	maria preta	Arbórea	EC		X	X	
Ceiba glaziovii	Bombacaceae	barriguda	Arbórea	O, Ec			X	
Cenchrus echinatus	Graminae	carrapicho	Herbácea				X	X
Cereus jamacaru	Cactaceae	mandacaru	Arbustiva	O	Pouco Preocupante IUCN. CITES	X	X	X
Cleome spinosa	Capparaceae	mussambê	Arbustiva	Ec, M		X	X	
Combretum leprosum	Combretaceae	mofumbo	Arbustiva			X	X	X
Commiphora leptophloeos	Burseraceae	imburana de espinho	Arbórea	Ec, M			X	
Crateva tapia	Capparaceae	tapiá	Arbórea			X	X	
Croton campestris	Euphorbiaceae	velame	Arbustiva	M		X		

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Croton sincorensis		marmeleiro preto	Arbórea				X	
Croton sonderianus	Euphorbiaceae	marmeleiro	Arbórea			X	X	
Cucumls anguria	Cucrubitaceae	machiche	Herbácea	Ec				X
Enterolobium timbouva	Fabaceae	timbaúba	Arbórea				X	
Erythrina velutina	Fabaceae	mulungu	Arbórea	Ec, M			X	
Geoffroea spinosa	Fabaceae	umarí	Arbórea				X	
Harrisia adscendens	Cactaceae	rabo de raposa	Arbustiva				X	
Helicteris sp.	Fabaceae	anil	Herbácea	M, Ec				
Hyptis sp	Lamiaceae	melosa	Herbácea	M		X	X	X
Hyptis suaveolens	Labiatae	bamburral	Herbácea	M		X	X	X
Inga sp.	Fabaceae	ingá	Arbórea	Ec			X	
Ipomoea coccinea	Convolvulaceae	jitirana	Trepadeira	M		X	X	X
Jatropha mollissima	Euphorbiaceae	pinhão	Arbórea			X	X	X
Cnidoscolus urens	Euphorbiaceae	cansanção	Herbácea			X	X	X
Lantana camara	Verbenaceae	chumbinho	Herbácea	M		X	X	X
Lantana microphyla	Verbenaceae	alecrim do campo	Herbácea	M		X	X	X

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Licania rigida	Chrysobalanacia	oiticica	Arbórea	Ec, M		X	X	X
Luetzelburgia auriculata	Fabaceae	pau-mocó	Arbórea			X	X	
Manihot glaziovii	Euphorbiaceae	maniçoba	Arbustiva	Ec, M			X	X
Melocactus sp.	Cactaceae	coroa de frade	Herbácea	O		X	X	X
Mimosa caesalpiniifolia	Fabaceae	sabiá	Herbácea	Ec		X	X	X
Mimosa sensitiva	Fabaceae	dormideira	Herbácea			X	X	X
Mimosa sensitiva	Fabaceae	unha de gato (tiririca)	Arbustiva			X	X	X
Mimosa tenuiflora	Fabaceae	jurema-preta	Arbórea			X	X	X
Musa paradisiaca	Musaceae	bananeira	Arbustiva	Ec				X
Myracrodruon urundeuva	Anacardiaceae	aroeira	Arbórea	EC, M		X	X	X
Nephelium longana	Sapindaceae	olho de boi	Arbórea				X	
Opuntia sp.	Cactaceae	palma	Arbustiva	Ec				X
Tacinga palmadora	Cactaceae	palmatória	Arbórea		Protegida pela CITES, pouco preocupante pela IUCN	X	X	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Panicum pappofarum	Graminae	capim	Herbácea					X
Passiflora cincinnata	Passifloriaceae	maracujá do mato	Herbácea	Ec, M				X
Peschiens affinis	Apocynaceae	grão de boi	Trepadeira			X	X	X
Phaseolus sp.	Fabaceae	feijão-brabo	Herbácea	Ec		X	X	X
Physalis angulata	Solanaceae	canapú	Herbácea				X	X
Pilocereus squamosus	Cactaceae	facheiro	Arbustiva				X	X
Pilosocereus gounellei	Cactaceae	xique-xique	Arbustiva	O		X	X	X
Piptadenia stipulaceae	Fabaceae	jurema branca	Arbórea				X	
Piptocarpha rotundifolia	Asteraceae	pratudo	Arbórea	M		X	X	X
Pisonia tomentosa	Nyctaginaceae	joão mole	Arbórea	M			X	
Pithecellobium foliolosum	Fabaceae	arapiraca	Arbórea				X	
Pithecoctenium echinatum	Bignoniaceae	pente de macaco	Trepadeira			X	X	X
Portulaca oleraceae	Portulacaceae	beldroega	Herbácea	M			X	
Psidium guajava	Myrtaceae	goiabeira	Arbustiva	Ec, M		X	X	
Rauwolfia ternifolia	Apocynaceae	arrebenta boi	Arbustiva			X	X	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Sapindus saponaria	Sapindaceae	sabão de vaqueiro	Arbórea	Ec		X	X	
Sapium lanceolatum	Euphorbiaceae	burra leiteira	Arbustiva			X	X	
Sena excelsa	Fabaceae	canafístula	Arbórea	Ec			X	
Senna macranthera	Fabaceae	quebra faca	Arbórea				X	
Sida sp.	Malvaceae	malva	Herbácea	M		X	X	X
Solanum paniculatum	Solanaceae	jurubeba	Arbustiva	Ec, M		X	X	X
Spondias tuberosa	Anacardiaceae	imbuzeiro	Arbórea	Ec, M		X	X	X
Tamarindus indica	Fabaceae	tamarindo	Arbórea	Ec				X
Thurnera ulmifolia	Thurneraceae	chanana	Herbácea	M				X
Tocayena formosa	Rubiaceae	jenipapo bravo	Arbórea	Ec. M		X	X	
Triplaris gardneriana	Polygonaceae	pajeú	Arbórea			X	X	
Urena lobata	Malvaceae	guaxuma	Arbustiva			X	X	
Vernonia scabra	Compositae	mata-peixe	Herbácea			X	X	X
Wedellia scaberrima	Compositae	camará de flexa	Herbácea			X		
Ximenia coriacea	Olacaceae	ameixa brava	Arbustiva					X

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Zea mays	Garaminae	milho	Herbácea	Ec				
Zizyphus joazeiro	Rhamnaceae	juazeiro	Arbórea	Ec, M		X	X	X
Ipomaea nil	Convolvulaceae		Trepadeira			X	X	
Stigmaphyllon sp.	Malpighiaceae		Trepadeira			X	X	
Bomarea cf. Edulis	Altrosmeriaceae	birro-brabo	Herbácea			X	X	X
Cardiospermum corindum	Sapindaceae		Herbácea			X	X	
Serjania erecta	Sapindaceae	mata-fome-mansa	Trepadeira			X	X	
Portulaca cf. umbraticola	Portulacaceae	berduega	Herbácea			X	X	
Sebastiania sp.	Euphorbiaceae	pulga-de-leite	Trepadeira			X	X	
Commelina diffusa	Commelinaceae	mariana	Herbácea			X	X	
Chomelia cf. Martiana	Rubiaceae	veludo	Arbustiva			X	X	
Starchytarpheta sp.	Verbenaceae		Trepadeira			X	X	
Tabebuia roseoalba	Bignoniaceae	ipê-branco	Arbórea				X	
Wissadula amplitissima	Malvaceae		Herbácea			X	X	X
Chorcorus hirtus	Malvaceae	paratudo	Herbácea			X	X	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADAS, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	CA	CAV	VA
Cleome microcarpa	Capparaceae	mata-fome-mansa	Herbácea			X	X	
Acalypha sp.	Euphorbiaceae	berduega	Herbácea			X	X	
Mikania sp.	Asteraceae	pulga-de-leite	Herbácea			X	X	
Licania sp.	Chrysobalanaceae	mariana	Herbácea			X	X	
Indigofera sp.	Fabaceae		Herbácea			X	X	

Estruturalmente, os trechos de Caatinga Arbustiva apresentam grande concentração de indivíduos (88,5%) no intervalo de diâmetro de 5,0 a 10 cm. Embora na Caatinga Arbórea também ocorreu maior concentração de indivíduos neste intervalo, a contribuição de indivíduos com DAP acima de 10 cm foi maior. Para as alturas totais, verifica-se que na Caatinga Arbustiva todos os indivíduos encontraram-se quase que completamente no intervalo de 2 a 5 m, enquanto na Caatinga Arbórea ocorreram indivíduos nos intervalos de 2 a 5 m e de 5,1 a 10 m.

O volume de madeira foi menor na Caatinga Arbustiva do que na Caatinga Arbórea, conforme apresentado na Tabela 8.2-63

Tabela 8.2-63 – Dados de estudo fitossociológico realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) nas áreas de Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva.

PARÂMETROS	CAATINGA ARBÓREA	CAATINGA ARBUSTIVA
Área amostral (ha)	0,140 ha	0,160
Número de indivíduos amostrados	209	234
Número de parcelas	7	8
Densidade total (indivíduos/ha)	1.492	1.462
Diâmetro médio (cm)	8,5	6,0
Altura total média (m)	5,10	3,0
Volume (m^3 /ha)	78,92	32,18
Número de espécies	17	16
Número de famílias	11	10
Índice de Shannon (H')	2,12	1,65
Índice de Equabilidade (J)	0,75	0,59

Elaboração: Tetra Mais, 2021 (Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014).

C.2. Dados primários

Levantamento fitofisionômico

A seguir são apresentadas e descritas as fitofisionomias identificadas na AID e ADA do empreendimento e ao final é apresentado um quadro quantificando as tipologias para cada área, destacando as áreas com intervenção em APP.

a) Área de Influência Direta (AID)

De maneira generalizada a Área de Estudo é representada por uma matriz onde a flora é bastante homogênea, sendo formada majoritariamente por fisionomia de Savana Estépica Arborizada, intercalada por pequenos trechos de Savana Estépica Florestada, nas proximidades das drenagens e corpos d'água, bem como por áreas Antrópicas.

Desta forma, utilizando como base para as descrições das fitofisionomias a classificação proposta pelo Mapa da Vegetação Brasileira (IBGE, 2004; 2012) e o Mapa das Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará (IPECE, 2007), foi possível observar as seguintes tipologias de vegetação na ADA e AID: Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva); Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Vegetação Antrópica (Área Antrópica).

+ **Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva)**

Caracteriza-se, sobretudo, pela predominância de estrato arbustivo denso ou espaçado combinado com poucos indivíduos arbóreos de até 6m de altura, tênue cobertura herbácea e plantas espinhosas, com cactáceas baixas em torno dos arbustos (Figura 8.2-290**)**

As espécies mais frequentes, de modo geral, são: pau-branco (*Cordia oncocalyx*), bamburral (*Hyptis suaveolens*), cansanção (*Cnidoscolus urens*), xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), pereira (*Aspidosperma pyrifolium*), mofumbo (*Combretum leprosum*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*).

Figura 8.2-290 - Aspecto geral da Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) na área de estudo.

+ **Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea)**

Formada por indivíduos arbóreos de até 10 m distribuídos densa ou espaçadamente, apresentando também um estrato herbáceo e outro arbustivo perene (Figura 8.2-291).

As principais espécies são: catingueira (*Cenostigma pyramidale*), sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*), pau-branco (*Cordia oncocalyx*), pereira (*Aspidosperma pyrifolium*), imburana (*Commiphora leptophloeos*), angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*).

Figura 8.2-291- Aspecto geral da Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) na área de estudo.

+ **Vegetação Antrópica (Área Antrópica)**

Trata-se de áreas com uso do solo diferenciado onde se observa intensa influência humana, encontrando-se vegetação arbustiva - *Jatropha mollissima* (pinhão); *Croton sonderianus* (marmeleiro); *Solanum paniculatum* (jurubeba); *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), herbácea - *Hyptis suaveolens* (bamburral), *Cnidoscolus urens* (cansanção), *Sida* sp. (malva), *Sena uniflora* (mata-pasto) e outras ocupações como agricultura de sequeiro e agricultura de ciclo curto irrigado (Figura 8.2-292).

Figura 8.2-292 - Aspecto de Área Antrópica.

b) Área Diretamente Afetada (ADA)

A ADA conta com as seguintes tipologias de vegetação: Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva); Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Vegetação Antrópica (Área Antrópica).

Todas as categorias de vegetação encontradas na ADA também se apresentam na Área de Influência Direta, já tendo sido descritas no item anterior.

As características ambientais das parcelas demarcadas nas campanhas de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), novembro de 2020 e fevereiro de 2021 são apresentadas na Tabela 8.2-64.

Tabela 8.2-64 - Características ambientais das parcelas utilizadas na amostragem da AID/ADA do empreendimento.

Nº PARCELA	FORMAÇÃO VEGETAL	LOCALIZAÇÃO	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO	ESTRATO PREDOMINANTE	SOLO	SINAIS DE ANTROPIZAÇÃO	SERAPILHEIRA	FORMAS DE VIDA							
								ÁRVORES	ARBUSTOS	SUBARBUSTOS	PARASITAS	ERVAS	EPÍFITAS	HEMIEPÍFITAS	LIANAS
8B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Pedregoso	Desmatamento, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
12B	Savana Estépica Florestada	ADA	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
14B	Savana Estépica Florestada	ADA	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
13B	Savana Estépica Florestada	ADA	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
13C	Savana Estépica Florestada	ADA	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
1A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
2A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
3B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
3A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
4A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
1B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
2B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
5A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, trilhas	Espessa	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
6A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, trilhas	Espessa	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas

Nº PARCELA	FORMAÇÃO VEGETAL	LOCALIZAÇÃO	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO	ESTRATO PREDOMINANTE	SOLO	SINAIS DE ANTROPIZAÇÃO	SERAPILHEIRA	FORMAS DE VIDA							
								ÁRVORES	ARBUSTOS	SUBARBUSTOS	PARASITAS	ERVAS	EPÍFITAS	HEMIEPÍFITAS	LIANAS
4B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, trilhas	Espessa	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
5B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, trilhas	Espessa	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
7A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
8A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
7B	Savana Estépica Arborizada	ADA	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
9A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Lixo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
10A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Lixo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
9B	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Lixo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
9BC	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Lixo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
11A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, fogo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
12A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, fogo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
11B	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, fogo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
11BC	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Afloramento-rochoso	Desmatamento, fogo, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
13A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, fogo, bosqueamento, Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas

Nº PARCELA	FORMAÇÃO VEGETAL	LOCALIZAÇÃO	ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO	ESTRATO PREDOMINANTE	SOLO	SINAIS DE ANTROPIZAÇÃO	SERAPILHEIRA	FORMAS DE VIDA							
								ÁRVORES	ARBUSTOS	SUBARBUSTOS	PARASITAS	ERVAS	EPÍFITAS	HEMIEPÍFITAS	LIANAS
14A	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, fogo, bosqueamento, Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
15B	Savana Estépica Arborizada	AID	Alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, fogo, bosqueamento, Lixo, gado, trilhas	Fina	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
15A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Muito alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, Lixo, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
16A	Savana Estépica Arborizada	ADA	Muito alterada	Arbustivo	Arenoso-argiloso	Desmatamento, Lixo, gado, trilhas	Média	Poucas	Muitos	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
18B	Savana Estépica Florestada	AID	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
18BC	Savana Estépica Florestada	AID	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
19B	Savana Estépica Florestada	AID	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas
19BC	Savana Estépica Florestada	AID	Alterada	Arbórea	Afloramento-rochoso	Desmatamento, trilhas, gado	Fina	Muitas	Médio	Poucos	Poucas	Poucas	Poucas	Ausentes	Poucas

** Arcadis, 2011 ** Tetra Mais primeira campanha novembro de 2020 ***Tetra Mais segunda campanha Fevereiro de 2021.*

Considerando os levantamentos realizados são apresentadas as estimativas de dimensão da área ocupada, em valores absolutos e percentuais para cada fitofisionomia e outros ambientes presentes na Área de Influência Direta (ADA) e Área Diretamente Afetada (ADA) na Tabela 8.2-65 a seguir. Pode-se notar que tanto na Área de Influência Direta (AID) quanto na Área Diretamente Afetada (ADA) prevalece a Savana Estépica Arborizada, que totaliza aproximadamente 12.969 ha de cobertura na AID e 309,7 ha na ADA, onde aproximadamente 5 % (14,14 ha) estão localizados em Áreas de Preservação Permanente (APP). Maiores discussões e informações acerca das Áreas de Preservação Permanente (APP) serão apresentadas no item Áreas Protegidas (8.2.3).

Na Tabela 8.2-65 também é apresentado o quantitativo referente às nuvens visto que, mesmo buscando a cobertura mínima e o melhor mapeamento da vegetação, as imagens de disponíveis apresentavam alguma proporção de nuvens para essa área.

A Tabela 8.2-66 mostra a Proporção das fitofisionomias na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA) e do montante de cobertura vegetal localizado em Áreas de Preservação Permanente (APP).

Tabela 8.2-65 - Vegetação (em ha) presente na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área Diretamente Afetada (AID) e nas Áreas de Preservação Permanente (APPs)

TIPOLOGIA	AID (HA)		ADA (HA)	
	FORA APP	EM APP	FORA APP	EM APP
Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva)	12.426,17	542,21	295,56	14,14
Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea)	2.123,49	427,82	42,23	8,75
Vegetação Antrópica	1.660,96	141,50	0,00	0,00
Nuvens	128,98	8,27	0,00	0,00
Total	16.339,60	1.119,80	337,79	22,89

Tabela 8.2-66 - Proporção de Vegetação (em %) na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área Diretamente Afetada (AID) e nas Áreas de Preservação Permanente (APPs).

TIPOLOGIA	AID (%)		ADA (%)	
	FORA APP	EM APP	FORA APP	EM APP
Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva)	71	3	82	4
Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea)	12	2	12	2
Vegetação Antrópica	10	1	0	0

TIPOLOGIA	AID (%)		ADA (%)	
	FORA APP	EM APP	FORA APP	EM APP
Nuvens	1	0	0	0
Total	100,00		100,00	

Levantamento florístico

O levantamento florístico realizado revelou a presença de 39 famílias e 99 espécies. A Tabela 8.2-68 apresenta a lista de espécies, em ordem alfabética, registradas para a AID/ADA do empreendimento. Durante os trabalhos de campo, foram realizadas coletas complementares de material botânico em indivíduos que não participaram da amostragem fitossociológica. Estas coletas adicionais permitiram ampliar a composição florística da área estudada. Todos os dados coletados estão apresentados no Anexo 8.2-IV.

Observa-se que a família Fabaceae apresentou o maior número de espécies (23), seguida por Cactaceae (7) e Euphorbiaceae (6).

Neste trabalho, as seguintes espécies amostradas estão citadas nas listagens da flora ameaçadas de extinção:

+ Mandacaru (*Cereus jamacaru*) - Pouco preocupante na IUCN; CITES;
+ Palmatória (*Tacinga palmadora*) - Pouco preocupante na IUCN; CITES;
+ Cumarú (*Amburana cearenses*) - Em perigo pela IUCN.

Dentre as espécies encontradas algumas são consideradas de importância extrativistas (Tabela 8.2-67), como por exemplo: a carnaúba (*Copernicia prunifera*) - Figura 8.2-293 - cujas folhas, o caule, o talo, a fibra, o fruto e as raízes são empregadas na fabricação de inúmeros produtos artesanais e industriais e a Imburana (*Commiphora leptophloeos*) - Figura 8.2-294 - cuja madeira é utilizada para construção (LORENZI, 2000; DEMARTELAERE *et al*, 2021).

Outras espécies que merecem destaque, seja por seu valor econômico, medicinal, alimentício e ornamental, encontradas no levantamento fitossociológico estão listadas na Tabela 8.2-67 (LORENZI, 2000; BRASIL 2016; SOBREIRA, 2019; GUIMARÃES *et al.*, 2013; RIBASKI *et al.*, 2003). Não foram registradas espécies de interesse científico ou de valor ecológico significativo. Tampouco há legislação apontando espécies imunes ao corte no Ceará.

Figura 8.2-293 - Indivíduo de carnaúba (*Copernicia prunifera*)

Figura 8.2-294 - Aspecto do tronco de Imburana (*Commiphora leptophloeos*).

Tabela 8.2-67 - Espécies de interesse extrativista encontradas na amostragem fitossociológica

ESPÉCIES	NOME POPULAR	PARCELAS DE AMOSTRAGEM	INTERESSE EXTRATIVISTA
Anadenanthera colubrina	angico	4A, 1, 10, 15, 1B, 14B, 12B, 18BC, 19BC	madeira, indústria, medicinal
Aspidosperma pyrifolium	pereira	3A, 4A, 5A, 6A, 8A, 9A, 10A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A, 5,6 12, 15, 19BC, 19B, 15B, 3B, 11BC, 11B, 9B, 5B, 8B	madeira
Bauhinia cheilantha	mororó	9A, 10A, 11A,12A, 13A, 15A, 3, 8, 10, 13, 14	alimentação para os animais, medicina e madeira
Pachira endecaphylla	embiratanha	14	medicinal
Cenostigma pyramidale	catingueira	1A, 2A, 3A, 4A, 7A, 8A, 9A,10A, 11A, 12ª, 15B, 3B, 2B, 1B, 9b,9BC, 5B, 5B, 14B, 13C, 18BC, 19B	alimentação para os animais, medicina e madeira
Combretum leprosum	mofumbo	12, 2, 6, 7	medicinal
Commiphora leptophloeos	imburana	2A, 3A, 7A, 8A,9A, 10A, 12ª, 3B, 19B, 18B	artesanato e, em pequena escala, para lenha e carvão, além de uso medicinal como fitoterápico, nidificação de abelhas nativas, popularmente conhecidas como abelhas sem ferrão
Cordia oncocalyx	pau-branco	1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12ª, 14B, 12B, 13B, 19BC, 18B, 19B, 13C, 18BC,	medicina e madeira

ESPÉCIES	NOME POPULAR	PARCELAS DE AMOSTRAGEM	INTERESSE EXTRATIVISTA
		15B, 1B, 2B, 11B, 9B, 9BC, 5B, 7B, 8B	
Croton sonderianus	marmeleiro	10ª, 11B, 5B, 7B	madeira, alimentação para animais, medicinal, flores fonte de néctar para as abelhas
Cynophalla flexuosa	mussambê	15	alimentação para os animais
Guapira tomentosa	tancagara	15	
Jatropha mollissima	pinhão	1A,2A, 4A, 5A, 6A, 9A, 12A, 13a, 1, 3, 5, 14, 12B,19BC, 19B, 3B, 1B, 2B, 11BC	medicinal
Libidibia ferrea	pau-ferro	5A, 6A, 15, 9BC, 13C, 19B	alimentação para os animais, medicina e madeira
Manihot carthaginensis	maniçoba	9A, 10A	alimentação para os animais
Mimosa caesalpiniifolia	sabiá	6A, 7A, 8A, 9A, 10A, 11A, 13A, 15A, 13,14, 15B,1B, 11BC, 11B, 9B, 9BC, 4B, 7B, 8B	alimentação para os animais, medicina e madeira
Mimosa tenuiflora	jurema-preta	3A, 5A, 8A, 11A, 12A, 14ª, 15B, 3B, 11BC, 4B, 14B, 13B, 19BC	madeira, medicinal
Myracrodruon urundeuva	aroeira	3A, 5A, 9A, 11A, 12A, 13A, 4, 10, 13, 15, 19BC, 1B, 2B, 9B	madeira, indústria de curtume, medicinal
Piptadenia stipulaceae	jurema-branca	1, 7, 9, 12, 13, 15	alimentação para os animais, medicina e madeira
Pseudobombax marginatum	embira	13A	medicinal
Sapium glandulosum	leiteira	11	medicina, indústria de borracha, apícola, madeira
Zizyphus joazeiro	juazeiro	5,7,12, 15B, 11BC, 14B, 12B, 13C	indústria sabão e pasta; alimentação para animais

Tabela 8.2-68 - Listagem de espécies da flora encontrada nas Áreas de Influência Indireta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Santa Quitéria

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Acalypha sp.	Euphorbiaceae	berduega	Herbácea					X	X		AID	
Alternanthera tenella	Amaranthacea	quebra-panela	Herbácea		M			X	X		AID	
Amburana cearensis	Fabaceae	cumaru	Arbórea	Em perigo pela IUCN	Ec, M			X	X		AID	ADA
Amphilophium crucigerum	Bignoniaceae	pente de macaco	Trepadeira					X	X	X	AID	ADA
Anadenanthera colubrina	Fabaceae	angico	Arbórea		O, EC				X		AID	ADA
Sapium glandulosum	Euphorbiaceae	burra leiteira	Arbustiva					X	X		AID	
Aspidosperma pyrifolium	Apocynaceae	pereio	Arbórea		EC	fruto		X	X		AID	ADA
Aspidosperma ulei	Apocynaceae	pitiá	Arbórea					X	X		AID	
Bauhinia cheilantha	Fabaceae	mororó	Arbórea					X	X		AID	ADA
Bidens bilosa	Compositae	carrapicho de agulha	Herbácea		M			X	X	X	AID	
Bomarea cf. edulis	Altrosmeriaceae	birro-brabo	Herbácea					X	X	X	AID	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Cardiospermum corindum	Sapindaceae		Herbácea					X	X		AID	
Cenostigma pyramidale	Fabaceae	catingueira	Arbórea		EC			X	X	X	AID	ADA
Cereus jamacaru	Cactaceae	mandacarú	Arbórea	Pouco Preocupante IUCN. CITES								
Chloroleucon foliolosum	Fabaceae	arapiraca	Arbórea		Ec, M				X		AID	
Chomelia cf. Martiana	Rubiaceae	veludo	Arbustiva					X	X		AID	
Chorcorus hirtus	Malvaceae	paratudo	Herbácea					X	X		AID	ADA
Cnidoscolus urens	Euphorbiaceae	cansanção	Herbácea			fruto		X	X	X	AID	
Combretum leprosum	Combretaceae	mofumbo	Arbustiva		Ec, M			X	X	X	AID	ADA
Commelina diffusa	Commelinaceae	mariana	Herbácea					X	X		AID	
Commiphora leptophloeos	Burseraceae	imburana	Arbórea		Ec, M			X	X		AID	ADA
Copernicia prunifera	Arecaceae	carnaúba	Palmeira		Ec, M					X	AID	ADA

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Cordia glazioviana	Boraginaceae	pau branco louro	Arbórea		Ec, M			X	X		AID	
Cordia oncocalyx	Boraginaceae	pau branco	Arbórea		Ec	fruto	fruto	X	X		AID	ADA
Croton sonderianus	Euphorbiaceae	marmeleiro	Arbustiva		Ec, M			X	X		AID	ADA
Cynophalla flexuosa	Fabaceae	feijão-brabo	Trepadeira		EC			X	X		AID	ADA
Dimocarpus longan	Sapindaceae	olho de boi	Arbórea						X		AID	
Doyerea emetocathartica	Cucrubitaceae	cabeça de nego	Trepadeira					X	X		AID	ADA
Erythrina velutina	Fabaceae	mulungu	Arbórea		Ec, M				X		AID	
Geoffroea spinosa	Fabaceae	umarí	Arbórea						X		AID	
Guapira tomentosa	Nyctaginaceae	joão mole	Arbórea		M				X		AID	
Harrisia adscendens	Cactaceae	rabo de raposa	Arbustiva						X		AID	ADA
Helicteris sp.	Fabaceae	anil	Herbácea		M, Ec						AID	ADA
Hyptis s.	Lamiaceae	melosa	Herbácea		M			X	X	X	AID	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Hyptis suaveolens	Labiatae	bamburral	Herbácea		M			X	X	X	AID	
Indigofera sp.	Fabaceae		Herbácea					X	X		AID	ADA
Inga sp.	Fabaceae	ingá	Arbórea		Ec				X		AID	ADA
Ipomaea nil	Convolvulaceae		Trepadeira					X	X		AID	
Ipomoea coccinea	Convolvulaceae	jitirana	Trepadeira		M			X	X	X	AID	
Jatropha mollissima	Euphorbiaceae	pinhão	Arbórea				flor	X	X	X	AID	ADA
Lantana camara	Verbenaceae	Chumbinho	Herbácea		M			X	X	X		ADA
Lantana microphyla	Verbenaceae	alecrim do campo	Herbácea		M			X	X	X		
Libidibia ferrea	Fabaceae	jucá	Arbórea		M, EC			X	X		AID	ADA
Licania sp.	Chrysobalanaceae	mariana	Herbácea					X	X			ADA
Luetzelburgia auriculata	Fabaceae	pau-mocó	Arbórea					X	X			ADA
Manihot glaziovii	Euphorbiaceae	maniçoba	Arbustiva		Ec, M				X	X	AID	ADA
Melocactus sp.	Cactaceae	coroa de frade	Herbácea		O			X	X	X	AID	ADA

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Melochia pyramidata	Malvaceae		Arbustiva		Ec				X	X	AID	ADA
Microdesmia rigida	Chrysobalanacia	oiticica	Arbórea		Ec, M			X	X	X	AID	ADA
Mikania sp.	Asteraceae	pulga-de-leite	Herbácea					X	X			ADA
Mimosa caesalpiniifolia	Fabaceae	sabiá	Herbácea		Ec			X	X	X	AID	ADA
Mimosa sensitiva	Fabaceae	dormideira	Herbácea					X	X	X	AID	ADA
Mimosa tenuiflora	Fabaceae	jurema-preta	Arbórea					X	X	X	AID	ADA
Musa paradisiaca	Musaceae	bananeira	Arbustiva		Ec					X	AID	
Myracrodruon urundeuva	Anacardiaceae	aroeira	Arbórea		EC, M			X	X	X	AID	ADA
Opuntia sp.	Cactaceae	palma	Arbustiva		Ec					X	AID	
Pachira endecaphylla	Bombacaceae	embiratanha	Arbórea		O, Ec, M			X	X		AID	
Passiflora cincinnata	Passifloriaceae	maracujá do mato	Herbácea		Ec, M					X	AID	
Phaseolus sp.	Fabaceae	feijão-brabo	Herbácea		Ec			X	X	X	AID	
Physalis angulata	Solanaceae	canapú	Herbácea						X	X	AID	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Pilocereus squamosus	Cactaceae	facheiro	Arbustiva						X	X	AID	
Pilosocereus gounellei	Cactaceae	xique-xique	Arbustiva		O			X	X	X	AID	ADA
Piptadenia stipulacea	Fabaceae	jurema branca	Arbustiva						X		AID	ADA
Piptocarpha rotundifolia	Asteraceae	pratudo	Arbórea		M			X	X	X	AID	ADA
Portulaca cf. umbraticola	Portulacaceae	berduega	Herbácea					X	X		AID	
Portulaca oleraceae	Portulacaceae	beldroega	Herbácea		M				X		AID	ADA
Prosopis juliflora	Fabaceae	algaroba	Arbórea		Ec, M					X	AID	ADA
Pseudobombax marginatum	Malvaceae	embira	Arbórea		M			X	X		AID	ADA
Psidium guajava	Myrtaceae	goiabeira	Arbustiva		Ec, M			X	X		AID	
Rauwolfia ternifolia	Apocynaceae	arrebenta boi	Arbustiva					X	X		AID	
Sapindus saponaria	Sapindaceae	sabão de vaqueiro	Arbórea		Ec			X	X		AID	
Schizachyrium condensatums	Poaceae	barba de bode	Herbácea					X	X		AID	ADA

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Sebastiania sp.	Euphorbiaceae	pulga-de-leite	Trepadeira					X	X		AID	
Sena excelsa	Fabaceae	canafístula	Arbórea		Ec				X		AID	
Senna macranthera	Fabaceae	quebra faca	Arbórea						X		AID	ADA
Senna uniflora	Fabaceae	mata-pasto	Herbácea							X	AID	
Serjania erecta	Sapindaceae	mata-fome-mansa	Trepadeira					X	X		AID	ADA
Sida sp.	Malvaceae	malva	Herbácea		M			X	X	X	AID	ADA
Sideroxylon obtusifolium	Sapotaceae	quixabeira	Arbórea		M, EC			X	X		AID	ADA
Solanum paniculatum	Solanaceae	jurubeba	Arbustiva		Ec, M			X	X	X	AID	ADA
Spondias tuberosa	Anacardiaceae	imbuzeiro	Arbórea		Ec, M			X	X	X	AID	
Starchytarpheta sp.	Verbenaceae		Trepadeira					X	X			ADA
Stigmaphyllon sp.	Malpighiaceae		Trepadeira					X	X		AID	
Tabebuia roseoalba	Bignoniaceae	ipê-branco	Arbórea						X		AID	ADA

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Tabernaemontana catharinensis	Apocynaceae	grão de boi	Trepadeira					X	X	X	AID	
Tacinga palmadora	Cactaceae	palmatória	Arbórea	Protegida pela CITES, pouco preocupante pela IUCN				X	X		AID	
Tamarindus indica	Fabaceae	tamarindo	Arbórea		Ec					X	AID	
Tarenaya microcarpa	Capparaceae	mata-fome-mansa	Herbácea					X	X		AID	ADA
Tocayena formosa	Rubiaceae	jenipapo bravo	Arbustiva		Ec. M			X	X		AID	
Trichanthecium parvifolium	Poaceae	capim	Herbácea							X	AID	
Triplaris gardneriana	Polygonaceae	pajeú	Arbórea					X	X		AID	
Turnera ulmifolia	Thurneraceae	chanana	Herbácea		M					X	AID	
Urena lobata	Malvaceae	guaxuma	Arbustiva					X	X		AID	
Vernonia scabra	Compositae	mata-peixe	Herbácea					X	X	X		ADA
Wedellia scaberrima	Compositae	camará de flexa	Herbácea					X			AID	

ESPÉCIE	FAMÍLIA	NOME POPULAR	HÁBITO	ESPÉCIES AMEAÇADA, RARAS E ENDÊMICAS	IMPORTÂNCIA	ESTÁGIO REPRODUTIVO		AMBIENTES			ÁREA DE INFLUÊNCIA	
						CAMPANHA 1	CAMPANHA 2	SA	SF	VA		
Wissadula amplissima	Malvaceae		Herbácea					X	X	X	AID	ADA
Ximenia coriacea	Olacaceae	ameixa brava	Arbustiva							X	AID	
Zea mays	Poaceae	milho	Herbácea		Ec						AID	
Zizyphus joazeiro	Rhamnaceae	juazeiro	Arbórea		Ec, M			X	X	X	AID	ADA

Legenda: Hábito- A: arbóreo, B: arbustivo, H: herbáceo, T: Trepadeira. Espécies Ameaçadas: (IUCN, CITES, Portaria MMA 443/2014). Ambientes: SA – Savana Estépica Arborizada; SF – Savana Estépica Florestada; VA – Vegetação Antrópica. Importância: econômico = Ec, ornamental = O, medicinal = M.

Levantamento fitossociológico

A vegetação de Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) apresenta riqueza representada por 12 espécies e 8 famílias, sendo Fabaceae a família mais rica representada por 5 espécies.

Em relação à estrutura, esta fitofisionomia apresenta diâmetro médio de 16,00 cm. A distribuição diamétrica (Figura 8.2-295) mostra que a Caatinga Arbórea é composta por árvores de pequeno porte com grande concentração de indivíduos com até 10 cm de diâmetro (69,78 %).

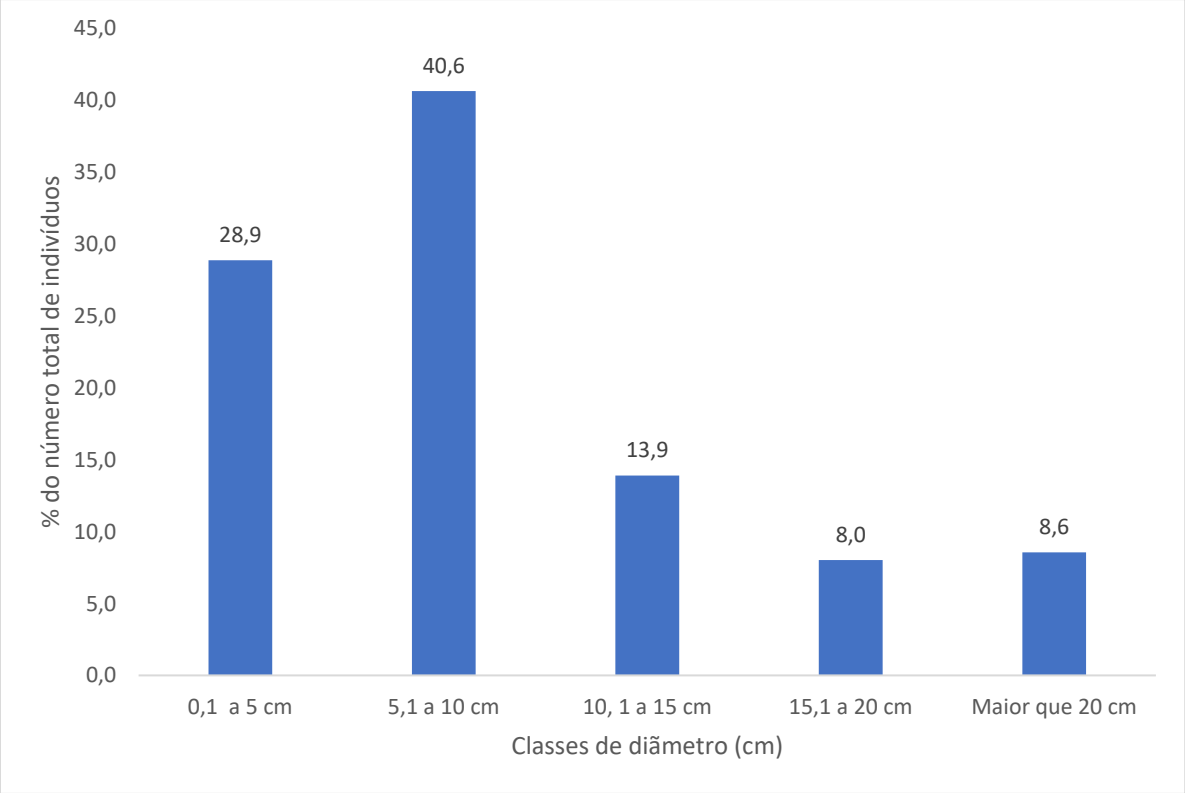


Figura 8.2-295- Distribuição das classes de diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea).

Para as classes de altura, observa-se a maior concentração de indivíduos (96,5%) até 10 m, demonstrando elevada densidade de indivíduos de pequeno porte.

Na amostragem fitossociológica, as espécies mais relevantes, segundo valores de importância (VI), foram: o pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e o angico (*Anadenanthera colubrina*), representando juntas o VI de 141,85% (Figura 8.2-296).

O pau-branco (*Cordia oncocalyx*) é uma espécie da Caatinga do Nordeste, principalmente do Ceará. Sua ocorrência restringe-se a solos de melhor qualidade, produzindo anualmente grande quantidade de sementes viáveis (Lorenzi, 2000).

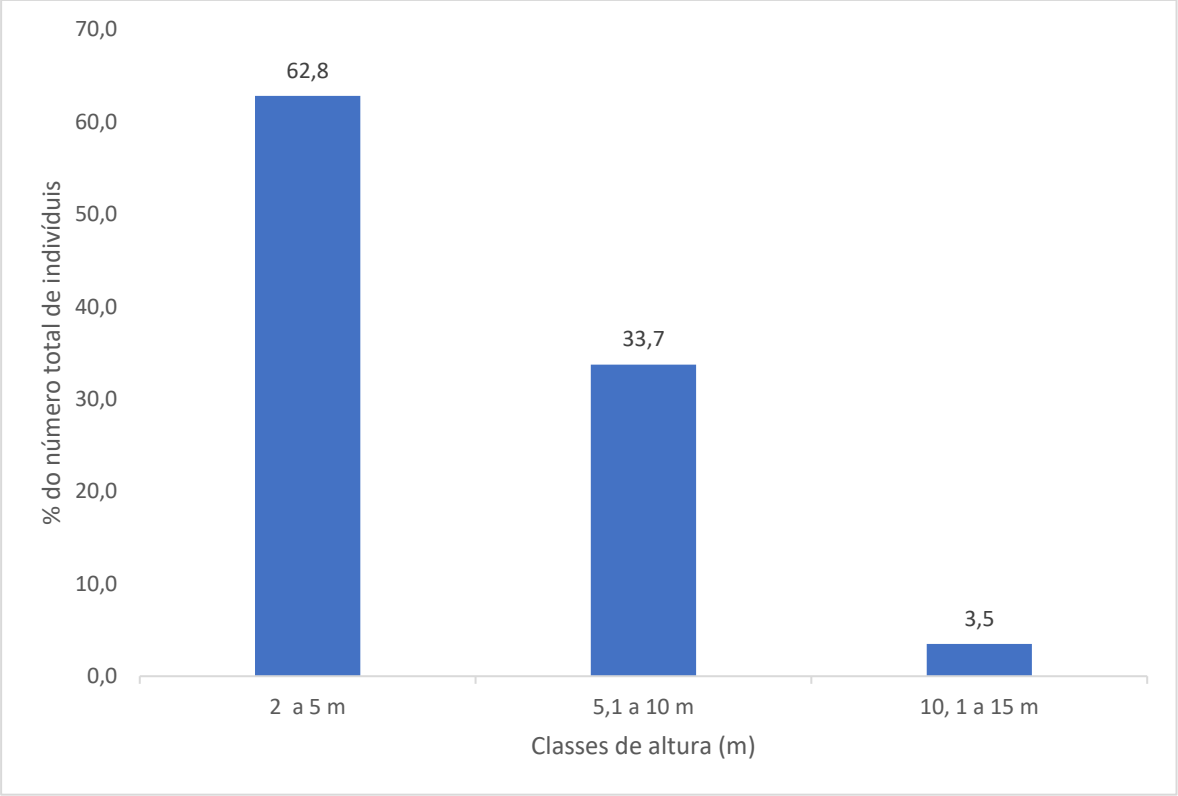


Figura 8.2-296 - Distribuição das classes de altura diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea).

Tabela 8.2-69 - Dados fitossociológicos da amostragem.

ESPÉCIES	NI	DA	DR	NO	FA	FR	DOA	DOR	VI	VC
Cordia oncocalyx	224	400	39,65	25	89,29	14,79	6,66	42,27	96,71	81,92
Mimosa caesalpiniifolia	73	130,4	12,92	21	75	12,43	1,88	11,93	37,28	24,85
morta	62	110,7	10,97	19	67,86	11,24	1,89	12	34,22	22,98
Cenostigma pyramidale	46	82,1	8,14	21	75	12,43	1,39	8,8	29,37	16,94
Aspidosperma pyrifolium	45	80,4	7,96	20	71,43	11,83	0,45	2,87	22,67	10,83
Myracrodruon urundeuva	10	17,9	1,77	9	32,14	5,33	1,3	8,23	15,33	10
Jatropha mollissima	34	60,7	6,02	12	42,86	7,1	0,08	0,51	13,63	6,53
Commiphora leptophloeos	11	19,6	1,95	10	35,71	5,92	0,69	4,38	12,24	6,32

ESPÉCIES	NI	DA	DR	NO	FA	FR	DOA	DOR	VI	VC
Bauhinia cheilantha	27	48,2	4,78	6	21,43	3,55	0,29	1,86	10,19	6,64
Mimosa tenuiflora	12	21,4	2,12	8	28,57	4,73	0,45	2,88	9,74	5
Croton sonderianus	7	12,5	1,24	5	17,86	2,96	0,06	0,36	4,55	1,6
Zizyphus joazeiro	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,45	2,87	4,41	3,23
Libidibia ferrea	4	7,1	0,71	3	10,71	1,78	0,07	0,44	2,92	1,15
Manihot carthaginensis	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,04	0,25	1,79	0,6
Anadenanthera colubrina	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,04	0,24	1,77	0,59
Manihot glaziovii	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,01	0,07	1,61	0,42
Pseudobombax marginatum	1	1,8	0,18	1	3,57	0,59	0,01	0,03	0,8	0,21
Indeterminada sp.	1	1,8	0,18	1	3,57	0,59	0,01	0,01	0,78	0,19

NI: número de indivíduos; NO: número de ocorrências; DA; densidade Absoluta; FA: frequência absoluta; DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; DoR: dominância relativa; DoA: dominância absoluta; VC: Valor de cobertura e VI: Valor de importância.

Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) - ADA e AID

A amostragem fitossociológica realizada na Caatinga Arbustiva apontou 17 espécies de 9 famílias. A família mais rica foi Fabaceae com 6 espécies.

Esta fitofisionomia apresenta um diâmetro médio de 11,7 cm. A distribuição diamétrica (Figura 8.2-297) revela que 78,7% dos indivíduos amostrados está concentrada entre 5 e 10 cm de diâmetro e somente 21,3% acima deste valor.

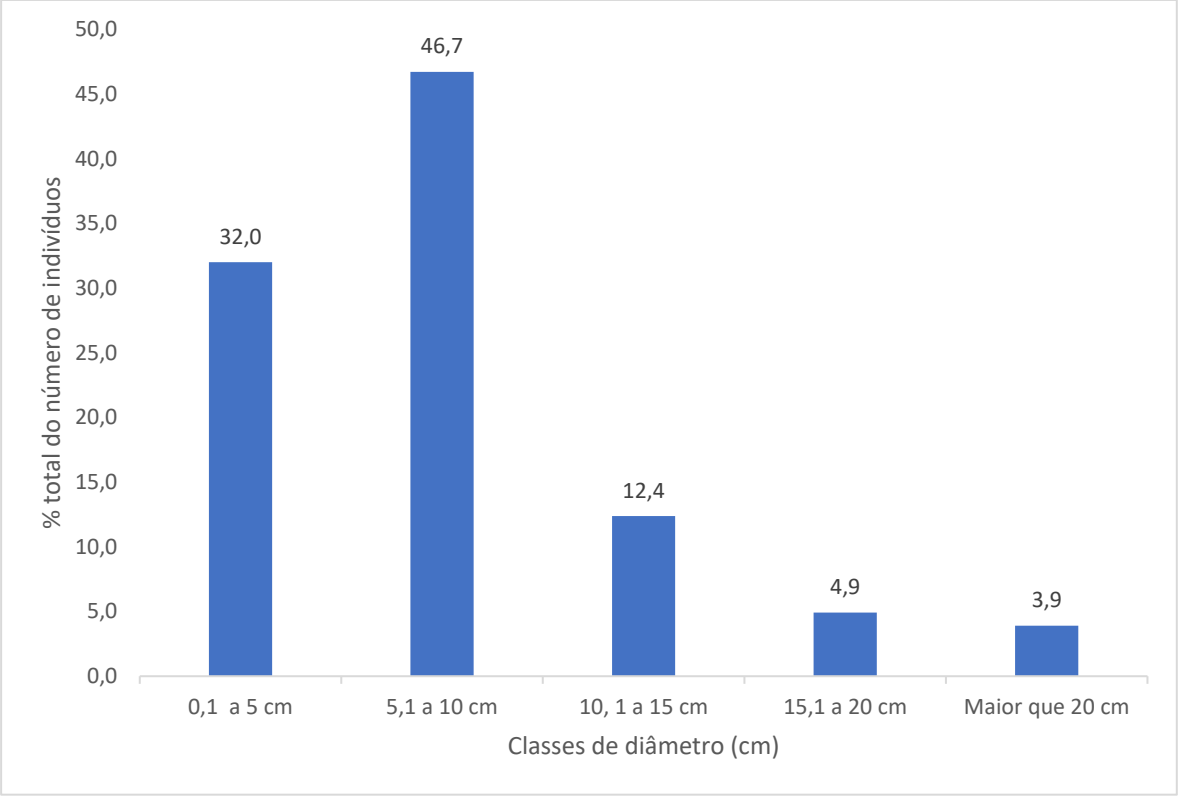


Figura 8.2-297 - Distribuição das classes de diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva).

A altura média foi de 3,3 m e a distribuição de alturas totais (Figura 8.2-298) mostrou que quase a totalidade dos indivíduos apresentam alturas entre 2,0 e 5,0m (90,18%) e que apenas 9,82% apresentam altura maior que 5,0 m.

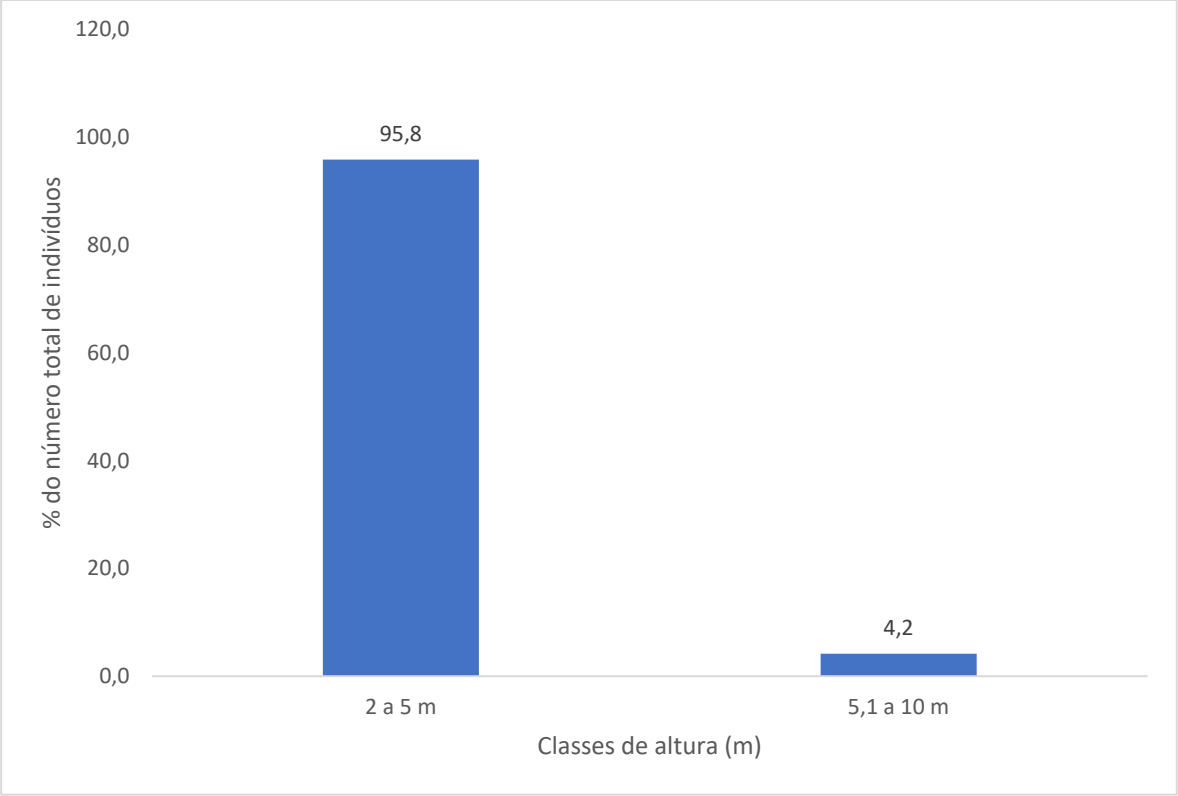


Figura 8.2-298 - Distribuição das classes de altura diâmetro dos indivíduos amostrados na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva).

As espécies mais relevantes segundo VI são pau-branco (*Cordia oncocalyx*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*) com 134,5% do VI total (Tabela 8.2-70).

Tanto pau-branco (*Cordia oncocalyx*) como o sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*) destacaram-se pela densidade e frequência relativa alta, ou seja, foram amostrados muitos indivíduos desta espécie em várias unidades amostrais.

Tabela 8.2-70 - Dados fitossociológicos da amostragem.

ESPÉCIES	NI	DA	DR	NO	FA	FR	DOA	DOR	VI	VC
Cordia oncocalyx	224	400	39,65	25	89,29	14,79	6,66	42,27	96,71	81,92
Mimosa caesalpiniifolia	73	130,4	12,92	21	75	12,43	1,88	11,93	37,28	24,85
morta	62	110,7	10,97	19	67,86	11,24	1,89	12	34,22	22,98
Cenostigma pyramidale	46	82,1	8,14	21	75	12,43	1,39	8,8	29,37	16,94
Aspidosperma pyrifolium	45	80,4	7,96	20	71,43	11,83	0,45	2,87	22,67	10,83

ESPÉCIES	NI	DA	DR	NO	FA	FR	DOA	DOR	VI	VC
Myracrodruon urundeuva	10	17,9	1,77	9	32,14	5,33	1,3	8,23	15,33	10
Jatropha mollissima	34	60,7	6,02	12	42,86	7,1	0,08	0,51	13,63	6,53
Commiphora leptophloeos	11	19,6	1,95	10	35,71	5,92	0,69	4,38	12,24	6,32
Bauhinia cheilantha	27	48,2	4,78	6	21,43	3,55	0,29	1,86	10,19	6,64
Mimosa tenuiflora	12	21,4	2,12	8	28,57	4,73	0,45	2,88	9,74	5
Croton sonderianus	7	12,5	1,24	5	17,86	2,96	0,06	0,36	4,55	1,6
Zizyphus joazeiro	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,45	2,87	4,41	3,23
Libidibia ferrea	4	7,1	0,71	3	10,71	1,78	0,07	0,44	2,92	1,15
Manihot carthaginensis	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,04	0,25	1,79	0,6
Anadenanthera colubrina	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,04	0,24	1,77	0,59
Manihot glaziovii	2	3,6	0,35	2	7,14	1,18	0,01	0,07	1,61	0,42
Pseudobombax marginatum	1	1,8	0,18	1	3,57	0,59	0,01	0,03	0,8	0,21
Indeterminada sp.	1	1,8	0,18	1	3,57	0,59	0,01	0,01	0,78	0,19

NI: número de indivíduos; NO: número de ocorrências; DA; densidade Absoluta; FA: frequência absoluta; DR: densidade relativa; FR: frequência relativa; DoR: dominância relativa; DoA: dominância absoluta; VC: Valor de cobertura e VI: Valor de importância.

Comparação entre as amostragens

No levantamento florístico e fitossociológico foram registradas 99 espécies no conjunto das amostragens realizadas, sendo o número de espécies encontrado na Caatinga Arbórea proporcional ao da Caatinga Arbustiva, isso porque grande parte das espécies são comuns às duas fitofisionomias. O volume de madeira foi menor na Caatinga Arbustiva. Esse resultado é esperado, pois predominam árvores de maior porte na Caatinga Arbórea (Tabela 8.2-71).

Comparando-se a riqueza de espécies e os índices de diversidade (H' e J), a amostragem feita apresenta valores de diversidade muito semelhantes para as duas amostras, encontrando-se no intervalo daqueles obtidos em outros estudos realizados em formações tropicais (Tabela 8.2-71).

O índice de Shannon (H') é calculado com base no número de espécies totais amostradas e a contribuição relativa de cada espécie para a comunidade (por exemplo, densidade relativa ou área basal relativa). Quanto mais baixo for o valor de H' (aproximando-se de zero), menor a diversidade, e por consequência, maior a dominância ecológica. Isso significa que a comunidade é dominada por uma ou poucas espécies.

O valor para o índice de equabilidade (J) foi de 0,7 para a Caatinga Arbustiva e Arbórea. O índice de equabilidade varia de zero a um. Os valores altos indicam ausência de dominância de espécies, ou seja, uma distribuição razoavelmente equilibrada entre número de espécies e número de indivíduos. Quando o J se aproxima de zero, significa que existe uma ou poucas espécies dominando a comunidade.

Tabela 8.2-71 - Dados comparativos entre as amostragens fitossociológicas de Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) do presente estudo e do estudo realizado em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

PARÂMETROS	2020 E 2021		2011 (ARCADIS LOGOS, 2014)	
	SAVANA ESTÉPICA FLORESTADA (CAATINGA ARBÓREA)	SAVANA ESTÉPICA ARBORIZADA (CAATINGA ARBUSTIVA)	SAVANA ESTÉPICA FLORESTADA (CAATINGA ARBÓREA)	SAVANA ESTÉPICA ARBORIZADA (CAATINGA ARBUSTIVA)
Área amostral (ha)	0,14	0,56	0,14	0,16
Número de indivíduos amostrados	85	565	209	234
Número de parcelas	7	28	7	8
Diâmetro médio (cm)	16,00	11,7	8,5	6,0
Altura total média (m)	5,24	3,3	5,10	3,0
Volume (m^3 /ha)	158,32	66,17	78,92	32,18
Número de espécies	12	17	17	16

PARÂMETROS	2020 E 2021		2011 (ARCADIS LOGOS, 2014)	
	SAVANA ESTÉPICA FLORESTADA (CAATINGA ARBÓREA)	SAVANA ESTÉPICA ARBORIZADA (CAATINGA ARBUSTIVA)	SAVANA ESTÉPICA FLORESTADA (CAATINGA ARBÓREA)	SAVANA ESTÉPICA ARBORIZADA (CAATINGA ARBUSTIVA)
Número de famílias	8	9	11	10
Índice de Shannon (H')	1,88	2,06	2,12	1,65
Índice de Equabilidade (J)	0,7	0,7	0,75	0,59

O comportamento das curvas do coletor para as duas fisionomias tendeu à estabilização (formação de um patamar) a partir da 4ª parcela para a Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) e 22ª para a Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) - Figura 8.2-299 e Figura 8.2-300.

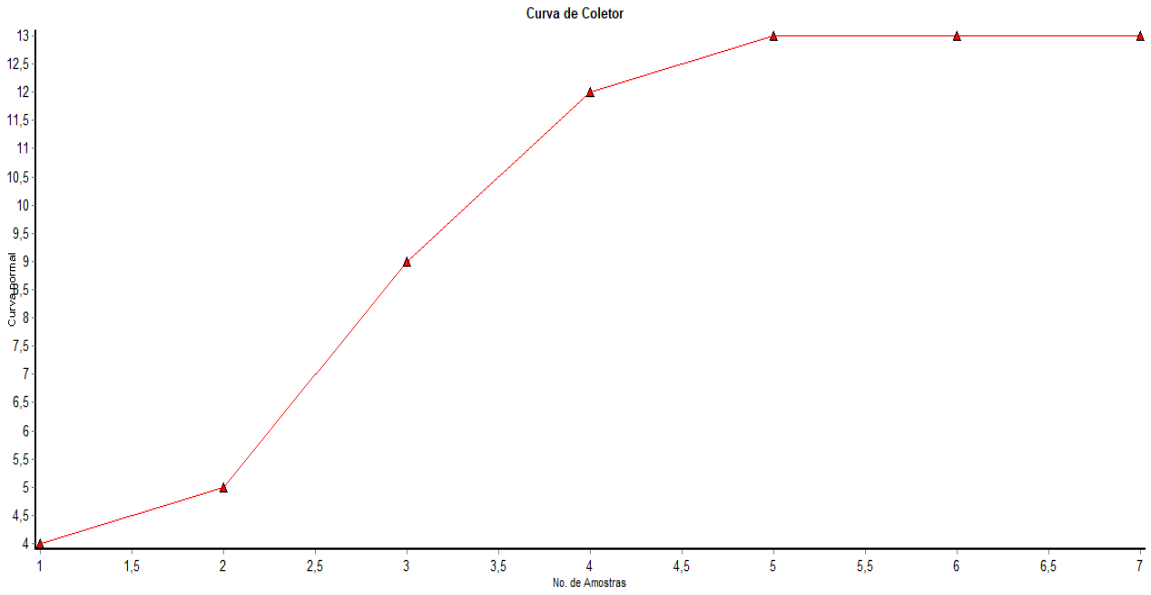


Figura 8.2-299 - Curva do coletor da amostragem fitossociológica realizada na Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea)

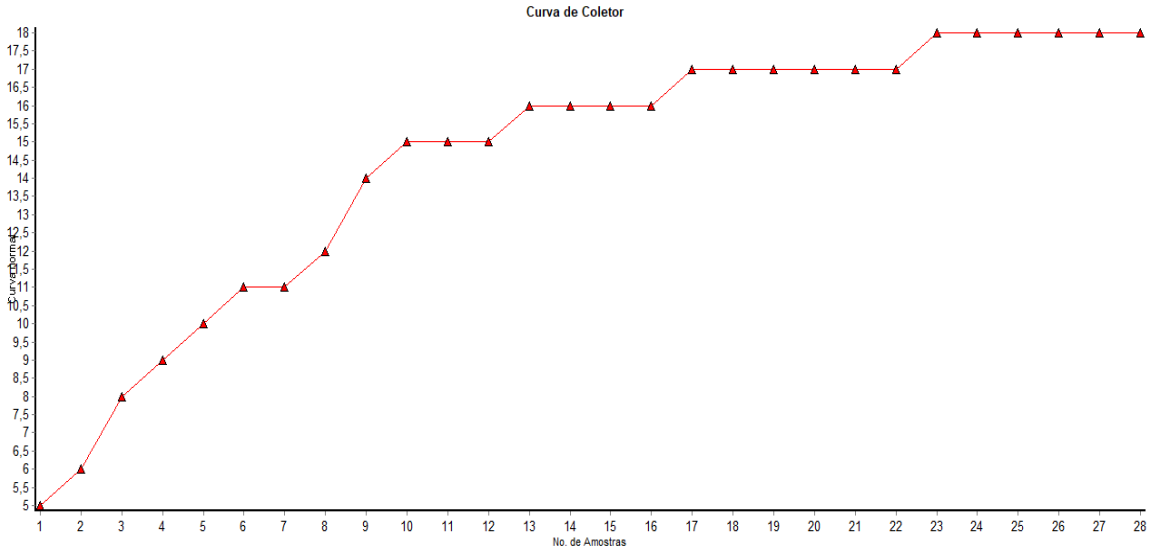


Figura 8.2-300 - Curva do coletor da amostragem fitossociológica realizada na Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva)

Comparando-se os resultados obtidos entre o presente estudo e o levantamento realizado em 2011, observa-se que os dados foram bastante similares, havendo algumas pequenas diferenças: (i) número de indivíduos da Caatinga Florestada- que foi maior no primeiro estudo (ARCADIS LOGOS, 2014) que no segundo, apesar da área amostral ser a mesma (0,14ha) e (ii) Diâmetros médios maiores no estudo de 2011. O que pode ser explicado por diferenças na estrutura da comunidade nas áreas diferentes amostrais selecionadas e em função das variações decorrentes ao longo do tempo.

Em relação à composição florística, observa-se que 86% das espécies levantadas no trabalho da ARCADIS LOGOS (2014) foram encontradas no presente estudo. O número de espécies amostradas no primeiro estudo foi levemente superior (105 espécies) ao do estudo atual (99 espécies).

Nos dois levantamentos três espécies amostradas estão citadas nas listagens da flora ameaçadas de extinção:

+ Mandacaru (*Cereus jamacaru*) - Pouco preocupante na IUCN; CITES;
+ Palmatória (*Tacinga palmadora*) - Pouco preocupante na IUCN; CITES;
+ Cumarú (*Amburana cearenses*) - Em perigo pela IUCN.

D. Considerações Finais

A região da AID e ADA do empreendimento é representada por uma matriz onde a flora é bastante homogênea, sendo formada majoritariamente por tipologia de Savana Estépica Arborizada, intercalada por pequenos trechos de Savana Estépica Florestada, nas proximidades das drenagens e corpos d'água, bem como por áreas Antrópicas.Considerando os padrões fitossociológicos que compõem o Valor de Importância as formações vegetacionais avaliadas possuem um comportamento característico de outras formações tropicais: a dominância, frequência e densidade encontram-se concentrada em um pequeno número de espécies, onde duas espécies (*Cordia oncocalyx*) e *Anadenanthera colubrina*) concentram 141,85% do Valor de Importância (VI), frente a diversidade amostrada.

Neste estudo, três espécies amostradas estão citadas em alguma das listagens da flora ameaçadas de extinção: *Amburana cearensis*, *Cereus jamacaru*, *Tacinga palmadora*. No entanto, nenhuma consta na lista federal de espécies ameaçadas (Portaria MMA 443/2014).

Algumas espécies como *Cordia oncocalyx* (pau-branco), *Mimosa caesalpiniifolia* (sabiá) e *Cenostigma pyramidale* (catingueira) podem ser usadas como bioindicadoras, visto que estão presentes em ambos os estudos com elevada densidade de indivíduos, elevada dominância e frequência, além de possuírem ampla distribuição geográfica. O *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), é uma outra espécie importante na gestão ambiental, por apresentar madeira amplamente utilizada para uso em diversas aplicações externas, como em benfeitorias de fazendas e sítios. Em muitos casos as madeiras são extraídas e usadas em escala local, o que a faz depender de medidas de conservação e manejo sustentável para se evitar extinções locais. Porém a demanda não se limita ao extrativismo local, visto que há transporte da madeira entre Estados brasileiros. (http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/index_especies.htm).

Informações acerca das Áreas de Preservação Permanente (APP) são apresentadas no item Áreas Protegidas (8.2.3). Já o item 8.2.1.5 discute o cenário de fragmentação na região do Projeto Santa Quitéria, analisando o contexto atual e com a inserção do empreendimento na paisagem e possíveis efeitos sobre corredores.

8.2.1.5. Caracterização da vegetação e estágio sucessional (via sensoriamento remoto)

8.2.1.5.1. Considerações metodológicas

O Sistema de Informação Geográfica é uma tecnologia que abrange cada vez mais projetos ambientais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão (FRANCISCO *et al.*, 2011). Da mesma forma, a utilização de imagens de satélite tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados em grandes extensões territoriais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; CARVALHO ET AL., 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES ET AL., 1998).

O uso do sensoriamento remoto orbital no mapeamento da vegetação é antigo e bastante explorado, principalmente quando é viável a utilização do acervo de imagens e softwares gratuitos disponíveis (SILVA & CRUZ, 2018). Atualmente consta-se com uma gama de técnicas estudadas com o objetivo de se determinar quantitativamente e qualitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélites (FRANCISCO ET AL., 2012). O uso de imagens orbitais em apoio ao mapeamento temático envolve o custo das imagens, a variedade de opções existentes, a percepção sinótica e a conjugação de soluções para atendimento de demandas relativas à abrangência e detalhamento (SILVA & CRUZ, 2018).

Nesse contexto, alguns índices de vegetação foram desenvolvidos visando reduzir o número de parâmetros presentes nas medidas multiespectrais. Tais índices têm sido usados na estimativa de vários parâmetros da vegetação (COSTA FILHO *et al.*, 2007) como, por exemplo, a quantidade de biomassa verde (ELVIDGE & LYON, 1985). Embora muitos índices vegetativos existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) proposto por Rouse em 1973, que permite o monitoramento da densidade e do estado de vigor da vegetação verde sobre a superfície terrestre (COSTA FILHO ET AL., 2007). Considerando a crescente resolução temporal ofertada por diferentes sensores, a quantificação da supressão e a recuperação de áreas vegetadas em intervalos de tempo menores tem se tornado mais acessível, possibilitando maior acurácia no monitoramento da sucessão ecológica da vegetação ao longo do tempo (SILVA & CRUZ, 2018).

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro que cobre grande parte do semiárido do Nordeste brasileiro (BRASIL, 2005). Caracteriza-se por apresentar uma grande diversidade de paisagens e a conservação dessa biodiversidade se constituem um dos maiores desafios do conhecimento científico brasileiro (TROVÃO ET AL., 2007). O estudo de índices de vegetação para a Caatinga, ainda é pouco explorado no que diz respeito à caracterização da estrutura da vegetação e à sucessão ecológica. A escassez de produções científicas, incluindo

mapeamentos, dificulta o acesso às informações detalhadas sobre o bioma e, não raras vezes, os mapas produzidos apresentam alto grau de generalização em sua legenda (SILVA & CRUZ, 2018). Além disto, dados de assinatura espectral da vegetação de Caatinga, e suas variedades tipológicas, são quase inexistentes, havendo apenas poucos estudos envolvendo diferenças na assinatura espectral de algumas espécies deste bioma, como o de NAUE ET AL. (2011). No entanto, já é possível identificar alguns padrões regionais relacionados aos períodos de seca e chuvoso e determinação de altura da vegetação (FRANCISCO ET AL. 2015; SILVA & CRUZ, 2018).

O presente estudo considerou o conceito de CHAVES *et al*. (2008), que propuseram uma classificação de tipologias de Caatinga na qual as características morfoestruturais da vegetação são utilizadas como parâmetro para a separação de cada classe de estágio sucessional. Esta classificação tem a particularidade de ter sido desenvolvida para aplicação em sensoriamento remoto e consiste em quatro níveis categóricos, apresentados em ordem decrescente quanto à sucessão ecológica:

+ Arbóreo (> 4,5m);
+ Subarbóreo (>3m e <4,5m);
+ Arbustivo (>1,5m e <3m) e;
+ Subarbustivo (<1,5m).

Essas classes ainda se subdividem em subclasses referentes à porcentagem de cobertura vegetal no substrato, da seguinte maneira:

+ Densa (>80%);
+ Fechada (>60% e <80%);
+ Aberta (>40% e <60%);
+ Rala (>20% e <40%) e
+ Muito rala (<20%).

Para o cálculo das métricas neste tipo de trabalho utilizam-se de *softwares*, que através de algoritmos, quantifica as características espaciais específicas de manchas ou classes de manchas que são interpretadas e implementadas em linguagem computacional (MCGARIGAL & MARKS, 1995). Neste sentido vale ressaltar que os valores de área citados ao longo do texto e mesmo aqueles indicados em tabelas neste item, podem diferir dos apresentados anteriormente ou até mesmo de outros mapeamentos já realizados ao longo do presente documento, tendo em vista a escala, a metodologia e a grande área avaliada.

A classificação é o processo de extração de informação das imagens que visa reconhecer os padrões de objetos homogêneos. Essa técnica é utilizada em sensoriamento remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. O resultado de uma classificação digital é apresentado por meio de classes de áreas que apresentam características espectrais idênticas (OLIVER-BATALHA, 2014), ou seja, a identificação e quantificação dos tipos de classes e a área ocupada por cada uma delas no total da paisagem podem diferenciar dos mapeamentos tradicionais por serem analisadas através de índices e métricas e por trabalhar com as feições espaciais/estruturais observáveis e mensuráveis nas imagens selecionadas e que, portanto, dependem também da qualidade das informações destas.

Para fins de quantificação de interferências e supressão de áreas em um determinado momento, os mapeamentos tradicionais ainda se mostram mais confiáveis (Tabela 8.2.16), principalmente em locais onde os estágios vegetacionais são muitas vezes de difícil delimitação, seja devido à perda das características originais ou mesmo pela alta complexidade dos ambientes ou pela similaridade natural em termos de fisionomia, como no presente caso.

Os resultados de sensoriamentos remotos geralmente são robustos quando o objetivo é o de acompanhamento em termos de mudanças na paisagem com foco na identificação de potenciais efeitos na fragmentação e, principalmente, quando são voltados ao acompanhamento numa escala e prazos maiores, em que tais alterações são observáveis em imagens de satélite, ou quando se tem a oportunidade de reavaliar uma mesma área objeto em diferentes momentos, mas sob uma base metodológica idêntica ou minimamente comparável.

8.2.1.5.2. Metodologia

A. Aquisição das imagens

Foram utilizadas imagens de satélites oriundas do CBERS 04A disponíveis gratuitamente na plataforma online do INPE (http://www.cbers.inpe.br/). O CBERS 04A, sexto satélite da família CBERS, foi lançado e colocado em órbita com sucesso no início da madrugada do dia 20 de dezembro de 2019. As imagens utilizadas foram as geradas pela Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) com resolução multiespectral de 8m (INPE, 2021). A data da imagem é 19 de outubro de 2020, período de seca na Caatinga e onde é possível observar melhor quantitativamente e qualitativamente as texturas de vegetação. Ademais, até o presente momento as imagens provenientes desse satélite estão apenas disponibilizadas para o período seco.

B. Processamento de imagens

A partir da imagem multiespectral, foi calculado o NDVI, índice de vegetação da diferença normalizada Classificação da vegetação, para a Área de Influência Direta (AID) por meio da ferramenta de Calculadora de Raster, dentro do software ArcGIS 10.2. O cálculo de NDVI consiste em um cálculo de duas bandas, onde NIR é uma luz quase infravermelha e Vermelho é uma luz vermelha visível:

$$NDVI = \frac{NIR - Vermelho}{NIR + Vermelhor}$$

C. Classificação da vegetação

A oscilação da disponibilidade hídrica no semiárido brasileiro, torna a vegetação da caatinga extremamente dinâmica e sazonal (SILVA & CRUZ, 2018). A denominação Savana-Estépica é empregada para designar a área do sertão árido nordestino com dupla estacionalidade, caracterizado por dois períodos secos anuais, um com longo déficit hídrico seguido de chuvas intermitentes e outro com seca curta seguido de chuvas torrenciais que podem faltar durante anos. A Savana-Estépica é dividida em quatro subgrupos: Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo Lenhosa (IBGE, 2012).

Na região da AID estão presentes a Savana Estépica Florestada e Arbórea. A fim de caracterizar a estrutura da vegetação destas fitofisionomias, foi adaptada a metodologia de classificação de Francisco et al. (2015), utilizando a classificação apresentada por Chaves et al. (2008).

Dessa forma, as classes de vegetação, bem como a respectivas faixas de valores de NDVI são indicadas na Tabela 8.2-72. Não há trabalhos disponíveis que relacione as classes de formações vegetacionais com os estágios sucessionais para Caatinga. No entanto, baseando-se por analogia no porte e estrutura da vegetação é possível agrupar as classes em vegetação em estágio avançado, vegetação em recuperação e vegetação em degradação. Na Tabela 8.2-72 também é possível observar esses grupos de estágios sucessionais.

Tabela 8.2-72 – Classes de vegetação e valores de NDVI.

FITOFISIONOMIAS	CLASSES DE FORMAÇÃO	VALORES DE NDVI	ESTÁGIO SUCESSIONAIS
Savana Estépica Arborizada	Arbustiva aberta	0,000 a 0,100	Em degradação
	Arbóreo-arbustiva aberta	0,100 a 0,150	Em recuperação
	Arbóreo-arbustiva fechada	0,150 a 0,200	Avançado
Savana Estépica Florestada	Arbustiva fechada	0,200 a 0,250	Em recuperação
	Arbóreo-arbustiva aberta	0,250 a 0,300	Em recuperação
	Arbóreo-arbustiva fechada	0,300 a 0,350	Avançado
	Arbórea densa	>0,350	Avançado

Fonte: Tetra Mais, 2021

Ademais, a classificação da vegetação por NDVI foi validada e complementada com as informações de estrutura de vegetação apontadas no levantamento florístico realizado nas duas campanhas na Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de influência Direta (AID) do Projeto Santa Quitéria.

8.2.1.5.3. Caracterização das formações vegetacionais

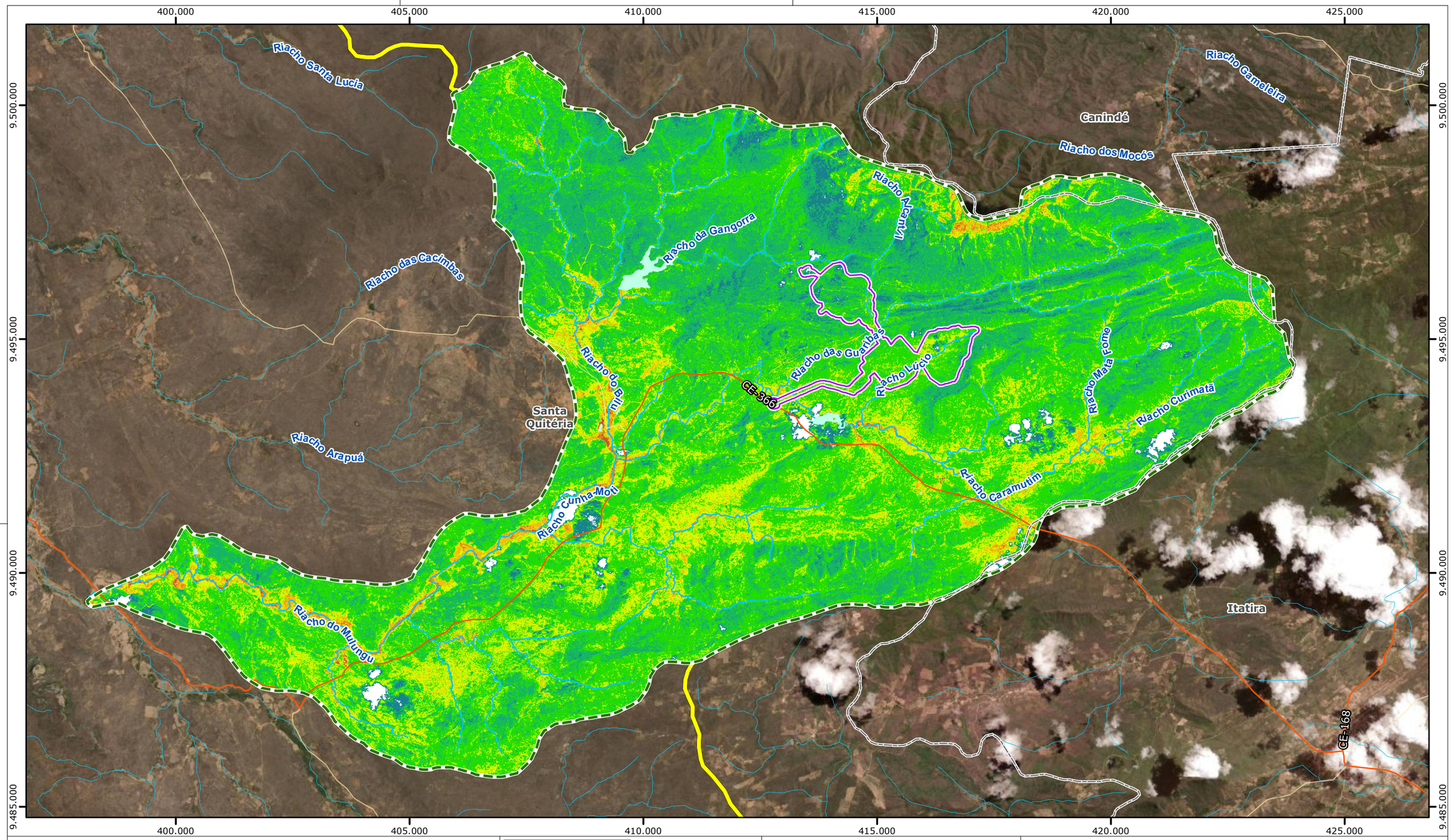
A. Caracterização das formações vegetacionais na Área de Influência Direta (AID)

A Savana Estépica Arborizada Arbóreo-Arbustivo fechada foi a classe de vegetação predominante na AID, compondo cerca de 46% da paisagem (Mapa 8.2-8). Em seguida, a Savana Estépica Arborizada Arbóreo-Arbustivo aberta apresentou cerca de 25% da cobertura de vegetação na AID. Dentro da fitofisionomia Savana Estépica Florestada, a Arbustiva fechada apresentou maior distribuição na AID (Tabela 8.2-73 e Figura 8.2-301).

Tabela 8.2-73 – Classes de vegetação e área (hectares) na Área de Influência direta (AID) do Projeto Santa Quitéria

FITOFISIONOMIAS	CLASSES DE FORMAÇÃO	ÁREA (HA)	PROPORÇÃO NA AID
Savana Estépica Arborizada	Arbustiva aberta	507,62	2,91
	Arbóreo-arbustiva aberta	4.347,45	24,90
	Arbóreo-arbustiva fechada	8.113,31	46,47
Savana Estépica Florestada	Arbustiva fechada	2.204,15	12,62
	Arbóreo-arbustiva aberta	227,20	1,30
	Arbóreo-arbustiva fechada	74,27	0,43
	Arbórea densa	45,69	0,26

Fonte: Tetra Mais, 2021



Legenda

- Limite Municipal
- Rodovias
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Savana estépica florestada
- Arbórea densa
- Arbóreo-arbustiva fechada
- Arbóreo-arbustiva aberta
- Arbustiva fechada

Savana estépica arborizada
- Arbóreo-arbustiva fechada
- Arbóreo-arbustiva aberta
- Arbustiva fechada
- Nuvens

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Imagem CBERS 4A, 19/10/2020.
- Uso e Ocupação do Solo, Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Vegetação NDVI

Mapa	Escala	Localização	
8.2-8	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	01/11/2021	Ruy Monteiro	Daniela Lavignatti

Na AID, a vegetação de maior porte (extrato arbóreo) está frequentemente associada aos corpos d'água, principalmente na fitofisionomia Savana Estépica Arbórea. As formações mais estruturadas e de maior porte (Arbórea densa) da Savana Estépica Florestada foram as classes menos representadas e ocorrem na região norte da AID próximos às escarpas. Essa formação apresenta essencial papel na preservação dos corpos d'água e processos ecossistêmicos que ali ocorrem, além da importante presença em áreas mais declivosas.

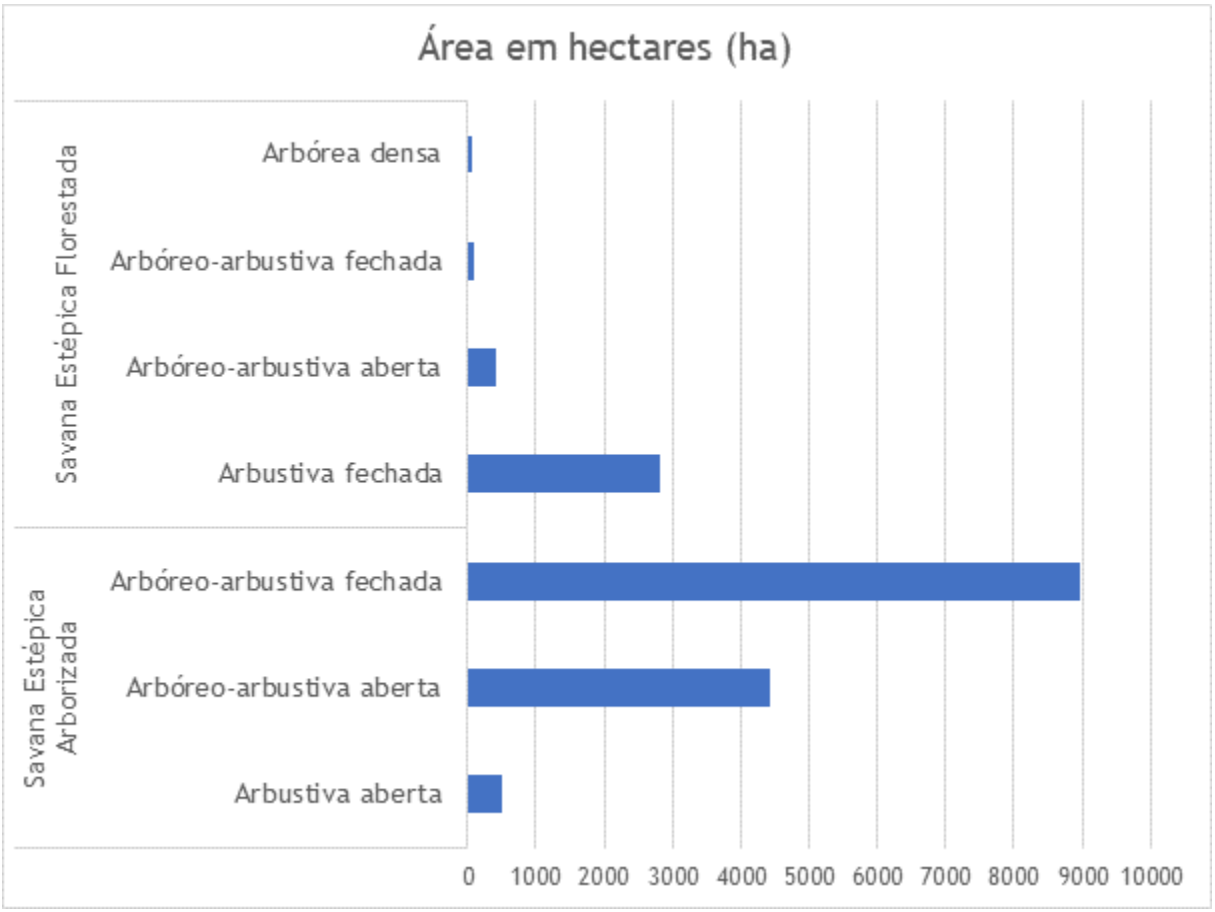


Figura 8.2-301- Distribuição da área em hectares de cada classe de vegetação encontrada na AID.
Fonte: Tetra Mais, 2021

B. Caracterização das formações vegetacionais na Área Diretamente Afetada (ADA)

Assim como na AID, a Savana Estépica Arborizada Arbóreo-Arbustivo fechada foi a classe de vegetação predominante na ADA, compondo cerca de 79% da paisagem (Mapa 8.2-8). Em seguida, a Savana Estépica Florestada Arbustiva fechada apresentou cerca de 17% da cobertura de vegetação e a Savana Arborizada Arbóreo-arbustiva aberta apresentou 3% de cobertura. As demais formações apresentaram valores muito baixo de composição na ADA (Tabela 8.2-74 e Figura 8.2-302).

Tabela 8.2-74 – Classes de vegetação e área (hectares) na Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Santa Quitéria

FITOFISIONOMIAS	CLASSES DE FORMAÇÃO	ÁREA (HA)	PROPORÇÃO NA ADA
Savana Estépica Arborizada	Arbustiva aberta	0,13	0,05
	Arbóreo-arbustiva aberta	8,83	3,09
	Arbóreo-arbustiva fechada	225,83	79,12
Savana Estépica Florestada	Arbustiva fechada	49,19	17,24
	Arbóreo-arbustiva aberta	0,90	0,31
	Arbóreo-arbustiva fechada	0,42	0,15
	Arbórea densa	0,12	0,04

Fonte: Tetra Mais, 2021

De forma geral, a vegetação da ADA é predominante composta de formações vegetacionais de menor porte, porém em disposição fechada, como a formação arbóreo-arbustiva fechada (Savana Estépica Arborizada) e a arbustiva fechada (Savana Estépica Florestada (Savana Florestada). Foram encontrados valores muito baixos para as formações mais estruturadas e de maior porte da Savana Estépica, mesmo próximo aos corpos d'água. Ao redor dos corpos d'água predomina a vegetação Savana Estépica Florestada Arbustiva Fechada, que possivelmente garante a conservação deles.

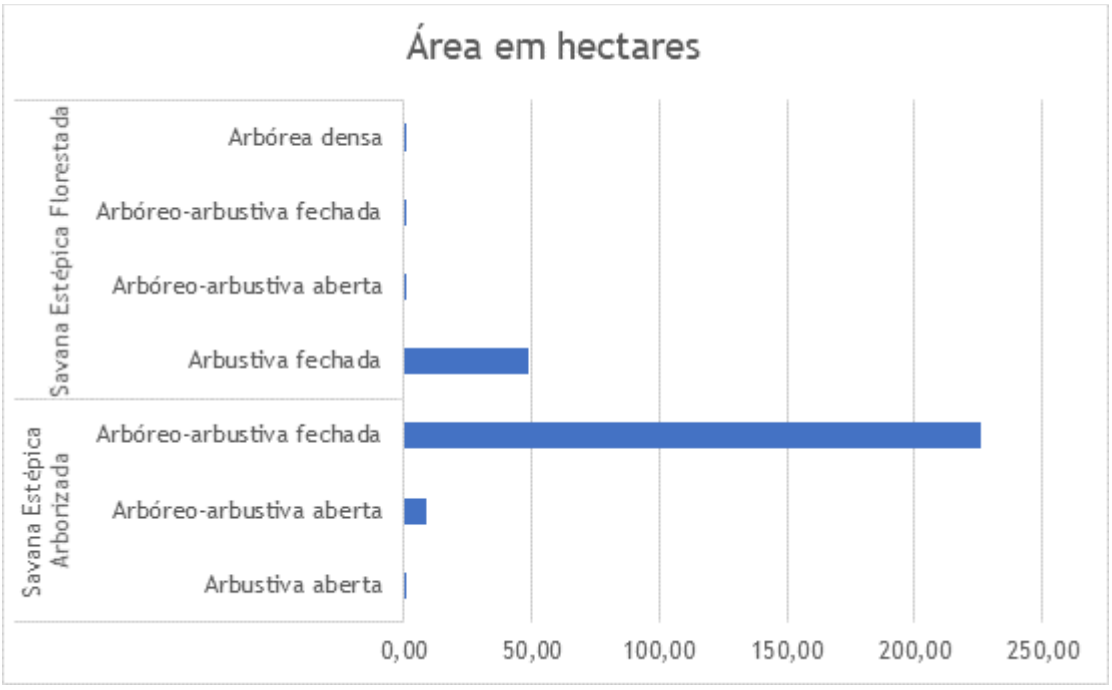


Figura 8.2-302 – Distribuição da área em hectares de cada classe de vegetação encontrada na ADA.

Fonte: Tetra Mais, 2021

C. Caracterização do estágio sucessional da vegetação

A Caatinga é um dos biomas brasileiros mais ameaçados e se encontra em acentuado processo de degradação (MMA, 2006), provocado principalmente pelo desmatamento, devido à ocupação de áreas com atividades agrícolas e de pecuária e uso inadequado dos recursos naturais (DRUMOND ET AL., 2000). O uso não planejado dos recursos oferecidos pelo bioma Caatinga tem proporcionado a fragmentação da sua cobertura vegetal (BARBOSA, 1998), perdas irreparáveis da diversidade da flora e da fauna, acelerado processo de erosão e declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água (LEAL et al, 2005). Segundo CASTELLETTI ET AL. (2004) entre 30,4% e 51,7% da área original da Caatinga foi alterada por atividades antrópicas e a área remanescente está altamente fragmentada.

Um dos grandes desafios atuais para a gestão ambiental do semiárido brasileiro envolve um esforço em evitar o avanço e o surgimento de núcleos de desertificação, citados e estudados por autores como LEAL ET AL. (2003), DUARTE (2008) e LIMA (2010). Também é importante salientar que a vegetação tem um papel importantíssimo para a mitigação deste problema, assim como para a preservação e manutenção dos recursos hídricos, sendo parte indispensável do ciclo hidrológico (SILVA & CRUZ, 2018).

C.1. Caracterização do estágio sucessional da vegetação na AID

A vegetação da AID apresenta grandes trechos contínuos e é principalmente composta por formações vegetacionais em estágios avançado e em recuperação. Tal padrão pode sinalizar uma preocupação com o risco de desertificação dos extratos arbóreos a extratos arbustivos. No entanto, pode também sinalizar um processo de evolução na sucessão ecológica de outras formações mais abertas. Em ambas as possibilidades, é extremamente importante a preservação de tais formações, visto que as intervenções podem ser irreversíveis. Nesse sentido, o monitoramento sazonal da vegetação para caracterizar a vegetação em busca de padrões de regeneração e desertificação são fundamentais para subsidiar o melhor planejamento territorial.

C.2. Caracterização do estágio sucessional da vegetação na ADA

Assim como na AID, na ADA predominou uma formação vegetacional composta por formações vegetacionais em estágios avançado e em recuperação, majoritariamente extrato arbustivo de disposição fechada. A maior porção da ADA é composta pela formação de maior porte da Savana Estépica Arborizada. No entanto, vale ressaltar a baixa proporção de formações vegetacionais de menor porte da Savana Estépica Florestada, com apenas algumas manchas de vegetação na ADA. A composição de Savana Estépica Florestada Arbustiva Fechada ao redor dos cursos d'água possivelmente indica um processo de evolução na sucessão ecológica e preservação de tais cursos d'água.

8.2.1.6. Análise da Paisagem

8.2.1.6.1. Introdução

A influência da escala e dos padrões espaciais sobre processos ecológicos vem sendo estudada cada vez mais pela Ecologia de Paisagens, que pode ser entendida como uma ecologia de interações espaciais entre as unidades da paisagem (METZGER, 2001; TURNER et al., 2001).

Nesta abordagem, a paisagem é compreendida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, de acordo com um observador, em uma determinada escala de observação, sendo que esta heterogeneidade existe para pelo menos um fator (METZGER, 2001; TURNER et al., 2001). As unidades da paisagem tratam de cada um de seus componentes, como o uso e ocupação do solo, as classes de vegetação e os ecossistemas nela presente (METZGER, 2001).

A unidade que controla a dinâmica da paisagem é denominada de matriz, que normalmente é identificada por ser a unidade dominante em termos de recobrimento espacial ou por possuir um menor grau de fragmentação (FORMAN, 1995; METZGER, 2001). Ou ainda, de acordo com outra abordagem, usada especialmente em estudos de fragmentação, a matriz é compreendida como o conjunto de unidades de não-hábitat para uma dada comunidade ou espécie estudada (METZGER, 2001).

A fragmentação pode ser entendida como uma subdivisão de uma unidade que inicialmente apresentava-se sob forma contínua, levando a alterações na configuração da paisagem pela formação de fragmentos. Um fragmento pode ser compreendido como uma mancha ou um conjunto de manchas, de acordo com o referencial e a escala de observação. As manchas são áreas homogêneas de uma unidade da paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas e têm extensões espaciais reduzidas e não-lineares (METZGER, 2001). Logo, podemos ter dentro de um mesmo fragmento, por exemplo, manchas de uma mesma fitofisionomia vegetacional em estágios diferentes de sucessão ecológica.

Os fatores antrópicos causadores de fragmentação estão associados à diversas atividades, tais como: agropecuária, silvicultura, mineração, construção de estradas e rodovias, obras de saneamento básico e aproveitamento hidrelétrico, além da própria dinâmica de uso e ocupação do território e expansão urbana da sociedade moderna (MMA, 2003).

A fragmentação da paisagem é um fator de extrema relevância, pois provoca redução e isolamento de áreas propícias à sobrevivência de espécies (METZGER, 1999).

Uma das principais consequências da fragmentação é o efeito de borda. As bordas são áreas de transição entre unidades da paisagem, onde a intensidade dos fluxos biológicos entre tais unidades, se modifica de forma abrupta, e que por estarem na porção perimetral do fragmento estão mais sujeitas às perturbações externas (METZGER, 1999; TURNER et al., 2001). Na região da borda ocorrem efeitos que alteram os gradientes físicos, a distribuição de espécies e diversos processos ecológicos. Os principais efeitos na região da borda são: maior incidência luminosa e intensidade de vento, alterações no gradiente de temperatura, redução da umidade do ar e do solo, aumento na evapotranspiração das plantas, maior acúmulo de serapilheira, maior susceptibilidade a incêndios, aumento no dano e mortalidade de árvores e favorecimento ao desenvolvimento de espécies invasoras. Tais efeitos caracterizam o chamado efeito de borda (KAPOS, 1989; VIANA e PINHEIRO, 1998; METZGER, 1999; LAURANCE et al., 2002; LAURANCE et al., 2011).

Na Caatinga, o efeito de borda é consideravelmente menos importante que em ambientes florestais mais úmidos. Como resultado, a composição das comunidades de borda

em áreas do bioma, muitas vezes não difere significativamente das registradas no interior dos fragmentos. A despeito disso, a fragmentação ocasiona a criação de bordas, que são proporcionais às formas dos fragmentos em questão, sendo, portanto, tal análise, relevante para a compreensão da modificação dos hábitats em função da alteração no padrão de continuidade da paisagem.

Sob a perspectiva da Ecologia de Paisagens, o efeito de borda em um fragmento florestal é basicamente influenciado por dois parâmetros: o tamanho e a forma geométrica do fragmento. Quanto maior a área de um fragmento, menor será a proporção submetida ao efeito de borda, ou seja, maior será a área interior do fragmento. Ademais, quanto maior a relação perímetro/área de um fragmento, maior será o efeito de borda (VIANA e PINHEIRO, 1998; METZGER, 1999). A importância da forma geométrica do fragmento é facilmente visualizada comparando-se um fragmento de forma complexa com um fragmento com forma mais próxima a um quadrado ou círculo. A área de superfície de contato com a matriz e, por conseguinte, o efeito de borda, é muito maior no primeiro caso (VIANA e PINHEIRO, 1998; CALEGARI et al., 2010). Em paisagens muito fragmentadas, em que os fragmentos são pequenos, a influência combinada de bordas pode resultar em alterações ecológicas mais intensas do que seria esperado pelo efeito de apenas uma borda (RIES et al., 2004). Logo, é possível observar que diversos fatores estão ligados a capacidade de sobrevivência de certas espécies nos fragmentos florestais dado a extensão e intensidade do efeito de borda e suas implicações.

A matriz circundante e o grau de isolamento dos fragmentos de vegetação nativa também são fatores importantes, uma vez que afetam o deslocamento de espécies entre seus hábitats remanescentes. O ambiente circundante e a distância e a conexão entre fragmentos podem funcionar como um filtro a dispersão, e por consequência, ao fluxo gênico, direcionando processos de extinção de populações (VIANA e PINHEIRO, 1998; GASCON et al., 1999; LAURANCE et al., 2002). É muito importante, portanto, compreender os fatores que intermediam a dispersão das espécies e que restringem a conectividade entre fragmentos.

A conectividade é um atributo da paisagem. Trata-se se trata da sua capacidade ou das suas unidades, de facilitar os fluxos biológicos, conforme a proximidade dos componentes de hábitat, a densidade de corredores e poleiros ecológicos e a permeabilidade da matriz (METZGER, 2001). A conectividade é utilizada por duas abordagens de análise da paisagem: a estrutural e a funcional. A conectividade estrutural refere-se à fisionomia da paisagem, em termos de arranjo espacial dos fragmentos de hábitat (distribuição espacial de tamanhos dos fragmentos ou o isolamento de fragmentos de um mesmo tipo), densidade e complexidade dos corredores de hábitat (tamanho da malha, frequência e tipo de

interseções na rede de corredores) e permeabilidade da matriz (resistência da matriz aos fluxos biológicos). Já a conectividade funcional refere-se à resposta biológica específica de cada espécie ou grupo funcional à estrutura da paisagem, podendo ser avaliada pelos fluxos de disseminação ou pela intensidade de movimento inter-habitat dos organismos (METZGER, 1999).

Outro importante elemento na ecologia de paisagem são os corredores ecológicos: são áreas semelhantes às manchas em definição, sendo considerado corredor, as estreitas faixas de vegetação nativa que ligam dois fragmentos anteriormente conectados (LINDEMAYER E NIX, 1993; METZGER, 2001; TURNER ET AL., 2001). A área da Área de Influência Direta apresenta mais de 90% de cobertura de vegetação e nesse contexto corredores ecológicos são muito raros. No entanto, em situações que a paisagem possui baixa cobertura de hábitat (menos de 30%), a manutenção de espécies pode depender principalmente do tamanho e isolamento dos fragmentos remanescentes (METZGER e DÉCAMPS, 1997). Nestes cenários, se faz muito importante a presença destes importantes componentes de conectividade.

No esquema apresentado na Figura 8.2-303 é possível visualizar os principais itens que compõem a paisagem.

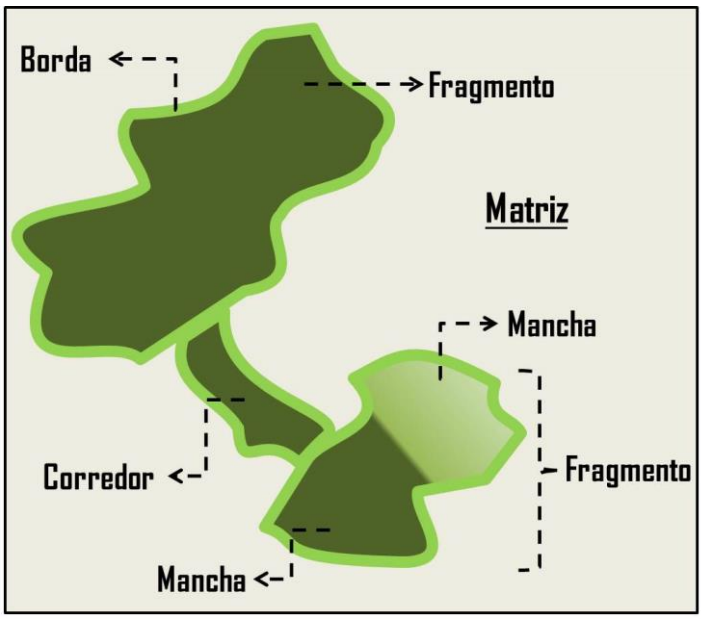


Figura 8.2-303- Esquema dos principais itens que compõem uma paisagem.

Fonte: Tetra Mais, 2021

A maioria dos estudos de fragmentação, até recentemente, assumia uma paisagem binária justapondo o hábitat de espécies com a matriz de não-hábitat, considerada até então uniforme (RICKETTS, 2001). Uma proposta mais realista reconhece a matriz inter-habitat como um mosaico heterogêneo, que contém uma série de não-hábitats que pode apresentar

diferentes graus de permeabilidade à circulação de organismos entre os fragmentos, com níveis de influência distintos sobre a distribuição e dinâmica de populações dentro dos fragmentos (HOBBS et al., 1993; DIXO, 2001; ANTONGIOVANNI e METZGER, 2005; UMETSU et al., 2008). Assim, o isolamento funcional dos fragmentos de hábitat não depende apenas da distância, mas também da composição da matriz inter-habitat, ou seja, da permeabilidade da matriz (RICKETTS, 2001; STEVENS et al., 2004; ANTONGIOVANNI e METZGER, 2005).

Quanto maior o contraste entre a matriz e o hábitat, mais a matriz é inóspita e maior é o isolamento entre as manchas, ou seja, menor a conectividade entre as subpopulações (TURNER et al., 2001). Desse modo, a interação entre a qualidade da matriz e as restrições biológicas de cada espécie irá determinar a permeabilidade da paisagem como um todo. A permeabilidade da matriz, além de variar de acordo com os tipos de uso do solo, varia também de acordo com a sensibilidade dos organismos. Anfíbios, por exemplo, possuem menores taxas de circulação do que invertebrados, aves, mamíferos ou répteis (BOWNE e BOWERS, 2004).

A matriz funciona, portanto, com um mosaico de unidades com diferentes graus de permeabilidade, com cada unidade oferecendo diferentes condutâncias ao deslocamento ou à ocorrência de diferentes espécies (PITHER e TAYLOR, 1998; HOKIT et al., 1999; RICKETTS, 2001). Desta forma, torna-se clara a necessidade de abordagens que incluam a qualidade e a heterogeneidade da matriz em estudos sobre a influência da estrutura da paisagem sobre a distribuição e diversidade de espécies e dinâmica de populações e comunidades.

Tendo em vista a grande importância da estrutura da paisagem na dinâmica de populações e comunidades biológicas, principalmente nos processos de deslocamento de indivíduos e eventos de extinção (METZGER, 1999), é fundamental a análise de suas características espaciais para compreender melhor seus efeitos sobre as populações naturais. Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido para avaliar a estrutura da paisagem (diversidade, fragmentação, efeito de borda e conectividade) na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Santa Quitéria, de forma a dar subsídio à compreensão dos efeitos da supressão da vegetação para instalação do empreendimento sobre a fragmentação da paisagem e as espécies ameaçadas identificadas na amostragem de fauna e flora.

8.2.1.6.2. Metodologia

Tendo como ponto de partida o mapeamento do uso e ocupação do solo da Área de Influência Direta (Mapa 8.2-8), para o conhecimento do cenário atual foi realizada uma análise estrutural da paisagem. Para o entendimento do cenário futuro, se implantado o

empreendimento, foi realizada a análise estrutural considerando o cenário futuro com a implantação do empreendimento e consequente supressão vegetal necessária para tal.

A. Aquisição das imagens

Foram utilizadas imagens de satélites oriundas do CBERS 04A disponíveis gratuitamente na plataforma online do INPE (http://www.cbers.inpe.br/). O CBERS 04A, sexto satélite da família CBERS, foi lançado e colocado em órbita com sucesso no início da madrugada do dia 20 de dezembro de 2019. As imagens utilizadas foram as geradas pela Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) com resolução multiespectral de 8m (INPE, 2021). A data da imagem é 19 de outubro de 2021, período de seca na Caatinga e onde é possível observar melhor quantitativamente e qualitativamente as texturas de vegetação. Ademais, até o presente momento as imagens provenientes desse satélite estão apenas disponibilizadas para o período seco.

B. Processamento de imagens

A partir da imagem multiespectral, foi calculado o NDVI, índice de vegetação da diferença normalizada Classificação da vegetação, para a Área de Influência Direta (AID) por meio da ferramenta de Calculadora de Raster, dentro do software ArcGIS 10.2. O cálculo de NDVI consiste em um cálculo de duas bandas, onde NIR é uma luz quase infravermelha e Vermelho é uma luz vermelha visível:

$$NDVI = \frac{NIR - Vermelho}{NIR + Vermelhor}$$

C. Classificação da vegetação

A oscilação da disponibilidade hídrica no semiárido brasileiro, torna a vegetação da caatinga extremamente dinâmica e sazonal (SILVA & CRUZ, 2018). A denominação Savana-Estépica é empregada para designar a área do sertão árido nordestino com dupla estacionalidade, caracterizado por dois períodos secos anuais, um com longo déficit hídrico seguido de chuvas intermitentes e outro com seca curta seguido de chuvas torrenciais que podem faltar durante anos. A Savana-Estépica é dividida em quatro subgrupos: Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo Lenhosa (IBGE, 2012). A Área de Influência Direta (AID) do Projeto Santa Quitéria é recoberta pelas Savana Estépica Florestada e Savana Estépica Arbórea.

Ademais, a classificação da vegetação por NDVI foi validada e complementada com as informações de estrutura de vegetação apontadas no levantamento florístico realizado nas duas campanhas (época seca e chuvosa). Para análise estrutural da paisagem foi considerada como hábitat homogêneo as duas fitofisionomias de Savana Estépica.

8.2.1.6.3. Métricas de fragmentação, efeito de borda e conectividade de paisagem

A fim de analisar estruturalmente a paisagem atual e futura (após a implantação do empreendimento), realizou-se o cálculo de 11 métricas da paisagem por meio da extensão LECOS do Quantum GIS, objetivando-se entender o grau de fragmentação, efeito de borda e conectividade da paisagem na AID. A análise das métricas de paisagem nos cenários atual e futuro foi realizada para Área de Influência Direta (AID) somando-se a ela os fragmentos de vegetação que interseccionam com os seus limites, conforme apresentado nas considerações metodológicas. O cálculo das métricas estruturais da paisagem nos cenários futuros foram abordados com o impacto da implantação do empreendimento.

A. Métricas de fragmentação

Porcentagem de hábitat

A porcentagem de hábitat é a soma das áreas de todas as manchas de uma mesma classe, dividida pela área total de paisagem e multiplicada por 100 (convertendo para porcentagem).

Área de hábitat

A área de hábitat é uma medida da composição de paisagem, especificamente, quanto da paisagem é composto de um tipo classe, nesse caso o hábitat.

Densidade de Manchas

A densidade de manchas corresponde ao número de manchas de uma mesma classe dividido pela área total de paisagem.

B. Métricas de efeito de borda

Para a análise do efeito de borda adotou-se 50 metros de comprimento de borda, tomando como base investigações da extensão do efeito de borda em remanescentes florestais (RIES ET AL. 2004; SAMPAIO 2011).

Densidade de Bordas

A densidade de bordas corresponde à soma dos comprimentos (m) dos segmentos de todas as arestas de uma mesma classe (áreas de borda), dividido pela área total de paisagem (m^2), multiplicado por 10.000 (para converter a hectares).

Área Total do Núcleo

A área total do núcleo é igual à soma das áreas centrais de cada mancha (m^2) de uma mesma classe, dividido por 10.000 (para converter em hectares).

Índice de Forma

O índice de forma é igual ao perímetro da mancha dividido pela raiz quadrada da área da mancha, ajustado por uma constante para um padrão quadrado. Mede a complexidade da forma da mancha em comparação com uma forma padrão (quadrado) do mesmo tamanho. Quanto maior a complexidade da forma e menor a área, maior o valor deste índice.

Razão de Perímetro-Área

A razão de Perímetro-Área é igual à razão do perímetro da mancha sobre a área. É uma medida simples de complexidade da forma da mancha, mas sem padronização de uma forma euclidiana simples tal como o quadrado.

C. Métrica de conectividade

Neste estudo foram estabelecidos 4 valores de raio de pesquisa para dispersão de organismos terrestres: 100 metros, 300 metros, 1000 metros e 2000 metros para o cálculo do índice de proximidade. Vale ressaltar que o limite de raio de busca de 2000 metros foi definido visto que acima desse valor, as áreas ultrapassam os limites da AID. Esses raios foram definidos objetivando analisar o impacto do empreendimento na conectividade de espécies de flora e fauna ameaçadas que foram levantadas durante o diagnóstico, presentes nas listas oficiais com respectivo grau de ameaça, considerando as listagens estadual, nacional (MMA) e Internacional (IUCN). Embora a análise de conectividade tenha objetivado a distribuição das espécies ameaçadas levantadas no diagnóstico, os resultados são extrapoláveis para distribuição de todas as outras espécies, visto que abarca diferentes raios de busca.

Na Tabela 8.2-75 são listadas as espécies utilizadas na análise, bem como o raio de busca e a referência utilizada para embasar a inclusão nas categorias de distância de dispersão de organismos terrestres.

Para *Tacinga palmadora* (palmatória) não foi encontrado informações sobre a síndrome de dispersão, porém há informações sobre *Tacinga inamoema* (palmatória), espécie do mesmo gênero e com características similares (GOMES & QUIRINO, 2016), a qual possui síndrome de dispersão zoocórica e apresenta sementes pequenas, ou seja, é dispersa por animais de menor porte, atingindo menor alcance de dispersão e por isso foi enquadrada no raio de busca de 100 metros.

Para *Cereus jamacaru* (mandacaru), um estudo de GOMES et al. (2014), levantou que o fruto dessa espécie é de tamanho grande e suas sementes apresentam zoocoria como síndrome de dispersão. Levando em conta os dispersores dessas sementes na Caatinga (GOMES & QUIRINO, 2016), por animais de pequeno e médio porte, essa espécie foi enquadrada no raio de busca de 300 metros.

Amburana cearensis (umburana-de-cheiro) apresenta dispersão anemocórica (LOPES et al. 2014) o que garantiria maior distância de dispersão, mas por possuir frutos de tamanho médio (GOMES & QUIRINO, 2016), foi enquadrada no raio de 300 metros.

Para *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-Nordeste) não foi encontrado informações sobre a capacidade de dispersão. Foi utilizado um modelo de estudo da Mata Atlântica, *Xiphorhynchus fuscus (*arapaçu-rajado; BOSCOLO et al. 2008), que embora seja da Mata Atlântica, exibe ecologia comportamental, hábito de vida e sensibilidade de fragmentação similares. Nesse estudo, foi apontado que *Xiphorhynchus fuscus* tem habilidade de deslocamento reduzida a distâncias menores que 100 metros em paisagens fragmentadas. Nesse sentido, *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-Nordeste) foi enquadrado no raio de busca de 100 metros.

Para *Kerodon ruprestres* (mocó) não foram encontradas informações sobre a capacidade de dispersão. Foi considerado o estudo realizado para *Kerodon acrobata* (mocó-do-Cerrado), que possui hábitos similares, mas no bioma Cerrado (PORTELLA, 2015). Nesse estudo foi levantada área de vida média para machos e fêmeas de 2000 m^2. Visto que essa área do raio de busca de 100 m é 31.400 m^2, *Kerodon ruprestres* (mocó) foi enquadrado no raio de busca de 100 m.

Para *Leopardus emiliae* (gato-do-mato-pequeno) não foi encontrado informações sobre a capacidade de dispersão. No entanto para *Leopardus tigrinus emiliae* (gato-do-mato-pequeno), espécie de tamanho e hábitos similares foi identificada uma área de vida de 1 a 25 km^2 (OLIVEIRA et al., 2013).

Para *Penelope jacucaca* (jacu-do-Nordeste) não foi encontrado informações sobre a capacidade de dispersão. Foi utilizado um modelo de estudo da mesma família, *Crax blumenbachii (*mutum-do-sudeste; BERNARDO, 2010), que embora seja da Mata Atlântica, exibe ecologia comportamental, hábito de vida e sensibilidade de fragmentação similares. Nesse estudo, foi apontado que *Crax blumenbachii* tem área de vida de até 125 ha. Baseado nesse estudo e em notas pessoais de ornitólogos, onde foi observado o comportamento de se distanciar cerca de 300 metros entre manchas de hábitat, *Penelope jacucaca* (jacu-do-Nordeste) foi enquadrado no raio de busca de 100 metros.

Para as duas espécies de quirópteros, *Natalus macrourus* (morcego orelha-de-funil brasileiro) e *Furipterus horrens* (floriano), foi considerado raio de busca de 1000 m. Segundo literatura (PEREIRA et al., 2019), essa distância é a que melhor responde aos hábitos de vida dessas espécies.

As três espécies com raio de busca de 2000 m foram ali enquadradas por se tratar do grupo com a máxima capacidade de dispersão, visto que a área de vida excede aos limites da área calculada para esse raio. *Puma concolor* (onça-parda) é descrito com área de vida superior a 128 km^2 (PENTEADO et al. 2012). *Puma yagouaroundi* (gato-mourisco), também apresenta elevada área de vida de (52km^2). Por fim, o *Sapajus libidinosus* (macaco-prego-galego) apresenta área de vida médio de 55 ha (RODRIGUES, 2013).

Tabela 8.2-75- Espécies ameaçadas utilizadas na análise de conectividade, respectivo raio de busca considerado e considerações sobre as referências utilizadas.

RAIO DE BUSCA	ESPÉCIE	GRUPO	REFERÊNCIA UTILIZADA	CAPACIDADE DE DISPERSÃO CONSIDERADA	LOCALIDADE
100 metros	*Tacinga palmadora*	Flora	GOMES & QUIRINO, 2016	Dispersão zoocórica (até 100 m)	Caatinga (Paraíba)
	Xiphocolaptes falcirostris	Avifauna	BOSCOLO ET AL. 2008	Até 100 m	Mata Atlântica (São Paulo)
	Kerodon rupestris	Mastofauna	PORTELLA, 2015	Área de vida média de 2.000 m^2	Cerrado (Goiás)
300 metros	*Cereus jamacaru*	Flora	GOMES ET AL., 2014	Dispersão zoocórica (até 300 m)	Caatinga (Paraíba)
	Amburana cearensis	Flora	LOPES ET AL., 2014	Dispersão anemocórica (até 300 m)	Caatinga (Paraíba)
	Penelope jacucaca	Avifauna	BERNARDO, 2010	Área de vida menos que 20.000 m^2	Mata Atlântica (Rio de Janeiro)

Fonte: Tetra Mais, 2021

Tabela 8.2-75- Espécies ameaçadas utilizadas na análise de conectividade, respectivo raio de busca considerado e considerações sobre as referências utilizadas.

RAIO DE BUSCA	ESPÉCIE	GRUPO	REFERÊNCIA UTILIZADA	CAPACIDADE DE DISPERSÃO CONSIDERADA	LOCALIDADE
1000 metros	*Natalus macrourus*	Quirópteros	PEREIRA ET AL., 2018	Até 1000 m	Cerrado (Tocantins)
	Furipterus horrens	Quirópteros	PEREIRA ET AL., 2019	Até 1000 m	Cerrado (Tocantins)
	Leopardus emiliae	Mastofauna	OLIVEIRA et al., 2013	Área de vida de até 1-25 km^2	Brasil
2000 metros	*Puma concolor*	Mastofauna	PENTEADO, 2012	Área de vida de 128 km^2	Mata Atlântica (São Paulo)
	Puma yagouaroundi	Mastofauna	MACHADO, 2017	Área de vida de 52km^2	Mata Atlântica (Brasil)
	Sapajus libidinosus	Mastofauna	RODRIGUES, 2013	Área de vida de 55 ha	Mata Atlântica (Paraíba)

Fonte: Tetra Mais, 2021

Índice de Proximidade

O índice de Proximidade é igual à soma da área da mancha dividida pela distância de borda a borda mais próxima ao quadrado. O cálculo é realizado entre manchas de mesma classe, cujas áreas de bordas estão dentro de uma determinada distância. Considera o tamanho e a proximidade de todas as manchas cujas bordas estão dentro de um raio de pesquisa. Para essa pesquisa, os pontos de amostragem de fauna e flora onde foram levantadas as espécies da flora e fauna citadas na Tabela 8.2-75 foram utilizados como pontos de partida para a análise de raios de busca.

D. Índice de diversidade da paisagem

A fim de se entender a diversidade da paisagem no que diz respeito à composição dos tipos de uso de solo na paisagem da AID nos cenários atual e futuro foi realizada uma análise de diversidade, por meio da extensão LECOS do Quantum GIS. Foram calculados os índices de diversidade (Shannon), uniformidade e riqueza para toda a paisagem, considerando todos os tipos de uso solo identificados para região.

8.2.1.6.4. Resultados

A. Métricas de fragmentação

Atualmente, a AID trata-se de uma paisagem com alto percentual de Savana Estépica arborizada e florestada (89,08 %). Com a implantação do empreendimento ocorrerá, na AID, uma redução das classes de Savana Estépica arborizada e Savana Estépica florestada pela supressão de 371,08 hectares destas fisionomias. Em termos de percentual de Savana Estépica arborizada e florestada na paisagem, a redução não será muito significativa. Quanto à fragmentação, provocará um aumento de 13% na densidade de manchas. Os valores obtidos para as métricas de fragmentação da paisagem estão apresentados na Mapa 8.2-3.

Portanto, observa-se baixa redução de área de hábitat, com moderado grau de fragmentação. A fragmentação na AID será responsável por um moderado aumento na densidade de manchas.

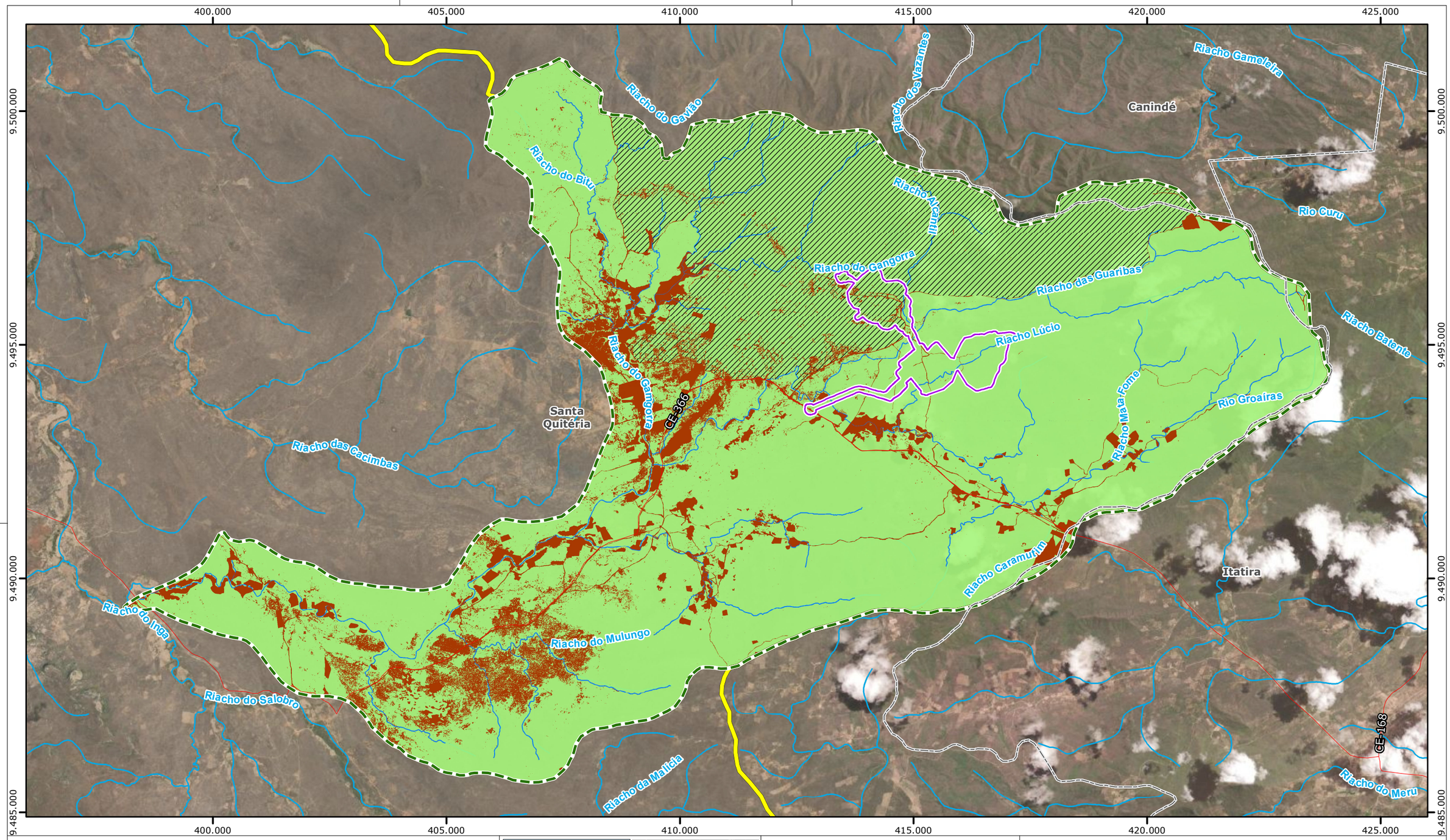
A implantação do empreendimento implicará em redução de hábitat e porcentagem de Savana Estépica arborizada e florestada, conforme pode ser visto na Tabela 8.2-76. De forma geral, haverá baixa redução de área e moderado aumento de fragmentação, visto que haverá incremento na densidade de manchas no cenário futuro. Estes fragmentos menores poderão perder em biodiversidade, haja visto que a riqueza e a diversidade de espécies dependem das dimensões dos fragmentos (CALEGARI et al., 2010). No entanto, vale ressaltar que o empreendimento não alterou significativamente a área de maior fragmento da AID,

que conta hoje com uma área total de 3767,41 ha e possui 111,85 ha (3 %) na ADA (Mapa 8.2-9 e Tabela 8.2-76).

Tabela 8.2-76 - Métricas de fragmentação da paisagem considerando os efeitos do empreendimento na AID.

MÉTRICAS	CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO COM A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
Porcentagem de hábitat (%)	89,08	87,01
Área de hábitat (hectares)	15.551,91	13531,72
Densidade de manchas (nº/hectares)	1,3747	1,7871
Maior fragmento (hectares)	3.767,41	3.655,56
Menor fragmento (hectares)	0,09	0,09

Fonte: Tetra Mais, 2021



Legenda

- Limite Municipal
- Hidrografia
- Rodovias
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Classe de Uso e Ocupação do Solo

- Usos Antrópicos
- Vegetação Nativa
- Maior fragmento de vegetação nativa da AID

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Imagem Esri, Basemap, 2017.
- Uso e Ocupação do Solo, Tetra Mais, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Maior Fragmento de Vegetação Nativa da AID

Mapa	Escala	Localização	
8.2-9	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	01/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

B. Métricas de efeito de borda

As manchas de Savana Estépica arborizada e florestada presentes na AID atualmente não se encontram sob intenso efeito de borda. A razão Perímetro-Área do cenário atual é 0,084 ou seja, os fragmentos são grandes e não estão sujeitos à maior intensidade dos efeitos de borda. As manchas possuem grandes dimensões, com muita área central. É possível observar pouca redução (13%) da área central total no empreendimento (Tabela 8.2-77). Com a implantação do empreendimento o efeito de borda se agravará moderadamente na AID, que acarretará redução da razão Perímetro-Área (12%) e índice de forma (4%). Portanto, o empreendimento, além de causar supressão de áreas centrais das manchas, aumentará a área de borda, que como dito anteriormente possui condições bióticas e abióticas menos favoráveis de hábitat. No entanto há que ressaltar que este aumento é considerado moderado. Além disso, na Caatinga as alterações de borda têm feitos menos drásticos que em florestas úmidas, como relatado por autores diversos (ARRUDA & EISENLOHR 2016; OLIVEIRA *et al*,2013, SAMPAIO & SCARIOT 2011, SANTOS & SANTOS 2008).

De todo modo, a fim de reduzir o efeito de borda e melhorar a qualidade de hábitat nesta paisagem uma das estratégias que pode ser utilizada é o incremento de floresta em fragmentos já existentes, mediante a reposição florestal a ser executada no âmbito do licenciamento ambiental do projeto, que pode considerar os resultados presentemente obtidos para planejamento das ações. Uma estratégia com este objetivo há que considerar que forma dos fragmentos pode influenciar processos como a imigração entre fragmentos e a colonização de plantas de médio e grande porte, e pode influenciar as estratégias de fuga de certos animais (HERMANN et al., 2005). Já o tamanho é importante principalmente na quantidade de hábitat reduzida, visto que os aspectos de configuração relacionados ao tamanho do fragmento apresentam importância relativa maior na descrição das características de comunidades, como por exemplo, a comunidade de aves, onde fragmentos maiores, mais conectados e com menor quantidade de borda garantem melhores condições para principalmente algumas espécies de aves mais sensíveis ao efeito de borda, região com maiores temperaturas e maior turbulência de ventos (MARTENSEN, 2008; RIES et al., 2014).

Tabela 8.2-77 – Métricas de efeito de borda considerando os efeitos do empreendimento na AID.

MÉTRICAS	CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO COM A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
Densidade de bordas (índice)	0,00594	0,031
Área Total do núcleo (hectares)	12.501,9	10.626,6

MÉTRICAS	CENÁRIO ATUAL	CENÁRIO COM A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
Índice de forma (índice)	3,48	3,34
Razão perímetro-área (razão)	0,083	0,093

Fonte: Tetra Mais, 2021

C. Métrica de conectividade

A paisagem atual da AID possui quase 90% de sua cobertura constituída por vegetação nativa. Mesmo no cenário futuro, com a instalação do empreendimento, a porcentagem de vegetação nativa será de cerca de 87%. Nesse contexto, a paisagem atualmente apresenta alta continuidade entre os pontos amostrados e assim permanecerá.

De uma forma geral, com exceção dos locais adjacentes à ADA (Pontos 9, 10 e 11), a continuidade entre as manchas de vegetação continuará com seu índice máximo de conectividade, ou seja, como um fragmento único. Para espécies com baixa capacidade de dispersão (raios de busca de 100 e 300 m), mesmo a baixa perda de hábitat impactará a conectividade entre as manchas de hábitat remanescentes. Na Figura 8.2-304, é possível observar que nos raios de busca de 100 e 300 metros, o índice de proximidade é visivelmente mais baixo. As espécies cuja capacidade de dispersão é mais alta (1000 e 2000 m), embora sofram com a ruptura da continuidade de hábitats do cenário atual, poderão percolar sobre a matriz devido sua maior capacidade de dispersão.

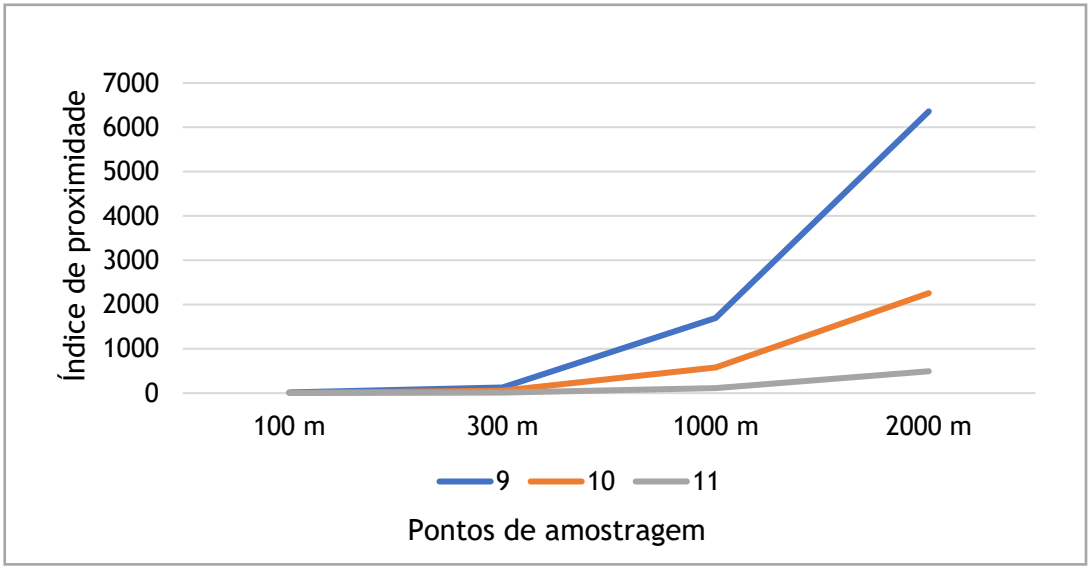


Figura 8.2-304- Índice de proximidade para os pontos impactados pela perda de conectividade para cada raio de busca (100, 300, 1000 e 2000 metros).

Fonte: Tetra Mais, 2021

D. Índice de diversidade da paisagem

O cenário atual apresenta 9 classes, entre tipos de uso antrópico e fitofisionomias de vegetação nativa. A diversidade da paisagem, obtida pelo índice de Shannon é igual a 2,095. O cenário futuro, com a implantação do empreendimento, considerará as classes preexistentes e o empreendimento como uma nova classe, e apresentará, portanto, 10 classes e a diversidade será 2,07, correspondendo a uma redução de menos de 1% comparada ao cenário atual.

A implantação do projeto contribuirá pouco para a homogeneização da paisagem, visto que apesar da diminuição do índice de diversidade, a paisagem permanecerá com alta proporção de vegetação nativa, contemplando as mesmas fitofisionomias identificadas atualmente.

8.2.1.6.5. Considerações finais

O cenário atual é formado por uma paisagem com alto percentual de cobertura de Savana Estépica arborizada e florestada (89,08 %). Verificou-se que a implantação do empreendimento intensificará levemente a fragmentação da Área de Influência Direta (AID), levando à uma pequena redução de área de vegetação nativa que passará a constituir 87,015% da AID. Ocorrerá aumento da densidade de manchas de vegetação nativa e de áreas de borda, bem como a fragmentação de componentes estruturais da paisagem atualmente contínuos. Espera-se ainda uma diminuição da proximidade entre os fragmentos, que ainda que pequena, favorece o isolamento das áreas próximas à Área Diretamente Afetada (ADA), principalmente para as espécies de baixa capacidade de dispersão, exemplificadas por algumas das espécies ameaçadas registradas no levantamento de dados primários de fauna do presente EIA.

Tais alterações na paisagem são facilmente atenuáveis por meio de ações de manejo da paisagem que foquem na redução do grau de isolamento e incremento da conectividade estrutural e/ou no aumento do tamanho e alterações da forma dos fragmentos remanescentes, promovendo uma redução do efeito de borda na área do projeto. Sem a adoção de tais medidas as espécies podem ser afetadas de diferentes formas pela perda de hábitat e fragmentação (METZGER, 2001; LAURANCE et al., 2002). Populações podem declinar, desaparecer, estabilizar ou não nos fragmentos ou na paisagem (BERNARDO et al. 2012) e as populações com maior sensibilidade a fragmentação, seja por menor capacidade de dispersão e menor tamanho corporal ou de semente, serão as mais suscetíveis ao declínio populacional e processos ecológicos, devendo, portanto, serem alvo de atenção especial nos monitoramentos.

Dentre as espécies ameaçadas utilizadas na análise, *Tacinga palmadora* (Palmatória), *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), *Kerodon rupestres* (Mocó) com raio de dispersão de 100 metros e; *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Amburana cearensis* (cumaru-do-Ceará) e *Penelope jacucaca* (jacu-do-nordeste) com raio de dispersão de 300 metros sofreriam diminuição e comprometimento de conectividade na paisagem da AID à medida que a supressão de vegetação na ADA agisse diminuindo a continuidade entre as áreas potenciais de hábitat. Tal impacto, além de afetar a dinâmica populacional, poderia interferir no equilíbrio dos processos ecológicos como polinização, dispersão de sementes, predação, competição, entre outros. Tais processos ecológicos podem, por sua vez, comprometer processos de regeneração florestal, pois muitas espécies atuam como dispersoras e/ou predadoras de sementes e na herbivoria, afetando o recrutamento de plântulas (WRIGHT, 2003).

Neste sentido, ações de manejo da paisagem da área de estudo que foquem na redução do grau de isolamento e incremento da conectividade estrutural, promovendo a atenuação do efeito de borda nos remanescentes são mandatórias e foram consideradas no delineamento de medidas específicas acerca desta temática, conforme pode ser visto no Capítulo 11 – Planos e Programas Ambientais. Além disso, recomenda-se a atenção ao uso do espaço e área de vida no monitoramento dessas espécies com menor capacidade de dispersão nos fragmentos ao redor da ADA, em áreas de bordas mais próximas ao empreendimento e nos núcleos dos fragmentos, a fim de verificar se a sua dispersão pelo ambiente foi prejudicada.

8.2.2. Ecossistema Aquático

8.2.2.1. Ictiofauna

8.2.2.1.1. Introdução

A região Neotropical é conhecida por ser detentora da maior biodiversidade do globo, sua extensão compreende a América do Sul e parte da América Central (México Tropical e Ilhas do Caribe). A riqueza de espécies de peixes de água doce estimada desta região atinge cerca de 30% da ictiofauna do mundo, e a maior diversidade dessa fauna encontra-se na bacia Amazônica (REIS *et al*. 2016). A fauna de peixes dulcícolas do Brasil foi inventariada por BUCKUP *et al*. (2007), que elencaram 2.587 espécies de famílias de peixes de água doce consideradas válidas. Mais recentemente, em 2014, cerca de 3.200 espécies de peixes de água doce brasileiras tiveram seu estado de conservação avaliado (MMA, 2014). Atualmente cerca de 3500 espécies de peixes dulcícolas estão sendo avaliadas em um novo ciclo de avaliação do estado de conservação. No entanto, é provável que este número de espécies esteja subestimado, visto que DAGOSTA & DE PINNA (2019) elencaram 2.716 espécies de água doce apenas para a bacia Amazônica, que está inclusa em sua maioria no território brasileiro.

No que diz respeito a ictiofauna de água doce do Brasil, particularmente à fauna de peixes da região do Nordeste, foi até pouco tempo atrás considerada uma lacuna de conhecimento, visto que era negligenciada na maioria dos estudos (ROSA & MENEZES, 1996; LANGEANI *et al*. 2009). Porém, muitos trabalhos foram realizados na última década, que nos forneceram um panorama mais atual da riqueza de espécies dessa região, e que auxiliaram na mudança do conceito de fauna pobre e depauperada dos rios nordestinos (SILVA *et al*., 2014; RAMOS *et al*., 2014; PAIVA *et al*., 2014; SILVA *et al*., 2015; RODRIGUES-FILHO *et al*., 2016; COSTA *et al*., 2017; LIMA *et al*., 2017; SARMENTO-SOARES *et al*., 2017; BARBOSA *et al*., 2017; TEIXEIRA *et al*., 2017; RAMOS *et al*., 2018; OLIVEIRA-SILVA *et al*., 2018; BERBEL-FILHO *et al*., 2018; MEDEIROS *et al*., 2019).

A Caatinga cobre cerca de 850.000 Km^2 e representa aproximadamente 11% do território brasileiro (ANDRADE-LIMA, 1981) e 70 % da região Nordeste, incluindo partes dos estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (CASTELLETTI *et al*., 2005). De acordo com a sistemática de Köppen, essa região se encontra sobre o domínio do tipo climático BSsh', muito quente, semiárido e com estação chuvosa curta no inverno (ANDRADE-LIMA, 1981). Estas condições climáticas explicam, em parte, as condições hidrológicas da região, com solos de pouca profundidade, resultando em uma hidrografia de difícil drenagem e armazenamento de água. A hidrografia é caracterizada por um conjunto de rios e riachos, em sua maioria

intermitentes e uma significativa quantidade de pequenos açudes, que armazenam água ao longo de toda a estação seca.

Atualmente, são registradas mais de 370 espécies de peixes no bioma Caatinga (LIMA *et al.*, 2017). A composição dessa fauna parece ser resultante de uma gama de processos históricos que reduziram sua diversidade ao longo do tempo, entre eles transgressões marinhas e expansão do clima semiárido, processos ecológicos decorrentes dessas alterações ambientais e, finalmente, fatores antrópicos que podem ter levado à exclusão de elementos autóctones (ROSA *et al.*, 2003) como também inclusão de elementos alóctones.

Em 2008 um amplo trabalho propôs uma divisão dos sistemas hídricos de água doce do globo em ecorregiões, e neste estudo, o Nordeste brasileiro foi dividido biogeograficamente em cinco ecorregiões: Estuário da Bacia Amazônica e drenagens costeiras (ecorregião 323), Parnaíba (325), Caatinga Nordeste e Drenagens Costeiras (326), São Francisco (327) e Nordeste Mata Atlântica (328) (ABELL *et al.*, 2008). A ecorregião Caatinga Nordeste e Drenagens Costeiras (CNDC) encontra-se inserida em uma região onde predomina a Caatinga, compreende as bacias hidrográficas que ficam entre os rios São Francisco e Parnaíba caracterizada por ter o clima semiárido em sua maior extensão (LANGEANI *et al.*, 2009; BERBEL- FILHO *et al.*, 2018). Ainda que estudos estejam sendo realizados no Nordeste do Brasil como foi supracitado, existem diversas bacias sub-amostradas, das quais não se têm listas de espécies, assim como não se conhece delas a indicação de táxons endêmicos, invasores ou áreas importantes para a conservação (LANGEANI *et al.*, 2009; RAMOS *et al.*, 2019).

A área de Influência do Projeto Santa Quitéria se encontra na ecorregião CNDC. A ictiofauna, principal recurso pesqueiro da ecorregião CNDC, ainda tem a biodiversidade e o estado de conservação de seus grupos e dos ambientes em que estes vivem, pouco conhecidos. ROSA *et al.* (2003) realizou o primeiro importante estudo taxonômico sobre os peixes de água doce dessa ecorregião. Estes autores contabilizaram para a ecorregião CNDC, 83 espécies, dentro de 54 gêneros, 19 famílias e seis ordens. Dentro das espécies listadas sete foram registradas como introduzidas e 31 consideradas endêmicas, portanto, 40,7% das 75 espécies elencadas como nativas da ecorregião. LIMA *et al.* (2017) realizaram uma atualização do trabalho de ROSA *et al.* (2003) e registraram um aumento considerável da riqueza de espécies da ecorregião CNDC, elencando 103 espécies entre nativas e introduzidas.

O levantamento da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria é importante para contribuir com o conhecimento da diversidade de peixes do Nordeste. Além disso, esse levantamento será utilizado para verificação da qualidade ambiental dos corpos aquáticos ocorrente na

área de influência do empreendimento e indicação ou não de elementos do grupo como ferramenta de acompanhamento dos possíveis impactos por ele produzidos. Para avaliação da qualidade da água e dos ambientes aquáticos, os peixes são considerados bons bioindicadores, principalmente por apresentarem grupos de diversos níveis tróficos que estão presentes em todos os ambientes aquáticos, inclusive os poluídos. Com isso, avaliações da integridade biológica de uma comunidade de peixes, pode ser um forte indicador de alterações nos ecossistemas aquáticos, podendo ser direto e/ou indireto. Portanto, estudos ictiofaunísticos são de fundamental importância para avaliar uma possível degradação ambiental (FAUSCH *et al.*, 1990). Ademais a popularidade dos peixes, muito usado na alimentação humana, é de fundamental importância para alertar a população sobre alterações nos ecossistemas aquáticos (FLORES-LOPES & MALABARBA, 2007).

Esta seção trata do diagnóstico da ictiofauna nas Áreas de Influência do Projeto Santa Quitéria, elaborado com base em dados secundários e primários, tendo sido estes últimos obtidos após a realização de duas campanhas de Levantamento de Campo: 1ª campanha outubro/novembro de 2020; 2ª campanha, fevereiro de 2021.

8.2.2.1.2. Metodologia

A. Dados secundários

Para o levantamento dos dados secundários sobre a ictiofauna da área de influência do Projeto Santa Quitéria foram levantados dados das bacias hidrográficas dos rios Acaraú e Jaguaribe, que drenam a área de influência do projeto. Os dados foram levantados a partir de consulta a bibliografia especializada, publicada em artigos científicos, livros e literatura cinza (teses, dissertações e monografias), procurando sempre fontes confiáveis, obtidas a partir de trabalhos de autores experientes, evitando possíveis erros de identificação das espécies.

Seguem as bases de consulta utilizadas neste levantamento:

ARCADIS LOGOS (2014) – Neste trabalho foi reunida as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessário para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Como resultado o relatório aponta a ocorrência de XXXX espécies de ictiofauna na área de estudo.

Ademais foram utilizados os registros de espécimes depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba (CIUFPB), principal de peixes de água doce da região nordeste.

B. Dados primários

A coleta de dados primários para o levantamento da ictiofauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria foi realizada através de coletas em campo com uso de técnicas de captura ativa (peneiras, arrasto e tarrafas) e passiva (redes de emalhar). As coletas foram realizadas em 17 pontos de amostragens entre os dias 28 de outubro a 4 de novembro de 2020, representando a estação seca e de 14 a 19 de Fevereiro, a estação chuvosa (Mapa 8.2-10 e Tabela 8.2-78). As amostragens foram executadas de acordo com as especificações do Plano de Trabalho aprovado pelo IBAMA.

360.000 380.000 400.000 420.000 440.000

9.520.000

9.500.000

9.480.000

SQ17

CE-366 CE-176 CE-257 CE-257 CE-168

Santa Quitéria

Canindé

Catunda

SQ07 SQ04 SQ05 SQ08 SQ06 SQ09 SQ10 SQ03 SQ02 SQ01 SQ15 SQ11 SQ14 SQ12 SQ13 SQ16

CE-176 CE-168 CE-366

Itatira

CE-265 BR-020

360.000 380.000 400.000 420.000 440.000

Legenda

- Limite Municipal
- Rodovias
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Pontos de Amostragem

- Pontos de Amostragem de Ictiofauna

Fonte:
- Malha Municipal do Estado do Ceará (IBGE, 2019).
- Tetra Mais, 2021.

0 2,5 5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Mapa com os pontos de amostragens da Ictiofauna

Mapa	Escala	Localização	
8.2-10	1:260.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V03	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

Tabela 8.2-78 - Lista de pontos de amostragens da ictiofauna da área de influência com suas respectivas coordenadas do Projeto de Santa Quitéria, CE.

PONTO	COORDENDAS UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		DESCRIÇÃO	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
SQ01	419096	9490668	Poça na estrada entre os povoados de Lagoa do Mato e Itataia, bacia do Rio Jaguaribe, Itatira – CE (Figura 2).	Fora da área de influência
SQ02	417060	9491525	Riacho Quati, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 3).	AID
SQ03	413768	9493148	Açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, pov. Itataia, Santa Quitéria – CE (Figura 4).	AID
SQ04	413136	9493887	Rio Curimatã, jusante do Açude Quixaba, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 5).	ADA
SQ05	414895	9495391	Riacho Guaribas, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 6).	ADA
SQ06	412422	9493978	Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 7).	AID
SQ07	409700	9496088	Açude Morrinhos, bacia do Rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria – CE (Figura 8).	AID
SQ08	408494	9495048	Riacho Bitu, bacia do rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria – CE (Figura 9).	AID
SQ09	409570	9492746	Riacho dos Caibos, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 10).	AID
SQ10	409618	9492374	Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 11).	AID
SQ11	40824	9490609	Riacho Tapera, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 12).	AID
SQ12	405398	9488549	Riacho Mulungu, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 13).	AID
SQ13	403327	9487658	Riacho Corrente, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 14).	AID
SQ14	398170	9489672	Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Figura 15).	AII

PONTO	COORDENDAS UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		DESCRIÇÃO	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
SQ15	396811	9491108	Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Fazenda Sapucaia, Santa Quitéria – CE (Figura 16).	All
SQ16	423084	9482877	Açude Laís, bacia do Rio Jaguaribe, distrito de Lagoa do Mato, Itatira – CE (Figura 17).	Fora da área de influência
SQ17	382263	9529137	Açude Edson Queiroz, Santa Quitéria – CE (Figura 18).	Fora da área de influência

Os pontos SQ16 e SQ17 se situam fora dos limites das áreas de influência, porém foram inseridos na malha amostral uma vez que se caracterizam como importantes corpos d'agua no contexto regional.

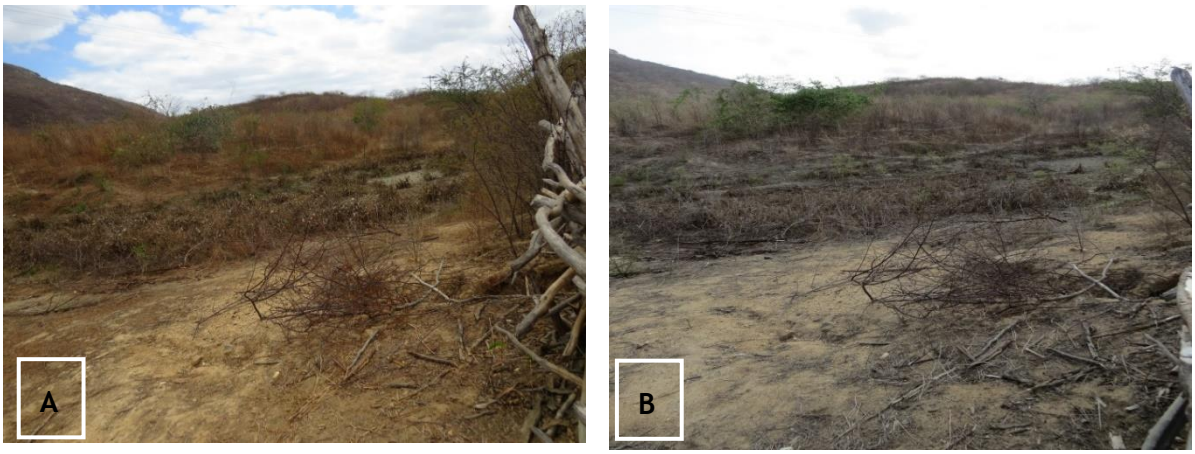


Figura 8.2-305 - Poça na estrada entre os povoados de Lagoa do Mato e Itataia, bacia do Rio Jaguaribe, Itatira - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

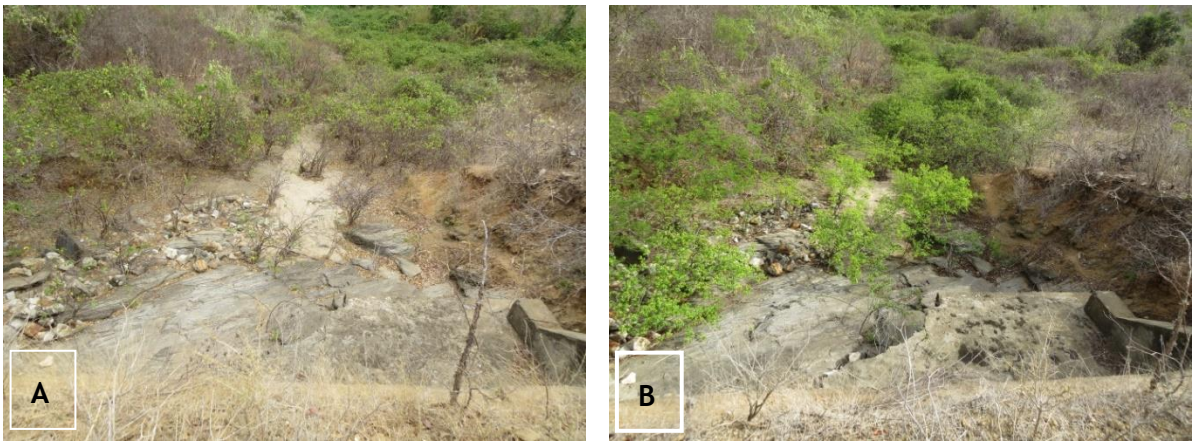


Figura 8.2-306 - Riacho Quati, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

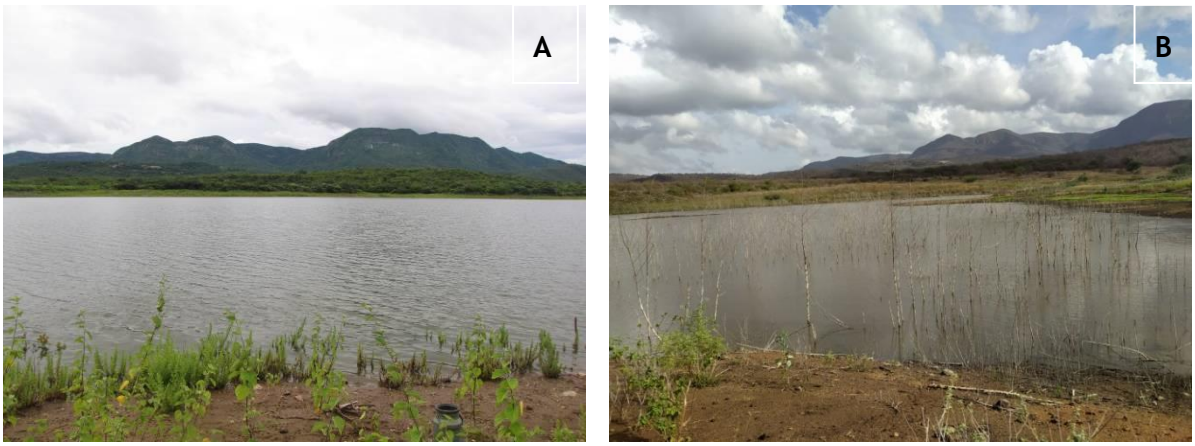


Figura 8.2-307 - Açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, pov. Itataia, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-308 - Rio Curimatã, jusante do Açude Quixaba, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-309 - Riacho Guaribas, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-310 - Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

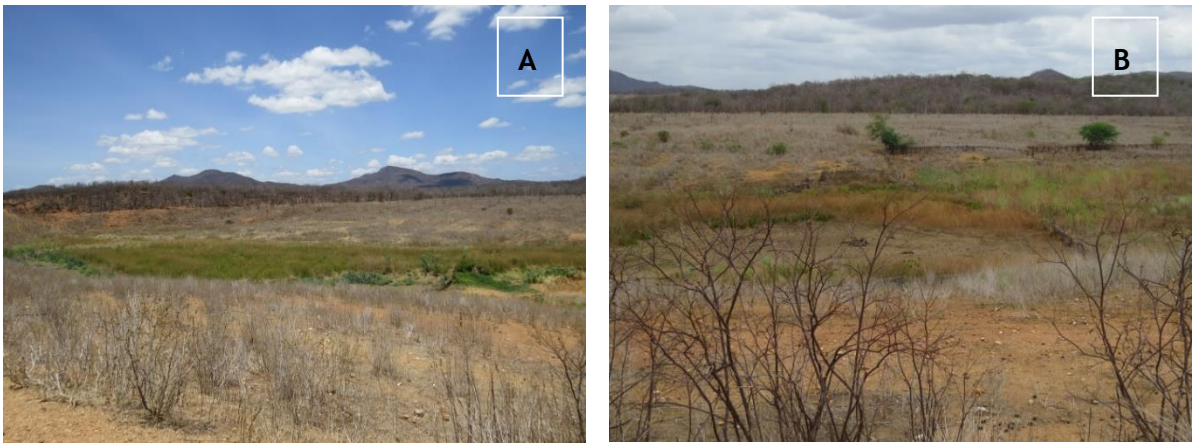


Figura 8.2-311 - Açude Morrinhos, bacia do Rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria - CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-312 - Riacho Bitu, bacia do rio Acaraú, prox. ao assentamento Morrinhos, Santa Quitéria - CE A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-313 - Riacho dos Caibos, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

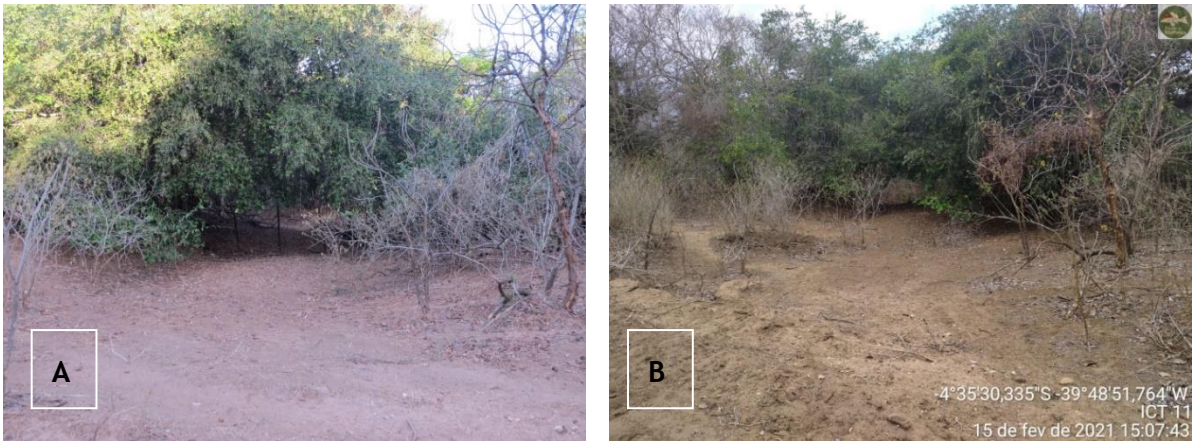


Figura 8.2-314 - Rio Cunha Montin, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-315 - Riacho Tapera, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

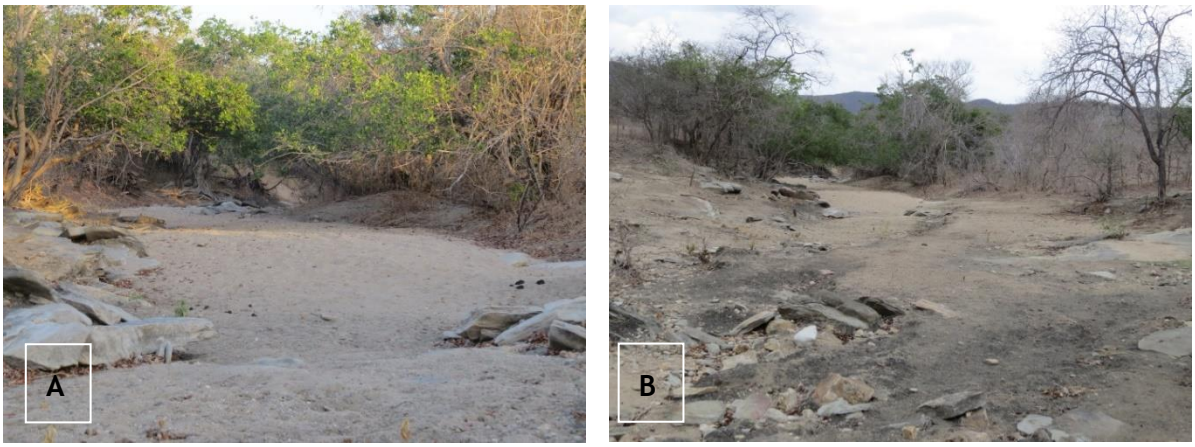


Figura 8.2-316 - Riacho Mulungu, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-317 - Riacho Corrente, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

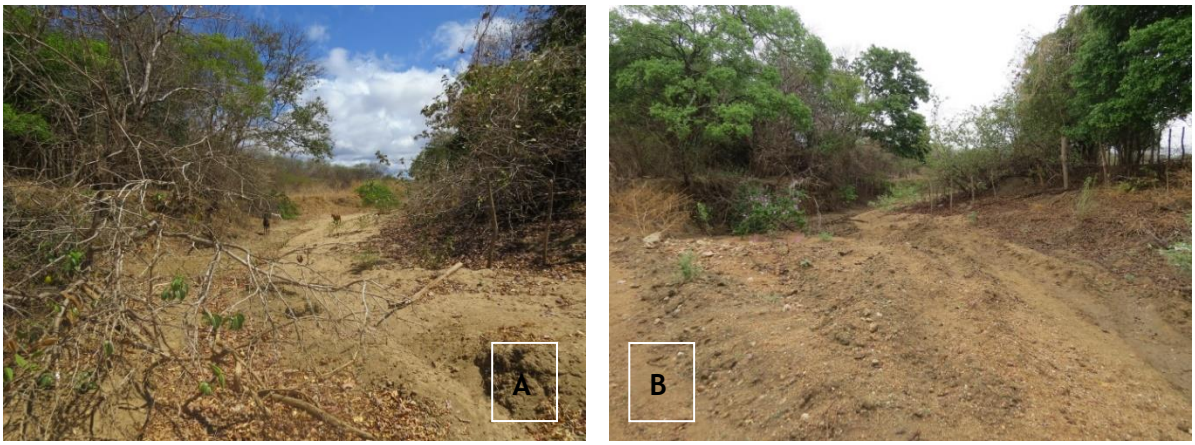


Figura 8.2-318 - Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

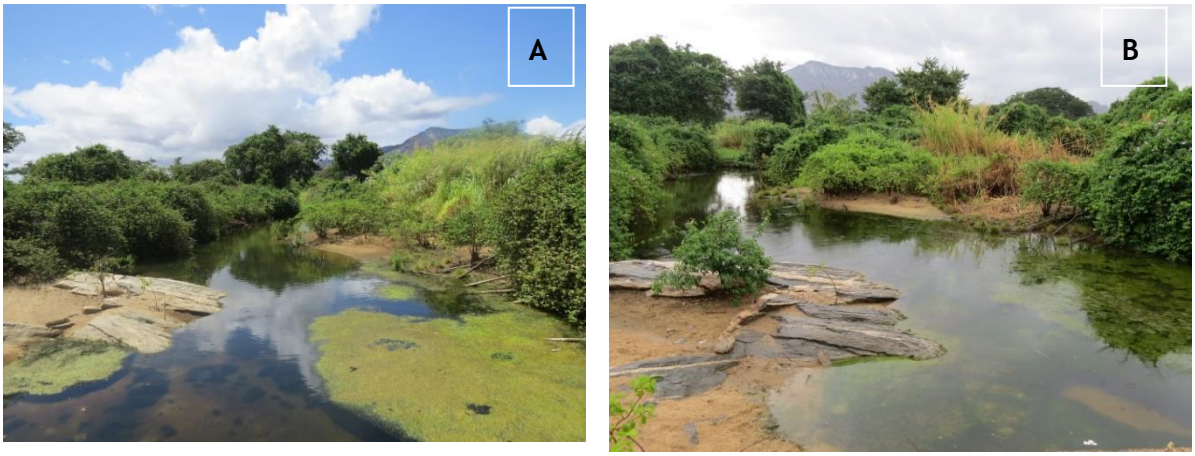


Figura 8.2-319 - Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Fazenda Sapucaia, Santa Quitéria - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-320 - Açude Laís, bacia do Rio Jaguaribe, distrito de Lagoa do Mato, Itatira - CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Figura 8.2-321 - Açude Edson Queiroz, Santa Quitéria – CE. A = Seca; B = Chuvosa (Foto: Telton Ramos).

Os apetrechos de pesca utilizados para coleta de peixes nos corpos d'água da área de influência do Projeto Santa Quitéria foram: arrastos manuais (rede de arrasto de 5 m de comprimento e com malha de 5 mm) (Figura 8.2-322); tarrafa (dois metros de altura com malha de 15 mm) (Figura 8.2-323); redes de espera 10 m de comprimento com malha de 30 mm (Figura 8.2-324); peneira (1 m de comprimento x 50 cm de largura, malhas de 1 mm) (Figura 8.2-325). As coletas foram padronizadas em cada ponto amostrado, sendo dois arrastos, dez peneiradas e seis tarrafadas, com o objetivo de quantificar e comparar as amostras e os pontos de amostragens. As redes de emalhar foram colocadas ao anoitecer e retiradas ao amanhecer, quando possível. Estes diferentes apetrechos foram utilizados em cada ponto de amostragem levando em consideração as características dos corpos d'água como, largura, profundidade, tipo de fundo (substrato) e formação de micro habitats.

Os espécimes de peixes amostrados, quando possível, foram identificados em campo e devolvidos aos corpos d'água (geralmente exemplares maiores). Os indivíduos para servir de testemunho foram coletados, conforme ABIO. Os espécimes coletados foram anestesiados com Eugenol (óleo de cravo) em solução alcoólica e depois fixados em formalina a 10% (LUCENA *et al.*, 2013), sendo alguns exemplares fotografados com o objetivo de se obter registros da coloração natural. Os espécimes foram tratados de acordo com as normas de curadoria científica, que consistem na sua fixação em formol durante um período mínimo de 8 dias, na transferência deles para uma solução alcoólica a 70°GL, na triagem por lotes de espécimes e na etiquetagem individual de cada lote, de acordo com MALABARBA & REIS (1987).

Figura 8.2-322- Uso do arrasto 10 m, açude Edson Queiroz, Santa Quitéria – CE (Foto: Julia Falkenberg).

Figura 8.2-323 - Uso de Tarrafa, açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Silvia Costa).

Figura 8.2-324 - Rede de Espera, Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Silvia Costa).

Figura 8.2-325 - Uso da Peneira, Rio Groaíras, bacia do Rio Acaraú, Santa Quitéria – CE (Foto: Telton Ramos).

Para amostragem de peixes anuais (Rivulidae) na área de influência do Projeto Santa Quitéria, possíveis poças temporárias (que estavam secas no período de estiagem) na ADA e AID foram selecionadas, um pouco do solo foi coletado e colocado em água para verificar se havia eclosão destes peixes. Esses peixes são caracterizados por colocar seus ovos no fundo das poças temporárias quando essas secam, estes ovos são resistentes e ficam em estado de latência até as próximas chuvas, quando as poças voltam a encher e os ovos eclodem estabelecendo as populações desse grupo de peixes. Portanto, o melhor período para amostragem desse grupo de peixes é no período chuvoso.

Em cada ponto amostrado na área de influência do Projeto Santa Quitéria foram registrados em ficha de campo, os dados ambientais do local de coleta no momento da coleta e dados relativos à ictiofauna, além dos dados fornecidos pela população local, quando existente.

C. Análise de dados

Para indicação da qualidade ambiental dos corpos d'águas que drenam a área do Projeto Santa Quitéria foram utilizadas algumas características dos peixes amostrados. Essas características serão usadas através do Índice de Integridade Biótica (IBI) de Karr (1981). Para os corpos d'água amostrados no levantamento ictiofaunístico do Projeto Santa Quitéria foi realizado uma adaptação do IBI de Karr para as condições dos ambientes amostrados na região de Caatinga sob domínio do projeto. O IBI de Karr utiliza parâmetros ecológicos e biológicos dos peixes desde indivíduos até populações, comunidades e ecossistemas. Esses aspectos estão distribuídos em três categorias: 1. Composição e riqueza de espécies; 2. Composição trófica e 3. Abundância e condições dos peixes. Com isso, para o Projeto Santa Quitéria, foram utilizadas a abundância das espécies e seus respectivos hábitos alimentares como bioindicadores das condições ambientais dos corpos d'água amostrados. Para os corpos d'água amostrados no levantamento ictiofaunístico do Projeto Santa Quitéria, o número de espécies consideradas omnívoras foi usado como indicador de perturbação conforme IBI de Karr.

Os parâmetros de riqueza e abundância foram apresentados e descritos detalhadamente de forma hierárquica, evidenciando as ordens e famílias com maior riqueza de espécies. Estes atributos foram utilizados para o cálculo da diversidade taxonômica e comparados de forma unificada entre os pontos de amostragem.

Para avaliar a estrutura da comunidade de espécies observadas, foram contabilizadas a riqueza e abundância, bem como calculado os índices de diversidade de Shannon-Wiener (diversidade), Pielou (equitabilidade), Simpson (dominância). Todas as análises serão calculadas no programa PAST 4.02 (Hammer et al., 2020).

Para compreender a relação entre a riqueza de espécies e o esforço amostral empregado nos pontos de amostragem, foram construídas curvas de acumulação de espécies, baseada no número de espécies registradas, por ponto de amostragem. A estimativa da riqueza de espécies foi determinada utilizando-se uma matriz de presença, por meio do estimador não paramétrico *Jackknife* de primeira ordem. Os resultados foram obtidos utilizando 1.000 aleatorizações no programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

8.2.2.1.3. Resultados e Discussão

A. Composição faunística

A.1. Dados secundários

No levantamento de dados secundários de espécies da ictiofauna de potencial ocorrência na área de influência indireta do Projeto Santa Quitéria, um total de 70 espécies de peixes de água doce foram registradas para as bacias hidrográficas do Estado do Ceará. No entanto, este número é bastante geral, sendo um diagnóstico para todas as bacias do Ceará (Tabela 8.2-79). Parte dessas 70 espécies é endêmica de outras bacias ou outras regiões do Ceará e provavelmente não seriam encontradas na região do empreendimento de Santa Quitéria. Portanto, apenas as espécies mais amplamente distribuídas na região podem ser esperadas nos corpos d'água sob influência do Projeto Santa Quitéria. Algumas dessas espécies são as piabas *Astyanax bimaculatus* e *A. fasciatus*, a traíra, *Hoplias malabaricus* e o cará, *Cichlasoma orientale* entre outras.

Esta compilação e seleção de espécies potenciais resultou um total de 22 espécies de peixes de água doce distribuídas em 20 gêneros, 12 famílias e quatro ordens (Tabela 8.2-79).

Tabela 8.2-79 - Ictiofauna de água doce de potencial ocorrência definida a partir de dados secundários levantados na região de inserção do projeto Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais globais (IUCN, 2021) e nacional (MMA, 2014).

Táxon	Nome Popular	Fonte	Ameaça	
			IUCN	Brasil
ORDEM CHARACIFORMES				
Família Anostomidae				
Leporinus piau Fowler 1941	piau	CIUFPB	-	LC
Família Characidae				
Astyanax bimaculatus (Linnaeus 1758)	piaba	CIUFPB	-	LLC
Astyanax fasciatus (Cuvier 1819)	piaba	CIUFPB	-	LC
Compsura heterura Eigenmann 1915	piaba	CIUFPB	-	LC
Hemigrammus sp.	piaba	CIUFPB		NA
Hyphessobrycon sp.	piaba	CIUFPB		DD
Serrapinnus heterodon (Eigenmann 1915)	piaba	CIUFPB	-	LC
Serrapinnus piaba (Lütken 1875)	piaba	CIUFPB	-	LC
Família Crenuchidae				
Characidium bimaculatum Fowler 1941	-	CIUFPB	-	LC
Família Curimatidae				
Steindachnerina notonota (Miranda Ribeiro 1937)	branquinha	CIUFPB	-	LC
Família Erythrinidae				

Táxon	Nome Popular	Fonte	Ameaça	
			IUCN	Brasil
Hoplias malabaricus (Bloch 1794)	traíra	CIUFPB	-	LC
Família Prochilodontidae				
Prochilodus brevis Steindachner 1875	curimatã	CIUFPB	-	LC
Família Triportheidae				
Triportheus signatus (Garman 1890)	sardinha	CIUFPB	-	LC
ORDEM CICHLIFORMES				
Família Cichlidae				
Cichla ocellaris Bloch & Schneider 1801*	tucunaré	CIUFPB	-	-
Cichlasoma orientale Kullander 1983	cará-preto	CIUFPB	-	LC
Crenicichla brasiliensis (Bloch 1792)	Jacundá	CIUFPB	-	LC
Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758) *	tilápia	CIUFPB	-	-
ORDEM CYPRINODONTIFORMES				
Família Poecilidae				
Poecilia vivipara Bloch & Schneider 1801	barrigudinho	CIUFPB	-	LC
ORDEM SILURIFORMES				
Família Callichthyidae				
Aspidoras spilotus Nijssen & Isbrücker, 1976	-	CIUFPB	-	LC
Família Heptapteridae				
Pimelodella sp.	bagre	CIUFPB	-	LC
Família Loricariidae				
Hypostomus jaguribensis (Fowler, 1915)	cascudo	CIUFPB	-	LC
Parotocinclus cf. *cearensis* Garavello 1977	cascudinho	CIUFPB	-	DD

No levantamento secundário da ictiofauna sobre influência do Projeto Santa Quitéria, a ordem mais representativa foi Characiformes com 13 espécies, representando 59.1% da ictiofauna registrada para área. Siluriformes e Cichliformes com quatro espécies, representando 18.2% cada, foram os segundos grupos com maiores números de espécies. No entanto, as quatro espécies de Siluriformes são todas nativas, já das quatro espécies de Cichliformes, apenas duas são nativas, as outras duas são exóticas nas bacias da região das minas. As ordens Characiformes e Siluriformes como as mais representativas de peixes de água doce seguem o padrão de outras bacias do Nordeste brasileiro (RAMOS *et al.*, 2014, TEIXEIRA *et al.*, 2017, OLIVEIRA-Silva *et al.*, 2018, RAMOS *et al.*, 2018, MEDEIROS *et al.*, 2019), como também para o resto do Brasil e toda região Neotropical (REIS *et al.*, 2003; BUCKUP *et al.*, 2007).

Em nível de família, Characidae foi a mais representativa, com sete espécies, seguida pelas famílias Cichlidae e Loricariidae, quatro e duas cada, respectivamente. As outras

famílias foram representadas por apenas uma espécie, cada (Tabela 8.2-79). Characidae e Loricariidae também são os grupos que geralmente apresentam maiores riqueza, tanto nas bacias hidrográficas do Nordeste, como do resto do Brasil e região Neotropical (ROSA *et al.*, 2003; BUCKUP *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2017).

A.2. Levantamento primário

Estação seca

Entre os dias 27 de outubro a 4 de novembro de 2020 foi realizada a expedição de amostragem da ictiofauna nos corpos d'água sobre influência do Projeto Santa Quitéria, coleta representando o período de seca. A amostragem foi realizada nos municípios de Santa Quitéria e Itatira, Estado do Ceará, Brasil. Os horários das amostragens concentraram-se entre 07:00 e 18:00 horas.

Nesta coleta, representando o período de seca, dos 17 pontos de amostragens pré-selecionados, apenas em quatro havia água superficial que possibilitasse a coleta de peixes, os outros 13 pontos estavam completamente secos, sem águas superficiais. Nos quatro pontos de amostragens que continham água superficial, foram registrados um total de 407 espécimes distribuídos em 13 espécies, nove famílias e quatro ordens de peixes de água doce (Tabela 8.2-80).

Tabela 8.2-80 - Lista de espécies de peixes registradas na campanha (seca) a partir de dados primários levantados do projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014).

ORDEM/Família/Espécie	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2020	MMA 2014
CHARACIFORMES							
Characidae							
Astyanax bimaculatus (Linnaeus 1758)	Piaba	All	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Astyanax fasciatus (Cuvier 1819)	Piaba	All	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Curimatidae							
Steindachnerina notonota (Miranda Ribeiro 1937)	Branquinha	All	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Erythrinidae							
Hoplias malabaricus (Bloch 1794)	Traíra	All	Carnívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Prochilodontidae							
Prochilodus brevis Steindachner 1875	Curimatã	All	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC

ORDEM/Família/Espécie	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2020	MMA 2014
Triportheidae							
Triportheus signatus (Garman 1890)	Sardinhas	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
CICHLIFORMES							
Cichlidae							
Cichla ocellaris Bloch & Schneider 1801*	Tucunaré	AII	Carnívora	Ovípara	Exótica	-	-
Cichlasoma orientale Kullander 1983	Cará-preto	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758)	Tilápia	AID/AII	Onívora	Ovípara	Exótica	LC	-
SILURIFORMES							
Loricariidae							
Hypostomus pusarum (Starks, 1913)	Cascudo	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Parotocinclus sp.	Cascudinho	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Heptapteridae							

ORDEM/Família/Espécie	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2020	MMA 2014
Pimelodella sp.	mandi	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	-	-
CYPRINODONTIFORMES							
Poeciliidae							
Poecilia vivipara (Bloch & Schneider 1801)	Barrigudinho	AID/AII	Onívora	Ovovipara	Nativa	LC	LC

Na amostragem de seca do levantamento da ictiofauna sobre influência do Projeto Santa Quitéria, a ordem Characiformes foi a mais representativa, com seis espécies, representando 46% do total registrado. Em seguida, Siluriformes e Cichliformes com três espécies cada, representando 23% das espécies registradas, cada ordem. A ordem com menor número de espécies foi Cyprinodontiformes, com apenas uma espécie, 8% da amostragem.

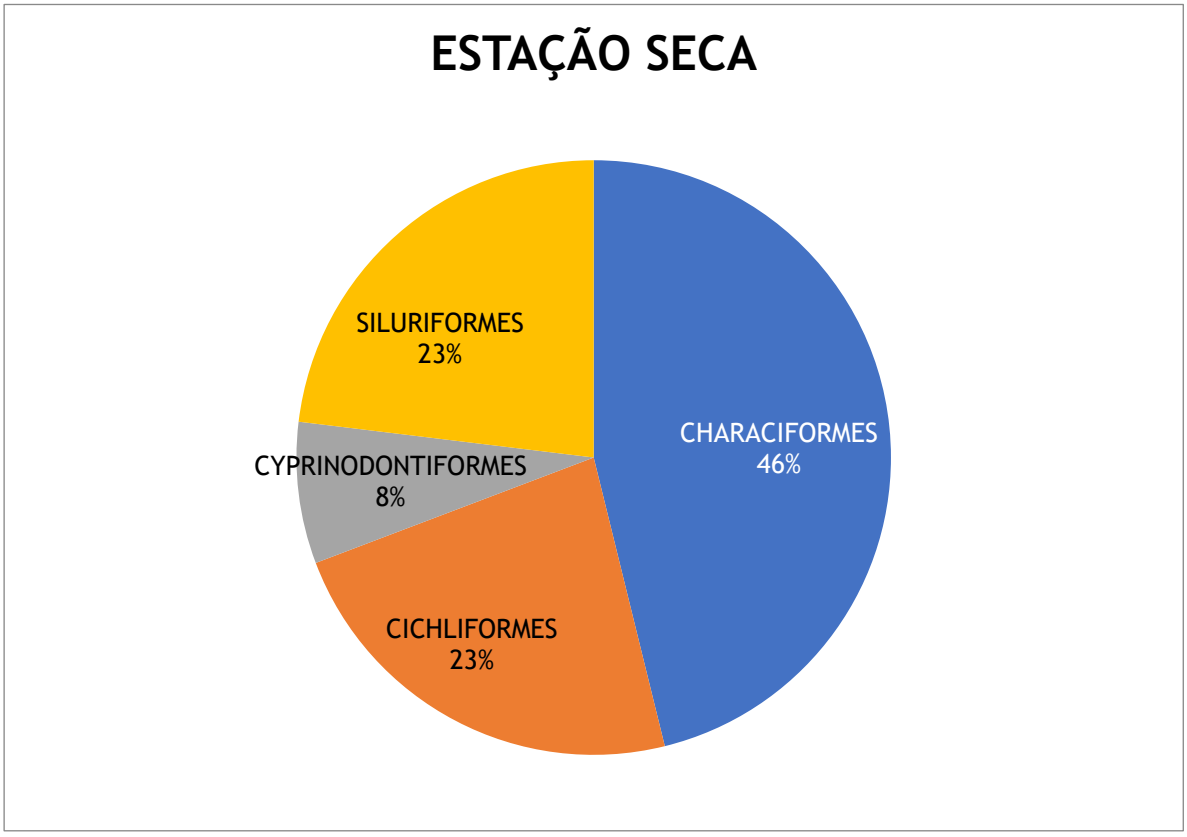


Figura 8.2-326 - Número de espécies, por ordem, registrada na campanha de amostragem (seca) para o levantamento ictiofaunístico do EIA do Projeto Santa Quitéria, CE.

Em relação às famílias, nove tiveram representantes registradas, das quais Cichlidae foi a mais representativa, com três espécies, representando 23% do total registrado. No entanto, das três espécies de Cichlidae, duas são exóticas, a tilápia, *Oreochromis niloticus* e o tucunaré, *Cichla ocellaris*. As famílias Characidae e Loricariidae, foram as segundas famílias mais representativas em número de espécies, com duas cada, representando 15%, cada. As outras famílias, Curimatidae, Erythrinidae, Heptapteridae, Poeciliidae, Prochilodontidae e Triportheidae, foram representadas com uma espécie cada (Figura 8.2-327).

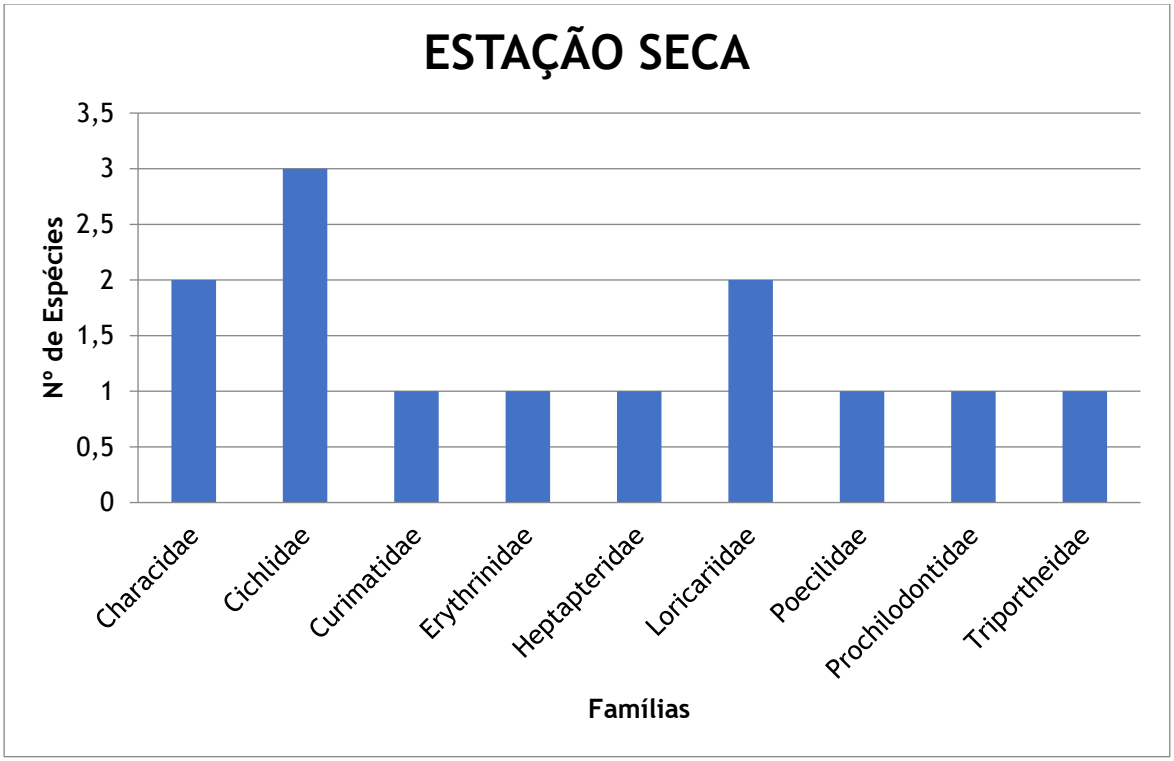


Figura 8.2-327 - Número de espécies, por família, registrada na campanha de amostragem (seca) para o levantamento ictiofaunístico do EIA Projeto Santa Quitéria, CE.

Em termos de abundância, as três espécies mais abundantes nos corpos d'água da área de influência do projeto Santa Quitéria foram, a tilápia, *Oreochromis niloticus*, com 159 indivíduos registrados, representando, 39% dos espécimes amostrados, seguida de *Astyanax bimaculatus*, 68 indivíduos (17%) e *Poecilia vivipara*, 52 (13%; Figura 8.2-328 e Figura 8.2-329). As outras espécies representaram menos de 10% do total. Juntas, as três espécies mais abundantes corresponderam a 69% dos indivíduos coletados na amostragem da estação seca.

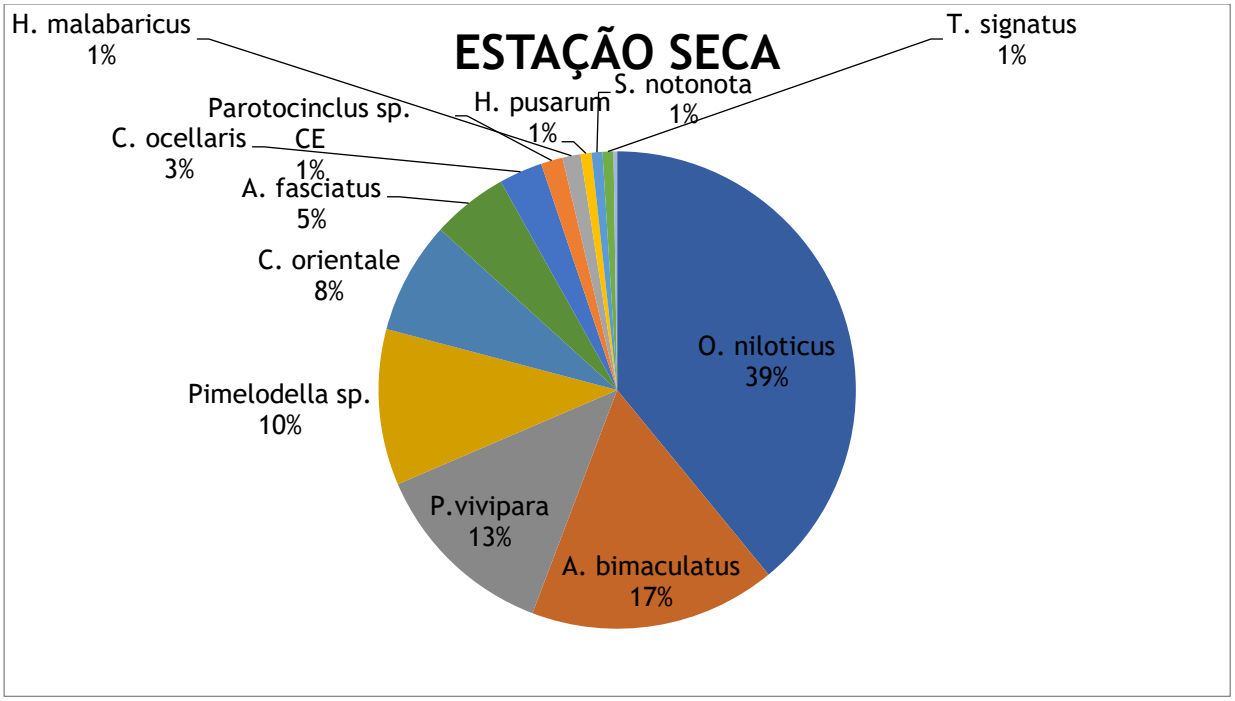


Figura 8.2-328 - Proporção relativa de espécimes por espécies registrada durante a amostragem de seca no Projeto Santa Quitéria, CE.

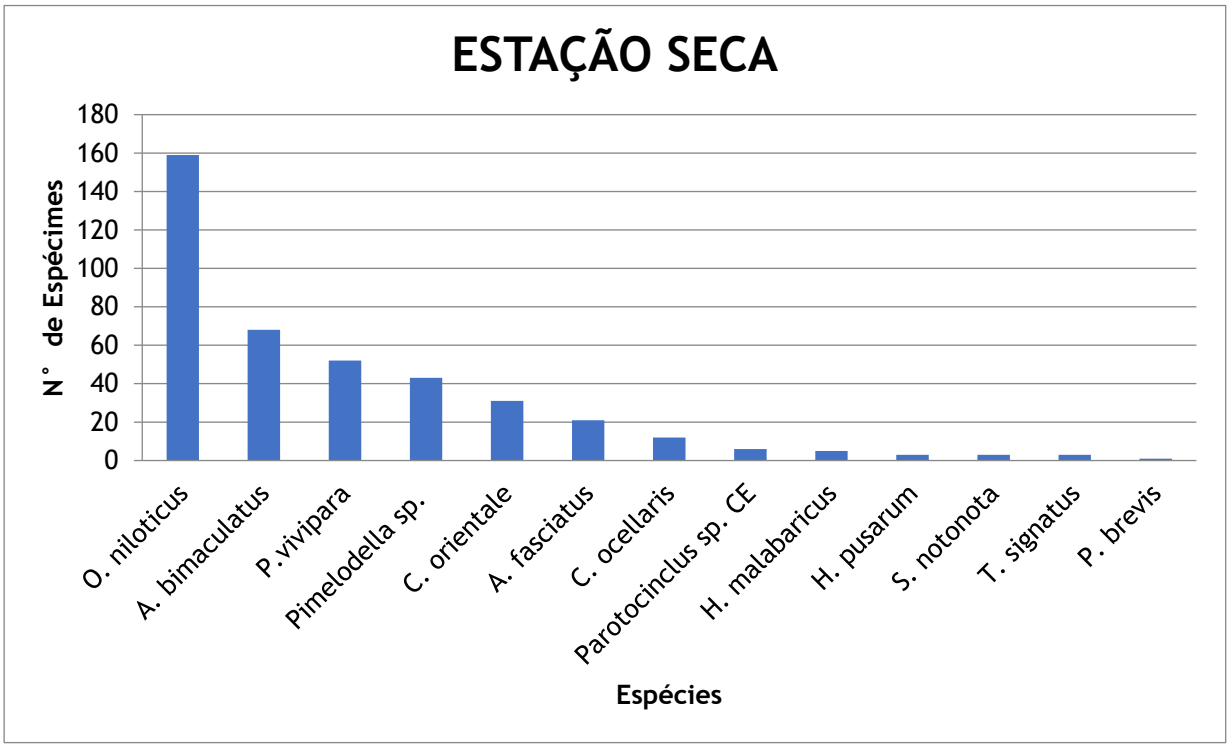


Figura 8.2-329 - Abundância das espécies registradas durante o período seco no Projeto de Santa Quitéria, CE.

Tabela 8.2-81 - Número de espécimes e espécies por unidade amostral, coletados durante a amostragem da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, CE. Amostragem de Seca.

TÁXON/Ponto	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	SQ10	SQ11	SQ12	SQ13	SQ14	SQ15	SQ16	SQ17	Nº DE ESPÉCIMES REGISTRADOS
CHARACIDAE																		
Astyanax bimaculatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	7	48	68
Astyanax fasciatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	21
CURIMATIDAE																		
Steindachnerina notonota	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
ERYTHRINIDAE																		
Hoplias malabaricus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
PROCHILODONTIDAE																		
Prochilodus brevis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
TRIPORTHEIDAE																		
Triportheus signatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
CICHLIDAE																		
Cichla ocellaris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12
Cichlasoma orientale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	17		31
Oreochromis niloticus	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	159
LORICARIIDAE																		

TÁXON/Ponto	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	SQ10	SQ11	SQ12	SQ13	SQ14	SQ15	SQ16	SQ17	Nº DE ESPÉCIMES REGISTRADOS
Hypostomus pusarum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Parotocinclus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
HEPTAPTERIDAE																		
Pimelodella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	43
POECILIDAE																		
Poecilia vivipara	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
Nº de espécimes amostrados/ponto	0	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	97	60	407

Dos 17 pontos pré-selecionados para serem amostrados no projeto Santa Quitéria, apenas quatro, na campanha de seca, se encontravam com água superficial, sendo possível a amostragem de peixes (Figura 8.2-327 e Tabela 8.2-81). Destes quatro pontos de amostragens, três são açudes e um é rio. Durante a amostragem de seca o ponto de com maior biodiversidade e riqueza foi o SQ15. Este ponto formado pelo rio Groaíras, apresentou 10 das 13 espécies amostradas. Os outros pontos que continham águas superficiais nesta amostragem de seca foram SQ03, SQ16 e SQ17. O SQ03 é o Açude Quixabá, no qual foram registradas duas espécies; o SQ16, açude da Laís, três espécies e o SQ17, Açude Edson Queiroz, duas espécies. Como citado na metodologia, as poças às margens das estradas foram amostradas com intuito de procurar os peixes da família Rivulidae, conhecidos popularmente como “peixes anuais”, no entanto, todas se encontravam secas.

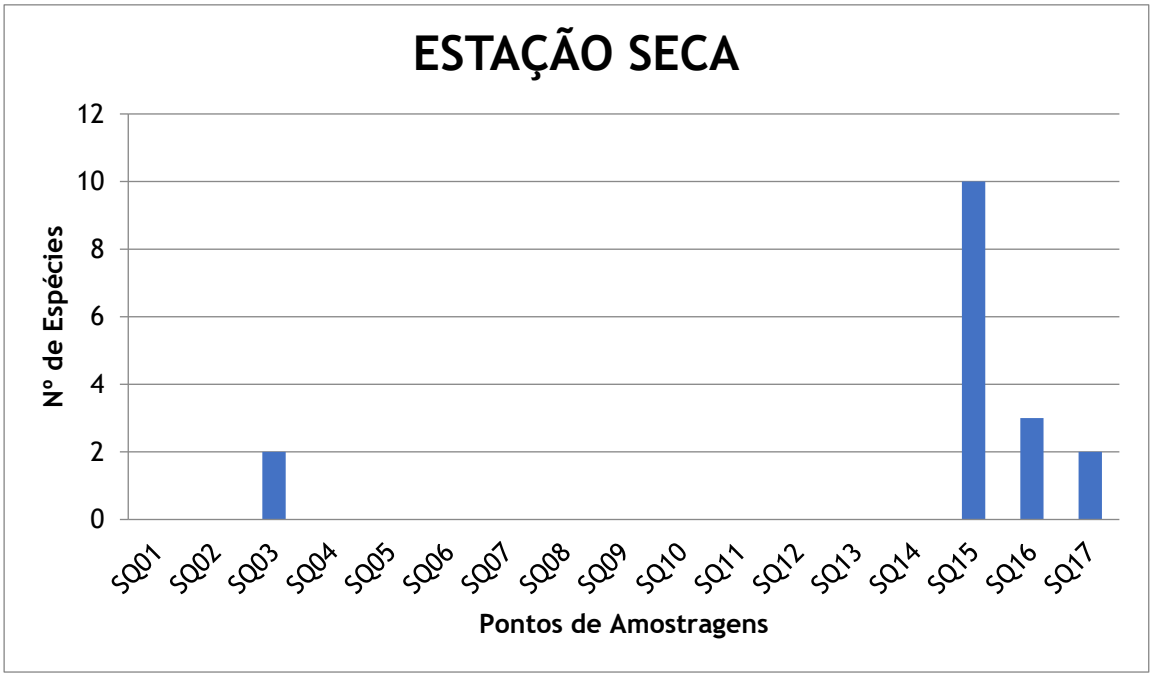


Figura 8.2-330 - Número de espécies da ictiofauna registrado por ponto amostral (Período Seco).

O número acumulado de espécies da ictiofauna dos corpos d’água sob influência do Projeto Santa Quitéria, em função dos pontos de amostragem, se estabilizou. Com a análise da eficiência amostral foi possível observar um padrão de estabilização da curva de acumulação de espécies. No entanto, os estimadores de riqueza estimaram um número bem maior de espécies do que o registrado na amostragem (Figura 8.2-331).

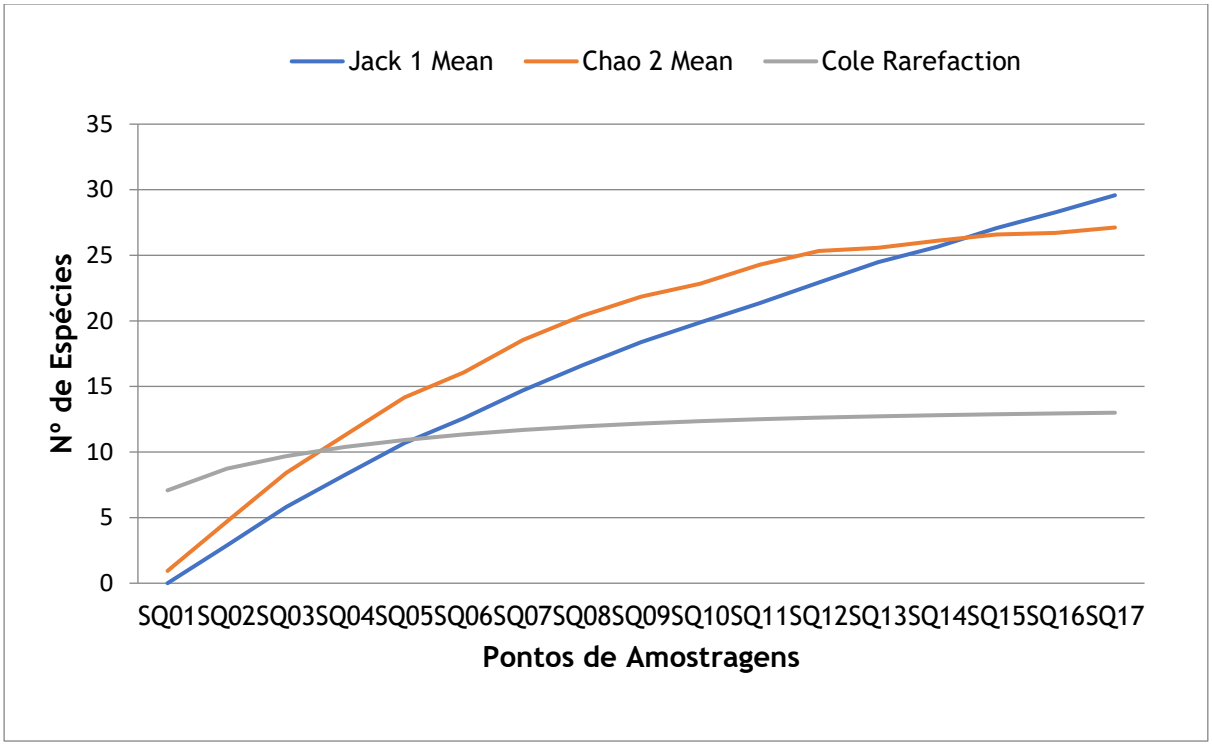


Figura 8.2-331 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, amostragem de seca, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE.

Estação chuvosa

Entre os dias 14 e 19 de fevereiro 2021 foi realizada a segunda expedição de amostragem da ictiofauna nos corpos d'água sobre influência do Projeto Santa Quitéria, coleta representando o período chuvoso. A amostragem foi realizada nos mesmos corpos d'água visitados durante a campanha anterior. Os horários das amostragens concentraram-se entre 07:00 e 18:00 horas, como na expedição da seca.

Nesta campanha, dos 17 pontos de amostragens pré-selecionados, apenas em quatro havia água superficial que possibilitasse a coleta de peixes, os outros 13 pontos estavam sem águas superficiais. Nos quatro pontos de amostragens que continham água superficial foram registrados um total de 702 espécimes distribuídos em 14 espécies, oito famílias e quatro ordens de peixes de água doce (Tabela 8.2-82).

Tabela 8.2-82 - Lista de espécies de peixes registradas na campanha chuvosa a partir de dados primários levantados no Projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014).

ORDEM/Família/Espécie	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2021	MMA 2014
CHARACIFORMES							
Characidae							
Astyanax bimaculatus (Linnaeus 1758)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Astyanax fasciatus (Cuvier 1819)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Serrapinnus heterodon (Eigenmann 1915)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Curimatidae							
Steindachnerina notonota (Miranda Ribeiro 1937)	Branquinha	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Erythrinidae							
Hoplias malabaricus (Bloch 1794)	Traíra	AII	Carnívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Anostomidae							
Leporinus piau Fowler 1941	Curimatã	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
CICHLIFORMES							
Cichlidae							
Cichlasoma orientale Kullander 1983	Cará-preto	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758)	Tilápia	AID/AII	Onívora	Ovípara	Exótica	LC	-

ORDEM/Família/Espécie	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2021	MMA 2014
SILURIFORMES							
Loricariidae							
Hypostomus pusarum (Starks, 1913)	Cascudo	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Parotocinclus cearensis Garavello 1977	Cascudinho	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Parotocinclus sp.	Cascudinho	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Heptapteridae							
Pimelodella sp.	mandi	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	-	-
Trachelyopterus galeatus (Linnaeus 1766)	Cangati	AII	Carnívora	Ovípara	Nativa	-	-
CYPRINODONTIFORMES							
Poeciliidae							
Poecilia vivipara Bloch & Schneider 1801	Barrigudinho	AID/AII	Onívora	Ovovipara	Nativa	LC	LC

Na amostragem da estação chuvosa do levantamento da ictiofauna nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria a ordem Characiformes foi a mais representativa, com seis espécies, representando 43% das espécies registradas, seguida de Siluriformes com cinco espécies, representando 36% das espécies registradas. A ordem com menor número de espécies foi Cyprinodontiformes, com apenas uma espécie, 7% da amostragem (Figura 8.2-332).

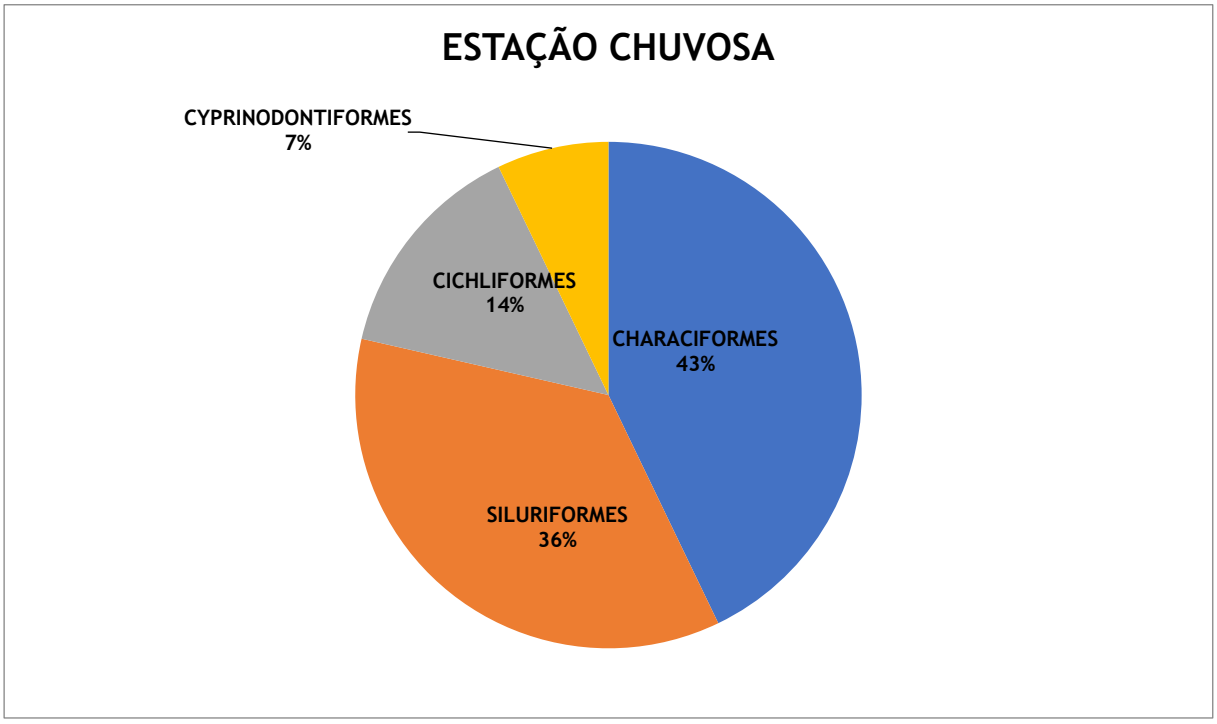


Figura 8.2-332 - Número de espécies, por ordem, registrada na campanha de Amostragem da Estação Chuvosa para o levantamento ictiofaunístico do EIA do Projeto Santa Quitéria, CE.

Em relação às famílias, oito tiveram representantes registradas, das quais Characidae e Loricariidae foram as mais representativas, com três espécies cada, representando 22% (cada) do total de espécies registradas. As famílias Cichlidae e Heptapteridae foram as segundas famílias mais representativas em número de espécies, com duas cada, representando 14%, cada. No entanto, das duas espécies de Cichlidae, na Amostragem da Estação Chuvosa, uma é exótica, a tilápia, *Oreochromis niloticus*. As outras famílias, Anostomidae, Curimatidae, Erythrinidae e Poeciliidae, foram representadas com uma espécie cada (Figura 8.2-333).

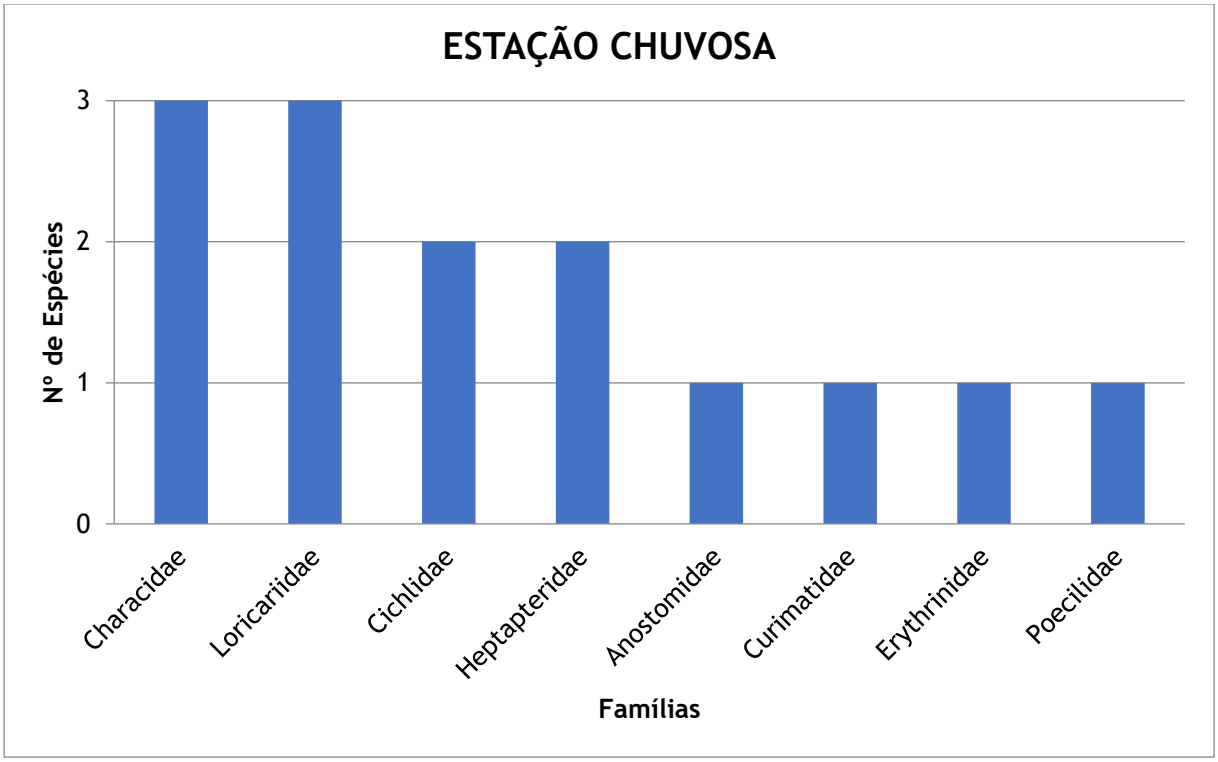


Figura 8.2-333 - Número de espécies, por família, registrada na campanha de Amostragem da Estação Chuvosa para o levantamento ictiofaunístico do EIA Projeto Santa Quitéria, CE.

Com relação a abundância na Amostragem da Estação Chuvosa, as três espécies mais abundantes nos corpos d'água sobre influência do Projeto Santa Quitéria foram a tilápia, *Oreochromis niloticus*, com 287 indivíduos registrados (42% do total), seguida de *Poecilia vivipara*, 161 indivíduos (24%) e *Astyanax bimaculatus*, 87 (13%; Figura 8.2-334 e Figura 8.2-335). As outras espécies representaram abaixo de 10%. Juntas, as três espécies mais abundantes corresponderam a 79% dos indivíduos coletados na amostragem da estação chuvosa.

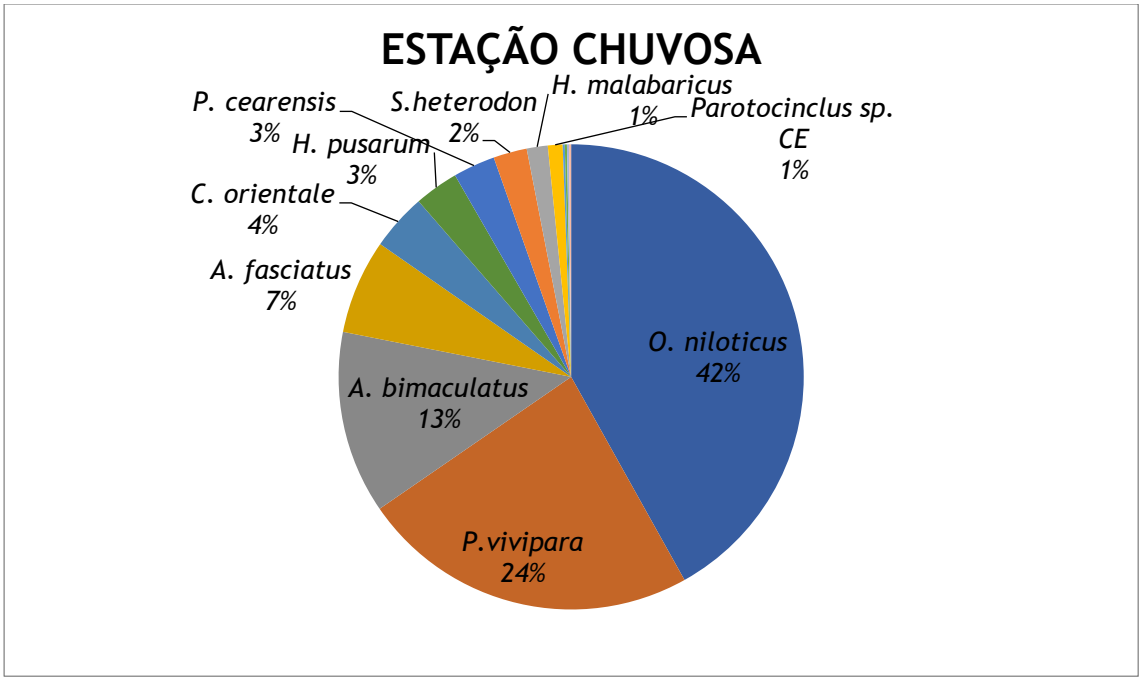


Figura 8.2-334 - Proporção relativa de espécimes por espécies registradas durante a Amostragem da Estação Chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE.

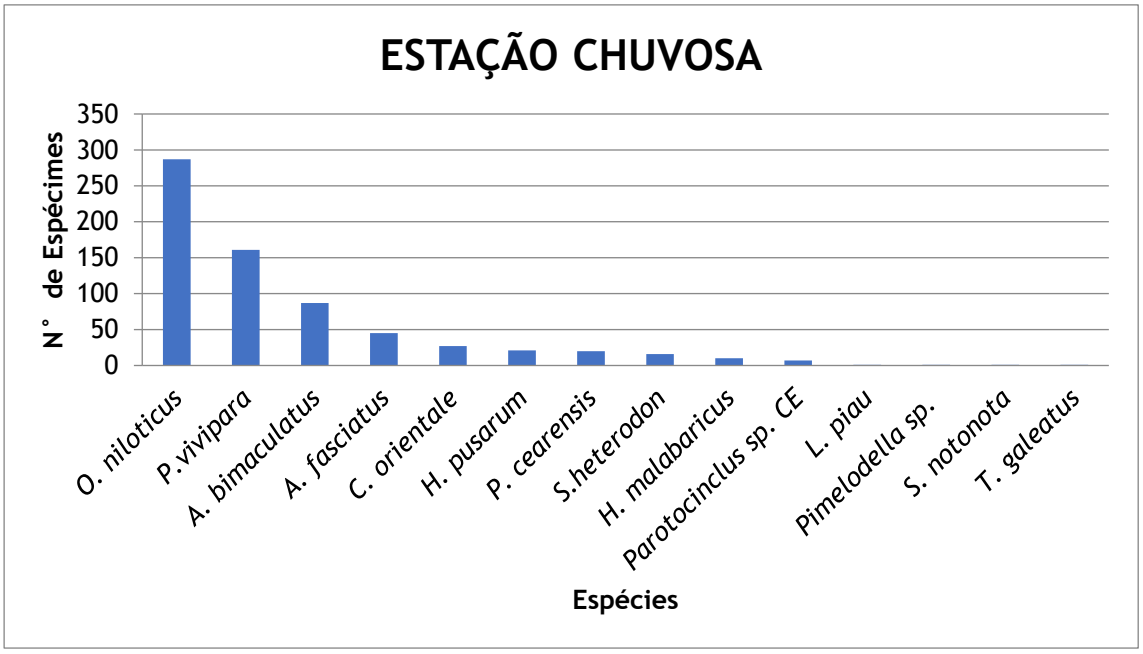


Figura 8.2-335 - Abundância das espécies registradas durante a estação chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE.

Tabela 8.2-83 -

TÁXON/PONTO	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	SQ10	SQ11	SQ12	SQ13	SQ14	SQ15	SQ16	SQ17	Nº DE ESPÉCIMES REGISTRADOS
CHARACIDAE																		
Astyanax bimaculatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	10	13	87
Astyanax fasciatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	16	61
Serrapinnus heterodon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16
CURIMATIDAE																		
Steindachnerina notonota	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ERYTHRINIDAE																		
Hoplias malabaricus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	1	10
ANOSTOMIDAE																		
Leporinus piau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
CICHLIDAE																		
Cichlasoma orientale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24	1	28
Oreochromis niloticus	0	0	252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	3	287
LORICARIIDAE																		
Hypostomus pusarum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21
Parotocinclus cearensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20

TÁXON/PONTO	SQ01	SQ02	SQ03	SQ04	SQ05	SQ06	SQ07	SQ08	SQ09	SQ10	SQ11	SQ12	SQ13	SQ14	SQ15	SQ16	SQ17	Nº DE ESPÉCIMES REGISTRADOS
Parotocinclus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7
HEPTAPTERIDAE																		
Pimelodella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Trachelyopterus galeatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
POECILIDAE																		
Poecilia vivipara	0	0	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161
Nº de espécimes amostrados / ponto	0	0	413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	67	73	702

Apenas quatro dos 17 pontos se encontravam com água superficial durante as amostragens realizadas durante a estação seca e chuvosa (Figura 8.2-336). Durante a Amostragem da Estação Chuvosa o ponto com maior biodiversidade e riqueza também foi o SQ15. Este ponto formado pelo rio Groaíras, apresentou oito das 14 espécies amostradas. Os outros pontos que continham águas superficiais nesta campanha da estação chuvosa foram os mesmos da seca: SQ03, SQ15 e SQ16. O SQ03 é o Açude Quixabá, no qual foram registradas duas espécies; o SQ16, açude da Laís, 4 espécies e o SQ17, Açude Edson Queiroz, sete espécies. Os demais pontos estavam completamente secos.

Na amostragem da estação chuvosa não foram encontradas poças cheias para cumprir a metodologia de coleta de Rivulidae.

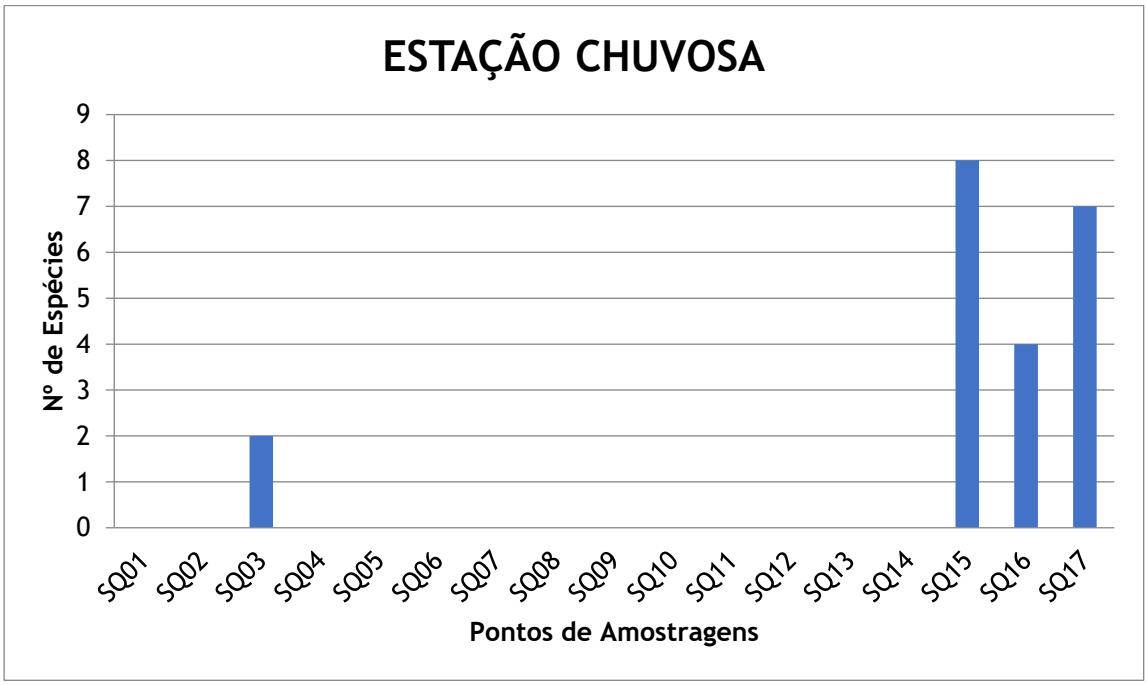


Figura 8.2-336 - Número de espécies da ictiofauna registrado por ponto amostral na Amostragem da Estação Chuvosa no Projeto de Santa Quitéria, CE.

B. Eficiência amostral

Na Amostragem da Estação Chuvosa, o número acumulado de espécies da ictiofauna em função dos pontos de amostragem, não se estabilizou. Os estimadores de riqueza estimaram um número superior de espécies ao que foi registrado na amostragem (Figura 8.2-337). Assim são esperadas adições de novas espécies mediante o monitoramento do grupo na área do Projeto santa Quitéria. A despeito disso, considera-se que as informações levantadas até o presente momento, incluindo as informações obtidas nos levantamentos realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), são suficientes para avaliar a viabilidade locacional do empreendimento.

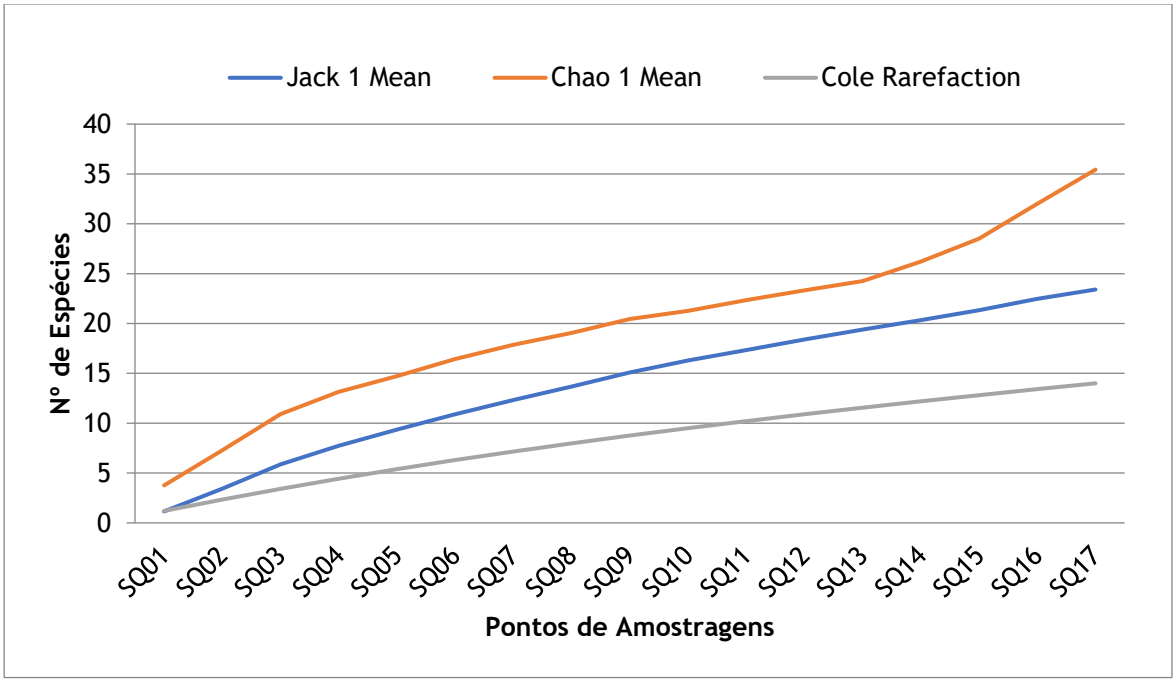


Figura 8.2-337 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, Amostragem da Estação Chuvosa, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE.

C. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou federal

Nesta amostragem não foram registradas espécies ameaçadas conforme as listas nacional e internacional de espécies da fauna ameaçada de extinção (MMA, 2014; IUCN, 2021; ICMBio, 2018).

D. Espécies bioindicadoras, endêmicas, raras e não descritas

Durante o levantamento da ictiofauna não foram registradas espécies que sejam consideradas indicadoras da qualidade ambiental dos corpos d'água. No entanto, algumas espécies podem ser usadas como bioindicadoras, seja ela uma espécie introduzida, como a "tilápia" (*Oreochromis niloticusi*), ou uma espécie nativa como o "barrigudinho" (*Poecilia vivipara*), uma vez que são muito resistentes a ambientes degradados e podem ser utilizadas como bioindicadoras de ambientes alterados.

Isto ocorre quando estas espécies são encontradas em quantidade muito superior as espécies nativas, como foi diagnosticado nestas amostragens. Portanto, os peixes podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental dos ambientes aquáticos, pois são componentes importantes da biodiversidade aquática, principalmente devido a sua posição trófica e sensibilidade às mudanças no habitat (ARAÚJO, 1998; FLORES-LOPES & MALABARBA, 2007; GOUVEIA *et al.*, 2017). No geral, as espécies registradas no levantamento de dados primários da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria apresentam predominância de espécies de peixes generalistas e de ampla distribuição nas bacias da região (Tabela 8.2-85).

Os resultados do IBI de Karr para o PSQ sinalizam indício de redução na qualidade dos ambientes amostrados à medida que há um aumento na proporção de indivíduos omnívoros. A dominância de espécies omnívoras geralmente cresce em determinado ambiente à medida que é reduzida a base alimentar, especialmente dos invertebrados (ARAÚJO 1998). No IBI de Karr amostras com menos de 20% de indivíduos omnívoros são boas, enquanto aquelas com mais de 45% são gravemente degradadas. Outros indicadores utilizados no IBI de Karr é a proporção de espécies carnívoras e insetívoras, uma vez que são predadores de topo e indicam comunidade saudável.

Nos pontos amostrados do Projeto Santa Quitéria a proporção de espécies omnívoras foi bastante alta, cerca de 91% (Tabela 8.2-85), o que levaria a conclusão de condições ambientais bastante alteradas dos corpos d'água amostrados. No entanto, é importante chamar atenção que grande parte desta proporção (40%) foi devido a presença da tilápia *Oreochromis niloticus*. Já a proporção de espécies carnívoras como *Hoplias malabaricus* e *Trachelyopterus galeatus* foi intermediaria (3%), o que demonstra as condições degradadas desses ambientes. No entanto, essas proporções podem não estar diretamente relacionadas à poluição ambiental, e sim a uma certa degradação natural, devido às condições extremas proporcionadas pelo clima semiárido da região, que tem passado por severas secas nos últimos anos. Esta condição diminui o volume de água, muitas vezes secando completamente. Diante disso, só as espécies mais resistentes sobrevivem, o que pode levar a um quadro de degradação nos parâmetros do IBI de Karr. Portanto, as condições naturais do semiárido podem favorecer a proliferação de espécies mais generalistas e resistentes, como o observado no resultado da ictiofauna desse diagnóstico.

Tabela 8.2-84 - Hábito alimentar das espécies de peixes registradas durante o levantamento primário da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, CE.

TÁXON	HÁBITO ALIMENTAR	PROPORÇÃO
CHARACIDAE		
Astyanax bimaculatus	Onívora	14%
Astyanax fasciatus	Onívora	7%
Serrapinnus heterodon	Onívora	1%
CURIMATIDAE		
Steindachnerina notonota	Detritívora	1%
ERYTHRINIDAE		
Hoplias malabaricus	Carnívora	1%
ANOSTOMIDAE		

TÁXON	HÁBITO ALIMENTAR	PROPORÇÃO
Leporinus piau	Onívora	0,33%
PROCHILODONTIDAE		
Prochilodus brevis	Detritívora	0,33%
TRIPORTHEIDAE		
Triportheus signatus	Onívora	1%
CICHLIDAE		
Cichla ocellaris	Carnívora	1%
Cichlasoma orientale	Onívora	5%
Oreochromis niloticus	Onívora	40%
LORICARIIDAE		
Hypostomus pusarum	Detritívora	2%
Parotocinclus cearensis	Detritívora	2%
Parotocinclus sp.	Detritívora	1%
HEPTAPTERIDAE		
Pimelodella sp.	Onívora	4%
Trachelyopterus galeatus	Carnívora	0,33%
POECILIDAE		
Poecilia vivípara	Onívora	19%

Não foram registradas espécies consideradas endêmicas das bacias do rio Acaraú e do Jaguaribe, nas AID/ADA nem na AII. Todas as espécies registradas são encontradas em outras bacias do Ceará. Portanto, não foram encontradas espécies que tenham distribuição restrita à região onde será construído o Projeto Santa Quitéria. Mas, é importante chamar a atenção para o número reduzido de pontos com água superficial, mesmo na amostragem do período chuvoso. Ademais, boa parte das espécies registradas neste diagnóstico para o Projeto Santa Quitéria, tanto no levantamento secundário como no primário, carecem de estudos e trabalhos que discutam a respeito de assuntos como taxonomia, distribuição, densidade demográfica, biologia entres outros aspectos. *Characidium bimaculatum* (AII), *Cichlasoma orientale* (AII), *Crenicichla brasiliensis* (AII), *Hypostomus jaguribensis* (AII), *Leporinus piau* (AII), *Parotocinclus* cf. *cearensis* (AII), *Prochilodus brevis* (AII), *Triportheus signatus* (AII), *Serrapinnus piaba* (AII) e *Steindachnerina notonota* (AII) são consideradas espécies endêmicas de bacias das ecorregiões hidrográficas do Nordeste.

Não foram registradas espécies raras. O status taxonômico de duas espécies *Parotocinclus* sp. e *Pimelodella* sp. está sendo analisado, com possibilidades de serem espécies ainda não descritas pela ciência. Estas duas espécies foram registradas na AII e já são conhecidas de outras bacias da região nordeste.

E. Espécies invasoras e exóticas

Duas das espécies coletadas são exóticas, foram introduzidas nos corpos d'água da região do empreendimento: a "tilápia do Nilo" (*Oreochromis niloticus*), e o "tucunaré" (*Cichla ocellaris*). A introdução destas espécies, geralmente é realizada por moradores ribeirinhos ou pela própria prefeitura que realizam "peixamentos" com espécies que se desenvolvem mais rápido as nativas. Esses "peixamentos" são corriqueiros, realizados nos açudes nordestinos para servir de fonte rápida de proteína para as populações (RAMOS *et al.*, 2005). No entanto, a introdução de espécies exóticas é considerada crime ambiental, uma vez que estas podem competir e/ou predar espécies nativas, podendo levar a extinção das mesmas (RAMOS *et al.*, 2019).

F. Comparação entre as áreas

F.1. Índices de diversidade e similaridade

Estação seca

Para a análise dos índices de diversidade e equitabilidade é importante chamar atenção para o número de pontos de amostragens dos quais foram realizadas coletas da ictiofauna, na amostragem de seca. Dos 17 pontos, apenas quatro possuíam água superficial, nos quais foram coletados peixes. Portanto, destes quatro pontos as análises dos índices de Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J') mostraram que os pontos SQ15 (H'= 1.819) e SQ16 (H'= 0.708) foram os que apresentaram maiores índices diversidade. Nos pontos SQ15 e SQ16, foram coletadas, dez e três espécies, respectivamente. O SQ03 (H'= 0.500) e SQ17 (H'= 0.662) foram os que apresentaram menores índices diversidade, nestes pontos foram coletadas apenas três espécies, cada.

A equitabilidade de Pielou variou de relativamente baixa no ponto SQ15 (J'= 0,339) a alta no ponto IC05 (J'= 0.677). Este resultado pode ser interpretado pela falta de uniformidade entre os pontos e a uma aparente dominância de indivíduos de algumas espécies, no ponto SQ15.

Estação de chuva

Durante a estação chuvosa, para a análise dos índices de Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J'), assim como na seca, só foi possível para os quatros pontos que continham águas superficiais, nos quais foram coletados peixes. Os resultados das análises demostraram que os pontos SQ15 (H'= 1.44) e SQ17 (H'= 1.43) foram os que apresentaram maiores índices diversidade. Nos pontos SQ15 e SQ17, foram coletadas, oito e sete espécies, respectivamente. O SQ16 (H'= 1.067) e SQ03 (H'= 0.668) foram os que apresentaram menores índices diversidade, nestes pontos foram coletadas apenas quatro e três espécies, respectivamente.

A equitabilidade de Pielou também variou de relativamente baixa no ponto SQ15 (J'= 0.692) a alta no ponto IC05 (J'= 0.965). Assim como na seca, este resultado pode ser interpretado pela falta de uniformidade entre os pontos e a uma aparente dominância de indivíduos de algumas espécies, no ponto SQ15.

G. Relevância regional (comparação entre os dados primários e secundários)

No levantamento ictiofaunístico para o Projeto Santa Quitéria, realizado com uso de dados secundários, foram elencadas 23 espécies de peixes de água doce das drenagens das bacias dos rios Acaraú e Jaguaribe, que drenam a área do empreendimento. No levantamento realizado com dados primários, Amostragem de Seca e Chuvosa, foram registradas 17 espécies, 74% do total de potencial ocorrência na região, conforme o levantamento secundário.

8.2.2.1.4. Síntese

No geral, durante o levantamento da ictiofauna para EIA do Projeto Santa Quitéria, acumulando dados das amostragens de seca e chuvosa, foram registrados um total de 1109 espécimes distribuídos em 17 espécies, 15 gêneros, 10 famílias e quatro ordens.

Tabela 8.2-85 - Lista de espécies de peixes registradas nas Amostragens de Seca e Chuvosa a partir de dados primários levantados do Projeto de Santa Quitéria, CE. São citadas as categorias de ameaça segundo listas oficiais global (IUCN, 2021) e Nacional (MMA, 2014). LC = Menos preocupante.

ORDEM/FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2021	MMA 2014
CHARACIFORMES							
Characidae							
Astyanax bimaculatus (Linnaeus 1758)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Astyanax fasciatus (Cuvier 1819)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Serrapinnus heterodon (Eigenmann 1915)	Piaba	AII	Onívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Curimatidae							
Steindachnerina notonota (Miranda Ribeiro 1937)	Branquinha	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Erythrinidae							
Hoplias malabaricus (Bloch 1794)	Traíra	AII	Carnívora	Ovípara	Nativa	LC	LC
Anostomidae							
Leporinus piau Fowler 1941	Curimatã	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Prochilodontidae							
Prochilodus brevis Steindachner 1875	Curimatã	AII	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Triportheidae							
Triportheus signatus (Garman 1890)	Sardinhas	AII	Onívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC

ORDEM/FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM	ÁREAS DE REGISTRO	HÁBITOS ALIMENTARES	BIOLOGIA REPRODUTIVA	ORIGEM	IUCN 2021	MMA 2014
CICHLIFORMES							
Cichlidae							
Cichla ocellaris Bloch & Schneider 1801*	Tucunaré	All	Carnívora	Ovípara	Exótica		
Cichlasoma orientale Kullander 1983	Cará-preto	All	Onívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758) *	Tilápia	AID/All	Onívora	Ovípara	Exótica	LC	-
SILURIFORMES							
Loricariidae							
Hypostomus pusarum (Starks, 1913)	Cascudo	All	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Parotocinclus cearensis Garavello 1977	Cascudinho	All	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Parotocinclus sp.	Cascudinho	All	Detritívora	Ovípara	Endêmica	LC	LC
Heptapteridae							
Pimelodella sp.	mandi	All	Onívora	Ovípara	Endêmica	-	-
Trachelyopterus galeatus (Linnaeus 1766)	Cangati	All	Carnívora	Ovípara	Nativa	-	-
CYPRINODONTIFORMES							
Poeciliidae							
Poecilia vivipara Bloch & Schneider 1801	Barrigudinho	AID/All	Onívora	Ovovipara	Nativa	LC	LC

Dos 17 ecossistemas aquáticos selecionados para amostragem da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, 12 estão nos limites da ADA. Destes 12, nas amostragens de seca e chuvosa, apenas um continha água superficial no qual foi realizado a amostragem e apenas duas espécies de peixes foram coletadas neste ponto. Este ponto foi o Açude Quixaba, bacia do rio Acaraú, pov. Itataia, Santa Quitéria – CE, que segundo ribeirinhos passou vários anos seco e recebeu água nas chuvas do primeiro semestre de 2020. Logo após receber água das chuvas foram colocados, pelos próprios ribeirinhos, alevinos de "tilápia", identificada como sendo da espécie *Oreochromis niloticus*, uma espécie que já foi amplamente introduzida em muitas bacias no mundo todo. A outra espécie registrada é o "barrigudinho" ou "guaru", *Poecilia vivipara*, uma espécie nativa amplamente distribuída em várias bacias brasileiras.

Seis espécies de peixes registradas têm interesse por parte da população ribeirinha. Essas espécies são utilizadas como fonte de proteína na alimentação humana. Destas seis espécies, duas são exóticas, a "tilápia" (*Oreochromis niloticus*) e o "tucunaré" (*Cichla ocellaris*), as quais são introduzidas nos açudes justamente para serem fontes de proteína. Outras espécies utilizadas na alimentação são: a "curimatã", *Prochilodus brevis*, o "piau", *Leporinus piau*, "traíra", *Hoplias malabaricus* e a "sardinha", *Triportheus signatus*.

Para as espécies de peixes registradas no levantamento primário da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, não foram encontrados estudos de hábitos migratórios para as 17 espécies registradas. No entanto, para os gêneros *Astyanax*, *Prochilodus* e *Triportheus* existe registro de espécies migratórias.

Espécies de hábitos migratórios geralmente são aquelas que sobem para as porções mais altas dos rios para se reproduzirem ou se alimentarem. Essas migrações, as reprodutivas, ocorrem geralmente no período das chuvas, quando os rios estão mais barrentos e os peixes migram para se reproduzir nas áreas próximo as cabeceiras, à procura de locais propícios para desova e alimentação de suas crias.

Contudo, considerando a ausência de dados mais específicos e até mesmo devido condições locais que inviabilizaram as amostragens em grande parte dos pontos, conforme poderá ser visto ao longo do texto, não foi possível fazer maiores inferências sobre alevinos, larvas ou mesmo padrões de migrações reprodutivas da ictiofauna para a área do empreendimento.

No geral o levantamento da ictiofauna do Projeto Santa Quitéria, com dados primários, representando o período de Seca e Chuvosa, ficou um pouco abaixo do esperado. Foram registradas 17 espécies de peixes das 23 de potencial ocorrência na região. O número acumulado de espécies da ictiofauna em função dos pontos de amostragem está tendendo a

estabilização, mas ainda não se estabilizou, conforme sugere os estimadores de riqueza (Figura 8.2-338).

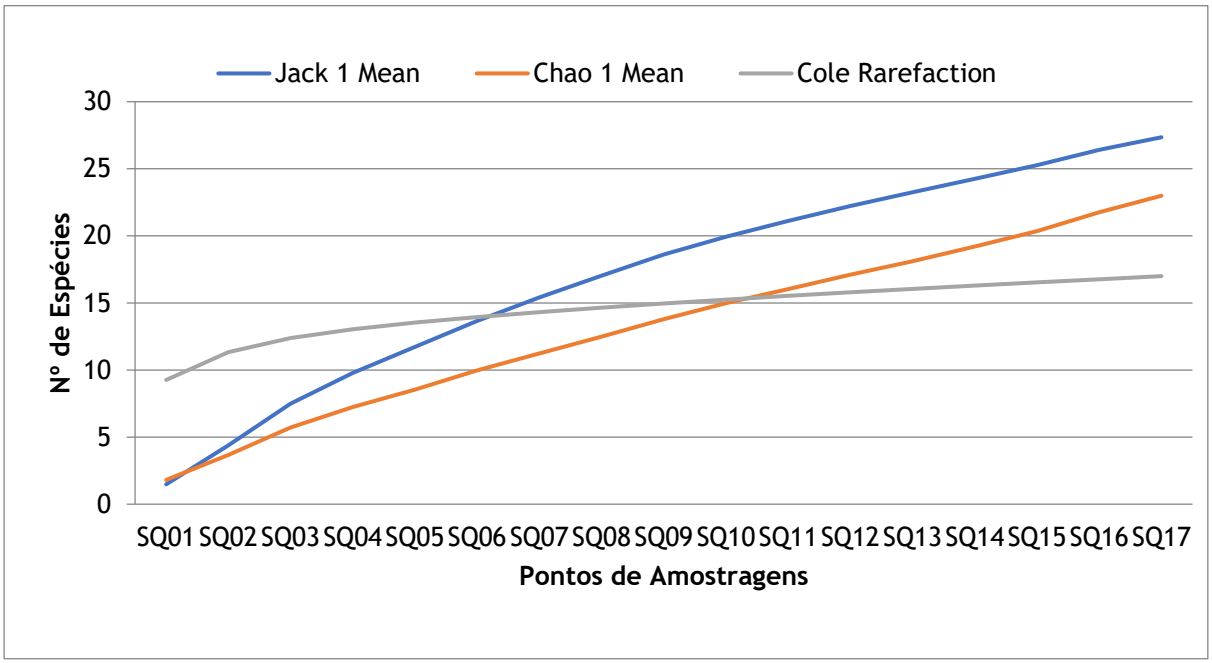


Figura 8.2-338 - Curva de acumulação das espécies de peixes registradas para o levantamento dos dados primários, Amostragem da Estação Chuvosa, para o EIA do Projeto Santa Quitéria, CE.

No entanto, considerando a amostragem em somente quatro dos 17 pontos incialmente planejados, a riqueza encontrada por ser considerada significativa. Com isso, se a coleta fosse realizada em um número maior de pontos com água superficial, o resultado seria mais expressivo. No entanto, esta condição de amostragem em apenas parte das áreas selecionadas pode nos levar a condição de subamostragem, não sendo suficiente para se obter um retrato mais fiel das condições da fauna de peixes e dos ambientes a que esta fauna está associada na área de influência do Projeto Santa Quitéria. Ademais, o período em que amostragem da estação chuvosa foi realizada, não permitiu a amostragem dos peixes da família Rivulidae, que vivem nas poças temporárias, as quais ainda não tinham enchido de água no período da coleta. Desta forma não foi possível cumprimento total da Metodologia de Amostragem. Rivulidae é a família dos “peixes das nuvens” ou “peixes das chuvas” grupo com o maior número de espécies ameaçadas da região.

8.2.2.1.5. Conclusão

No levantamento da fauna de peixes para o Projeto Santa Quitéria, foram registradas 23 espécies por dados secundários e 17 espécies por dados primários. Esta riqueza poderá ser alterada por meio de monitoramentos periódicos durante as etapas do empreendimento.

Conforme o IBI de Karr, usado para avaliar degradação nos ambientes amostrados, os resultados demonstraram ambientes relativamente degradados, no entanto, a degradação desses corpos d'águas podem estar relacionada ao período seco, no qual ambientes aquáticos diminuem bastante o volume de água, muitas vezes secando completamente, característica típica desses ambientes sob domínio do Bioma Caatinga.

Nessas situações, geralmente, só as espécies mais resistentes sobrevivem, o que pode levar a um quadro de degradação ao usar o IBI de Karr. Portanto, a degradação ambiental pré-existente, pode ser um caso de degradação ambiental com contribuição de fatores naturais. A degradação detectável nos corpos d'água avaliados decorre de ação humana principalmente associada à retirada das matas ciliares, construções de barragens e introdução de espécies exóticas. O estado de degradação das matas ciliares de alguns corpos d'água avaliados é avançado, deixando as áreas marginais dos leitos de rios muito desprotegidas, susceptível à erosão que pode causar assoreamento desses corpos d'água.

No entanto, considera-se que a ictiofauna registrada na área de estudo, corresponde àquela já conhecida de outras áreas das bacias hidrográficas dos rios Acaraú e Jaguaribe, e que as condições ambientais são igualmente similares àquela de outros pontos das mesmas drenagens.

8.2.2.1.6. Relatório Fotográfico

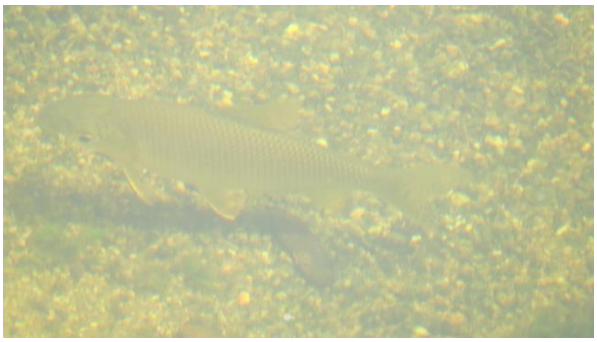
Figura 8.2-339 - *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus 1758). Foto: Telton Ramos.

8.2-340 - *Astyanax fasciatus* (Cuvier 1819). Foto: Telton Ramos.

8.2-341 - *Serrapinnus heterodon* (Eigenmann 1915) Foto: Telton Ramos.

8.2-342 - *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro 1937). Foto: Telton Ramos.

8.2-343 - *Hoplias malabaricus* (Bloch 1794). Foto: Telton Ramos.



8.2-344 - *Prochilodus brevis* Steindachner 1875. Foto: Telton Ramos.

8.2-345 - *Triportheus signatus* (Garman 1890). Foto: Telton Ramos.

8.2-346 - *Leporinus piau* Fowler 1941 Foto: Telton Ramos.

8.2-347 - *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider 1801. Foto: Telton Ramos.

8.2-348 - *Cichlasoma orientale* Kullander 1983. Foto: Telton Ramos.

8.2-349 - *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). Foto: Telton Ramos.

8.2-350 - *Hypostomus pusarum* (Starks, 1913). Foto: Telton Ramos.

8.2-351 - *Parotocinclus cearensis* Garavello 1977. Foto: Telton Ramos.

8.2-352 - *Parotocinclus sp*. Foto: Telton Ramos.

8.2-353 - *Pimelodella sp*. Foto: Telton Ramos.

8.2-354 - *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus 1766) Foto: Telton Ramos.

8.2-355 - *Poecilia vivipara* Bloch & Schneider 1801. Foto: Telton Ramos.

8.2.2.2. Biota Aquática

8.2.2.2.1. Considerações Metodológicas

A avaliação da biota aquática na AII do Projeto Santa Quitéria foi pautada em pesquisa a dados secundários, com foco em estudos acadêmicos e publicações disponibilizadas por órgãos ambientais e por instituições de pesquisa, tais como os trabalhos conduzidos por Chaves (2013) e Torquato (2019), dentre outros, além de dados obtidos em quatro campanhas sazonais, realizadas nos meses de abril, junho, julho e agosto de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). Esses levantamentos foram complementados e atualizados com dados primários obtidos através de duas campanhas realizada entre os dias 09 e 12 de novembro de 2020, no período seco, e 08 a 13 de fevereiro de 2021, na estação chuvosa.

A AII do Projeto Santa Quitéria está inserida na sub-bacia do rio Groaíras, um dos principais afluentes da margem direita do rio Acaraú, conforme detalhado no item 8.1.7 (Hidrologia). A pesquisa de dados secundários realizada focou em levantamentos nos cursos d'água na AII, porém dada a ausência de estudos circunscritos à essa área ampliou-se a pesquisa a outros cursos d'água privilegiando a bacia do rio Acaraú, quando possível, além de demais cursos d'água em um contexto regional.

A AID do Projeto Santa Quitéria engloba a sub-bacia do riacho Cunha-Moti, abarcando os divisores de águas das serras que ladeiam a ADA, com destaque para a Serra do Céu ao norte e Serra da Laranjeiras, a leste. A ADA abrange contribuintes de pequeno porte do riacho Cunha-Moti, tais como o riacho do Lúcio, além do riacho das Guaribas, principal drenagem da ADA (vide item 8.1.7 - Hidrologia). Os levantamentos primários destas áreas são detalhados no item 8.2.3.1.2.

A estruturação do diagnóstico levou em consideração as exigências constantes no Termo de Referência emitido pelo IBAMA, em julho de 2020, que apontou a necessidade de levantamentos dos componentes das comunidades aquáticas planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton), de invertebrados bentônicos e de macrófitas aquáticas.

A. Contexto Regional – Área de Influência Indireta (AII)

A.1. Comunidade Planctônica (Fitoplâncton e Zooplâncton)

A comunidade fitoplanctônica reúne organismos microscópicos que vivem principalmente nas camadas superficiais das águas, deslocando-se com a correnteza. Fazem parte dessa comunidade as algas e as cianobactérias, seres autotróficos primitivos, antes denominados como algas azuis.

O fitoplâncton realiza fotossíntese e exerce no ambiente aquático papel similar ao das plantas no ambiente terrestre. As algas e cianobactérias assimilam nutrientes minerais disponíveis na água, em especial nitrogênio e fósforo, tendendo a apresentar maior desenvolvimento em ambientes lênticos, com alta luminosidade e enriquecidos com sais minerais.

A predominância de determinados grupos do fitoplâncton é resultado da dinâmica de interações entre as características fisiológicas dos organismos e dos fatores abióticos. Nas regiões tropicais, destacam-se a radiação subaquática e a disponibilidade de nutrientes minerais, principalmente fósforo e nitrogênio. Tais fatores exercem influência na produtividade dos organismos fitoplanctônicos, com reflexos na composição e na abundância dos demais elos da cadeia alimentar aquática, como o zooplâncton, os invertebrados bentônicos e a comunidade íctica.

Os organismos zooplanctônicos são seres microscópicos que vivem em diferentes profundidades da coluna d'água, deslocando-se com a correnteza. O zooplâncton representa a parcela heterotrófica do plâncton, sendo composto por centenas de espécies e dominado, em geral, por quatro grupos principais - protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes.

Muitos desses seres, tais como alguns copépodes e cladóceros, passam seu ciclo de vida completo no plâncton (holoplâncton ou euplâncton), enquanto outros, como as larvas de insetos integrantes da comunidade bentônica, compõem temporariamente o plâncton na forma de ovos, larvas e adultos (meroplâncton ou hemiplâncton).

Não foram encontrados levantamentos secundários das comunidades planctônicas no limite da AII do Projeto Santa Quitéria, que engloba o rio Groaíras e os seus formadores, riachos Mulungu e Cunha-Moti. Ampliando a pesquisa para a bacia do rio Acaraú nota-se ainda assim uma escassez de levantamentos regionais dessas comunidades, sendo os resultados disponíveis focados principalmente na contagem de células de cianobactérias em açudes.

Dados apresentados no relatório Anuário do Monitoramento Qualitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará (COGERH, 2018), relativos ao açude Edson Queiroz, situado a jusante da AII, demonstram elevada concentração de cianobactérias nas quatro campanhas trimestrais realizadas no ano de 2017, com variação entre 242.087 cél./mL e 408.848 cél./mL, valores que extrapolam o limite da Resolução CONAMA 357/05 (50.000 cél./mL).

Ainda na bacia do Acaraú, fora dos limites da AII, Torquato (2019) fez um levantamento de dados secundários no açude Jaburu I, principal reservatório para o abastecimento de água na Serra da Ibiapaba, Ceará. Neste estudo, foram abordados os resultados concedidos pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), referentes às campanhas realizadas

nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, entre os anos de 2014 a 2017. No conjunto das amostragens foram registradas 41 espécies, integrantes de 10 classes, sendo Cyanophyceae responsável por aproximadamente 50% das espécies identificadas.

As espécies mais frequentes foram as cianobactérias *Microcystis* sp. e *Cylindrospermopsis* sp. Foram registrados episódios de florações, com densidades acima de 200.000 cél/mL, superiores ao padrão legal. De acordo com o autor, a dominância das cianobactérias também foi identificada em comunidades fitoplanctônicas dos reservatórios do semiárido e, segundo Domis (2007), fatores climáticos atípicos e elevadas temperaturas favorecem esse grupo em detrimento dos demais, além do tempo de detenção hidráulica (CARDOSO, 2017).

Chaves (2013) caracterizou o fitoplâncton no reservatório de General Sampaio, que também se situa no semiárido do Ceará, na bacia do Curu, circunvizinha à bacia do Acaraú, por meio de amostragens bimestrais entre os anos de 2010 e 2011, em estações pré-estabelecidas pela COGERH. As análises foram realizadas na Universidade Federal do Ceará (UFC).

No período das coletas (2010 e 2011), o fitoplâncton foi representado, principalmente, pelas classes Chlorophyceae, dominante no período chuvoso, e Cyanophyceae, na estação seca, sendo que as demais classes, tais como Bacillariophyceae, Euglenophyceae e Zygnetamotophyceae, se apresentaram como pouco abundantes ou raras. Dentre as espécies dominantes foram citadas as cianobactérias *Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis raciborskii*, sendo que esta última foi apontada como uma das principais espécies responsáveis por florações em ecossistemas aquáticos do semiárido nordestino.

Freire (2007) apresentou uma ampla revisão bibliográfica de levantamentos limnológicos conduzidos no estado do Ceará e o autor menciona que as pesquisas desenvolvidas foram voltadas particularmente para a caracterização físico-química dos ambientes investigados, especialmente dos reservatórios, porém careceram de uma correlação com aspectos da ecologia.

Freire (2007) menciona os resultados da comunidade fitoplanctônica dos açudes Gavião e Pacoti, situados na bacia do Médio Jaguaribe, tendo como base uma coleta realizada em junho/2002. Os dados apontam a dominância de cianobactérias, especialmente de *Planktothrix agardii* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, com 252.000 cél./mL e 9.100 cél./mL, respectivamente, espécies filamentosas consideradas potencialmente tóxicas e adaptadas a condições de mistura turbulenta. Outros grupos como as diatomáceas *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e a clorofícea *Monoraphidium* cf. *contortum* também tiveram importância na densidade algal.

Em função de ausência de dados na AII foram consultadas adicionalmente as informações de trabalhos desenvolvidos na região do semiárido nordestino, com destaque para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (ECOLOGY *et al.*, 2004) e o Estudo da Qualidade das Águas em Reservatórios Superficiais da Bacia Metropolitana do Estado do Ceará (SRH & FUNCEME, 2002).

De acordo com dados constantes no relatório elaborado pela Ecology *et al*. (2004), as comunidades fitoplanctônicas da bacia do rio Jaguaribe, coletadas no açude Orós-Orós e nos rios Salgado, dos Porcos e Jaguaribe, é composta por táxons pertencentes às classes Chlorophyceae (29), Bacillariophyceae (16), Cyanophyeceae (12) e Euglenophyceae (5), totalizando 62 táxons.

Em levantamento realizado nos reservatórios de Pacoti, Riachão e Gavião que fazem parte do sistema de abastecimento de água potável do Estado do Ceará (SRH & FUNCEME, 2002), foram computados 35 gêneros de algas, 15 pertencentes à classe Chlorophyceae, 11 à classe Bacilariophyceae, 6 à classe Cyanophyceae, 2 à classe Xantophycea e um à classe Chrysophyceae.

Na revisão bibliográfica efetuada por Freire (2007) consta apenas um estudo da comunidade zooplanctônica na bacia do rio Acaraú, realizado no açude Araras (FADURPE, 2005), o qual evidenciou uma comunidade representada por espécies cosmopolitas, com elevada riqueza e densidade, sobretudo de exemplares bioindicadores de eutrofização, tendo destaque o Cyclopoida *Thermocyclops decipiens*, os Cladocera *Ceriodaphnia cornuta* e *Diaphanosoma spinulosum* e os Rotifera *Keratella tropica* e *Brachionus calyciflorus*.

Dentre os trabalhos citados por Freire (2007) consta o de Leitão *et al*. (2007), que avaliaram a estrutura da comunidade zooplanctônicas dos açudes Pacajus e Gavião, na bacia do Médio Jaguaribe, em períodos hidrológicos distintos. Os autores observaram que a diversidade de espécies foi menor durante o período seco, resultado associado ao maior grau de trofia apresentado por esses ambientes nessa época do ano.

Os pesquisadores observaram também a dominância dos Copepoda Cyclopoida sobre os Copepoda Calanoida, especialmente devido às altas densidades de *Thermocyclops decipiens,* condição particularmente ressaltada no período de estiagem. *Diaphanosoma spinulosum* e *Ceriodaphnia cornuta* foram os mais abundantes dentre os cladóceros, enquanto *Keratella* e *Brachionus* foram dominantes no grupo de Rotifera. Espécies oportunistas tais como *T. decipiens, D. spinulosum, C. cornuta, B. calyciflorus e K. tropica* foram consideradas bioindicadoras das condições de hipereutrofia dos reservatórios.

Freire (2007) efetuou uma caracterização da comunidade zooplanctônica nos açudes Pacajus e Gavião (Bacia do Médio Jaguaribe) por meio de seis campanhas de amostragem, três no período seco: dezembro/1998, agosto/1999 e novembro/1999; e três no período chuvoso: fevereiro/1999, abril/1999 e junho/1999. O autor conclui que a distribuição e a alternância de dominância das espécies do zooplâncton nestes açudes foram condicionadas principalmente pela variabilidade espaço-temporal dos gradientes tróficos.

A dominância dos Rotifera no açude Pacajus foi um indicativo das condições hipereutróficas da maioria dos pontos amostrados. Espacialmente, os organismos desse grupo, representados principalmente por espécies dos gêneros *Brachionus e Keratella*, indicadores de ambientes enriquecidos, foram mais abundantes nos compartimentos com estado trófico superior. Comportamento similar foi observado para o Copepoda Cyclopoida *Thermocyclops decipiens*, espécie indicadora de condições eutróficas, a qual colonizou, preferencialmente, regiões com maior concentração de nutrientes.

Cabe ponderar que os atributos dos eventos naturais de cheia e de seca (intensidade, duração e frequência) nos cursos d'água da AII exercem influência considerável nos padrões e modelos de sucessão ecológica. Durante a estiagem, cessa a dinâmica que rege o estabelecimento de organismos aquáticos nos rios intermitentes. A redução do escoamento superficial tende a romper a conectividade da rede hídrica regional, restringindo a presença de coleções de água aos rios perenes e aos açudes.

Com o advento das chuvas, as drenagens intermitentes tornam-se veículo direto de dejetos animais e demais compostos que permanecem concentrados no seu leito durante a estiagem. As precipitações que ocorrem sobre terrenos com elevada suscetibilidade à erosão propiciam também o aporte de sólidos e de nutrientes minerais e de insumos agrícolas eventualmente aplicados nas lavouras. A bacia do rio Acaraú recebe a contribuição de cargas e vem sendo contaminado por dejetos humanos e de animais, e por resíduos provenientes de diversas atividades (INESP, 2009), condição que tende a potencializar a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Dessa forma, os açudes tendem a se tornar os principais receptores dessa carga potencialmente poluidora. O fluxo de nutrientes minerais, especialmente de nitrogênio e de fósforo, aliado a altas temperaturas e à forte insolação local propiciam o desenvolvimento de algas e de macrófitas aquáticas, com reflexos aos demais elos da cadeia alimentar aquática.

A.2. Invertebrados bentônicos

A fauna bentônica, isto é, que vive sob ou sobre o substrato, pode habitar a região litorânea e profunda dos corpos d'água, englobando principalmente espécies dos grupos Insecta (insetos), Annelida (anelídeos), Nematoda (vermes cilíndricos), Crustacea (crustáceos) e Mollusca (bivalves e gastrópodes).

Essa comunidade compreende organismos de vários níveis tróficos, de consumidores primários a predadores de topo, que apresentam também uma variedade ampla de hábitos alimentares, incluindo membros coletores (filtradores e comedores de depósitos), raspadores, retalhadores, predadores e parasitas. Esses organismos representam importante elo na teia alimentar dos sistemas aquáticos, transferindo energia a partir de vários níveis tróficos e servindo de alimento a inúmeras espécies de peixes e aves. Sob o aspecto ecológico do meio aquático, a fauna bentônica também exerce papel preponderante na reciclagem de compostos orgânicos, participando da redistribuição do material de fundo e contribuindo para a decomposição de substâncias potencialmente poluentes.

Os organismos bentônicos constituem excelentes bioindicadores, pois possuem baixa mobilidade, apresentam seletividade quanto ao habitat, refletindo com maior exatidão eventuais desequilíbrios, seja pela introdução de compostos contaminantes e poluentes nos corpos d'água, seja pela alteração física do substrato ocasionada, por exemplo, pelo transporte de sólidos na área de drenagem. A utilização da comunidade bentônica permite também traçar uma avaliação temporal das alterações causadas por perturbações no meio aquático, pois, no decorrer de seu ciclo de vida, que é relativamente longo (semanas a anos), respondem continuamente às variações ambientais, exibindo ampla variedade de tolerância à poluição.

Para a comunidade bentônica também não foram encontrados estudos circunscritos à AII e mesmo ampliando a pesquisa para a bacia do rio Acaraú não foram localizados dados disponíveis sobre os invertebrados bentônicos.

Em função disso foram consultadas informações de trabalhos desenvolvidos na região do semiárido nordestino, com destaque para o Estudo de impacto ambiental (EIA) do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (ECOLOGY *et al.*, 2004).

Nesse levantamento observou-se que a fauna de invertebrados bentônicos é composta principalmente por moluscos gastrópodes (*Pomacea lineata, Biomphalaria straminea, Melanoides tuberculatus, Aylacostoma tuberculata, Gundlachia* sp., *Aplexa marmorata* e *Idiopyrgus* sp.) e bivalves (*Anodontites* sp. e *Monocondylaea* sp.).

Os insetos foram representados pelas ordens Coleoptera (Hydrophilidae, Dytiscidae, Noteridae e Elmidae), Odonata (Libellulidae, Gomphidae e Coenagrionidae), Hemiptera (Belostomatidae e Corixidae), Diptera (Chironomidae e Ceratopogonidae), Ephemeroptera (Caenidae) e Trichoptera. O filo Annelida esteve associado às classes Oligochaeta e Hirudinea (Glossiphoniidae), e o filo Arthropoda às ordens Decapoda (*Macrobrachium* sp.) e Ostracoda.

A.3. Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas representam importante comunidade nos ecossistemas aquáticos continentais, sendo responsáveis por significativa parcela da estocagem de matéria orgânica e de energia. Ocupam uma ampla gama de ambientes e constituem habitats para colonização de diversas comunidades de organismos, tais como perifíton e invertebrados bentônicos, o que propicia uma maior diversidade biológica no meio aquático (ESTEVES, 1998).

Dentre os principais fatores limitantes para o desenvolvimento de macrófitas, destacam-se a disponibilidade de nutrientes minerais, a velocidade de corrente, a competição intraespecífica por espaço e a ação de herbívoros. Para as plantas submersas, contribuem também a radiação subaquática e a disponibilidade de carbono (MADSEN & ADAMS, 1988).

Devido ao seu ciclo de vida relativamente curto e à elevada produtividade, as macrófitas aquáticas muitas vezes ocupam grandes extensões, especialmente em ambientes lênticos, motivo pelo qual merecem atenção especial em reservatórios artificiais. Nesses locais, o desenvolvimento dessas plantas depende de um conjunto de variáveis, como a diversidade de espécies em áreas próximas ou taxas de invasão e dispersão de espécies exóticas (THOMAS & BINI, 1999). A partir dos sítios de reprodução, as macrófitas tendem a se deslocar com a correnteza e alcançar remansos, onde passam a constituir novos bancos de reprodução.

Densas populações de macrófitas, em geral, limitam a penetração de luz no ambiente subaquático. A intensa proliferação desses vegetais eleva a biomassa que, ao se decompor, acelera a liberação de fósforo e de nitrogênio, aumentando o consumo de oxigênio dissolvido, além de promover o aumento das taxas de sedimentação e colmatação dos lagos.

Devido a tais características, ao crescerem excessivamente, as macrófitas podem infestar ocupando grande extensão do espelho d'água, com comprometimento da qualidade da água e de seus usos múltiplos, como abastecimento público, pesca e lazer, além de favorecer a proliferação de mosquitos transmissores de doenças e de danificar equipamentos em reservatórios de geração de energia elétrica.

Para as macrófitas aquáticas também não foram encontrados estudos circunscritos à AII e mesmo ampliando a pesquisa para a bacia do rio Acaraú não foram localizados dados disponíveis sobre essa comunidade. Em função disso foram consultadas informações de trabalhos desenvolvidos na região do semiárido nordestino, com destaque para o Estudo de impacto ambiental (EIA) do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (ECOLOGY *et al.*, 2004).

De acordo com o EIA, tanto na bacia do São Francisco, como nas bacias receptoras, a diversidade de macrófitas aquáticas foi relativamente baixa. Foram identificados 13 táxons, distribuídos entre 11 gêneros. Não foi relatada ocorrência de macrófitas aquáticas, no período de seca (novembro/1998), na barragem de Sobradinho e nos açudes Poço da Cruz, Boqueirão, Armando Ribeiro e Orós; e no período de chuva (junho/2004), na barragem de Itaparica, no açude Boqueirão, nos rios dos Porcos, Salgado, Apodi e Jaguaribe.

A baixa diversidade de macrófitas aquáticas encontrada nesses ambientes pode estar relacionada ao período e local de coleta. A flora aquática mantém uma íntima relação com o ciclo sazonal das chuvas, podendo aumentar rapidamente logo após o início do período chuvoso, devido ao aporte de nutrientes (ECOLOGY *et al.*, 2004).

De um modo geral, uma maior diversidade de espécies foi identificada na bacia do São Francisco, onde a presença antrópica é muito intensa. Os pontos mais representativos se situam na captação do eixo Norte nesse rio e no açude Posto da Cruz. As águas da bacia do São Francisco constituem possíveis veículos de dispersão de espécies de macrófitas aquáticas (ECOLOGY *et al.*, 2004).

As espécies mais frequentes foram *Eichhornia crassipes, E. azurea e Egeria densa*. As macrófitas aquáticas identificadas que apresentam um maior potencial de infestação, podendo interferir na qualidade da água e seus múltiplos usos foram: *Eichhornia crassipes, E. azurea, Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* (ECOLOGY *et al.*, 2004).

B. Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

B.1. Referencial metodológico

O diagnóstico da biota aquática, na AID e ADA do empreendimento, foi realizado a partir de levantamentos primários, incluindo as comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas, os invertebrados bentônicos e as macrófitas aquáticas. Conforme citado, as campanhas de amostragem foram realizadas entre os dias 09 e 12 de novembro de 2020, no período seco, e entre 08 e 13 de fevereiro de 2021, no período chuvoso.

As amostragens da biota aquática foram realizadas nos mesmos períodos das coletas para a avaliação da qualidade das águas e dos sedimentos (27 de novembro/20 e 08 a 12 de fevereiro/21), o que possibilitou a associação dos resultados. As coletas e as análises das comunidades citadas estiveram ao cargo empresa Econsult Estudos Ambientais, laboratório acreditado segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, pela Coordenação Geral de Acreditação – CGCRE do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO.Na sequência, consta a caracterização da malha amostral, o detalhamento dos procedimentos adotados em campo e em laboratório, bem como os indicadores aplicados para avaliação da biota aquática.

Rede de amostragem

A malha amostral selecionada para a caracterização das comunidades aquáticas coincide com a rede de amostragem definida no diagnóstico da qualidade das águas superficiais, com exceção do ponto P11 (açude João Silva Guerra), exclusivo da avaliação da qualidade da água e dos sedimentos.

Os locais de coleta foram previamente definidos em açudes e drenagens situadas no entorno das instalações do empreendimento, ou seja, abrangendo tanto ambientes classificados como lênticos e como lóticos, respectivamente (vide item XXXXX). Foram previstos dez pontos de coleta, denominados sequencialmente pelos números P01 a P10. A ausência de escoamento superficial nos pontos P03, P04, P05, P06, P07 e P08, impossibilitou a coleta de amostras nas duas campanhas realizadas nesses ambientes lóticos.

Em função da ausência de escoamento superficial, a tomada de amostras se restringiu aos açudes, totalizando quatro pontos de coleta (P01, P02, P09 e P10), todos em ambientes lênticos. Nos demais pontos, foram realizadas inspeções, certificando-se que esses locais se encontravam secos, conforme registro fotográfico a seguir. Na Tabela 8.2-86 e no Mapa 8.2-11 consta a malha amostral definida para Projeto Santa Quitéria. Cabe indicar que os pontos amostrados coincidem com os avaliados nas quatro campanhas pretéritas realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 8.2-86 - Rede de amostragem da biota aquática - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

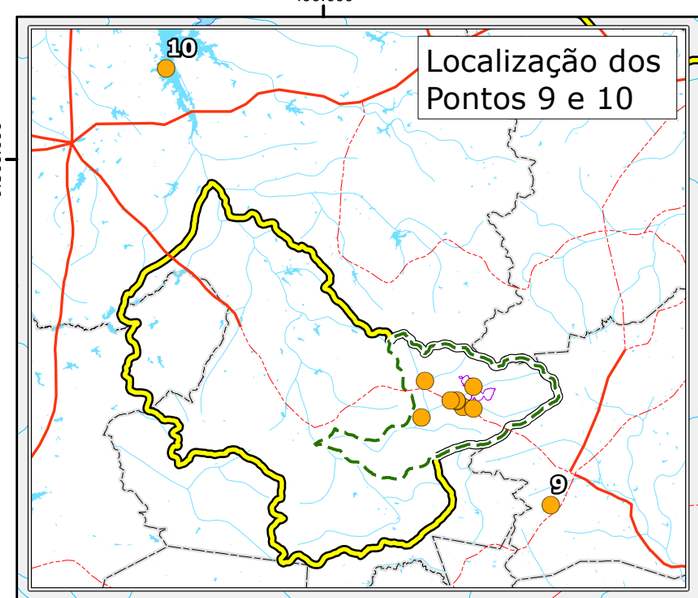
PONTOS	CORPOS D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM (FUSO 24M)				PONTOS AMOSTRADOS NAS CAMPANHAS DE 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014)
			1ªC		2ªC		
			NORTE	LESTE	NORTE	LESTE	
1	Açude Quixaba	Barragem, na AID	9.493.297	413.664	9.493.278	413.649	x
2	Açude Quixaba	Remanso, na AID	9.493.246	414.142	9.493.246	414.142	x
3	Riacho Caramutim (Curumatã)	A jusante do açude Quixaba, na AID	9.493.941	413.189	9.493.942	413.185	#
4	Riacho das Guaribas	A montante da foz do riacho Caramutim, na AID	9.494.072	413.101	9.494.054	413.091	#
5	Riacho Cunha - Moti	A jusante da confluência do riacho Guaribas, na AID	9.494.026	412.479	9.494.029	412.481	#
6	Riacho das Guaribas	A montante do P04, próximo à área da mina, na AID	9.495.510	414.916	9.495.527	414.906	#
7	Riacho Cunha - Moti	Fazenda Tapera, na AID	9.492.212	409.366	9.492.216	409.364	#
8	Açude Morrinhos	Comunidade Morrinhos, na AID	9.496.134	409.691	9.496.138	409.689	x
9	Açude da Laís	Distrito de Lagoa do Mato, fora dos limites da AII	9.482.905	423.077	9.482.855	423.014	x
10	Açude Edson Queiroz	Próximo à comunidade rural, fora dos limites da AII	9.529.266	382.315	9.529.183	382.295	x

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha. # pontos secos. x pontos avaliados.

400.000

420.000

9.500.000



Riacho do Gavião
Riacho dos Vazantes
Riacho Gameleira
Riacho do Bitu
Riacho Alcantil
Rio Curu
Riacho do Gangorra
Riacho das Guaribas
Riacho Batente
8
6
5
3
4
1
2
7
Riacho das Cacimbas
CE-366
Riacho d' Água do Gado
Rio Groaíras
Riacho Caramutim
Riacho do Mulungo
Riacho do Salobro
Riacho da Malícia
Riacho do Meru

Legenda

- Pontos Amostrais de Limnologia
- Sedes Municipais
- Cursos d'Água
- Rodovia Pavimentada
- Rodovia Não Pavimentada
- Limite Municipal
- Reserva Legal
- Corpos d'Água

Áreas de Influência

- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- AII do Meio Físico e Biótico

Vegetação na AID

- Sem Vegetação
- Savana Estepica Arborizada
- Savana Estépica Florestada

Fonte:
- Base Hidrográfica - adaptada. Escala: 1:100.000 (ANA, 2017).
- Base Cartográfica Contínua (IBGE, 2019).
- Pontos Amostrais de Limnologia (Tetra+, 2020).
- Vegetação na AID Tetra+, 2020).
- Reserva Legal (SICAR, 2020).

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Rede de amostragem da biota aquática – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC)

Mapa	Escala	Localização	
8.2-11	1:80.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V02	04/11/2021	Letícia Trombeta	Cecília Alarsa

Figura 8.2-356 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem). Coordenadas: 9.493.297/413.664

Figura 8.2-357 - Ponto P01 - Açude Quixaba (barragem). Coordenadas: 9.493.297/413.664

Figura 8.2-358 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso). Coordenadas: 9.493.246/414.142

Figura 8.2-359 - Ponto P02- Açude Quixaba (remanso). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142

Figura 8.2-360 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco. Coordenadas: 9.493.941/ 413.189

Figura 8.2-361 - Ponto P03 - Riacho Caramutim (Curumatã): seco. Coordenadas: 9.493.942/ 413.185

Figura 8.2-362 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.494.072/ 413.101

Figura 8.2-363 - Ponto P04- Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.494.054/413.091

Figura 8.2-364 - Ponto P05 – Riacho Cunha-Moti: seco. Coordenadas: 9.494.026/ 412.479

Figura 8.2-365 - Ponto P05 – Riacho Cunha-Moti: seco. Coordenadas: 9.494.029/ 412.481

Figura 8.2-366 - Ponto P06 - Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.495.510/ 414.916

Figura 8.2-367 - Ponto P06 - Riacho das Guaribas: seco. Coordenadas: 9.495.527/ 414.906

Figura 8.2-368 - Ponto P07 - Riacho Cunha - Moti: seco. Coordenadas: 9.492.212/ 409.366

Figura 8.2-369 - Ponto P07 - Riacho Cunha - Moti: seco. Coordenadas: 9.492.216/ 409.364

Figura 8.2-370 - Ponto P08 - Açude Morrinhos (seco). Coordenadas: 9.496.134/ 409.691

Figura 8.2-371 - Ponto P08 - Açude Morrinhos (seco). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689

Figura 8.2-372 - Ponto P09 - Açude da Laís. Coordenadas: 9.482.905/ 423.077

Figura 8.2-373 - Ponto P09- Açude da Laís. Coordenadas: 9.482.855/ 423.014

Figura 8.2-374 - Ponto P10: Açude Edson Queiroz. Coordenadas: 9.529.266/ 382.315

Figura 8.2-375- Ponto P10: Açude Edson Queiroz. Coordenadas: 9.529.183/382.295

Cabe destacar que, dentre os locais amostrados, apenas o açude Quixaba se situa nos limites da AID. Os demais açudes se situam fora dos limites das áreas de influência, porém foram inseridos na malha amostral uma vez que se caracterizam fontes de abastecimento no contexto regional, conforme detalhado no item 8.1.8.3.3- Qualidade da água e dos sedimentos.

Neste diagnóstico, optou-se pela análise integrada de todos os dados primários obtidos no contexto do item da AID e ADA, tendo em vista obter um panorama integrado dos indicadores ecológicos da biota aquática nas duas campanhas.

Durante as coletas, o tempo se manteve predominantemente bom, sendo registrada a ocorrência de chuvas no período de 24 horas antecedentes apenas na segunda campanha (fevereiro/21). A temperatura do ar oscilou entre 25,1ºC (P01, fevereiro/21) e 30,6ºC (P02, novembro/2020). A síntese dos registros de campo consta na Tabela 8.2-87.

O açude com menor profundidade foi o Quixaba (P02), com 0,4 m na campanha de fevereiro de 2021, e o mais profundo foi o Edson Queiroz, com 12 m nessa mesma amostragem. A transparência mínima foi de 0,3, m nos açudes Quixaba (P01, na primeira campanha, e P02, em ambas as amostragens) e da Laís (P09, na segunda campanha), com máximo de 0,7 m (açude Edson Queiroz). Cabe indicar que a vistoria nos pontos secos ocorreu no dia 09 de novembro/20 e nos dias 09 e 10 de fevereiro/21, respectivamente.

Tabela 8.2-87 -Registros de campo- Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

REGISTROS DE CAMPO	AÇUDE QUIXABA				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ	
	P01 (AID)		P02 (AID)		P09		P10	
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Data da Coleta	10/11/20	10/02/21	10/11/20	10/02/21	11/11/20	10/02/21	12/11/20	11/02/21
Hora da Coleta	10h20	09h28	12h05	10h41	8h45	13h40	9h30	11h10
Condição do Tempo Durante a Coleta	Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Bom
Chuva nas Últimas 24h	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Mata Ciliar	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Temperatura do Ar (ºC)	29,4	25,1	30,6	25,4	26,5	25,7	27,8	26,1
Profundidade (m)	1,3	0,5	1,1	0,4	1	0,6	4,9	12
Transparência (m)	0,45	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,7	0,7

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha.

C. Procedimentos de coleta e análise

A metodologia empregada para coleta, identificação e contagem da biota aquática foi norteada pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 2017). Foram seguidas ainda as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011). As atividades de campo foram realizadas conforme o estabelecido na Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico - ABIO nº 3/2020, emitida pelo IBAMA. Os exemplares capturados foram depositados na coleção da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP.

A seguir consta o detalhamento dos procedimentos adotados em campo e em laboratório para cada uma das comunidades aquáticas avaliadas.

C.1. Fitoplâncton

Em cada ponto de coleta, foi tomada uma amostra quantitativa da comunidade fitoplanctônica na subsuperfície com uso de recipiente de metal, que foi transferida para um frasco de 250 mL. A seguir, a amostra qualitativa foi coletada na subsuperfície utilizando-

se rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm, por meio de arrasto horizontal (Figura 8.2-376 e Figura 8.2-377).

Para preservação das amostras qualitativas, utilizou-se solução de formalina a 2% neutralizada com bicarbonato de sódio. Nas amostras quantitativas, adicionaram-se gotas de lugol. Os frascos de coleta foram homogeneizados, etiquetados e encaminhados ao laboratório para análise.

A identificação taxonômica do fitoplâncton foi baseada em bibliografia específica para cada grupo de algas e de cianobactérias, como Bicudo & Menezes (2006), Sant'Anna *et al*. (2012), Round & Crawford (1990), entre outros. O processo de identificação ocorreu sempre que possível ao nível de espécie, a partir da análise populacional, utilizando microscópio invertido. Analisou-se, no mínimo, uma lâmina de cada amostra, até atingir 10 campos sem ocorrência de táxons adicionais.

A quantificação do fitoplâncton seguiu o método de sedimentação em câmaras, descrito por Utermöhl (1958). O tempo de sedimentação variou de acordo com a concentração de material na amostra e o volume analisado, adotando-se o procedimento de quantificação por campos aleatórios ou câmara inteira. O limite de contagem foi estabelecido pela enumeração de 100 indivíduos do táxon mais abundante (LUND et al. 1958). Cada célula, cenóbio, colônia ou filamento foi considerado como um indivíduo. Nas Figura 8.2-378 e Figura 8.2-379 são ilustrados alguns dos procedimentos em laboratório.

Os resultados de densidade do fitoplâncton foram expressos em organismos por mililitro (org./mL). Em atendimento a Resolução CONAMA 357/05, realizou-se também a contagem de células de cianobactérias, com resultados indicados em células por mililitro (cél./mL). Os relatórios de ensaio do fitoplâncton constam anexado ao presente documento.

Figura 8.2-376 - Rede de 20 µm usada na amostragem qualitativa do fitoplâncton. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664

Figura 8.2-377 - Acondicionamento da amostra quantitativa do fitoplâncton. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664

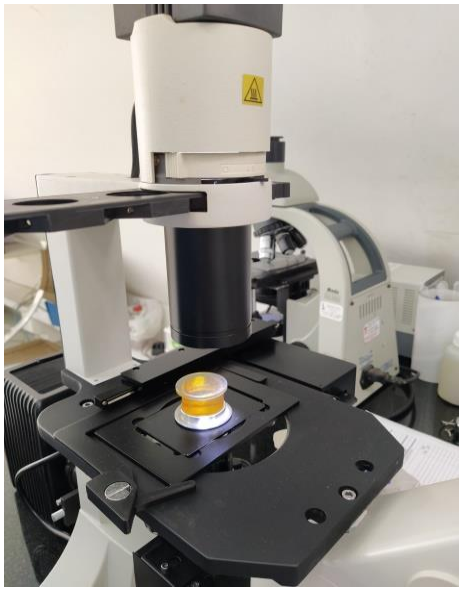


Figura 8.2-378 - Amostra na câmara de sedimentação de Utermöhl

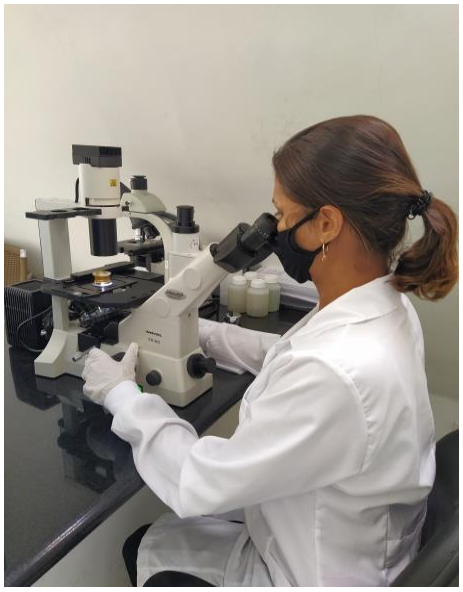


Figura 8.2-379 - Contagem do fitoplâncton em microscópio invertido

Fonte: Econsult (2021).

C.2. Zooplâncton

Em cada ponto, foi realizada a coleta de amostra quantitativa de zooplâncton filtrando-se, na rede com malha de 68 µm, 200 L de água coletada na superfície do corpo hídrico, com auxílio de recipiente de metal. A seguir, foram tomadas as amostras qualitativas por meio de arrasto horizontal da mesma rede (Figura 8.2-380 a Figura 8.2-381).

As amostras quantitativas e qualitativas foram acondicionadas em frascos plásticos de 250 mL, sendo preservadas com solução de formalina 4% neutralizada com bicarbonato de sódio. Os frascos de coleta foram etiquetados e encaminhados ao laboratório.

Em laboratório, foi realizada a preparação das amostras e os indivíduos foram identificados com auxílio de microscópio óptico, sempre que possível ao nível de espécie, utilizando-se chaves de identificação e descrições disponíveis em literatura especializada, como Matsumura-Tundisi & Silva (1999), Koste (1978), Lucinda (2003), entre outros (Figura 8.2-382 e Figura 8.2-383.

Para a contagem dos organismos zooplanctônicos, as amostras com pequeno número de organismos foram analisadas integralmente. Aquelas que continham um elevado número de indivíduos foram realizadas por meio de subamostragem, sendo homogeneizadas e avaliadas a partir de alíquotas de 1 mL em câmara de Sedgewick-Rafter.

Para determinar a densidade numérica do zooplâncton, os dados de contagem referentes a cada táxon foram multiplicados pelo fator de subamostragem e divididos pelo volume filtrado. Os valores de densidade obtidos são expressos em organismos por metro cúbico (org./m^3). Os relatórios de ensaio do zooplâncton constam no Anexo 8.2-V.

Figura 8.2-380 - Arrasto da rede de 68 µm usada na amostragem do zooplâncton. Coordenadas: 9.482.905/ 423.077

Figura 8.2-381- Amostragem quantitativa de zooplâncton. Coordenadas: 9.529.183/ 382.295.

Figura 8.2-382 - Preparo da amostra de zooplâncton.

Figura 8.2-383 - Identificação do zooplâncton em microscópio óptico

Fonte: Econsult (2021).

C.3. Invertebrados bentônicos

Em cada ponto de coleta, as amostras da comunidade bentônica foram tomadas em triplicata, utilizando-se o pegador de fundo do tipo Petersen (0,058 m^2). O sedimento coletado foi lavado em campo, utilizando-se peneira de malha de 250 µm (Figura 8.2-384). O material retido na peneira foi acondicionado em sacos plásticos, preservado em álcool 70% e corado com rosa de bengala 0,1%. Adicionalmente, foi empregada a rede D para uma amostragem semi-quantitativa dos exemplares associados às margens dos açudes (Figura 8.2-385 a Figura 8.2-387).

Em laboratório, as amostras de sedimentos foram novamente lavadas com uso de peneiras de malha de 250 µm. Em seguida, procedeu-se a triagem e a identificação dos organismos em placas de Petri, com auxílio de estereomicroscópio (Figura 8.2-386). A identificação taxonômica ocorreu ao menor nível taxonômico possível, sendo efetuada com auxílio de referências, tais como Brinkhurst & Marchese (1991), Simone (2006) e Trivinho-Strixino (2011), com estereomicroscópio (Figura 8.2-387).

A densidade em cada ponto das amostras obtidas com amostrador Petersen foi calculada pela média da densidade das três réplicas, com resultados indicados em organismos por metro quadrado (org./m^2). Para as amostras com rede D é apresentada a quantidade absoluta dos exemplares coletados. Os relatórios de ensaio dos invertebrados bentônicos constam no Anexo 8.2-VI.

Figura 8.2-384 - Lavagem dos sedimentos com rede de 250 µm. Coordenadas: 9.482.855/ 423.014.

Figura 8.2-385 - Amostragem com rede D. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664.

Figura 8.2-386 - Triagem dos organismos bentônicos em laboratório.

Figura 8.2-387 - Identificação dos organismos bentônicos.

Fonte: Econsult (2021).

C.4. Macrófitas aquáticas

O conceito utilizado para macrófitas aquáticas foi o de Irgang & Gastal Jr. (1996), que definem essa comunidade como vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes ativas se encontram total ou parcialmente submersas, ou flutuando sobre a lâmina d'água.

Dada a heterogeneidade taxonômica das macrófitas aquáticas, usualmente esses vegetais são classificados de acordo com sua forma biológica e a disposição de suas estruturas no ambiente aquático, sendo adotada neste trabalho a proposta de Irgang *et al.* (1984), conforme Figura 8.2-388, descrita a seguir:

- Submersas fixas: enraizadas no fundo, com caule e folhas submersos; somente as flores permanecem fora d'água.
- Submersas livres: não enraizadas no fundo, totalmente submersas; somente as flores permanecem fora d'água.
- Flutuantes fixas: enraizadas no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas e/ou flores flutantes.
- Flutuantes livres: não enraizadas no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas e/ou flores flutuantes, podendo ser levadas pela correnteza, pelo vento ou até por animais.
- Emergentes ou Emersas: enraizadas no fundo, parcialmente submersas e parcialmente emersas.
- Anfíbias ou semi-aquáticas: capazes de viver tanto em área alagada como fora da água nos períodos de estiagem, época em que geralmente modificam sua morfologia, adaptando-se à fase terrestre.
- Epífitas: são vegetais que se instalam sobre outras plantas aquáticas.

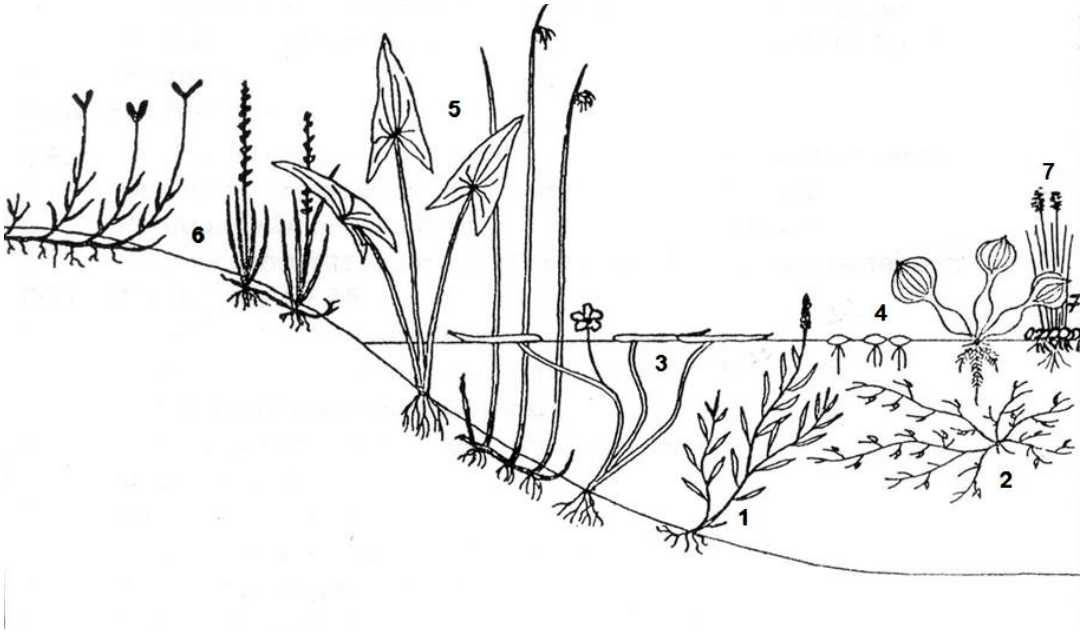


Figura 8.2-388 - Formas Biológicas de Macrófitas Aquáticas.

Fonte: IRGANG et al. (1984).

A amostragem na área de influência do projeto Santa Quitéria compreendeu todos os táxons encontrados nos pontos inspecionados, tanto dentro da água, quanto nas margens, até uma distância de 2 m da lâmina d'água tendo em vista a coleta de vegetais anfíbios. Para identificação das espécies, foram anotados os dados dos espécimes presentes em cada banco de macrófitas registrado (Figura 8.2-389 e Figura 8.2-390).

Figura 8.2-389 - Coleta de macrófitas anfíbias na margem do açude Quixaba. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664.

Figura 8.2-390 - Coleta de macrófitas anfíbias na margem do açude Quixaba. Coordenadas: 9.493.297/ 413.664.

Fonte: Econsult (2021).

A análise de biomassa estava prevista nos pontos que apresentassem bancos de macrófitas expressivos e homogêneos presentes na lâmina d'água, porém nas duas

campanhas este procedimento não foi realizado, em função da ausência desses bancos com estas características.

Nos açudes amostrados, os táxons presentes tiveram sua respectiva densidade estimada através do índice de cobertura estabelecido por Braun-Blanquet *et al.* (1932), conforme apresentado na Tabela 8.2-88.

Tabela 8.2-88 - Índice de cobertura de macrófitas aquáticas.

CARACTERÍSTICA DA COBERTURA	COBERTURA (%)	ÍNDICE
Contínua ou quase contínua	≥ 75	5
Descontínua e em grande número	≥50e < 75	4
Dispersa, com numerosos indivíduos	≥25e < 50	3
Rala, com poucos indivíduos	> 5 e < 25	2
Esporádica, com indivíduos de pequeno porte	< 5	1
Pequena e rara	< 1	R ou +

Fonte: Braun-Blanquet et al. (1932).

As plantas coletadas foram armazenadas em sacos plásticos individuais, sendo dispostas entre folhas de jornal e papelão para prensagem entre ripas de madeira. As prensas foram levadas à estufa para secagem e posterior montagem das exsicatas. Realizou-se a conservação de plantas com estruturas frágeis em formol 10%, visando posterior análise taxonômica.

Procedeu-se a identificação do material botânico por meio da análise das estruturas dos vegetais a olho nu e sob microscópio estereoscópico, com auxílio de bibliografia especializada, destacando-se: chaves de identificação de famílias (SOUZA & LORENZI, 2008), de gêneros (BARROSO, 1991; COOK, 1996; LONGHI-WAGNER *et al.*, 2001; WANDERLEY *et al.*, 2002; WANDERLEY *et al.*, 2003; WANDERLEY *et al.*, 2005; WANDERLEY *et al.*, 2007; BARROSO, 2008; WANDERLEY *et al.*, 2009), de espécies (bibliografia específica para cada táxon), entre outros livros (AMARAL *et al.*, 2008).

Adotou-se para angiospermas o sistema de classificação indicado pelo APG III - *Angiosperm Phylogeny Group* III (BREMER *et al.*, 2009), e para samambaias o de Smith *et al.* (2006). Cabe ressaltar que segundo a classificação de Smith *et al.* (2006) o termo Pteridophyta tende a não ser utilizado, pois estudos baseados em filogenia molecular demonstraram que esses vegetais constituem duas linhagens evolutivas monofiléticas (PRYER *et al.*, 2001 *apud* FORZZA *et al.*, 2014) denominadas de Samambaias e Licófitas.

Todo material coletado foi devidamente etiquetado com dados de família, gênero, espécie, coletor, ponto e data da coleta e será destinado ao herbário para tombamento em coleção científica. Os relatórios de ensaio das macrófitas aquáticas constam no Anexo 8.2-VII.

D. Análise de dados

Na avaliação dos resultados das comunidades planctônicas, bentônicas e de macrófitas aquáticas, adotaram-se os seguintes índices descritores:

+ **Análise qualitativa**

  - **Composição taxonômica, riqueza de táxons e riqueza relativa**

A composição taxonômica compreende a caracterização dos táxons presentes nas amostras/pontos de coleta. A riqueza de táxons é obtida pela contagem do número de táxons registrados em cada ponto. A riqueza relativa, expressa em porcentagem, apresenta a proporção do número de táxons de cada grupo inventariado. Na análise da riqueza, considerou-se cada espécie, morfoespécie e organismo que não puderam ser identificados a nível específico como um táxon.

+ **Distribuição espacial e frequência de ocorrência**

A leitura da distribuição espacial dos organismos na rede de amostragem foi realizada com base na presença ou na ausência de determinado táxon nos pontos de coleta.

A frequência de ocorrência foi calculada dividindo-se o número de registros de cada táxon pelo número total de amostras analisadas. O resultado é expresso em percentagem e classificado, segundo Souza *et al*. (2009), nas categorias: muito frequente (frequência ≥ 80%), frequente (50% ≤ frequência < 80%), pouco frequente (17% ≤ frequência < 50%) e esporádico (frequência < 17%).

+ **Espécies exóticas e ameaçadas**

Avaliou-se a presença de espécies exóticas nas comunidades aquáticas das áreas amostradas, tendo como principal referência o Informe sobre Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016).

Adicionalmente, verificou-se ocorrência de táxons da fauna ameaçados, tendo como base a Portaria MMA nº 445/14, a qual elenca as espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção.

Para macrófitas aquáticas, foram consultadas as listas da Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora Selvagens (CITES).

+ **Análise quantitativa**

  - **Densidade e abundância relativa das comunidades planctônicas e bentônicas**

A densidade representa a quantidade de organismos presente nas amostras por volume amostrado. A abundância relativa indica a proporção numérica de cada grupo ou táxon presente na amostra considerada, sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$AR = \frac{n \,.\, 100}{N}$$

Sendo:

AR = abundância relativa.
n = número total de organismos do grupo ou táxon.
N = número total de organismos na amostra.

+ **Índice de cobertura de macrófitas aquáticas**

As espécies de macrófitas presentes em cada ponto de coleta tiveram sua respectiva cobertura estimada em campo através do índice de cobertura de Braun-Blanquet *et al.* (1932), conforme anteriormente apresentado na Tabela 8.2-88.

+ **Índices de diversidade e equitabilidade das comunidades planctônicas e bentônicas**

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona o número de táxons e a distribuição da abundância entre os diferentes táxons de determinada amostra, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum pi.\log_2 pi$$

E

$$pi=\frac{n}{N}$$

Sendo:

H'= índice de diversidade de Shannon-Wiener, em bit.ind.$^{-1}$.
pi= abundância relativa.
n = número de indivíduos coletados de cada táxon.
N = total de indivíduos coletados na amostra.

O índice de equitabilidade se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional à dominância. A medida de equitabilidade compara a diversidade de Shannon-Wiener com a distribuição das espécies observadas. Este índice é obtido através da equação:

$$J = \frac{H'}{H' \, máximo}$$

Sendo:

J= equitabilidade.
H' = índice de Shannon-Wiener.
H' máximo = diversidade máxima.

+ **Índice de similaridade**

Para as comunidades planctônicas e bentônicas, o grau de semelhança entre os pontos de coleta foi avaliado com base no índice de Bray-Curtis. A matriz de similaridade foi comparada com uma matriz cofenética, visando aumentar a confiabilidade das conclusões extraídas da interpretação do dendrograma (KOPP *et al.*, 2007). Como critério de fidelidade, foram adotados valores iguais ou superiores a 0,70 (ROHLF, 1970).

Para comparar a composição espacial e temporal das comunidades de macrófitas, calculou-se a similaridade a partir de matrizes de presença/ausência entre os espécimes de macrófitas e os períodos de coleta. Para tanto, utilizou-se a análise de agrupamento do tipo cluster, com a medida de similaridade de Jaccard para dados qualitativos como coeficiente de associação (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974), e método de ligação do tipo UPGMA (média de grupo), o qual atribui o ponto de amostragem ao grupo com o qual este tem a maior similaridade média (VALENTIN, 2000).

8.2.2.2.2. Resultados obtidos

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas duas campanhas realizadas nos meses de novembro/2020 (período seco) e fevereiro/2021 (período chuvoso). Nesta avaliação foram abordados de forma comparativa os levantamentos realizados no ano de 2011, por meio de quatro campanhas (ARCADIS LOGOS, 2014), com foco nos principais indicadores ecológicos.

A. Fitoplâncton

A.1. Análise qualitativa

Composição taxonômica, riqueza de táxons e riqueza relativa

Na avaliação qualitativa do fitoplâncton na rede amostral do Projeto de Santa Quitéria, considerando todos os pontos de amostragem e as duas campanhas realizadas em novembro/20 e fevereiro/21, foram identificados 76 táxons, pertencentes às seguintes classes: Cyanophyceae (18), Chlorophyceae (14), Bacillariophyceae (13), Euglenophyceae (11), Zygnemaphyceae (7), Trebouxiophyceae (6), Cryptophyceae (2), Mediophyceae (2), Coscinodiscophyceae (1), Dinophyceae (1) e Xantophyceae (1). Desse conjunto, 59 táxons foram amostrados na primeira campanha (novembro/20) e 52 táxons na segunda coleta (fevereiro/21).

Cyanophyceae e Chlorophyceae foram as classes com maior riqueza de espécies considerando as duas campanhas, compondo 23,7% e 18,4%, respectivamente, da matriz fitoplanctônica dos açudes analisados (Figura 8.2-391).

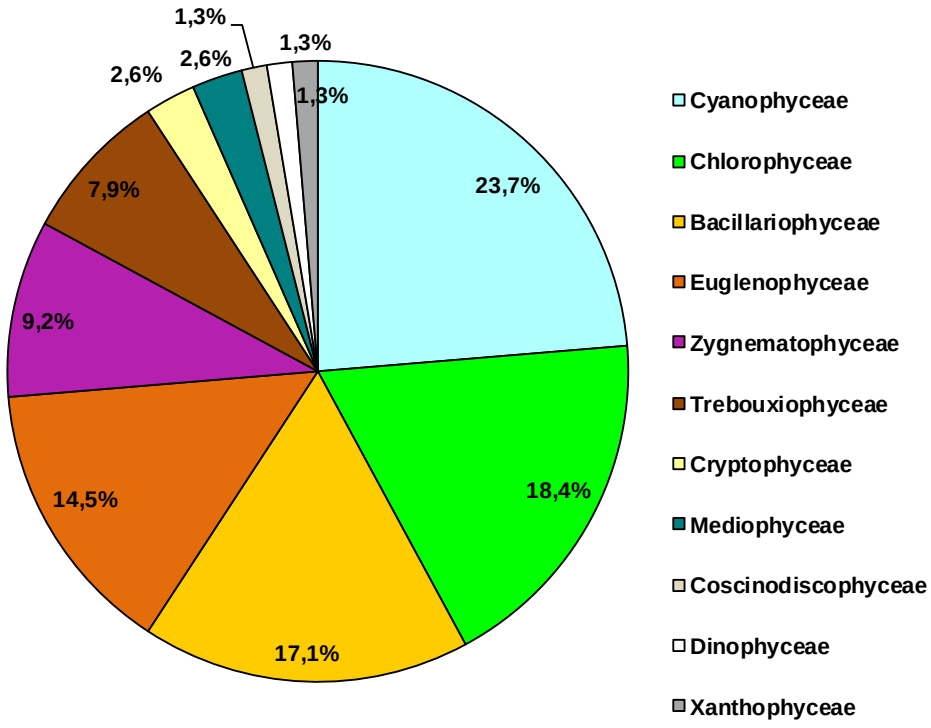


Figura 8.2-391 - Riqueza relativa total do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC).

Elaboração: Econsultt, 2021

As cianobactérias (Cyanophyceae) possuem eficientes estratégias de sobrevivência, propiciadas por suas características ecológicas e fisiológicas. Dentre os fatores-chave para seu sucesso reprodutivo e desenvolvimento, destaca-se a estabilidade da coluna da água pela presença de mucilagem ou vacúolos gasosos (aerótopos) em várias espécies, permitindo que as células regulem sua flutuação em resposta à disponibilidade de luz e nutrientes.

Algumas espécies desse grupo podem armazenar fósforo no interior de suas células e possuem a capacidade de assimilar o gás nitrogênio diretamente da atmosfera, o que representa uma vantagem em ambientes com menor disponibilidade desses nutrientes. Frequentemente formam esporos de resistência e sofrem relativamente menor pressão de herbivoria pelo zooplânton e por outros organismos aquáticos.

Essas características atribuem uma vantagem competitiva sobre os demais seres fitoplanctônicos e favorecem seu rápido crescimento, sobretudo em ambientes lênticos e com temperaturas superiores de 25ºC. Nessas condições, podem chegar a formar florações e liberar compostos tóxicos no meio aquático.

Dentre os açudes analisados, o grupo obteve maior representatividade taxonômica no açude de Edson Queiroz nas duas campanhas. Os gêneros de cianobactérias que comportaram maior riqueza foram *Pseudanabaena*, com três táxons, e *Microcystis*, com dois táxons. Tais gêneros são conhecidos pelo seu potencial de produção de toxinas quando presentes em grande quantidade, promovendo também alterações nas características estéticas da água associadas à cor, sabor e odor.

As clorofíceas (Chlorophyceae), conhecidas como algas verdes, são geralmente cosmopolitas, apresentam imensa variedade morfológica e podem ter hábitos planctônicos e bentônicos. A maioria delas é típica de água doce, mas ocorrem em ambientes de amplo espectro de salinidade e de eutrofização. Os fatores ambientais limitantes para o desenvolvimento das clorofíceas, sobretudo as não móveis, são intensidade de luz subaquática, estabilidade da coluna d'água, perdas por sedimentação e o auto sombreamento das algas.

Dentre os táxons de clorofíceas registrados na área de estudo encontra-se o gênero *Monoraphidium*, com três táxons, que segundo Palmer (1969), Sladecek (1973) e Patrick & Palavage (1994) abrangem organismos resistentes à poluição orgânica e química. Esse grupo apresentou maior riqueza no açude da Laís na segunda campanha. As bacilariofíceas (Bacillariophyceae) ocuparam a terceira posição na riqueza relativa de espécies na área de estudo do Projeto Santa Quitéria, contribuindo com 17,1% do total de táxons inventariados nessa comunidade fitoplanctônica. Essa classe, que compõe o grupo das diatomáceas juntamente com Coscinodiscophyceae e Mediophyceae, obteve maior representatividade no açude Quixaba.

As diatomáceas em conjunto constituiram 21,1% dos táxons inventariados, sendo representadas principalmente por Bacillariophyceae e menores participações na riqueza de Mediophyceae (2,6%) e Coscinodiscophyceae (1,3%). As algas desse grupo apresentam parede celular constituída por sílica, o que lhes confere uma elevada taxa de sedimentação no meio aquático e favorece seu acúmulo sobre os sedimentos ou sobre a vegetação marginal. Assim, esses organismos são, geralmente, encontrados nas camadas superficiais da água de ambientes rasos ou turbulentos.

As euglenofíceas (Euglenophyceae) representaram 14,5% da riqueza relativa de espécies na área de estudo do Projeto Santa Quitéria. As algas dessa classe agrupam seres unicelulares e filamentosos, predominantemente habitantes de sistemas aquáticos continentais, sendo comumente encontradas em sistemas aquáticos poluídos, enriquecidos por materiais orgânicos, onde podem se desenvolver massivamente, resultando em florações. A possibilidade de se movimentarem através dos flagelos constitui uma adaptação

deste grupo em ambientes com elevada turbidez, permitindo que utilizem nutrientes acumulados em camadas mais profundas e retornem a seguir para a região eufótica (BRANCO, 1986)

As zignemafíceas (Zygnemaphyceae) constituíram 9,2% da riqueza relativa do sistema aquático em estudo no total das duas campanhas. As algas dessa classe incluem seres reconhecidos por conter ornamentações, como a ordem Desmidiales, que são detectadas em grande variedade nos ambientes aquáticos de águas límpidas. Nos açudes amostrados, as zignemafíceas foram dos gêneros *Closterium*, *Cosmarium*, *Mougeotia*, *Staurastrum*, *Staurodesmus* e *Tetraplektron*.

As algas da classe Trebouxiophyceae compuseram 7,9% da riqueza relativa taxonômica da comunidade fitoplanctônica amostrada em novembro/20 e fevereiro/21 do Projeto Santa Quitéria. Essa classe reúne algas unicelulares, coloniais, filamentosas ou com lâminas multicelulares, que vivem em ambientes terrestres e aquáticos de água doce, salobro ou marinho, onde geralmente habitam a comunidade fitoplanctônica (LELIAERT *et al.*, 2012; BOCK *et al.* 2011).

As demais classes presentes nos açudes avaliados (Cryptophyceae, Dinophyceae e Xantophyceae) ocorreram com menor riqueza especifica, participando, em conjunto, com 5,3% da matriz fitoplânctônica na malha amostral do Projeto Santa Quitéria.

Na análise comparativa dos resultados obtidos nos pontos de amostragem, foram observados os maiores valores de riqueza no açude da Laís (P09) na segunda campanha, com 32 táxons, seguido do açude Quixaba (P02) com 30 táxons na primeira campanha, enquanto que o menor foi verificado no açude Edson Queiroz (P10), com 23 táxons em cada campanha (Figura 8.2-392).

Nos açudes amostrados, a riqueza de espécies da comunidade fitoplanctônica não apresentou diferenças relevantes do período seco (primeira campanha) em relação ao período chuvoso (segunda campanha), se mantendo estável no açude Edson Queiroz (P10) e com suaves quedas ou aumentos nos demais pontos monitorados.

Na avaliação do fitoplâncton realizada no ano de 2011 foram registrados 102 táxons, no conjunto das quatro campanhas efetuadas. O fitoplâncton foi majoritariamente constituído pelas clorofíceas, cianobactérias e diatomáceas. Espacialmente se obteve maior riqueza de espécies no açude da Laís (P09), com 33 táxons registrados na terceira campanha, enquanto o menor foi observado no açude Edson Queiroz (P10), com seis táxons, na segunda campanha. Assim, de modo geral, os valores de riqueza nas últimas campanhas

(novembro/20 e fevereiro/21) se situam no mesmo patamar das anteriores e se manteve o padrão de maior riqueza no açude da Laís e menor riqueza no açude Edson Queiroz.

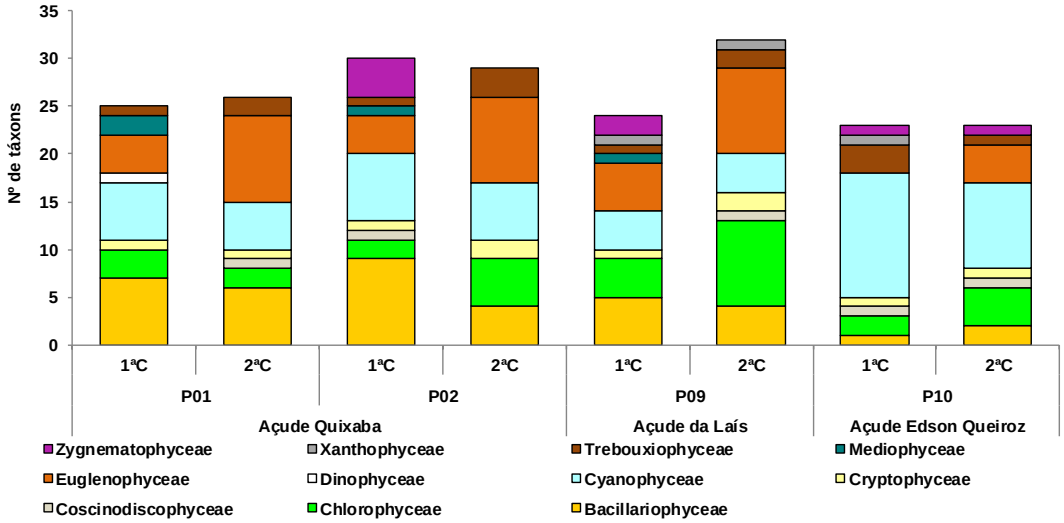


Figura 8.2-392 - Riqueza taxonômica do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Distribuição espacial e frequência relativa

Conforme apresentado a seguir na Tabela 8.2-89 entre os 76 táxons inventariados em ambas campanhas, apenas a cianobactéria Aphanocapsa sp. e um táxon não identificado ao nível de gênero da classe Cryptophyceae, ocorreram em todas as amostras coletadas (100% de frequência), sendo considerados muito frequentes (≥80%) segundo a classificação de Souza et al. (2009), o que indica alta adaptabilidade desses exemplares às condições ambientais locais. As cianobactérias dos gêneros Cyanogranis sp. e Merismopedia sp. também foram classificados como muito frequentes com ocorrência em 88% das amostras.

Os gêneros *Aphanocapsa* e *Merismopedia* são potencialmente produtores de cianotoxinas, assim como outros táxons menos frequentes, a exemplo de *Planktothrix e Raphidiopsis* que ocorrerem no açude Edson Queiroz (25%) (SILVA, 2009, CETESB, 2013). Para *Cyanogranis,* ainda não há registro de produção de cianotoxina na literatura (CETESB, 2020). Um estudo realizado em reservatório do sudeste brasileiro avaliou que essa cianobactéria não produziu substâncias que afetassem a qualidade da água (COQUEMALA, 2003).

Segundo a classificação de Souza *et al*. (2009), 17 táxons foram frequentes (frequência de ocorrência entre 50% e 80%), sendo seis desses encontrados em 75% das amostras: a diatomácea bacilariofícea *Nitzschia* sp.; a alga verde *Desmodesmus* sp.; as euglenofíceas *Euglena* sp, *Lepocinclis ovum*, *Lepocinclis* sp. e *Trachelomonas volvocina*.

Os demais táxons tiveram menores frequências de ocorrência, sendo 28 registrados em duas amostras e classificados como pouco frequentes (entre 17 e 50%) e 27 se enquadraram na categoria esporádico com ocorrência em apenas uma amostra (<17%). Na Figura 8.2-393 e Figura 8.2-394 constam alguns dos exemplares da comunidade fitoplanctônica amostrados nos açudes avaliados.

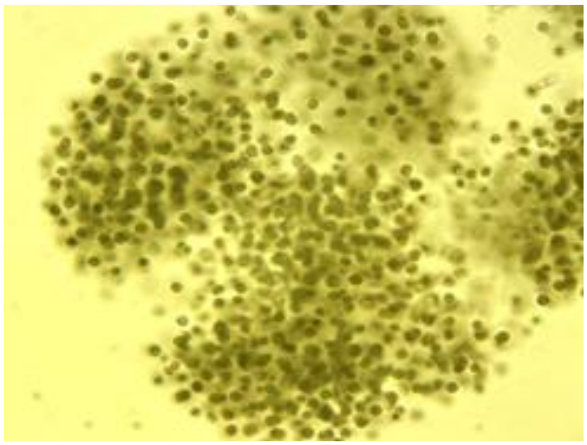


Figura 8.2-393 - Cianobactéria - *Microcystis* spp.

Figura 8.2-394 - Cianobactéria - *Pseudanabaena* spp.

Fonte: Econsultt, 2021

Tabela 8.2-89 - Distribuição espacial e frequência do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Bacillariophyceae										
Achnanthes sp.			■						1	13
Amphipleura sp.	■								1	13
Amphora sp.		■		■	■				3	38
Cymbella sp.	■		■	■	■				4	50
Diadesmis sp.	■		■						2	25
Gomphonema sp.		■	■						2	25
Gyrosigma sp.			■						1	13
Naviculales	■		■		■	■		■	5	63

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Navicula sp.									4	50
Nitzschia sp.									6	75
Stauroneis sp.									3	38
Surirella sp.									2	25
Ulnaria ulna									4	50
Subtotal	7	6	9	4	5	4	1	2		
Chlorophyceae										
Chlamydomonas sp.									3	38
Coelastrum microporum									1	13
Desmodesmus sp.									6	75
Eudorina elegans									1	13
Eutetramorus sp.									1	13
Hariotina reticulata									1	13
Kirchneriella sp.									1	13
Monactinus simplex									3	38
Monoraphidium arcuatum									5	63
Monoraphidium contortum									2	25
Monoraphidium griffithii									3	38
Scenedesmus sp.									2	25
Stauridium tetras									1	13
Tetrastrum heteracanthum									1	13
Subtotal	3	2	2	5	4	9	2	4		
Coscinodiscophyceae										
Aulacoseira granulata									5	63
Subtotal	-	1	1	-	-	1	1	1		
Cryptophyceae										

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Cryptophyceae									8	100
Cryptomonas sp.									2	25
Subtotal	1	1	1	2	1	2	1	1		
Cyanophyceae										
Anabaenopsis sp.									2	25
Aphanocapsa sp.									8	100
Coelomoron sp.									3	38
Cyanogranis sp.									7	88
Dolichospermum sp.									1	13
Geitlerinema sp.									3	38
Komvophoron sp.									1	13
Merismopedia sp.									7	88
Microcystis aeruginosa									1	13
Microcystis sp.									2	25
Phormidium sp.									4	50
Planktolyngbya contorta									2	25
Planktothrix sp.									2	25
Pseudanabaena galeata									2	25
Pseudanabaena mucicola									1	13
Pseudanabaena sp.									5	63
Raphidiopsis sp.									2	25
Synechocystis sp.									1	13
Subtotal	6	5	7	6	4	4	13	9		
Dinophyceae										
Peridinium sp.									1	13
Subtotal	1	-	-	-	-	-	-	-		

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Euglenophyceae										
Euglena sp.									6	75
Lepocinclis acus									3	38
Lepocinclis ovum									6	75
Lepocinclis sp.									6	75
Monomorphina pyrum									3	38
Phacus curvicauda									1	13
Phacus longicauda var. *tortus*									4	50
Phacus sp.									5	63
Strombomonas sp.									3	38
Trachelomonas similis									1	13
Trachelomonas volvocina									6	75
Subtotal	4	9	4	9	5	9	-	4		
Mediophyceae										
Cyclotella sp.									1	13
Thalassiosira sp.									3	38
Subtotal	2	-	1	-	1	-	-	-		
Trebouxiophyceae										
Actinastrum aciculare									1	13
Chlorella sp.									2	25
Crucigenia sp.									3	38
Dictyosphaerium sp.									4	50
Micractinium sp.									1	13
Willea crucifera									3	38
Subtotal	1	2	1	3	1	2	3	1		
Xanthophyceae										

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Isthmochloron sp.									3	38
Subtotal	-	-	-	-	1	1	1	-		
Zygnematophyceae										
Closterium sp.									2	25
Cosmarium sp.									1	13
Mougeotia sp.									1	13
Staurastrum leptocladum									1	13
Staurastrum sp.									1	13
Staurodesmus sp.									1	13
Tetraplektron sp.									1	13
Subtotal	-	-	4	-	2	-	1	1		
Total por ponto	25	26	30	29	24	32	23	23		
Total de táxons acumulados	76									

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha.

Espécies exóticas e ameaçadas

Considerando como referência o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016), no conjunto de todos os táxons fitoplanctônicos inventariados, foi registrada apenas a ocorrência da espécie *Microcystis aeruginosa*, que é considerada criptogênica (com origem biogeográfica desconhecida ou incerta), no açude Edson Queiroz (P10).

Segundo MMA (2016), a origem de *Microcystis aeruginosa* é desconhecida, mas possivelmente seja uma espécie nativa, que está apresentando explosões populacionais em função dos elevados níveis de eutrofização dos corpos d'água. Os registros apontaram a ocorrência desta espécie em diversos continentes e em reservatórios das regiões sul, sudeste e nordeste do Brasil. No Nordeste, a espécie foi encontrada no reservatório de Tapacura, no Ceará, no estuário de Manguaba, em Alagoas, e no reservatório de Marechal Dutra, no Rio Grande do Norte.

O rompimento de suas células altera o gosto e o odor da água e, se presente em grandes densidades, em sistemas eutrofizados, pode causar toxicidade. Suas hepatotoxinas podem também ser prejudiciais à saúde humana, sobretudo, se as florações ocorrerem em represas para abastecimento e consumo de água humano (MMA, 2016).

Exemplares de *Microcystis* sp. foram registradas também nos açudes Quixaba, da Laís e Edson Queiroz, nas coletas efetuadas no ano de 2011.

Os grupos fitoplanctônicos não são enqradrados em categorias de ameaça, tendo como base a lista de espécies constante na Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445/2014.

A.2. Análise quantitativa

Densidade numérica e abundância relativa

Nos ecossistemas aquáticos, a densidade numérica e a abundância relativa dos grupos fitoplanctônicos são determinadas especialmente pela dinâmica de interações entre as características fisiológicas das algas e dos fatores abióticos, que influenciam a produtividade primária do fitoplâncton, além da composição e abundância de seres zooplanctônicos e bentônicos.

Nos açudes amostrados, a densidade do fitoplâncton variou entre 1.530 org./mL, no açude Quixaba (P01), em novembro/20, e 9.104 org./mL, no açude Edson Queiroz (P10), em fevereiro/21 (Figura 8.2-395).

Verificou-se predomínio numérico de Cryptophyceae (criptofíceas) no açude da Laís (P09), em ambas campanhas, com 5.779 e 3.217 org./mL, respectivamente, e na barragem do açude Quixaba (P01), com 594 e 1.569 org./mL em cada campanha. No remanso do açude Quixaba (P02), as cianobactérias foram mais abundantes na primeira amostragem, com 1.324 org./mL, porém, na segunda coleta, registrou-se predomínio de Euglenophyceae (euglenofíceas), com 1.481 org./mL.

No açude Edson Queiroz houve supremacia de Cyanophyceae (cianobactérias), com as densidades de 5.500 na primeira campanha e 8.550 org./mL, na segunda. Observa-se que as criptofíceas constituíram também o segundo grupo de maior representatividade numérica nos pontos P02 (açude Quixaba) e P10 (Edson Queiroz).

As criptofíceas são consideradas oportunistas, aumentando sua densidade quando a das demais algas decrescem. Oliveira & Calheiros (2000) associaram a dominância de Cryptophyceae às condições adversas para o desenvolvimento de algas de outros grupos, como baixa disponibilidade de nutrientes. Segundo Klaveness (1988), elas ocorrem em

diversos sistemas aquáticos, com picos de desenvolvimento depois de perturbações e misturas ocasionadas por vento ou precipitação. Isaksson (1998) relatou sua capacidade de absorver compostos dissolvidos no meio, podendo crescer em baixas luminosidades.

O desenvolvimento das cianobactérias no ambiente aquático é influenciado por várias condições, mas, dentre os fatores-chave para o sucesso reprodutivo desses organismos, destaca-se sua estabilidade da coluna da água, que em várias espécies ocorre devido à presença de vacúolos gasosos (aerótopos), permitindo que as células regulem sua flutuação em resposta à disponibilidade de luz e de nutrientes (KLEMER & KONOPKA, 1989).

Além de tolerarem elevadas temperaturas e maior incidência de radiação ultravioleta, as cianobactérias podem utilizar várias formas de nitrogênio disponíveis no sistema aquático, como nitrato e amônia, ou gás nitrogênio presente na atmosfera, característica exclusiva desse grupo do fitoplâncton, conforme citado anteriormente, conferindo vantagem para seu desenvolvimento (WHITTON, 1992).

No geral, as euglenofíceas ocorrem em águas ricas em substâncias orgânicas, provenientes do desenvolvimento excessivo de macrófitas aquáticas ou do lançamento de efluentes sem tratamento, principalmente em ambientes de menor correnteza e com disponibilidade de compostos nitrogenados.

Conforme detalhado anteriormente, nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21, a concentração de clorofila-a permaneceu em acordo com os critérios da Resolução Conama 357/05 em todos os pontos avaliados e em ambas as campanhas. Contudo, os resultados das análises de fósforo apontam elevado grau de trofia nos açudes, com extrapolação do padrão estabelecido pela legislação, na maioria dos pontos amostrados, atingindo níveis mais elevados no açude Quixaba (P01 e P02), com 0,52 mg/L e 0,26 mg/L, respectivamente, ambos em novembro/20.

Dentre os táxons amostrados, merecem atenção as cianobactérias dos gêneros *Aphanocapsa*, *Cyanogranis, Planktothrix, Pseudanabaena* e *Raphidiopsis*. As duas primeiras ocorreram em todos os pontos, sendo as únicas cianobactérias presentes no açude da Laís e Quixaba, além disso *Cyanogranis* obteve elevada representatividade numérica, destacando-se como o táxon de maior densidade no ponto P02 do açude Quixaba na primeira campanha (1.324 org./mL). Os gêneros *Planktothrix e Raphidiopsis* tiveram presença restrita ao açude Edson Queiroz, onde foram os organismos fitoplanctônicos predominantes, com até 2.898 e 5.824 org./mL, respectivamente.

Os levantamentos efetuados no ano de 2011 evidenciaram ampla variação na densidade, com mínimos de 332 org./mL, no açude Morrinhos – primeira campanha (o qual

estava seco nas amostragens mais recentes), e 486 org./mL (açude da Laís – quarta campanha), atingindo picos de até 29.598 org./mL no açude Quixaba (P02- primeira campanha). Na maioria das campanhas e pontos, houve dominância de cianobactérias. Assim, os dados apontam que nas últimas amostragens (novembro/20 e fevereiro/21) houve diminuição na densidade, inclusive de cianobactérias, em relação ao padrão obtido em 2011, o que representa um aspecto positivo e pode ser indicativo de redução no grau de trofia em comparação ao período anterior.

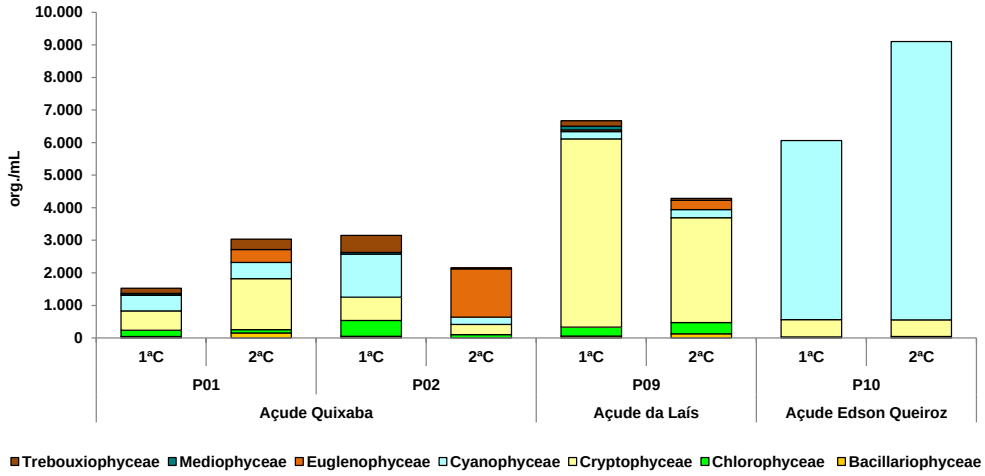


Figura 8.2-395 - Densidade numérica do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Na Figura 8.2-396 consta a profundidade da zona eufótica em cada açude amostrado e a respectiva densidade da comunidade fitoplanctônica nas distintas campanhas. Os pontos localizados nos açudes Quixaba (P01 e P02) e da Lais (P09) apresentaram baixa profundidade com zonas eufóticas praticamente coincidentes, sendo que a pentração da luz na coluna d'água atingiu a porção mais profunda desses corpos d'água. Embora o ponto localizado no açude Edson Queiroz tenha apresentado maior profundidade, em ambas as coletas, a zona eufótica neste local se manteve em 1,89 m, o que sugere que a penetração da luz neste corpo hídrico é restrita as camadas mais superficiais da coluna d'água.

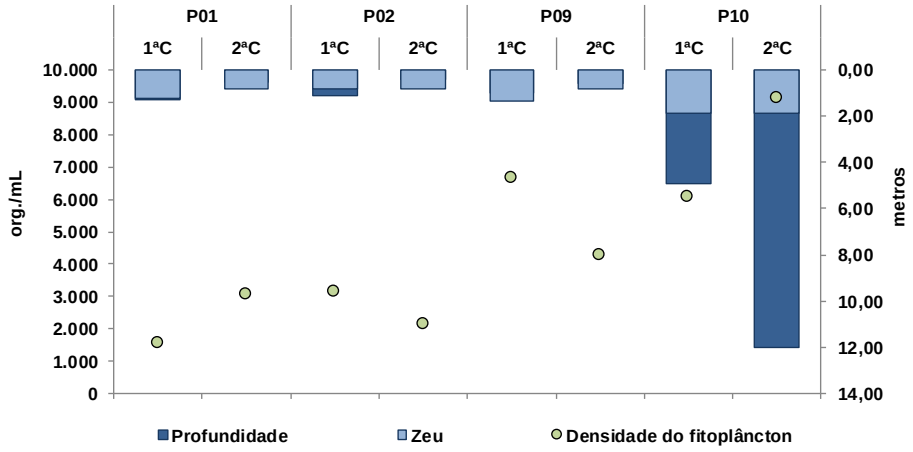


Figura 8.2-396 - Profundidade da zona eufótica (Z_{eu}) e densidade do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Refletindo os padrões de abundância expostos para essa comunidade, as criptofíceas apresentaram as maiores abundâncias relativas em ambas campanhas no açude da Lais, com 87% e 75%, respectivamente e no ponto P01 do açude Quixaba com 39% e 52%. As cianobactérias foram dominantes no açude Edson Queiroz (P10), onde representaram 91% (primeira campanha) e 94% (segunda campanha) dos organismos fitoplanctônicos coletados nesse ponto, e no ponto P02 do açude Quixaba na primeira campanha, com 42% de abundância relativa. Na segunda campanha, as euglenofíceas se destacaram em termos de abundância relativa (69%) no ponto P02. Os demais grupos contribuíram com até 17%, conforme ilustra a Figura 8.2-412.

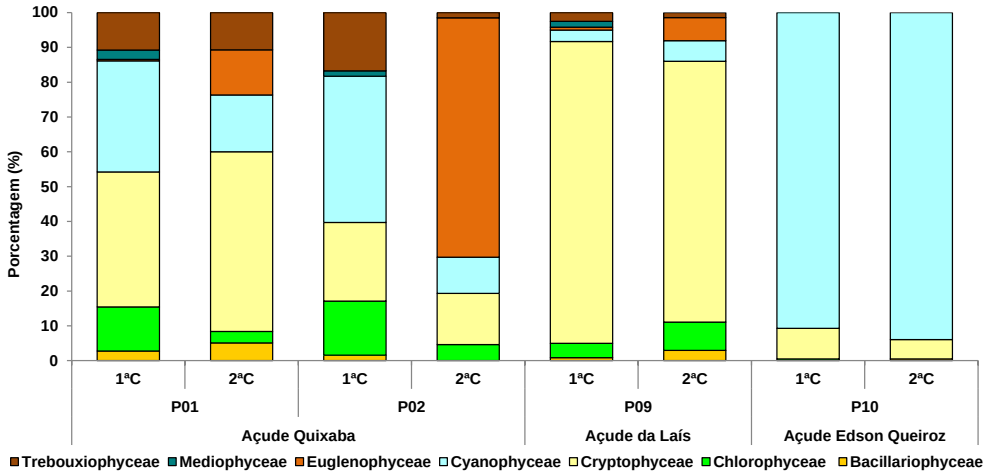


Figura 8.2-397 - Abundância relativa do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021.

Tabela 8.2-90 - Densidade e abundância relativa do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20(1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%
Bacillariophyceae																
Amphora sp.	-	-	85	2,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema sp.	-	-	14	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naviculales	12	0,78	-	-	-	-	-	-	56	0,84	-	-	-	-	-	-
Navicula sp.	-	-	42	1,38	37	1,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitzschia sp.	18	1,18	14	0,46	-	-	-	-	-	-	126	2,94	-	-	-	-
Stauroneis sp.	12	0,78	-	-	12	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ulnaria ulna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	0,51
Subtotal	**42**	**3**	**155**	**5**	**49**	**2**	**-**	**-**	**56**	**1**	**126**	**3**	**-**	**-**	**46**	**1**
Chlorophyceae																
Chlamydomonas sp.	-	-	71	2,34	-	-	67	3,11	-	-	-	-	-	-	-	-
Desmodesmus sp.	6	0,39	28	0,92	-	-	33	1,53	56	0,84	63	1,47	-	-	-	-
Monoraphidium arcuatum	188	12,29	-	-	490	15,56	-	-	222	3,33	-	-	-	-	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%
Monoraphidium contortum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	0,75	-	-	-	-
Monoraphidium griffithii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	0,49	-	-
Scenedesmus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	221	5,15	-	-	-	-
Stauridium tetras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	0,75	-	-	-	-
Subtotal	**194**	**13**	**99**	**3**	**490**	**16**	**100**	**5**	**278**	**4**	**348**	**8**	**30**	**0**	**-**	**-**
Cryptophyceae																
Cryptophyceae	594	38,82	1.569	51,65	711	22,57	316	14,66	5.779	86,65	3.217	74,99	532	8,78	508	5,58
Subtotal	**594**	**39**	**1.569**	**52**	**711**	**23**	**316**	**15**	**5.779**	**87**	**3.217**	**75**	**532**	**9**	**508**	**6**
Cyanophyceae																
Aphanocapsa sp.	-	-	57	1,88	-	-	17	0,79	-	-	126	2,94	384	6,33	231	2,54
Coelomoron sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	0,97	185	2,03
Cyanogranis sp.	488	31,90	438	14,42	1.324	42,03	208	9,65	222	3,33	-	-	384	6,33	508	5,58
Dolichospermum sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237	3,91	-	-
Geitlerinema sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	0,51
Merismopedia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	0,49	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%
Microcystis sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	0,97	185	2,03
Planktothrix sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.898	47,81	1.571	17,26
Pseudanabaena sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126	2,94	1.449	23,90	-	-
Raphidiopsis sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.824	63,97
Subtotal	**488**	**32**	**495**	**16**	**1.324**	**42**	**225**	**10**	**222**	**3**	**252**	**6**	**5.500**	**91**	**8.550**	**94**
Euglenophyceae																
Euglena sp.	-	-	14	0,46	-	-	33	1,53	-	-	32	0,75	-	-	-	-
Lepocinclis acus	-	-	14	0,46	-	-	42	1,95	-	-	-	-	-	-	-	-
Lepocinclis ovum	-	-	14	0,46	-	-	848	39,35	-	-	63	1,47	-	-	-	-
Lepocinclis sp.	-	-	-	-	-	-	8	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-
Monomorphina pyrum	-	-	-	-	-	-	33	1,53	-	-	-	-	-	-	-	-
Phacus sp.	-	-	28	0,92	-	-	433	20,09	-	-	189	4,41	-	-	-	-
Strombomonas sp.	-	-	325	10,70	-	-	67	3,11	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachelomonas volvocina	6	0,39	-	-	-	-	17	0,79	56	0,84	-	-	-	-	-	-
Subtotal	**6**	**0**	**395**	**13**	**-**	**-**	**1.481**	**69**	**56**	**1**	**284**	**7**	**-**	**-**	**-**	**-**
Mediophyceae																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%	ORG./ML	%
Thalassiosira sp.	41	2,68	-	-	49	1,56	-	-	111	1,66	-	-	-	-	-	-
Subtotal	**41**	**3**	**-**	**-**	**49**	**2**	**-**	**-**	**111**	**2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Trebouxiophyceae																
Chlorella sp.	-	-	170	5,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crucigenia sp.	165	10,78	-	-	527	16,73	-	-	167	2,50	-	-	-	-	-	-
Dictyosphaerium sp.	-	-	-	-	-	-	8	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-
Willea crucifera	-	-	155	5,10	-	-	25	1,16	-	-	63	1,47	-	-	-	-
Subtotal	**165**	**11**	**325**	**11**	**527**	**17**	**33**	**2**	**167**	**3**	**63**	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**
Total	**1.530**	**100**	**3.038**	**100**	**3.150**	**100**	**2.155**	**100**	**6.669**	**100**	**4.290**	**100**	**6.062**	**100**	**9.104**	**100**

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha.

A avaliação quantitativa de células de cianobactérias aponta valores entre 1.581 cél./mL, no açude Quixaba (P02), e 193.432 cél./mL, no açude Edson Queiroz (P10), ambos na segunda campanha, conforme apresentado na Figura 8.2-398. Apenas no açude Edson Queiroz (P10) houxe extrapolação do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (50.000 cél./mL), nas duas campanhas. Essa circunstância representa maior risco de liberação no ambiente de substâncias potencialmente tóxicas, processo que pode ser desencadeado quando a concentração total de uma única espécie é igual ou superior a 20.000 cél./mL, indicando ocorrência de florações (SANT'ANNA, 2006).

No açude Edson Queiroz (P10) detectou-se floração de *Raphidiopsis* sp. e *Planktothrix* sp., atingindo 104.827 e 70.717 cél./mL, respectivamente, ambos na segunda campanha. Conforme citado anteriormente, esses gêneros, em eventos de florações, apresentam potencial de produzir cianotoxinas (SILVA, 2009; CETESB, 2013).

Cabe apontar que nas amostragens efetuadas no ano de 2011 também houve registro de florações e ultrapassagem dos limites da legislação, em todos ao açudes, em pelo menos uma das campanhas realizadas. No açude Edson Queiroz (P10) detectou-se o máximo de 272.331 cél./mL (quarta campanha). As cianobactérias dos gêneros *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix* foram as mais abundantes. Conforme citado, Chaves (2013) também reportou essas duas espécies como dominantes em um açude na bacia do Curu e apontou que *Cylindrospermopsis raciborskii* é uma das principais espécies responsáveis por florações em ecossistemas aquáticos do semiárido nordestino.

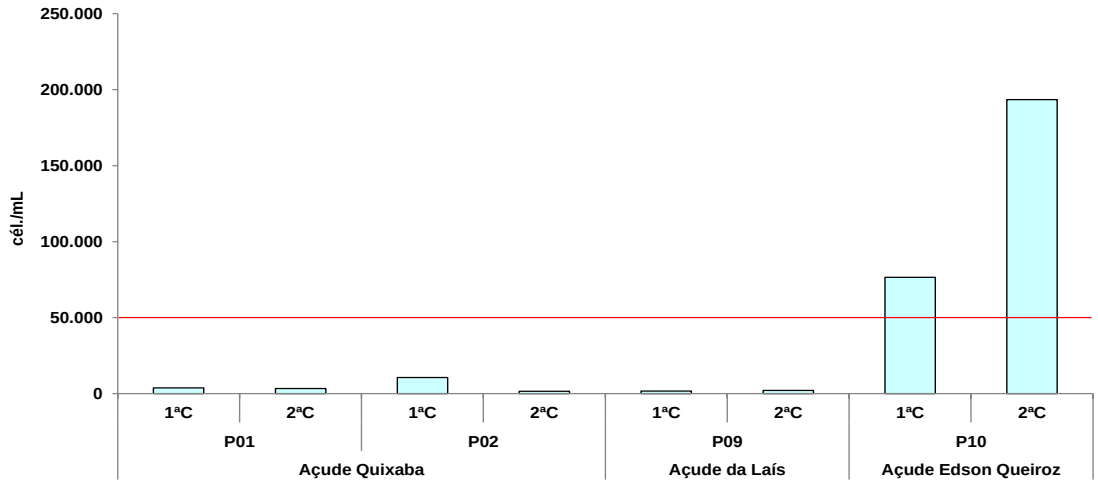


Figura 8.2-398 - Densidade de células de cianobactérias - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Legenda: A linha vermelha representa o Valor Máximo Permitido pelo Resolução CONAMA 357/05. 1ºC: primeira campanha; 2ºC: segunda campanha. Elaboração: Econsultt, 2021.

Índices de diversidade e equitabilidade

Os resultados dos índices de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica, das campanhas realizadas em novembro/20 e fevereiro/21, são apresentados na Figura 8.2-399.

Foi verificada diversidade acima de 2 bits.ind^{-1}, na maioria dos pontos da rede de amostragem, sendo exceção o açude da Laís (P09) que obteve máximo de 1,6 bits.ind^{-1} e o açude Edson Queiroz com 1,75 bits.ind^{-1}, ambos na segunda campanha. No açude Quixaba, a diversidade atingiu 2,46 bits.ind^{-1} no ponto P01 e 2,67 bits.ind^{-1} no ponto P02, também na segunda campanha; no açude Edson Queiroz (P10), o máximo foi de 2,20 bits.ind^{-1}, na primeira campanha. O menor valor de diversidade no açude da Laís reflete a alta abundância relativa de um táxon da classe Cryptophyceae, nas duas coletas realizadas. Assim como no açude Edson Queiroz que obteve alta abundância relativa do táxon *Raphidiopsis* na segunda amostragem.

Um padrão similar foi observado para equitabilidade, com valores acima de 0,5 na maior parte dos açudes analisados, sendo os valores máximos de 0,65 e 0,73 nos pontos do açude Quixaba, P01 e P02, respectivamente, e 0,66 no açude Edson Queiroz (P10), todos obtidos na primeira campanha. Os resultados inferiores no açude da Laís (P09), nas duas amostragens (0,30 e 0,45), refletem a elevada dominância de criptofíceas nesse local.

Nas amostragens realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), a diversidade de espécies se manteve na maioria dos pontos <2 bits.ind^{-1}, o que sugere que nas campanhas mais recentes houve melhoria neste indicador. Os resultados de equitabilidade permaneceram acima de 0,5, na maior parte dos açudes analisados.

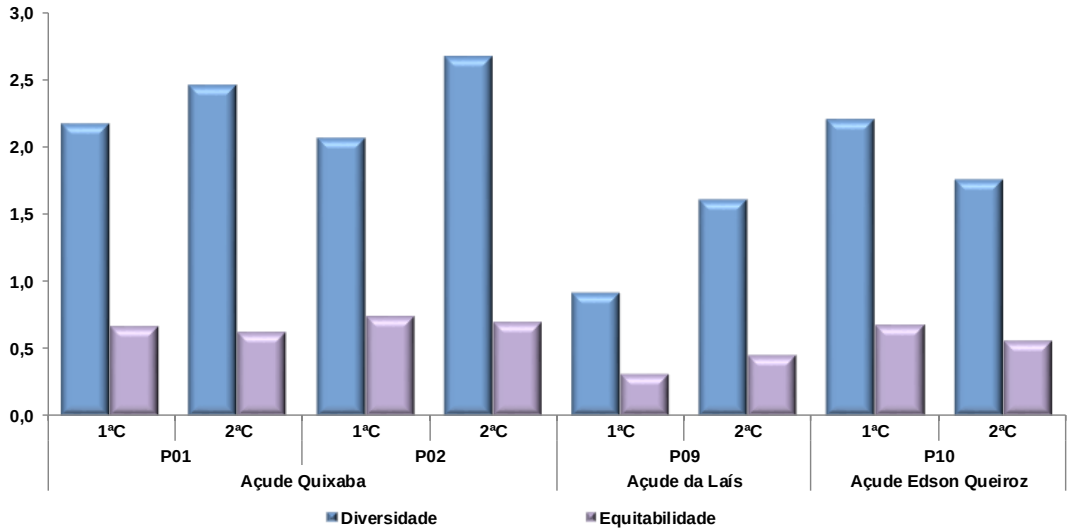


Figura 8.2-399 - Índice de diversidade e equitabilidade do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Índice de similaridade

A avaliação dos padrões de semelhança da comunidade fitoplanctônica amostrada foi embasada no índice de similaridade de Bray-Curtis.

Na primeira campanha (Figura 8.2-400), realizada na estação seca, os dados apontam um elevado nível de similaridade apenas entre as amostras obtidas no açude Quixaba (P01 e P02), tendo em comum esses pontos as maiores abundâncias de Cryptophyceae, da cianobactéria *Cyanogranis* sp. e da trebouxiofícea *Crucigenia* sp.

Esse resultado é influenciado pelas condições relativamente homogêneas em termos de qualidade da água neste açude entre os segmentos da barragem (P01) e do remanso (P02), conforme corroborado pelas análises físico-químicas realizadas neste período (descrito anteriomente), que evidenciaram em ambos os locais baixos níveis de oxigênio dissolvido, alto conteúdo de fósforo total, de sólidos dissolvidos totais e de manganês total, dentre outras parâmetros que apresentaram um padrão de variação relativamente semelhante, a exemplo clorofila-a e dos coliformes termotolerantes.

Em contraste, a comunidade amostrada no açude Edson Queiroz (P10) foi a que revelou menor semelhança em sua composição e abundância, o que é esperado uma vez que se trata de um açude de maior dimensão e com maior ocupação antrópica no entorno, dentre outros fatores.

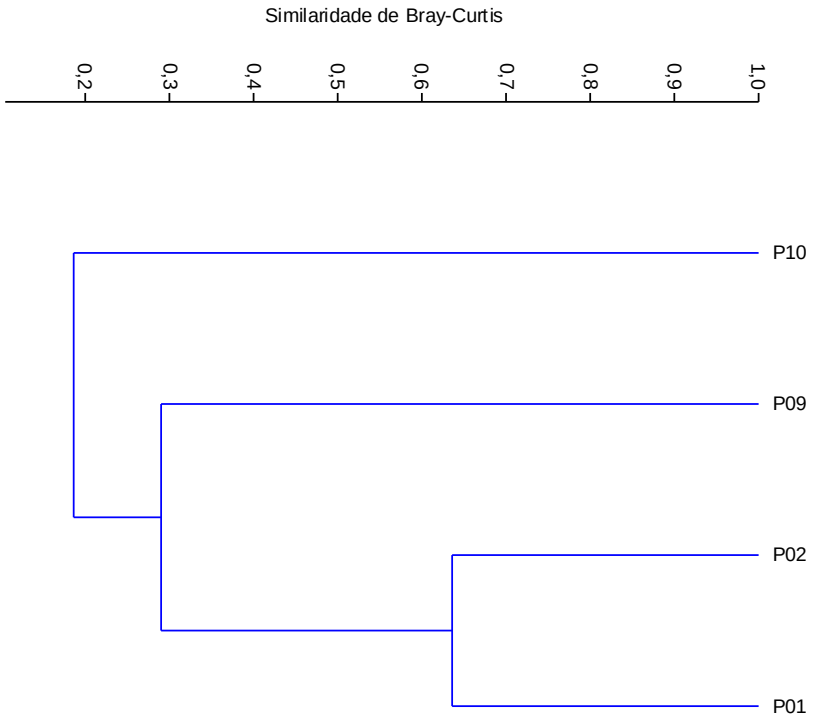


Figura 8.2-400 - Similaridade do fitoplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,9746. Elaboração: Econsultt, 2021

Na segunda campanha (Figura 8.2-401), representativa do período chuvoso, novamente o açude Edson Queiroz (P10) apresentou uma comunidade fitoplanctônica distinta dos demais açudes. O maior grau de semelhança foi observado entre o açude Quixaba, na porção da barragem (P01), com o açude da Laís (P09), padrão influenciado principalmente pela dominância de algas Cryptophyceae.

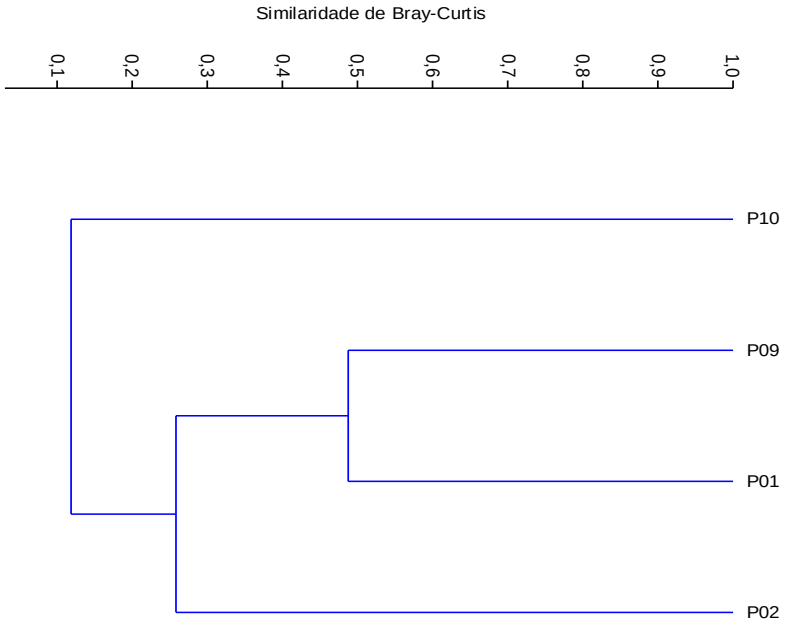


Figura 8.2-401 - Similaridade do fitoplâncton - Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,9638 Elaboração: Econsultt, 2021

B. Zooplâncton

B.1. Análise qualitativa

Composição taxonômica, riqueza de táxons e riqueza relativa

A comunidade zooplanctônica na área de influência do Projeto de Santa Quitéria, nas campanhas representativas dos períodos seco (novembro/20) e chuvoso (fevereiro/21), esteve representada por 47 táxons, pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: filo Rotifera (26); filo Arthropoda - subfilo Crustacea – classe Branchiopoda – subordem Cladocera (5), filo Protozoa - subfilo Sarcodina – classe Lobosa - ordem Arcellinida (4), classe Maxillopoda - subclasse Copepoda - ordem Calanoida (4), ordem Cyclopoida (4), ordem Harpacticoida (2), classe Ostracoda (1), filo Ciliophora - classe Ciliatea – ordem Peritrichida – subordem Sessilina (1).

Essa comunidade foi predominantemente composta por táxons de Rotifera, com 55,3% do total. Em seguida, destaca-se a participação dos microcrustáceos (34%), incluindo os cladóceros (Cladocera) com 10,6% junto aos copépodos calanóides (Calanoida) e ciclopóides (Cyclopoida) com 8,5% cada, os copépodos harpacticóides (Harpacticoida) com 4,3% e os ostrácodos (Ostracoda) com 2,1% (Figura 8.2-402).

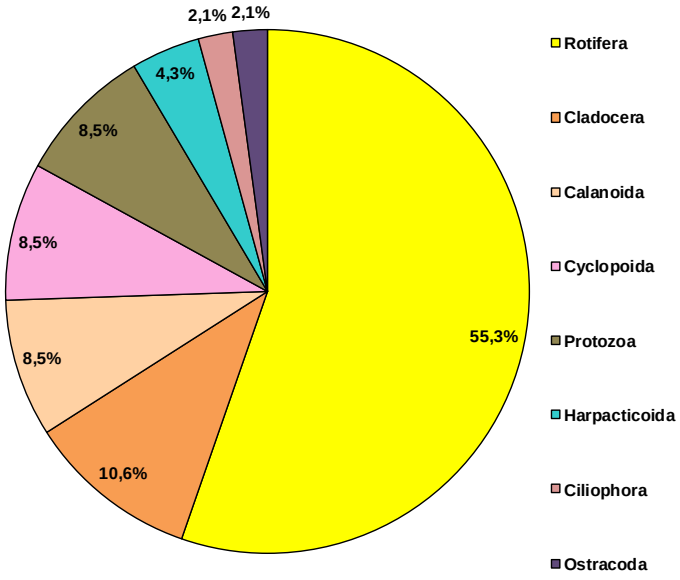


Figura 8.2-402 - Riqueza relativa do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro (2ªC).

Elaboração: Econsultt, 2021

Várias pesquisas desenvolvidas na América do Sul apontam os rotíferos (filo Rotifera) como o grupo de maior riqueza específica do zooplâncton (ROBERTSON & HARDY, 1984; VÁSQUEZ & REY, 1989; PAGGI & JOSÉ DE PAGGI, 1990; LANSAC-TÔHA *et al.*, 1997). Esses seres possuem hábito filtrador alimentando-se de bactérias, de pequenas algas e de matéria orgânica particulada.

Os rotíferos possuem um ciclo de vida curto e uma consequente taxa de renovação populacional elevada, o que representa uma vantagem competitiva frente a condições de instabilidade do meio aquático, pois a comunidade se adapta mais rapidamente às mudanças no regime hídrico e às alterações na qualidade da água.

No conjunto de todos táxons de rotíferos amostrados (26 táxons), a maioria (23 táxons) é componente da subclasse Monogononta. Essa subclasse envolve cerca de 90% das espécies de rotíferos conhecidas, compreendendo exemplares de hábitos livre-natantes ou sésseis. Dentre os Monogononta, a família Brachionidae foi a mais especiosa, contribuindo com dez espécies (*Brachionus angularis, B. calyciflorus, B. dolabratus, B. falcatus, B. havanaensis, B. leydigii, B. quadridentatus, Keratella americana, K. lenzie K. tropica*).

Essa família é caracterizada pelo hábito planctônico e considerada uma das mais importantes do zooplâncton de águas continentais (ALMEIDA *et al*. 2006). Os exemplares dos gêneros citados acima constituem uma associação zooplanctônica tipicamente tropical,

composta por organismos oportunistas, comumente encontrados em águas enriquecidas por nutrientes (LOUREIRO *et al*. 2011).

Os microcrustáceos cladóceros (subordem Cladocera), segundo grupo com maior participação na riqueza específica do total de táxons identificados do zooplâncton na rede de amostragem (10,6%), em geral, reúnem seres de formas e tamanhos muito variados (0,2 a 3,0 mm), cuja filtração de partículas é sua forma principal de alimentação. Apenas algumas espécies são consideradas predadoras.

Segundo Pennak (1978), os cladóceros tendem a ocorrer em sistemas aquáticos oligotróficos, onde o fitoplâncton é composto por partículas de menor tamanho, adequadas para filtração, e em ambientes nos quais praticamente não há variações bruscas de oxigênio, que são mais bem toleradas por copépodes e rotíferos. Contudo, alguns exemplares de cladóceros apresentam tolerância em ambientes eutrofizados, como algumas espécies do gênero *Bosmina*.

Na rede de amostragem do Projeto Santa Quitéria, os cladóceros englobaram espécies e morfoespécies das famílias Bosminidae (*Bosmina* sp.), Daphniidae (*Ceriodaphnia silvestrii*), Moinidae (*Moina* sp.) e Sididae (*Diaphanosoma* sp. e *D. spinulosum*). Dentre estes, Walseng *et al*. (2001) cita o gênero *Diaphanosoma* como um cladócero tropical com pequena tolerância à eutrofizacão, sendo a espécie *Diaphanosoma spinulosum* reconhecida como uma boa indicadora da condição trófica.

Ceriodaphnia silvestrii é utilizada em ensaios ecotoxicológicos, sendo muito comum em sistemas lênticos e considerada sensível às alterações no meio aquático (INAFUKO, 2011). Essa espécie teve ocorrência restrita ao açude Edson Queiroz (P10), ocorrendo em ambas as campanhas.

Os copépodes compreenderam as ordens Calanoida (8,5%), Cyclopoida (8,5%) e Harpacticoida (4,3%), perfazendo, em conjunto, 21,3% do total de táxons amostrados.

Algumas espécies da ordem Cyclopoida suportam déficits de oxigênio e maior grau de trofia, motivos pelos quais, em geral, são preponderantes sobre os calanóides em corpos hídricos eutrofizados (TUNDISI *et al.*, 1988).

Quando adultos, os ciclopóides geralmente são predadores, de hábitos raptoriais, capturando presas como microcrustáceos, larvas de dípteros, nematódeos e oligoquetos. Na rede amostral do Projeto Santa Quitéria, foram encontrados ciclopóides adultos da família Cyclopidae (*Thermocyclops* sp.) e de um táxon não identificado, além das formas juvenis de náuplios e copepoditos.

Os calanóides (ordem Calanoida) também estiveram representados por organismos juvenis (náuplios e copepoditos) e por calanóides adultos da família Diaptomidae (*Notodiaptomus* sp.) e um táxon não identificado desse grupo. Essa ordem possui hábito filtrador e contribui com maior biomassa no meio aquático, servindo de alimento para níveis superiores da cadeia trófica, como alevinos e peixes planctófagos.

Nas duas campanhas foi registrada também a presença de um táxon da classe Ostracoda (ostrácodes), microcustáceo bentônico, com ocorrência esporádica no plâncton.

Os protozoários (filo Protozoa) ocorreram em reduzida proporção na riqueza taxonômica, com 8,5% dos táxons identificados. Segundo Finlay & Esteban (1998), os protozoários de vida livre são caracterizados pela fagotrofia, embora alguns possam se nutrir por algum tipo de habilidade fotossintética. Em geral, ambientes enriquecidos com matéria orgânica tendem a favorecer o desenvolvimento de bactérias das quais os protozoários se alimentam.

Os protozoários registrados nos açudes avaliados são integrantes da ordem Arcellinida (*Arcella* spp., *Centropyxis* cf. *aculeata* sp., *Centropyxis* spp. e *Difflugia* spp.), que compreende amebas que possuem o citoplasma fechado em uma teca e são associadas preferencialmente à vegetação litorânea e ao sedimento, podendo ocorrer também no plâncton (TORRES, 1998; SCHIWIND *et al.*, 2013). Em geral, *Difflugia* e *Centropyxis* estão entre os protozoários de maior ocorrência nos ambientes aquáticos continentais (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2000), indicando como um padrão comum o resultado obtido

Em menor proporção (2,1%) foram registrados os cilióforos (filo Ciliophora), protozoários que possuem muitos cílios ou estruturas ciliares compostas como organelas locomotoras ou capturadoras de alimento, a maioria é de vida livre e se distribuem largamente na água doce, marinha e em filmes de água do solo. Na área amostrada foi registrado o táxon da família Vorticellidae (*Vorticella* sp.).

A análise espacial do zooplâncton indica pequena variação nos valores de riqueza, com mínimo de 11 táxons no açude da Laís (P09) e máximo de 25 táxons no açude Edson Queiroz (P10), ambos na segunda campanha. Em todos os pontos foi verificado predomínio na riqueza de rotíferos, conforme ilustrado na Figura 8.2-403

Esses resultados são ligeiramente superiores aos detectados nas amostragens efetuadas no ano de 2011, quando o valor máximo de riqueza foi obtido no açude Edson Queiroz (P10), na terceira campanha com 17 táxons, enquanto o mínimo de riqueza foi computado no açude da Laís (P09), com cinco táxons, na quarta campanha. No conjunto das quatro coletas foram

inventariados 37 táxons, a maioria do grupo dos rotíferos, com 65% da riqueza de táxons (ARCADIS LOGOS, 2014).

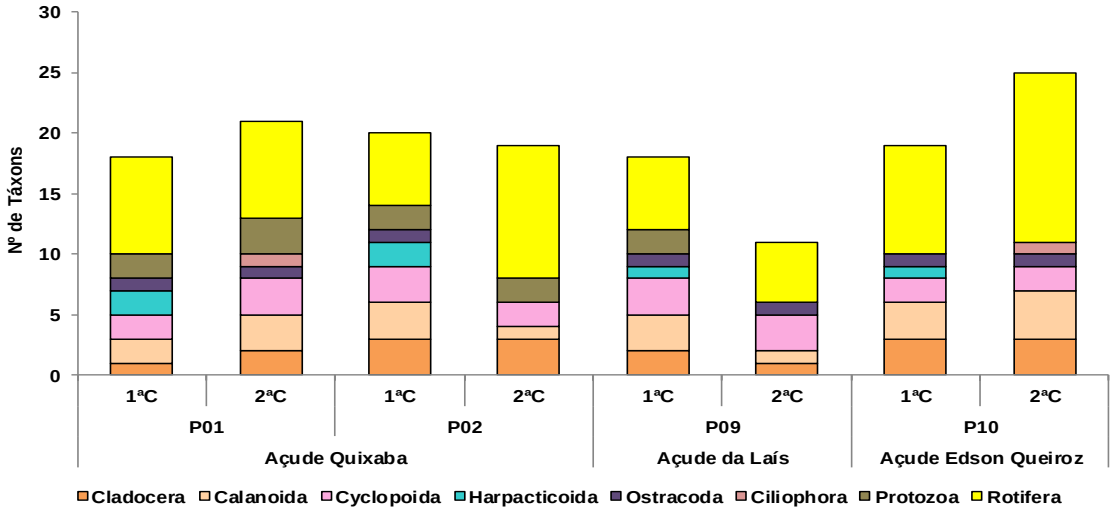


Figura 8.2-403 - Riqueza taxonômica do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021.

Distribuição espacial e frequência de ocorrência

Na Tabela 8.2-91 consta a distribuição espacial e a frequência de ocorrência dos táxons de zooplâncton registrados na área de estudo do Projeto Santa Quitéria, nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21).

Do total de 47 táxons inventariados, tiveram destaque em termos de frequência o rotífero *Brachionus calyciflorus,* o cladócero *Moina* sp., náuplios de calanóides e náuplios de copepoditos ciclopóides, com registro em toda amostragem (100%), além da classe Ostracoda, que ocorreu em 88% das amostras com presença em todos os açudes, o que sugere adaptabilidade às condições da região semi-árida.

Se sobressaíram ainda em termos de frequência na área amostrada os rotíferos *Brachionus angularis, Brachionus falcatus, Keratella tropica, Testudinella patina*, o cladócero *Diaphanosoma* sp., os protozoários *Centropyxis* cf. *aculeata* e *Difflugia* spp. além dos copepoditos e um táxon não identificado em nível específico da ordem Calanoida, com ocorrência entre 50% e 80% das amostras, sendo considerados frequentes de acordo com Souza *et al*. (2009). Dentre os táxons citados cabe indicar que os rotíferos *Brachionus falcatus, Keratella tropica* e *Brachionus calyciflorus* também tiveram ampla ocorrência na malha amostral, nas amostragens realizadas no ano de 2011. Esses táxons tiveram destaque

também em outros estudos realizados em açudes do território cearense, segundo documentado indicado por Freire (2007).

Conforme citado, os rotíferos são organismos oportunistas e podem se adaptar às diferentes condições ambientais. Exemplares de *Brachionus* e *Keratella* tem sido frequentemente associado a ambientes enriquecidos com nutrientes (DE CARLI *et al.*, 2018).

A maioria dos táxons (20) apresentou frequência de ocorrência entre 17 e 50%, sendo considerados pouco frequentes, demonstrando que não se obteve uma diferenciação pronunciada em termos de composição taxonômica entre os açudes amostrados.

Os demais táxons (12) se enquadraram na categoria esporádico (<17%), estando a sua presença restrita a uma única amostra, entre os quais o cladócero *Bomina* sp., o calanóide *Notodiaptomus* sp., o ciclopóide *Thermocyclops* sp., o protozoário *Arcella* spp., além de oito rotíferos, a maioria dos quais também foram reportados nas coletas do ano de 2011.

Na Figura 8.2-404 e Figura 8.2-405 constam alguns dos exemplares da comunidade zooplanctônica amostrados na área de estudo do Projeto Santa Quitéria.

Figura 8.2-404 - Rotífero *Conochilus unicornis*.

Figura 8.2-405 - Cladócero *Moina* sp.

Fonte: Banco de dados da Econsult (2021). Nota: a cor avermelhada na foto se deve ao processo de coloração da amostra.

Tabela 8.2-91 - Distribuição espacial e frequência do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Filo ARTHROPODA										
Subfilo CRUSTACEA										
Classe Branchiopoda										
Subclasse Phyllopoda										
Ordem Diplostraca										
Subordem Cladocera										
Infraordem Anomopoda										
Família Bosminidae										
Bosmina sp.									1	13
Família Daphniidae										-
Ceriodaphnia silvestrii									2	25
Família Moinidae										-
Moina sp.									8	100
Infraordem Ctenopoda										-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Família Sididae										-
Diaphanosoma spinulosum									3	38
Diaphanosoma sp.									4	50
Classe Maxillopoda										-
Subclasse Copepoda										-
Ordem Calanoida										-
Calanoida N.I.									5	63
Náuplios									8	100
Copepodito									6	75
Família Diaptomidae										-
Notodiaptomus sp.									1	13
Ordem Cyclopoida										-
Cyclopoida N.I.									3	38
Náuplios									8	100
Copepodito									8	100

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Família Cyclopidae										-
Thermocyclops sp.									1	13
Ordem Harpacticoida										-
Náuplios									3	38
Copepodito									3	38
Classe Ostracoda									7	88
Subtotal	8	9	12	6	10	6	10	10		-
Filo CILIOPHORA										-
Classe Ciliatea										-
Ordem Peritrichida										-
Subordem Sessilina										-
Família Vorticellidae										-
Vorticella sp.									2	25
Subtotal	-	1	-	-	-	-	-	1		-
Filo PROTOZOA										-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Subfilo SARCODINA										-
Superclasse Rhizopoda										-
Classe Lobosa										-
Ordem Arcellinida										-
Família Arcellidae										-
Arcella spp.									1	13
Família Centropyxidae										-
Centropyxis cf. aculeata									4	50
Centropyxis spp.									2	25
Família Difflugiidae										-
Difflugia spp.									4	50
Subtotal	2	3	2	2	2	-	-	-		-
Filo ROTIFERA										-
Rotifera N.I.									3	38
Classe Bdelloidea									3	38

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Ordem Philodinida										-
Família Philodinidae										-
Rotaria sp.									1	13
Classe Monogonta										-
Subclasse Monogononta										-
Ordem Floscullariaceae										-
Família Conochilidae										-
Conochilus coenobasis									1	13
Conochilus unicornis									2	25
Conochilus sp.									3	38
Família Filiniidae										-
Filinia opoliensis									1	13
Filinia terminalis									2	25
Família Hexarthridae										-
Hexarthra sp.									2	25

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Família Testudinellidae										-
Testudinella patina									5	63
Ordem Ploima										-
Família Asplanchnidae										-
Asplanchna sp.									2	25
Família Brachionidae										-
Brachionus angularis									4	50
Brachionus calyciflorus									8	100
Brachionus dolabratus									2	25
Brachionus falcatus									5	63
Brachionus havanaensis									2	25
Brachiounus leydigii									3	38
Brachionus quadridentatus									1	13
Keratella americana									2	25
Keratella lenzi									1	13

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Keratella tropica									6	75
Família Dicranophoridae										-
Dicranophorus sp.									1	13
Família Lecanidae										-
Lecane papuana									2	25
Lecane sp.									1	13
Família Synchaetidae										-
Polyarthra sp.									3	38
Família Trichocercidae										-
Trichocerca capucina									1	13
Subtotal	8	8	6	11	6	5	9	14		-
Total por ponto	18	21	20	19	18	11	19	25		-
Total de táxons acumulados	47									

Legenda: NI= não identificada. 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha.

Espécies exóticas e ameaçadas

Observa-se que não foram identificadas espécies exóticas do zooplâncton, nos açudes amostrados, nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21), segundo o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016). Adicionalmente, nenhum dos exemplares registrados dessa comunidade consta na lista das espécies ameaçadas a nível federal, segundo a Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445/14.

B.2. Análise quantitativa

Densidade e abundância relativa

A análise quantitativa do zooplâncton, nas amostragens realizadas nos períodos seco (novembro/20) e chuvoso (fevereiro/21), é apresentada por meio dos resultados de densidade (org./m³) e de abundância relativa (%) dos grupos taxonômicos, conforme Figura 8.2-406.

De modo geral a densidade total do zooplâncton nos açudes avaliados foi elevada e apresentou ampla variação. A menor densidade foi reportada no açude Quixaba (P02), com 95.242 org./m³ e o máximo de 488.216 org./m³ foi detectado no açude da Laís (P09), ambos valores da segunda campanha.

Uma ampla variação na densidade desta comunidade também foi reportada nas amostragens conduzidas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), quando se obteve valores entre 74.800 org./m³ no açude da Laís (primeira campanha) e 3.155.000 org./m³ no açude Morrinho (quarta campanha).

Os dados mais recentes coletados em novembro/20 e fevereiro/21 apontam que os microcrustáceos Cyclopoida e os rotíferos corresponderam aos grupos mais abundantes nos pontos avaliados, conforme apresentado na Tabela 8.2-92.

A maior densidade foi dos microcrustáceos Cyclopoida obtida principalmente através da predominância das formas imaturas (náuplios e copepoditos) nos açudes da Laís (P09), Edson Queiroz (P10) e Quixaba (P02).

Essa alta densidade de exemplares em estágios iniciais (náuplios e copepoditos) é uma estratégia adaptativa para compensar a alta mortalidade antes de alcançarem a fase adulta (ESPÍNDOLA *et al.*, 2000). A presença constante de formas larvais (náuplios) de copépodes e sua preponderância sobre as formas adultas é uma condição geralmente registrada em águas continentais brasileiras (LANSAC-TÔHA *et al.*, 1999) e sinaliza que o sistema aquático está submetido a constantes alterações nos aspectos hidrológicos e nas características da

qualidade da água. Cabe indicar ainda que os crustáceos ciclopóides podem se adaptar a diferentes ambientes e possuem amplo espectro alimentar (LANDA *et al.*, 2007).

Os rotíferos, que assumiram a segunda posição em termos de densidade, atingiram valores máximos no açude da Laís (P09) em fevereiro/21, em decorrência principalmente do predomínio de *Brachionus angularis*, com 311.585 org./m³.

De um modo geral, rotíferos da família Brachionidae, uma das mais importantes para o zooplâncton, e especialmente o gênero *Brachionus*, são apontados como indicadores de águas eutróficas (SOARES et al., 2010) e, alguns exemplares como *Brachionus angularis* e *B. calyciflorus* são espécies cosmopolitas, com ocorrência em águas altamente poluídas (SLÁDEÈEK, 1983).

Os açudes Quixaba (P01) e Edson Queiroz (P10) também apresentaram elevada densidade de rotíferos, tendo predominância principal de *Brachionus calyciflorus*, com 151.166 (novembro/20) e 53.585 org./m³ (fevereiro/21), respectivamente. A dominância de exemplares do gênero *Brachionus* também foi verificada nas amostragens do ano de 2011, na área do estudo do Projeto Santa Quitéria.

De acordo com dados da literatura, elevadas densidades e predomínio de determinadas espécies de Rotifera podem ser observadas durante o florescimento de cianobactérias (SOARES *et al.*, 2010). Conforme citado, no açude Edson Queiroz foi constatada a floração de cianobactérias (*Planktothrix* sp. e *Raphidiopsis* sp.), nas duas campanhas amostradas.

Cabe apontar que nos levantamentos realizados por Freire (2007), em açudes da bacia do Médio Jaguaribe, as espécies *B. calyciflorus* e *B. havanaensis* são citadas como abundantes nos locais amostrados e *B. calyciflorus* foi apontada como tolerante a altos níveis de poluição orgânica, sendo encontrada, inclusive, em sistemas de lagoas de estabilização (SLÁDECEK, 1983; BOHRER, 1995).

Assim, de modo geral, os dados apontam a dominância de táxons oportunistas e adaptados a ambientes com acentuado grau de trofia.

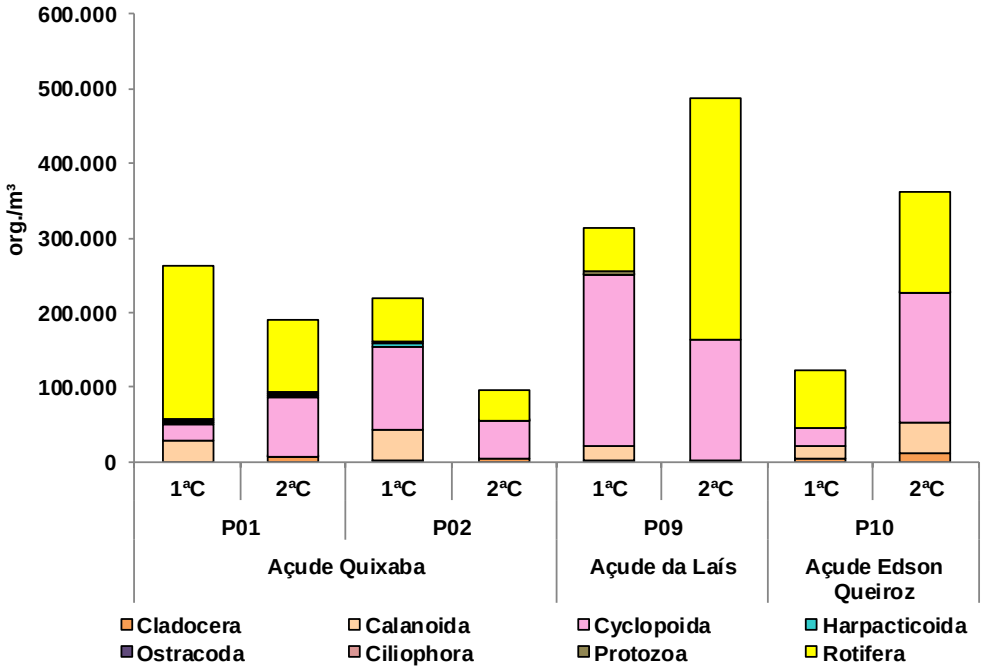


Figura 8.2-406 - Densidade do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria -Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). P Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Em termos de dominância, os grupos que apresentaram abundância superior a 50% foram apenas Cyclopoida, nos pontos P02 (51% - primeira campanha, 54% - segunda campanha) e P09 (73% - primeira campanha), e Rotifera, com 78% (P01 – primeira campanha), 66% (P09 – segunda campanha) e 61% (P10 – primeira campanha). Os demais táxons tiveram uma participação pouco expressiva, menor que 20% (Figura 8.2-407).

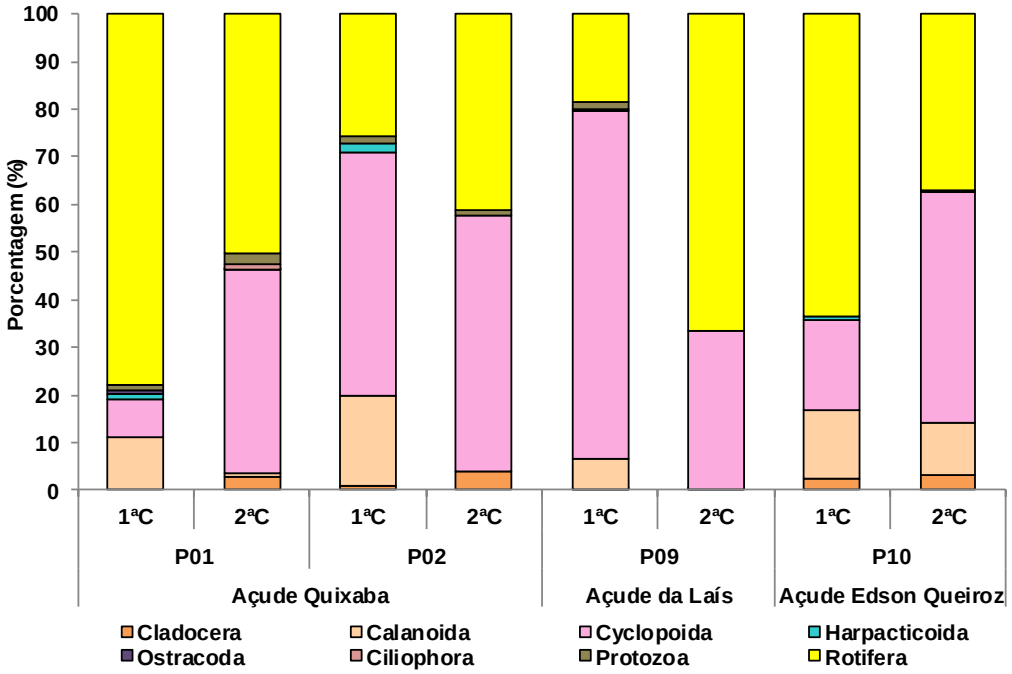


Figura 8.2-407 - Abundância relativa do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ª) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Tabela 8.2-92 - Densidade e abundância relativa do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20(1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Filo ARTHROPODA																
Subfilo CRUSTACEA																
Classe Branchiopoda																
Subclasse Phyllopoda																
Ordem Diplostraca																
Subordem Cladocera																
Infraordem Anomopoda																
Família Bosminidae																
Bosmina sp.	-		-		-		187	0,2	-		-		-		-	
Família Daphniidae																
Ceriodaphnia silvestrii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.416	2,0	10.915	3,0
Família Moinidae																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Moina sp.	-	-	5.648	3,0	2.184	1,0	3.555	3,7	824	0,3	992	0,2	-	-	-	-
Infraordem Ctenopoda																
Família Sididae																
Diaphanosoma spinulosum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992	0,3
Diaphanosoma sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	690	0,6	-	-
Classe Maxillopoda																
Subclasse Copepoda																
Ordem Calanoida																
Calanoida N.I.	-	-	-	-	-	-	-	-	824	0,3	-	-	-	-	1.985	0,5
Náuplios	28.599	10,9	538	0,3	34.211	15,7	-	-	18.129	5,8	-	-	2.071	1,7	17.862	4,9
Copepodito	584	0,2	269	0,1	7.279	3,3	-	-	824	0,3	-	-	15.534	12,6	13.892	3,8
Família Diaptomidae																
Notodiaptomus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.954	1,6
Ordem Cyclopoida																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Cyclopoida N.I.	-	-	-	-	728	0,3	-	-	3.296	1,1	1.985	0,4	-	-	-	-
Náuplios	12.257	4,7	73.159	38,6	5.823	2,7	47.716	50,1	88.996	28,4	132.969	27,2	17.951	14,6	146.862	40,7
Copepodito	8.755	3,3	7.531	4,0	104.815	48,0	3.368	3,5	136.790	43,7	27.785	5,7	5.523	4,5	27.785	7,7
Família Cyclopidae																
Thermocyclops sp.	-	-	269	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ordem Harpacticoida																
Náuplios	2.335	0,9	-	-	4.367	2,0	-	-	-	-	-	-	690	0,6	-	-
Copepodito	1.167	0,4	-	-	-	-	-	-	824	0,3	-	-	-	-	-	-
Classe Ostracoda	1.751	0,7	538	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992	0,3
Subtotal	**55.448**	**21,1**	**87.952**	**46,4**	**159.407**	**73,0**	**54.826**	**57,6**	**250.507**	**80,0**	**163.731**	**33,5**	**44.875**	**36,4**	**227.239**	**62,9**
Filo CILIOPHORA																
Classe Ciliatea																
Ordem Peritrichida																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Subordem Sessilina																
Família Vorticellidae																
Vorticella sp.	-	-	2.152	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	**-**	**-**	**2.152**	**1,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Filo PROTOZOA																
Subfilo SARCODINA																
Superclasse Rhizopoda																
Classe Lobosa																
Ordem Arcellinida																
Família Arcellidae																
Arcella spp.	-	-	269	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Centropyxidae																
Centropyxis cf. *aculeata*	1.751	0,7	-	-	2.184	1,0	936	1,0	4.944	1,6	-	-	-	-	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Centropyxis spp.	-	-	1.345	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Difflugiidae																
Difflugia spp.	584	0,2	2.152	1,1	728	0,3	374	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	**2.335**	**0,9**	**3.766**	**2,0**	**2.912**	**1,3**	**1.310**	**1,4**	**4.944**	**1,6**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Filo ROTIFERA																
ROTIFERA N.I.	584	0,2	807	0,4	728	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classe Bdelloidea	584	0,2	-	-	-	-	4.491	4,7	1.648	0,5	-	-	-	-	-	-
Ordem Philodinida																
Família Philodinidae																
Classe Monogonta																
Subclasse Monogononta																
Ordem Flosculariaceae																
Família Conochilidae																
Conochilus unicornis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.954	1,6

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Conochilus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	11.537	3,7	-	-	1.381	1,1	-	-
Família Filiniidae																
Filinia opoliensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992	0,3
Filinia terminalis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	345	0,3	3.969	1,1
Família Hexarthridae																
Hexarthra sp.	1.167	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992	0,3
Família Testudinellidae																
Testudinella patina	1.751	0,7	2.152	1,1	728	0,3	1.871	2,0	-	-	992	0,2	-	-	-	-
Ordem Ploima																
Família Asplanchnidae																
Asplanchna sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.071	1,7	1.985	0,5
Família Brachionidae																
Brachionus angularis	-	-	57.559	30,4	-	-	14.221	14,9	-	-	311.585	63,8	-	-	9.923	2,7

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Brachionus calyciflorus	151.166	57,4	8.876	4,7	36.394	16,7	2.245	2,4	1.648	0,5	1.985	0,4	29.687	24,1	53.585	14,8
Brachionus dolabratus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.488	3,6	21.831	6,0
Brachionus falcatus	32.101	12,2	-	-	13.830	6,3	-	-	41.202	13,2	-	-	345	0,3	7.938	2,2
Brachionus havanaensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.353	31,9	18.854	5,2
Brachiounus leydigii	-	-	807	0,4	-	-	374	0,4	-	-	992	0,2	-	-	-	-
Brachionus quadridentatus	-	-	-	-	-	-	-	-	824	0,3	-	-	-	-	-	-
Keratella americana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.985	0,5
Keratella lenzi	-	-	269	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keratella tropica	18.093	6,9	-	-	-	-	374	0,4	824	0,3	-	-	690	0,6	5.954	1,6
Família Dicranophoridae																
Dicranophorus sp.	-	-	-	-	-	-	748	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Lecanidae																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%	ORG./M³	%
Lecane papuana	-	-	-	-	4.367	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Synchaetidae																
Polyarthra sp.	-	-	25.014	13,2	-	-	14.595	15,3	-	-	8.931	1,8	-	-	-	-
Família Trichocercidae																
Trichocerca capucina	-	-	-	-	-	-	187	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	**205.446**	**78,0**	**95.484**	**50,4**	**56.047**	**25,7**	**39.106**	**41,1**	**57.683**	**18,4**	**324.485**	**66,5**	**78.360**	**63,6**	**133.962**	**37,1**
Total	**263.229**	**100,0**	**189.354**	**100,0**	**218.366**	**100,0**	**95.242**	**100,0**	**313.134**	**100,0**	**488.216**	**100,0**	**123.235**	**100,0**	**361.201**	**100,0**

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha. NI= não identificada.

Índices de diversidade e equitabilidade

A Figura 8.2-407 apresenta os resultados dos índices de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica registrada na malha amostral do Projeto Santa Quitéria, em novembro/20 e fevereiro/21, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Foi verificada diversidade acima de 2 bits.ind^{-1}, na maioria dos pontos da rede de amostragem, com exceção o açude da Laís (P09) que obteve máximo de 1,39 bits.ind^{-1}, na segunda campanha. O menor valor de diversidade no açude da Laís reflete à alta abundância relativa do rotífero *Brachionus angularis*.

As amostras do açude Edson Queiroz (P10) tiveram a maior diversidade, sobretudo em fevereiro/21, com 3,08 bits.ind^{-1}, assim como nas amostragens realizadas em 2011, quando foram registrados os maiores valores de diversidade nesse açude com 3,20 e 3,61 bits.ind^{-1}, na segunda e terceira campanhas, respectivamente, o que sugere que dentre os pontos analisados este açude possui condições mais propícias ao desenvolvimento do zooplâncton. No açude Quixaba, a diversidade atingiu 2,42 bits.ind^{-1} no ponto P01 (novembro/20) e 2,38 bits.ind-1 no ponto P02 (novembro/20).

Um padrão similar foi observado para equitabilidade, com valores acima de 0,5 na maioria da amostragem. Os dados do índice de equitabilidade sugerem melhor distribuição dos táxons no açude Edson Queiroz (P10) e no açude Quixaba (P02), com valores acima de 0,6, refletindo a menor dominância de Rotifera e Cyclopoida. O resultado inferior no açude da Laís na segunda campanha (0,44) também é indicativo da elevada dominância de um rotífero nesse local.

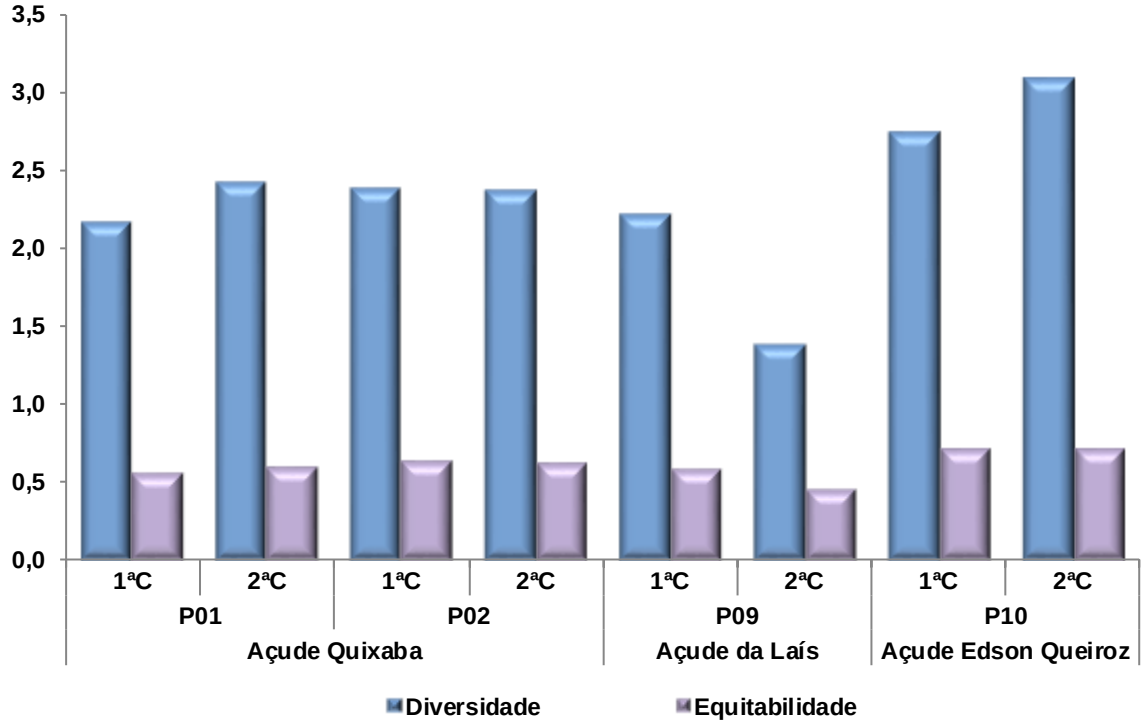


Figura 8.2-408 - Diversidade e equitabilidade do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021

Índice de similaridade

A avaliação dos padrões de semelhança da comunidade zooplanctônica amostrada em novembro/20 e fevereiro/21 foi feita por meio do índice de Bray-Curtis. Na primeira campanha (Figura 8.2-409), a comunidade zooplanctônica se mostrou mais similar entre o açude da Laís (P09) e o ponto P02 no açude Quixaba, tendo em comum o predomínio de náuplios e copepoditos de Cyclopoida. O ponto P01 (açude Quixaba) também foi reunido neste cluster, porém com menor similaridade.

O açude Edson Queiroz foi o mais distinto dentre os locais amostrados, resultado similar ao obtido para a comunidade fitoplanctônica, conforme mencionado. Este açude teve como particularidade a menor densidade dentre os pontos e maior abundância do rotífero *Brachionus havanaensis*, registrado exclusivamente neste ponto.

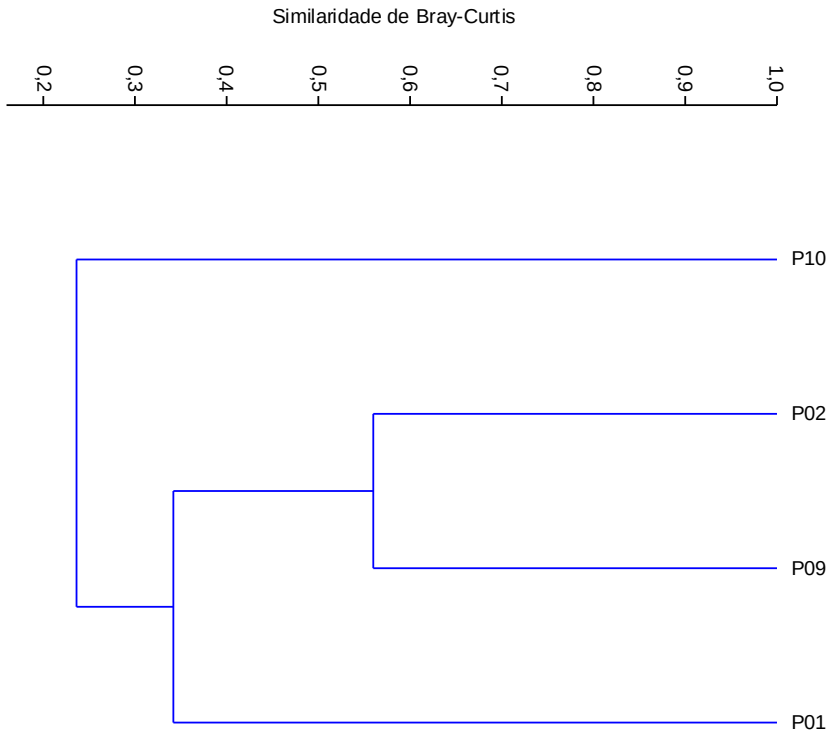


Figura 8.2-409 - Análise de similaridade do zooplâncton – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,8708. Elaboração: Econsultt, 2021

Na segunda campanha, foram observados dois *clusters* (Figura 8.2-410), com maior similaridade entre os pontos P01 e P02 do açude Quixaba, padrão influenciado principalmente pelas maiores abundâncias de náuplios de Cyclopoida, seguidos por rotíferos *Brachionus angularis* e *Polyarthra* sp. Conforme citado para o fitoplâncton, as características semelhantes em termos de qualidade da água tendem a favorecer o predomínio de uma comunidade planctônica relativamente homogênea entre os segmentos da barragem (P01) e do remanso (P02).

No conjunto das amostragens efetuados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) verificou-se o agrupamento da maioria dos pontos amostrados na mesma campanha no mesmo cluster, evidenciando que os padrões do ciclo hidrológico são determinantes na estruturação da comunidade zooplanctônica para todos os açudes avaliados, padrão que se assemelha aos das coletas mais recentes.

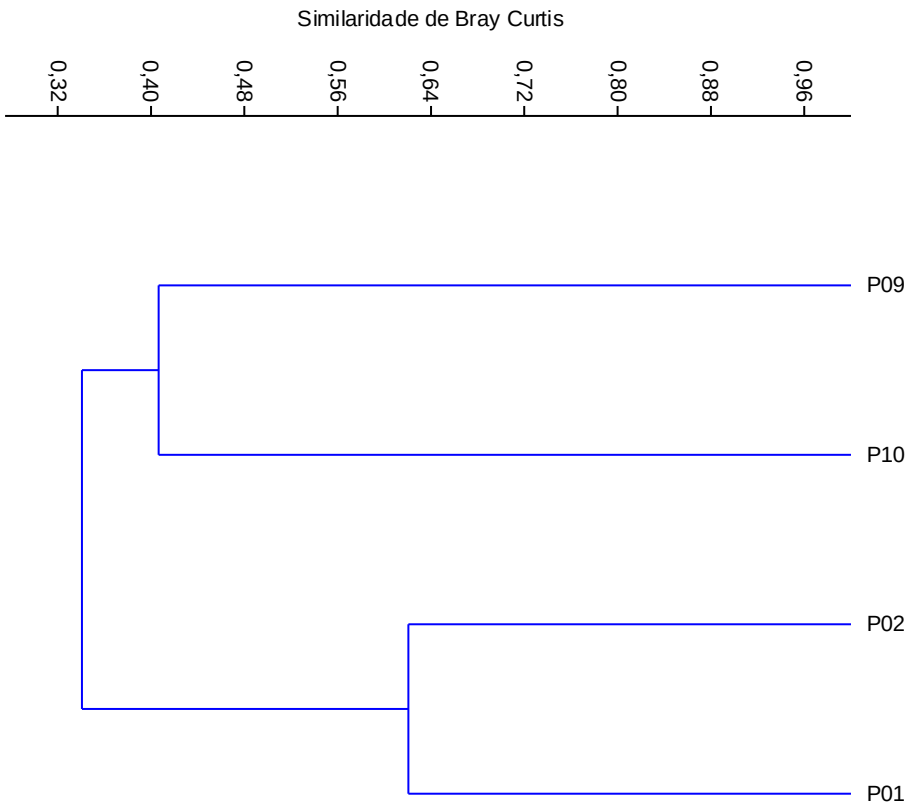


Figura 8.2-410 - Análise de similaridade do zooplâncton - Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,9751. Elaboração: Econsultt, 2021

C. Invertebrados bentônicos

C.1. Análise qualitativa

Composição taxonômica, riqueza de táxons e riqueza relativa

Nas campanhas realizadas em novembro/20 (período seco) e fevereiro/21 (período chuvoso) obteve-se, no cômputo das amostras coletadas nos sedimentos dos açudes, um total de 36 táxons de invertebrados bentônicos, pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: filo Arthropoda – subfilo Hexapoda - classe Insecta (28), subfilo Crustacea – classe Ostracoda (1), filo Mollusca – classe Gastropoda (3), filo Annelida – classe Clitellata – subclasse Oligochaeta (3), subclasse Hirudinea (1).

Os principais representantes dos invertebrados bentônicos foram as formas imaturas de insetos (classe Insecta), que reuniram 77,8% do total de táxons, seguidos pelo filo Mollusca e por anelídeos (filo Annelida) da subclasse Oligochaeta com 8,3% cada, conforme Figura 8.2-411.

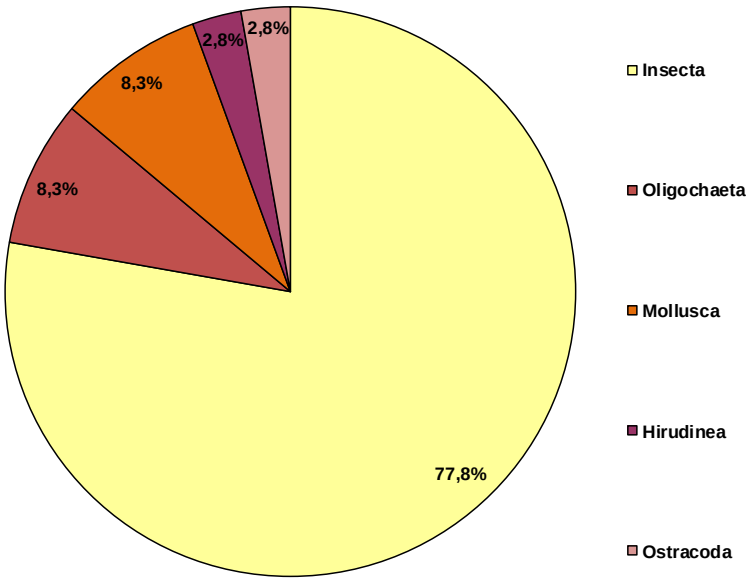


Figura 8.2-411 - Riqueza relativa dos invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC).

Elaboração: Econsultt, 2021

No leito dos açudes avaliados, os insetos foram representados principalmente pela ordem Diptera (díptera), com 20 táxons. Esse número mais alto de táxons em relação aos demais é justificado em parte pelo nível de resolução taxonômica utilizada para esse grupo, no qual os organismos, quando possível, foram identificados até nível de gênero.

Conhecidos popularmente como moscas, mosquitos e pernilongos, os dípteros destacam-se por representarem parte numericamente significativa da fauna bentônica de ambientes aquáticos lênticos e lóticos e por serem utilizados como indicadores de qualidade ambiental. Os adultos dessa ordem depositam ovos na superfície das águas ou sobre substratos e dão origem a um número elevado de larvas que, em geral, colonizam sedimentos arenosos e lodosos, além da vegetação aquática. Esses organismos passam parte da vida ou seu ciclo completo associado ao substrato de fundo, sendo que para alguns deles a fase larvária é muito mais longa que a adulta.

A ordem Diptera foi representada principalmente por exemplares da família Chironomidae, com 18 táxons. As larvas da família Chironomidae (quironomídeos) são, em geral, onívoras oportunistas, alimentam-se de algas, de pequenos animais e de detritos, exercendo importante papel na decomposição da matéria orgânica. Algumas delas possuem órgãos especiais, como brânquias externas, e conseguem sobreviver em águas poluídas e em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (ROSSARO, 1991 *apud* OLIVEIRA, 2005).

De acordo com Coffman & Ferrington (1996), a família Chironomidae é o grupo de maior riqueza taxonômica, sendo os insetos aquáticos mais amplamente distribuídos e frequentemente os mais abundantes nos ecossistemas de águas continentais.

Os táxons de Chironomidae inventariados nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21 são integrantes das subfamílias Chironominae, Orthocladiinae e Tanypodinae. Essas subfamílias, em geral, são semi-tolerantes às alterações ambientais (CETESB, 2020). Foi registrado também um táxon de dípteros das famílias Ceratopogonidae e Chaoboridae.

Ainda no grupo dos insetos, verificou-se nos ambientes amostrados uma menor riqueza de Ephemeroptera (efemerópteros) e de Trichoptera (tricópteros), além de Odonata (família Gomphidae), com cinco táxons no total, os quais são associados aos ambientes com melhor qualidade ambiental.

As larvas da ordem Ephemeroptera vivem geralmente em ambientes rasos com águas limpas e bem oxigenadas, sendo, em função de sua sensibilidade à poluição ambiental, utilizadas em programas de biomonitoramento de qualidade da água (ROLDÁN-PÉREZ, 2003). Os táxons desta ordem tiveram ocorrência restrita ao açude Quixaba.

As larvas de Trichoptera possuem garras anais, que são usadas para se fixar ao substrato e que lhes permite ampla distribuição em distintos micro-habitats. Muitas espécies têm o corpo protegido por um abrigo constituído por grãos de areia ou outros materiais retirados do meio onde habitam. Assim como os efemerópteros, as larvas de tricópteros refletem boa qualidade do sistema aquático, sendo encontradas frequentemente em águas correntes, frias e com alto teor de oxigênio dissolvido (ROLDÁN-PÉREZ, 2003). O táxon desta ordem foi registrado apenas no açude Quixaba (P02) na primeira campanha.

As larvas de Odonata, predadores que colonizam ambientes lóticos e lênticos, representam um componente importante na cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos, servindo de alimento para outros artrópodes, aves, peixes e anfíbios (SOUZA *et al.*, 2007). Esse grupo também compreende táxons que apresentam baixa tolerância à poluição, sendo relacionado, portanto, a águas de boa qualidade. Esse grupo foi registrado apenas em novembro/20 no açude da Laís (P09).

Seguidos dos insetos, o grupo dos moluscos gastrópodes (Gastropoda) contribuíram com 8,3% da riqueza de táxons. Os moluscos gastrópodes possuem ampla distribuição geográfica e tolerância ambiental, geralmente são encontrados em cursos d'água com moderado a elevado grau de poluição. Na área de estudo, os gastrópodes foram representados por táxons da família Planorbidae.

Ainda na segunda posição com 8,3% ficaram também os anelídeos da subclasse Oligochaeta (oligoquetos), os quais estiveram representados pelas famílias Naididae e Tubificidae. Os oligoquetos podem ser utilizados como indicadores de poluição no meio aquático, pois são comumente encontrados em ambientes ricos em matéria orgânica e com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, caracterizando uma vantagem competitiva sobre outras espécies da comunidade (DORNFELD *et al.*, 2006). Os táxons dessa subclasse foram registrados nos açudes Quixaba (P02) e da Laís (P09).

Na malha amostral do Projeto Santa Quitéria, a riqueza foi mais elevada no açude Quixaba, na primeira campanha, com 15 e 18 táxons, nos pontos P01 e P02, respectivamente. No açude da Laís (P09) verificou-se a presença de 13 táxons também na amostragem de novembro/20, o que sugere a maior disponibilidade de diferentes tipos substratos nestes ambientes, sobretudo durante o período seco, favorecendo, portanto, o processo de colonização da fauna bentônica. A menor riqueza foi obtida no açude Edson Queiroz, em ambas as coletas, com apenas um táxon na primeira campanha e dois na segunda (Figura 8.2-412).

A menor riqueza taxonômica do açude Edson Queiroz (P10) pode ser decorrente das características eutróficas de suas águas, aliada à maior profundidade desse corpo hídrico, o que tende a diminuir a disponibilidade de oxigênio dissolvido na porção de fundo do corpo d'água. Conforme citado anteriormente, nos sedimentos desse ambiente foram obtidos teores de carbono orgânico total, fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total em conformidade com a legislação, havendo apenas uma extrapolação pontual superior ao Nível 1 (limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota) para cromo, na segunda campanha.

Observou-se uma diminuição da riqueza de táxons do período seco (novembro/20) para o período chuvoso (fevereiro/21), na maioria dos açudes avaliados, o que possivelmente pode refletir alterações no substrato, como o aumento das frações mais finas de sedimentos verificado em parte dos pontos de coleta.

Conforme citado, a composição e distribuição dos sedimentos são fatores importantes na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos, além de outros, como o aporte de material alóctone, os quais influenciam na variação da riqueza e da densidade. Deve-se ponderar ainda que alguns grupos da comunidade bentônica apresentam distribuição agregada (KUHLMANN, 1993), fator que também pode resultar em aumento ou redução da riqueza entre as campanhas.

As partículas mais finas de sedimentos, tais como silte e argila, frequentemente apresentam maiores teores de matéria orgânica e de metais do que os sedimentos de

espessura mais grosseira, uma vez que esses elementos são fixados por adsorção sobre as superfícies das partículas (OLIVEIRA & MARINS, 2011). As frações granulométricas guardam correspondência também com a disponibilidade de hábitat, alimento e oxigênio dissolvido, influenciando a estruturação das comunidades bentônicas, conforme citado.

Nas campanhas anteriores, realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), o valor máximo de riqueza foi registrado no açude da Laís (P09), em julho, com 41 táxons, enquanto o menor valor de riqueza foi obtido no açude Edson Queiroz (P10), em agosto, na qual se computou apenas 1 táxon, corroborado o padrão de baixa riqueza da comunidade bentônica verificada neste açude nas coletas mais recentes. No conjunto das quatro campanhas foram computados 78 táxons, a maioria integrante do grupo Insecta, principalmente das ordens Hemiptera, Ephemeroptera, Coleoptera e Diptera.

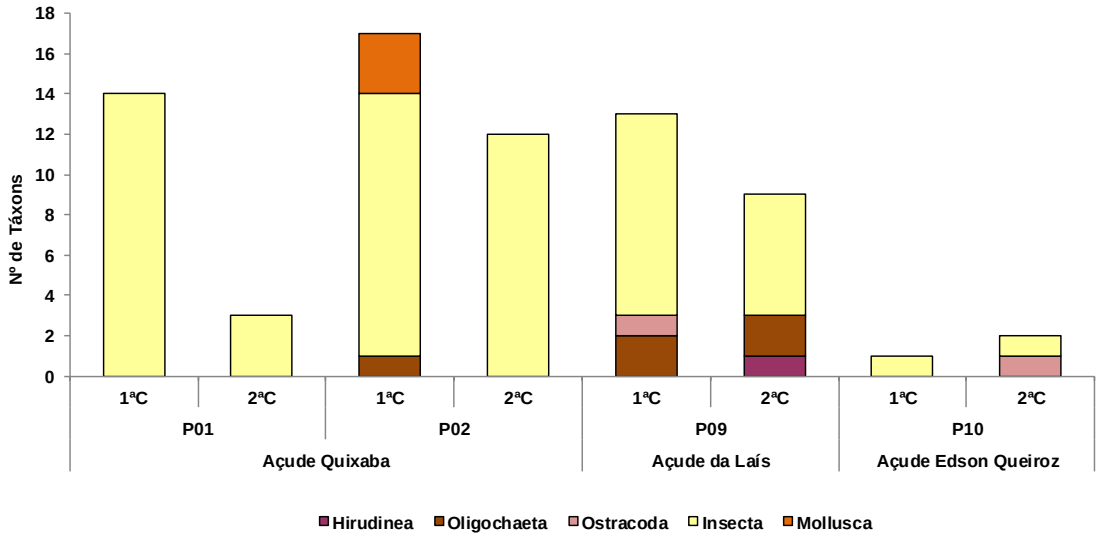


Figura 8.2-412 - Riqueza dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Distribuição Espacial e Frequência de Ocorrência

Na Tabela 8.2-93 consta a distribuição espacial e a frequência de ocorrência dos táxons dos invertebrados bentônicos registrados nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21.

Do conjunto de 36 táxons de invertebrados bentônicos inventariados no presente levantamento, apenas os dípteros *Aedokritus* sp. e *Fissimentum* sp., além de um táxon não identificado a nível específico da subtribo Tanytarsini e da família Ceratopogonidae ocorreram na maioria dos pontos, sendo considerados frequentes (entre 50 e 80%). Essa ampla distribuição sugere uma maior adaptabilidade desses organismos às condições hidrodinâmicas e ambientais verificadas na malha amostral e nas campanhas realizadas.

Desses táxons apenas *Fissimentum* sp. é tido como semissensível, enquanto os demais são considerados semitolerantes ao enriquecimento orgânico (CETESB, 2020). Segundo Butakka (2005) o táxon *Aedokritus* possui alta plasticidade ambiental e alimentar.

Apenas 12 táxons foram considerados pouco frequentes, com ocorrência entre 17 e 50% das amostras, como exemplo destes estão os dípteros *Asheum* sp., *Cladopelma, Coelotanypus, Goeldichironomus* sp., além de táxons da tribo Chironomini e oligoquetas da família Naididae e exemplares da ordem Ephemeroptera, incluindo as famílias Caenidae e Polymitarcyidae.

A maioria dos táxons (19) se enquadrara na categoria esporádica (<17%), com presença em uma única amostra, a exemplo do molusco *Biomphalaria* sp., registrado no açude Quixaba (P02). O gastrópode planorbídeo de gênero *Biomphalaria* é um molusco de interesse médico-sanitário, já que três espécies deste gênero podem servir como hospedeiros intermediários das formas imaturas do verme trematódeo *Schistosoma mansoni*, agente patogênico da esquistossomose. Esse molusco também foi verificado nos açudes amostrados nas campanhas do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2017). Neste período, apenas os dípteros *Chironomus* sp. e os gastrópodes *Melanoides* sp. mantiveram frequência superior a 50% nos pontos analisados.

Nas fotos a seguir são ilustrados alguns dos exemplares de invertebrados bentônicos capturados nos açudes amostrados nas campanhas de 2020 e 2021.

Figura 8.2-413 - Chironomidae do gênero Coelotanypus.

Figura 8.2-414 - Chaoboride do gênero Chaoborus.

Figura 8.2-415 - Família Chironomidae

Figura 8.2-416 - Díptero da família Ceratopogonidae

Fonte: Banco de dados da Econsult (2021).

Tabela 8.2-93 - Distribuição espacial e frequência de ocorrência dos invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Filo ANNELIDA										
Classe Clitellata										
Subclasse Hirudinea										
Ordem Rhynchobdellida										
Família Glossiphoniidae									1	13
Subclasse Oligochaeta										
Ordem Tubificida										
Família Naididae										
Naididae N.I.									3	38
Pristina sp.									1	13
Família Tubificidae									1	13
Subtotal	-	-	1	-	2	3	-	-		
Filo ARTHROPODA										
Subfilo CRUSTACEA										

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Classe Malacostraca										
Subclasse Eumalacostraca										
Superordem Eucarida										
Ordem Decapoda										
Subordem Pleocyemata										
Infraordem Caridea										
Família Palaemonidae										
Classe Ostracoda									2	25
Subfilo HEXAPODA										
Classe Insecta										
Ordem Coleoptera										
Família Dytiscidae									1	13
Família Hydrophilidae									1	13
Ordem Diptera										
Subordem Nematocera										
Família Ceratopogonidae									5	63
Família Chaoboridae										
Chaoborus sp.									2	25
Família Chironomidae										
Chironomidae N.I.									1	13
Subfamília Chironominae										
Tribo Chironomini										
Chironomini N.I.									2	25
Aedokritus sp.									4	50
Asheum sp.									3	38
Cladopelma sp.									3	38

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Fissimentum sp.									6	75
Goeldichironomus sp.									3	38
Paralauterborniella sp.									1	13
Polypedilum sp.									1	13
Zavreliella sp.									1	13
Tribo Tanytarsini										
Tanytarsini N.I.									4	50
Caladomyia sp.									1	13
Rheotanytarsus sp.									1	13
Subfamília Orthocladiinae										
Tribo Orthocladiini										
Nanocladius sp.									1	13
Subfamília Tanypodinae										
Tribo Coelotanypodini										
Coelotanypus sp.									3	38
Tribo Pentaneurini										
Ablabesmyia (Karelia) sp.									3	38
Ablabesmyia gr. annulata sp.									1	13
Tribo Procladiini										
Procladius sp.									1	13
Ordem Ephemeroptera										
Ephemeroptera N.I.									2	25
Família Caenidae									3	38
Família Leptohyphidae									1	13
Família Polymitarcyidae									3	38
Ordem Odonata										

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
	P01		P02		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Subordem Anisoptera										
Família Gomphidae									1	13
Ordem Trichoptera									1	13
Subtotal	14	3	13	12	11	6	1	2		
Filo MOLLUSCA										
Classe Gastropoda										
Gastropoda N.I.									1	13
Família Planorbidae										
Planorbidae N.I.									1	13
Biomphalaria sp.									1	13
Subtotal	-	-	3	-	-	-	-	-		
Total por ponto	14	3	17	12	13	9	1	2		
Total de táxons acumulados	36									

Legenda: NI= não identificado; 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha.

Espécies exóticas e ameaçadas

Nenhum dos gêneros identificados da comunidade bentônica na área de influência do projeto Santa Quitéria consta das listas das espécies ameaçadas, segundo a Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445/2014. Também não se observou a presença de espécies exóticas, tendo como principal referência o Informe sobre Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016).

Cabe apontar que nas campanhas efetuadas no ano de 2011 foi reportada a presença de *Melanoides* sp., em todos os açudes amostrados, em pelo menos uma das campanhas, pois este gênero pode integrar o gastrópode *Melanoides tuberculatus*, espécie considerada exótica e invasora.

Trata-se de uma espécie bentônica, capaz de formar populações extremamente densas (MIYAHIRA, 2010), que muitas vezes cobrem inteiramente o substrato, afetando assim

as demais espécies de macroinvertebrados bentônicos diretamente (MORENO & CALLISTO, 2006). *M. tuberculatus*, nessas condições, pode provocar impactos ambientais, por alterar os processos de sedimentação, modificar os processos físicos relacionados ao ambiente e afetar as espécies que nele vivem. Assim, a ausência deste gastrópode nas campanhas mais recentes dos anos de 2020 e de 2021 representa um aspecto positivo para o ecossistema aquático.

C.2. Análise quantitativa

Densidade e abundância relativa

A análise quantitativa dos invertebrados bentônicos em novembro/20 e fevereiro/21 é apresentada por meio dos resultados de densidade (org./m²) e de abundância relativa (%) dos grupos taxonômicos, conforme consta na Figura 8.2-417

A maior densidade foi observada no açude da Laís (P09), com 11.097 org./m², enquanto que o mínimo de 6 org./m² foi obtido no açude Edson Queiroz (P10), ambos em novembro/20. No açude Quixaba, a densidade também apresentou ampla variação entre as seções e períodos amostrados, com mínimo de 63 org./m² (P01 – fevereiro/21) e máximo de 1.177 org./m² (P02 – novembro/20) (Figura 8.2-417).

No açude da Laís (P09), as larvas de insetos dípteros foram o componente mais abundante da comunidade bentônica na primeira campanha (9.138 org./m²), com destaque da tribo Tanytarsini, incluindo *Caladomyia* sp. Escarpinati (2006) associou a abundância de *Caladomyia* à substratos orgânicos, em processo de decomposição. Espécies dominantes das tribos Tanytarsini podem apresentar múltiplas gerações ao ano, com reprodução contínua e adaptações comportamentais (SONODA & TRIVINHO-STRIXINO, 2000).

Neste açude também foi verificada a maior densidade de oligoquetas da família Naididae (1.632 org./m² em novembro/20), organismos comumente encontrados em ambientes ricos em matéria orgânica e com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (DORNFELD *et al.*, 2006). Assim os resultados apontam que o ambiente está em processo de enriquecimento orgânico.

No açude Edson Queiroz, a densidade foi inexpressiva, sendo a comunidade constituída por no máximo 40 org./m² (fevereiro/21), sendo 34 org./m² dos dípteros *Chaoborus* sp., o qual apresenta distribuição cosmopolita. Alguns estudos demonstraram que larvas de *Chaoborus* migram do fundo dos lagos para a superfície durante a noite e predam o zooplâncton (ARCIFA, 1997; PERTICARRARI *et al.*, 2004), podendo regular a sua abundância.

O açude Edson Queiroz mostrou-se distinto dos demais pontos também em termos de composição granulométrica, na primeira campanha. Neste ambiente houve predomínio de silte e argila, contrapondo com os demais pontos, que apresentaram maiores proporções de sedimentos arenosos, conforme destacado anteriormente, havendo um aumento no teor de areia fina e média na amostragem seguinte.

Cabe indicar que em todos os açudes amostrados foram registrados déficits de oxigênio dissolvido, nas duas campanhas realizadas. Esse cenário promove condições seletivas para o estabelecimento de grupos mais sensíveis dos invertebrados bentônicos, tais como Ephemeroptera, Trichoptera e Odonata, os quais permaneceram em baixas densidades.

No açude Quixaba, os insetos dípteros também foram responsáveis pelas maiores densidades, atingindo máximo de 1.085 org./m², em novembro/20 no ponto P02, com destaque dos quironomídeos *Asheum* sp.

A malacofauna teve pequena participação na densidade, com 17 org./m² no único ponto em que foi inventariada (P02 – novembro/20), dos quais 6 org./m² são gastrópodes *Biomphalaria* sp. Considerando a dinâmica lêntica dos açudes é esperado que prevaleçam nos sedimentos táxons mais tolerantes, uma vez que compostos presentes tendem a depositar nos sedimentos, podendo limitar as populações bentônicas mais sensíveis.

Nas campanhas realizadas no ano de 2011, a densidade foi mais elevada que a obtida em novembro/20 e em fevereiro/21, sendo o maior valor registrado no açude Quixaba (P01), na segunda campanha (19.470 org./m²). Nestas coletas também se manteve o padrão de menor densidade no açude Edson Queiroz, entre 85 e 974 org./m², corroborando que se trata de um ambiente com condições mais adversas ao estabelecimento da comunidade bentônica. Em termos de abundância, se sobressaíram as larvas de dípteros, sobretudo de *Chironomus*, além de gastrópodes do gênero *Melanoides*.

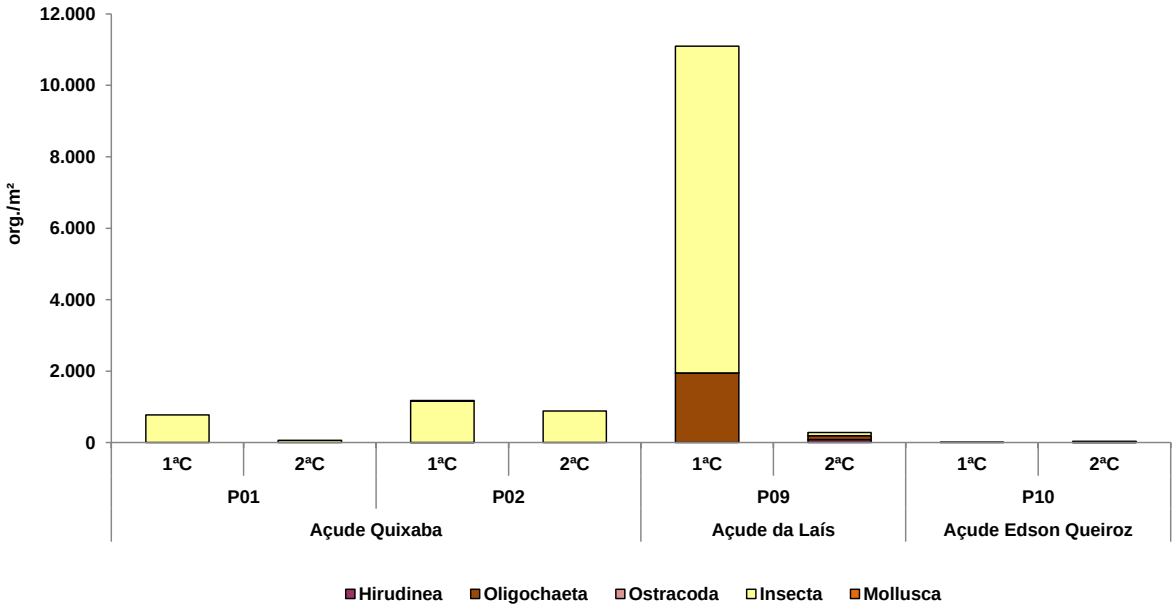


Figura 8.2-417 - Densidade de invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Na Figura 8.2-418 os percentuais de abundância relativa dos grupos inventariados em novembro/20 e fevereiro/21, seguindo os padrões apresentados na avaliação da densidade. Destaca-se a dominância de Insecta, em todos os açudes amostrados, atingindo até 100% de abundância nos açudes Quixaba (P01 e P02) e Edson Queiroz (P10). Os anelídeos Oligochaeta foram responsáveis por 17,5% da abundância no açude da Laís em novembro/20 e 38,1% em fevereiro/21, além dos anelídeos Hirudinea que contribuíram com 30% na última campanha. Os demais grupos tiveram pouca participação na análise quantitativa (< 2%).

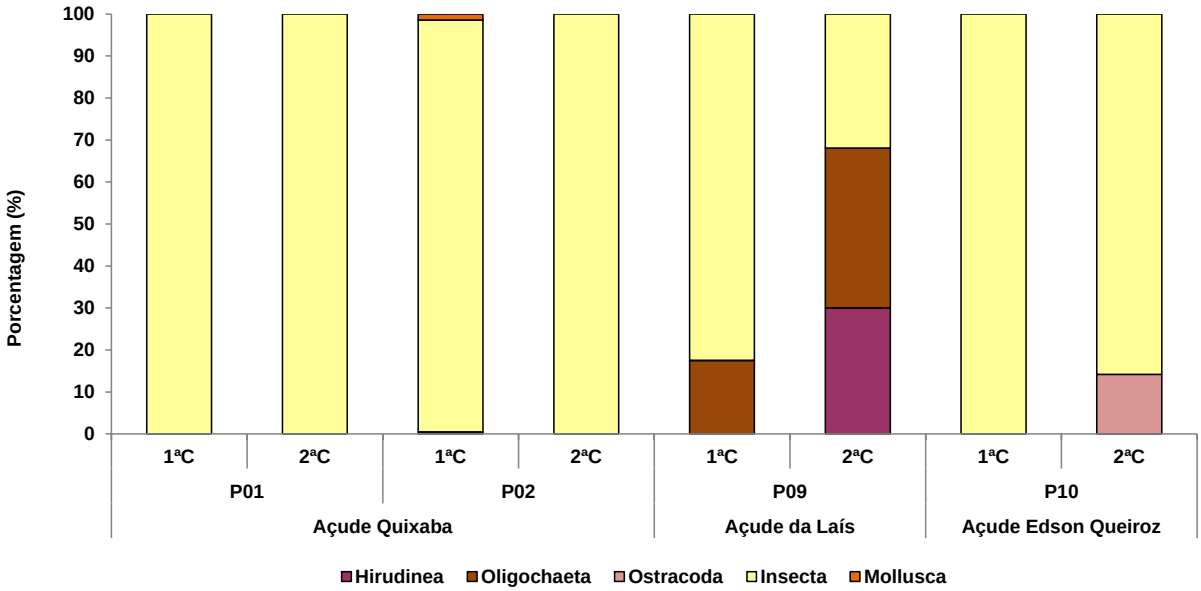


Figura 8.2-418 - Abundância relativa de invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Tabela 8.2-94 - Densidade e abundância relativa dos invertebrados bentônicos – Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%
Filo ANNELIDA																
Classe Clitellata																
Subclasse Hirudinea																
Ordem Rhynchobdellida																
Família Glossiphoniidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	30,03	-	-	-	-
Subclasse Oligochaeta																
Ordem Tubificida																
Família Naididae																
Naididae N.I.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	1.632	14,71	103	36,09	-	-	-	-
Pristina sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	310	2,80	-		-	-	-	-
Família Tubificidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1,98	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	-	6	0	-	-	1.942	18	195	68	-	-	-	-
Filo ARTHROPODA																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%
Subfilo CRUSTACEA																
Classe Ostracoda	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0,05	-	-	-	-	6	14,17
Subfilo HEXAPODA																
Classe Insecta																
Ordem Coleoptera																
Família Dytiscidae	6	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Hydrophilidae	-	-	-	-	-	-	6	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-
Ordem Diptera																
Subordem Nematocera																
Família Ceratopogonidae	75	9,63	-	-	23	1,95	40	4,53	29	0,26	52	18,04	-	-	-	-
Família Chaoboridae																
Chaoborus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	100,000	34	85,83
Família Chironomidae																
Chironomidae N.I.	-	-	6	8,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subfamília Chironominae																

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%
Tribo Chironomini																
Chironomini N.I.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	2.167	19,52	-	-	-	-	-	-
Aedokritus sp.	104	13,38	-	-	69	5,84	563	63,74	-	-	11	3,96	-	-	-	-
Asheum sp.	109	14,11	-	-	649	55,18	80	9,09	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladopelma sp.	17	2,24	-	-	80	6,83	-	-	414	3,73	-	-	-	-	-	-
Fissimentum sp.	11	1,46	23	36,51	17	1,47	23	2,60	2.132	19,21	6	1,98	-	-	-	-
Goeldichironomus sp.	-	-	-	-	29	2,44	11	1,28	6	0,05	-	-	-	-	-	-
Paralauterborniella sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	3,96	-	-	-	-
Polypedilum sp.	-	-	-	-	-	-	40	4,53	-	-	-	-	-	-	-	-
Zavreliella sp.	6	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tribo Tanytarsini																
Tanytarsini N.I.	11	1,46	34	54,50	-	-	-	-	4.115	37,08	6	1,98	-	-	-	-
Caladomyia sp.	201	25,94	-	-	190	16,12	-	-	253	2,28	-	-	-	-	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%
Rheotanytarsus sp.	6	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subfamília Orthocladiinae																
Tribo Orthocladiini																
Nanocladius sp.	-	-	-	-	-	-	6	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-
Subfamília Tanypodinae																
Tribo Coelotanypodini																
Coelotanypus sp.	155	20,00	-	-	17	1,44	-	-	17	0,16	-	-	-	-	-	-
Tribo Pentaneurini																
Ablabesmyia (Karelia) sp.	11	1,46	-	-	-	-	23	2,57	-	-	6	1,98	-	-	-	-
Ablabesmyia gr. annulata sp.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tribo Procladiini																
Procladius sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0,05	-	-	-	-	-	-
Ordem Ephemeroptera																
Ephemeroptera N.I.	34	4,43	-	-	17	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Caenidae	23	2,97	-	-	23	1,95	23	2,60	-	-	-	-	-	-	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)								AÇUDE DA LAÍS				AÇUDE EDSON QUEIROZ			
	P01				P02				P09				P10			
	1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC		1ªC		2ªC	
	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%	ORG./M²	%
Família Leptohyphidae	-	-	-	-	-	-	46	5,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Polymitarcyidae	6	0,73	-	-	17	1,44	23	2,57	-	-	-	-	-	-	-	-
Ordem Odonata																
Subordem Anisoptera																
Família Gomphidae	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,10	-	-	-	-	-	-
Ordem Trichoptera	-	-	-	-	11	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	775	100	63	100	1.154	98	883	100	9.155	82	91	32	6	100	40	100
Filo MOLLUSCA																
Classe Gastropoda																
Gastropoda N.I.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Família Planorbidae																
Planorbidae N.I.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomphalaria sp.	-	-	-	-	6	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	-	17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	775	100	63	100	1.177	100	883	100	11.097	100	286	100	6	100	40	100

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha. NI= Não identificado. Elaboração: Econsultt, 2021

Índices de diversidade e de equitabilidade

Na Figura 8.2-419 são ilustrados os resultados dos índices de diversidade e equitabilidade dos invertebrados bentônicos. A diversidade foi mais elevada no açude Quixaba, com 3 bits.ind^{-1} (P01, primeira coleta), porém na segunda campanha neste mesmo ponto houve diminuição para 1,33 bits.ind^{-1}. Nos demais pontos, em ambas as coletas, a diversidade esteve entre 2,08 e 2,33 bits.ind^{-1}.

O açude Edson Queiroz foi o ambiente de menor diversidade nas duas campanhas, sobretudo em novembro/20, quando a diversidade foi nula, uma vez que houve registro de apenas um táxon (*Chaoborus* sp.). A equitabilidade acompanhou essa tendência, com valores mais elevados no açude Quixaba (P01), com 0,84 na segunda campanha, demonstrando melhor distribuição dos táxons neste ponto. No açude da Laís a equitabilidade também foi elevada (>0,6), em ambas as coletas.

Nas campanhas conduzidas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), a diversidade de espécies dos invertebrados bentônicos se manteve abaixo de 2 bits.ind^{-1}, nos pontos analisados, com exceção do açude da Laís, que obteve diversidade máxima de 3 e 2 bits.ind^{-1}, nos meses de julho e agosto, respectivamente. Os menores valores de diversidade foram associados ao açude Edson Queiroz. Os resultados de equitabilidade foram superiores a 0,5, indicando uniformidade entre os diferentes táxons nos pontos amostrados. Foi apontado que os valores baixos de diversidade verificados são indicativos de sistemas aquáticos alterados, devido provavelmente a déficits de oxigênio dissolvido no sedimento, o que pode ter se repetido nas amostragens mais recentes, sobretudo no açude Edson Queiroz, que se mostrou um ambiente azóico em novembro de 2020, conforme citado.

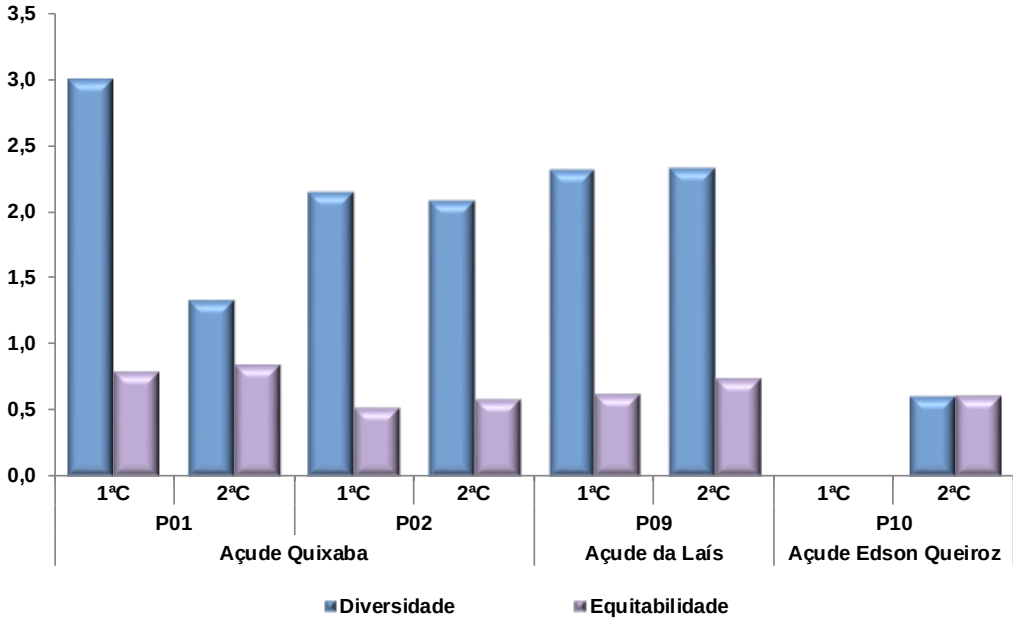


Figura 8.2-419 - Diversidade e equitabilidade de invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021.

Índice de similaridade

A avaliação dos padrões de similaridade da comunidade de invertebrados bentônicos amostrada em novembro/20 e fevereiro/21 foi realizada por meio do índice de Bray-Curtis.

Os resultados da campanha de novembro/20 (Figura 8.2-420) revelam maior diferenciação da comunidade encontrada no açude Edson Queiroz em relação aos demais pontos, uma vez que esse açude apresentou baixa densidade da comunidade bentônica e presença restrita de um único táxon (*Chaoborus* sp.), o que denota alterações neste ambiente que tem promovido o empobrecimento desta comunidade. Conforme citado, nas amostragens do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), este açude também mostrou condições adversas ao estabelecimento da comunidade bentônica, se destacado pela menor densidade e diversidade da malha amostral.

Ainda na amostragem de novembro/20, os pontos P01 e P02 do açude Quixaba apresentaram maior grau de semelhança, tendo em comum a dominância dos dípteros Chironomidae, a exemplo dos táxons *Asheum* sp., *Aedokritus* sp. e *Coelotanypus* sp. com ocorrência em ambos os locais. Em termos de composição granulométrica, as análises dos sedimentos deste açude apontam distinções entre os pontos e as campanhas (item 8.2.2.2.2).

Considerando que vários gêneros de dípteros Chironomidae apresentam capacidade de colonização em diversos substratos, além de possuir hábito alimentar generalista e resistência às alterações ambientais (TECHIO BEÉ, 2007), é esperado mesmo em ambientes com sedimentos distintos o predomínio deste grupo.

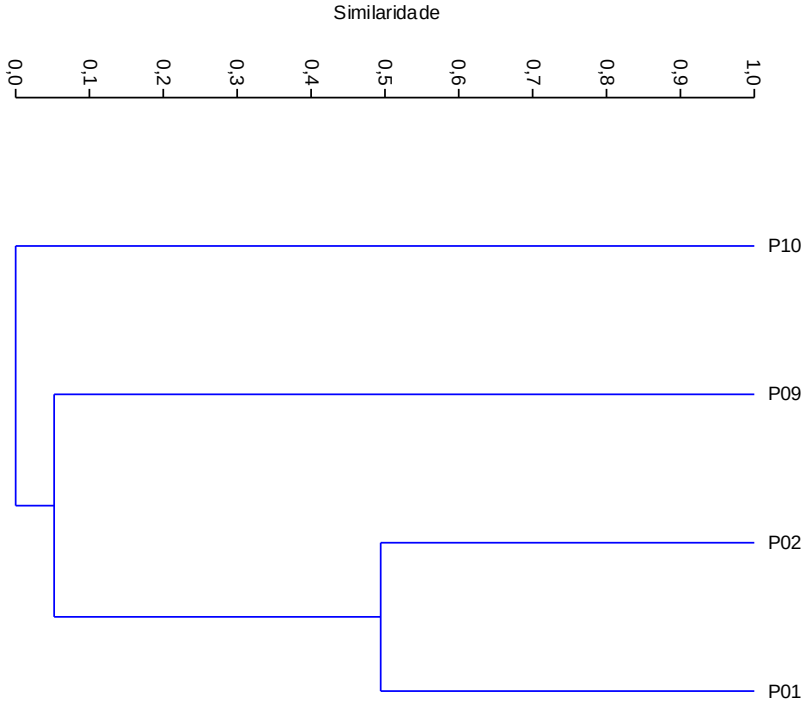


Figura 8.2-420 - Similaridade de invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,999. Elaboração: Econsultt, 2021.

Na segunda campanha (Figura 8.2-421) verifica-se um baixo nível de similaridade entre todos os locais amostrados, sobretudo no açude Edson Queiroz, local que apresentou uma fauna bentônica empobrecida, assim como na amostragem anterior. Os açudes da Laís e o Quixaba também evidenciaram diferenciação na comunidade bentônica, ocorrendo dominância ora de dípteros da tribo Tanytarsini (P01), ora da tribo Chironomini (P02) ou de anelídeos Hirudinea e Oligochaeta (P09), o que demonstra variações comumente encontradas na comunidade bentônica de substrato inconsolidado.

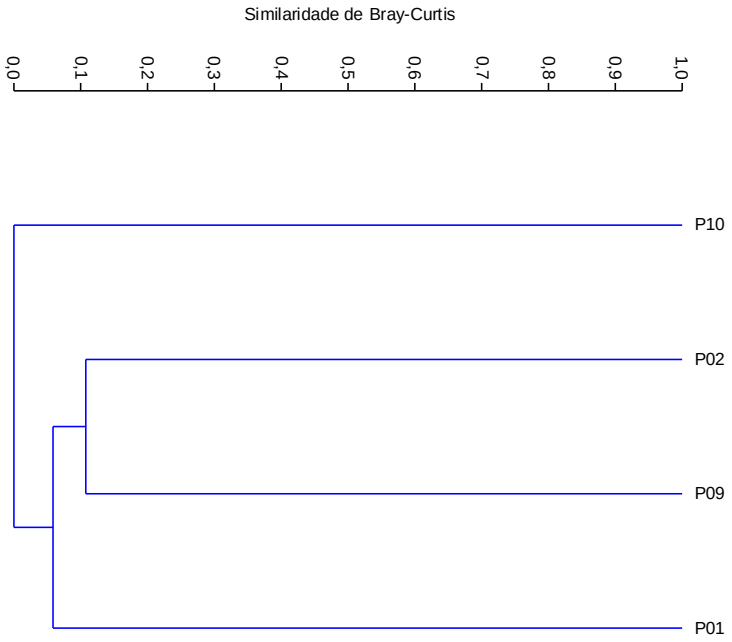


Figura 8.2-421 - Similaridade de invertebrados bentônicos - Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01 e 02 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,9902. Elaboração: Econsultt, 2021.

C.3. Comunidade bentônica associada à vegetação marginal

A Tabela 8.2-95 traz os resultados de composição e a quantidade de indivíduos bentônicos amostrados por meio da rede D, associados à vegetação marginal. Nesta avaliação, foram registrados apenas 12 táxons nos açudes amostrados, a maioria integrante da classe Insecta - ordem Diptera (6 táxons).

Os dípteros inventariados são integrantes das tribos Chironomini (*Asheum* sp., *Cladopelma* sp. e *Goeldichironomus* sp), Tanytarsini (*Caladomyia* sp.) e da família Stratiomyidae. Ainda nesta classe verificou-se a ocorrência de Ephemeroptera (família Caenidae) e Hemiptera (famílias Corixidae e Notonectidae). Exemplares da subclasse Oligochaeta, além de crustáceos da ordem Decapoda e da classe Ostracoda também foram componentes da fauna associada à vegetação marginal.

Assim como observado nas amostras de sedimentos, o açude Quixaba tendeu a apresentar a maior riqueza de invertebrados na vegetação marginal (6 táxons - P02 – novembro/20), contrastando com o açude Edson Queiroz (P10), onde foi registrado na primeira campanha apenas um táxon crustáceo da família Palaemonidae.

A quantidade de indivíduos variou entre 2 no açude Quixaba (P02), na primeira campanha, e 67 organismos no açude da Laís (P09), na segunda amostragem. Neste último, os maiores valores se associam aos hemípteros da família Notonectidae (65).

Tabela 8.2-95 - Riqueza e quantidade absoluta de indivíduos da comunidade bentônica - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ	
	P01		P02		P09		P10	
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Filo ANNELIDA								
Classe Clitellata								
Subclasse Oligochaeta								
Ordem Tubificida								
Família Naididae	-	1	-	-	-	1	-	1
Naididae N.I.	-	-	19	-	16	-	-	-
Subtotal	**-**	**1**	**19**	**-**	**16**	**1**	**-**	**1**
Filo ARTHROPODA								
Subfilo CRUSTACEA								
Classe Malacostraca								
Subclasse Eumalacostraca								
Superordem Eucarida								
Ordem Decapoda								
Subordem Pleocyemata								
Infraordem Caridea								
Família Palaemonidae	-	-	-	-	-	-	5	-
Classe Ostracoda	-	-	-	-	2	-	-	19
Subfilo HEXAPODA								
Classe Insecta								
Ordem Diptera								
Subordem Nematocera								
Família Chironomidae								
Subfamília Chironominae								
Tribo Chironomini								
Asheum sp.	4	-	3	-	-	-	-	-

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	AÇUDE QUIXABA (AID)				AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ	
	P01		P02		P09		P10	
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Cladopelma sp.	-	-	1	-	4	-	-	-
Goeldichironomus sp.	1	-	1	-	-	-	-	-
Tribo Tanytarsini	-	1	-	-	-	-	-	2
Caladomyia sp.	3	-	4	-	1	-	-	-
Família Stratiomyidae	-	-	-	1	-	-	-	-
Ordem Ephemeroptera								
Família Caenidae	-	-	1	-	-	-	-	-
Ordem Hemiptera								
Família Corixidae	-	-	-	-	-	1	-	-
Família Notonectidae	-	-	-	4	-	65	-	-
Subtotal	**8**	**1**	**10**	**5**	**7**	**66**	**5**	**21**
Total	**8**	**2**	**29**	**5**	**23**	**67**	**5**	**22**

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha. Elaboração: Econsultt, 2021.

D. Macrófitas aquáticas

D.1. Análise qualitativa

Composição taxonômica e riqueza de táxons

Na avaliação qualitativa da comunidade de macrófitas aquáticas nas duas campanhas realizada em novembro/20 e fevereiro/21, representativas dos períodos seco e chuvoso, respectivamente, detectou-se a presença de 25 táxons de macrófitas aquáticas, pertencentes a 23 gêneros e 16 famílias, integrantes dos grupos de samambaias e angiospermas.

Foram identificadas ao nível específico 22 táxons (88%), enquanto três permaneceram no nível genérico (12%), devido à ausência de material reprodutivo para a identificação ou por divergência taxonômica. Outros dois táxons foram identificados ao nível específico ou genérico, mas necessitam de confirmação (apresentado com a abreviação “cf.” antes do epíteto).

Na Tabela 8.2-96 consta a listagem de táxons de macrófitas aquáticas inventariadas na malha amostral, nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21), com os respectivos nomes populares, o tipo morfológico dominante e as espécies com potencial de infestação no ambiente aquático.

Nessa tabela lista-se também o potencial econômico das macrófitas aquáticas encontradas nos pontos de amostragem, considerando as plantas de uso medicinal, ornamentais e comestíveis. Além de mencionar aquelas que apresentam distribuição restrita no país, as espécies endêmicas e eventualmente constantes das listas de extinção.

Tabela 8.2-96 - Composição taxonômica de macrófitas aquáticas - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC).

TÁXON	NOME POPULAR	FORMA BIOLÓGICA	POTENCIAL DE INFESTAÇÃO	POTENCIAL ECONÔMICO			DISTRIBUIÇÃO RESTRITA NO BRASIL
				MEDICINAL	ORNAMENTAL	COMESTÍVEL	
Monilophytas (Samambaias)							
Salviniaceae							
Salvinia auriculata Aubl.	pasta, salvinia	Flutuante Livre	X		X		
Magnoliophytas (Angiospermas)							
Amaranthaceae							
Alternanthera paronichyoides St.Hil		Anfíbia					
Alternanthera tenella Colla	apaga-fogo, carrapichinho	Anfíbia	X	X			
Apocynaceae							
Calotropis procera (Aiton) WT Aiton	ciúme, flor-de-seda, hortência	Anfíbia	X	X	X		Naturalizada
Cryptostegia madagascariensis Bojer ex Decne.	unha-do-cão, viúva-alegre	Anfíbia	X		X		Naturalizada/ Nordeste
Asteraceae							
Pluchea sagittalis (Lam.) Cabrera	quitoco, madrecravo	Anfíbia	X	X	X		

TÁXON	NOME POPULAR	FORMA BIOLÓGICA	POTENCIAL DE INFESTAÇÃO	POTENCIAL ECONÔMICO			DISTRIBUIÇÃO RESTRITA NO BRASIL
				MEDICINAL	ORNAMENTAL	COMESTÍVEL	
Eclipta prostrata (L.) L.	agrião-do-brejo, erva-botão	Anfíbia	X	X			
Boraginaceae							
Euploca procumbens (Mill.) Diane & Hilger	crista-de-galo	Anfíbia					
Cleomaceae							
Tarenaya spinosa (Jacq.) Raf.	cleome, mussambê, sete-marias	Emergente	X		X		
Convolvulaceae							
Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. & Schult.	salsa, salsa-brava, salsa-do-rio	Anfíbia	X		X		Restrita ao Norte, Nordeste, Mato Grosso e Rio de Janeiro
Cyperaceae							
Fimbrystilis sp.		Anfíbia					
Cyperus odoratus L.	junça-de-ouriço,	Anfíbia	X				

TÁXON	NOME POPULAR	FORMA BIOLÓGICA	POTENCIAL DE INFESTAÇÃO	POTENCIAL ECONÔMICO			DISTRIBUIÇÃO RESTRITA NO BRASIL
				MEDICINAL	ORNAMENTAL	COMESTÍVEL	
	tiriricão, junça						
Fabaceae							
Indigofera microcarpa Desv.	caachira, erva-d'anir	Anfíbia					Endêmica do Brasil. Restrita ao Nordeste e Sudeste
Malvaceae							
Melochia tomentosa L.	guanxuma-roxa	Anfíbia					Restrita ao Nordeste e Centro-Oeste
Sida cf *cordifolia* L.	malva-branca, guanxuma-branca	Anfíbia	X				
Sidastrum micranthum (A.St.-Hil.) Fryxell	malva-preta, malva, malvisco	Anfíbia	X	X			Restrita ao Nordeste, Sudeste, Goiás e Paraná
Molluginaceae							
Glinus radiatus (Ruiz & Pav.) Rohrb.	beldroega, beldroeguinha	Anfíbia					

TÁXON	NOME POPULAR	FORMA BIOLÓGICA	POTENCIAL DE INFESTAÇÃO	POTENCIAL ECONÔMICO			DISTRIBUIÇÃO RESTRITA NO BRASIL
				MEDICINAL	ORNAMENTAL	COMESTÍVEL	
Onagraceae							
Ludwigia erecta (L.) H. Hara	cruz-de-malta	Anfíbia	X				
Ludwigia helminthorrhiza (Mart.) H. Hara	florzeiro	Flutuante fixa		X	X		Restrita ao Norte, Nordeste e Centro-Oeste
Plantaginaceae							
Stemodia maritima L.	melosa	Anfíbia					Restrita ao Nordeste e Rio de Janeiro
Poaceae							
Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone	capim-elefante, capim-napier	Emergente	X				Naturalizada
Urochloa sp.	braquiária	Anfíbia	X				Naturalizada
cf *Echinochloa* sp.		Emergente	X				Naturalizada
Polygonaceae							
*Polygonum diospyrifolium*Cham. & Schltdl.	erva-de-bicho	Emergente					Endêmica do Brasil. Restrita ao Sudeste e Sul

TÁXON	NOME POPULAR	FORMA BIOLÓGICA	POTENCIAL DE INFESTAÇÃO	POTENCIAL ECONÔMICO			DISTRIBUIÇÃO RESTRITA NO BRASIL
				MEDICINAL	ORNAMENTAL	COMESTÍVEL	
Solanaceae							
Nicotiana glauca Graham	charuto-do-rei, figueira-da-índia	Anfíbia	X	X	X		Naturalizada. Restrita ao Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul

Elaboração: Econsultt, 2021.

Conforme apresentado na Figura 8.2-422, se destacou pela maior representatividade nos ambientes estudados as famílias Malvaceae e Poaceae, contribuindo com três táxons, seguida das famílias Amaranthaceae, Apocynaceae, Asteraceae, Cyperaceae e Onagraceae com dois táxons, cada.

A família Malvaceae possui distribuição predominantemente pantropical, incluindo cerca de 250 gêneros e 4.200 espécies. No Brasil ocorrem aproximadamente 80 gêneros e 400 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008).

Em geral, as famílias Cyperaceae e Poaceae tendem a apresentar maior riqueza específica em ambientes aquáticos, devido à sua ampla distribuição, com mais de 5.000 e 10.000 espécies, respectivamente (WATSON & DALLWITZ, 1992; GOETGHEBEUR, 1998), estimando-se que 30% e 9% dos gêneros correspondam à vegetação aquática (COOK, 1999; RUTISHAUSER, 2010). Essas famílias possuem sistema subterrâneo complexo formado por rizomas e tubérculos, alguns dotados de estolhos subterrâneos, que permitem eficiente propagação vegetativa e, consequentemente, maior competitividade e dominância (GOETGHEBEUR, 1998).

Amaranthaceae, Asteraceae e Onagraceae possuem distribuição cosmopolita. A família Amaranthaceae inclui cerca de 170 gêneros e 2.000 espécies, sendo que no Brasil ocorrem 20 gêneros nativos e aproximadamente 100 espécies.

A família Asteraceae é uma das famílias mais expressivas com 1.600-1.700 gêneros e 24.000-34.000 espécies. No Brasil a família também está bem representada, ocorrendo aproximadamente 250 gêneros e 2.000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008).

A família Onagraceae possui apenas quatro gêneros e cerca de 50 espécies no Brasil, tais como *Ludwigia*, registrado nesse levantamento, com ocorrência em todo país, associado principalmente a locais alagáveis (SOUZA & LORENZI, 2008).

A família Apocynaceae é predominantemente pantropical, com cerca de 400 gêneros e 3.700 espécies, ocorrendo aproximadamente 95 gêneros e 850 espécies no Brasil (SOUZA & LORENZI, 2008).

As demais famílias foram representadas na rede amostral por apenas um táxon (Boraginaceae, Cleomaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Molluginaceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Salviniaceae e Solanaceae).

Nas amostragens realizadas no ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) as famílias mais representativas foram Cyperaceae, com sete espécies, seguida de Poaceae e Onagraceae com quatro táxons, cada.

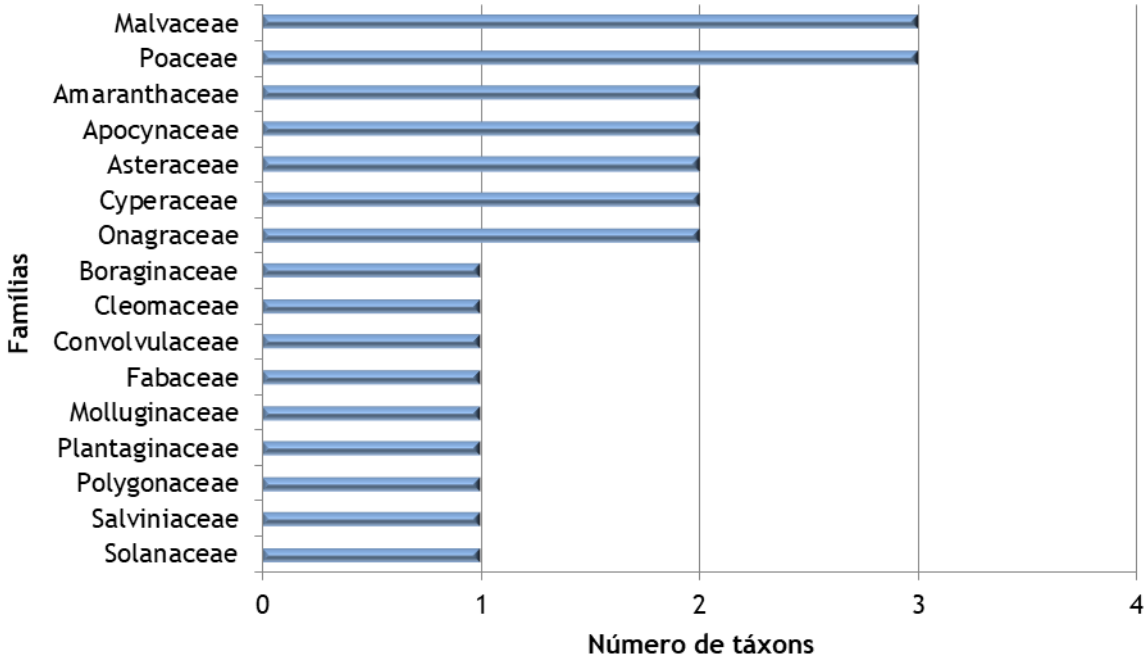


Figura 8.2-422 - Riqueza de táxons de macrófitas aquáticas por família - Projeto de Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC).

Elaboração: Econsultt, 2021

Formas biológicas

Considerando as formas biológicas, verifica-se na malha amostral um predomínio de anfíbias, compreendendo 19 táxons (76%), seguida das emergentes com quatro táxons (16%) e com menor expressão, foi registrado um táxon para flutuante fixa e um para flutuante livre (4%), conforme Tabela 8.2-96. Esses resultados corroboram as informações da literatura, que, em geral, relatam a ocorrência de maior número de espécies de macrófitas aquáticas anfíbias e emergentes nos ambientes aquáticos.

O predomínio dessas formas biológicas decorre, principalmente, de suas adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem que as anfíbias vivam tanto em ambientes aquáticos quanto em terrestres e as emergentes habitem as zonas litorâneas, áreas onde são encontradas as maiores concentrações dessas plantas.

As famílias Cyperaceae e Poaceae são bem representadas pela forma biológica anfíbia, provavelmente pelo fato destas serem ruderais, que são bem adaptadas a qualquer tipo de sedimento e condições climáticas.

Nas amostragens anteriores (2011) também foram verificados predomínio de anfíbias (60,5%), seguida das emergentes (15,8%) e flutuantes fixas (7,9%), porém houve registro de

outras formas biológicas como flutuantes livres (7,9%), submersas fixas (5,3%) e epífitas (2,6%).

Potencial de infestação

Do conjunto de macrófitas identificadas na rede amostral, a maioria dos táxons (64%) é considerada infestante ou daninha, de acordo com a literatura consultada (KISSMANN, 1997; KISSMANN & GROTH, 1999 e 2000; LORENZI, 2008). Contudo, cabe indicar que, na área amostrada do projeto de Santa Quitéria em novembro/20 e fevereiro/21, a maioria das espécies apresentaram baixa frequência e área de cobertura inferior a 25%.

Mesmo assim merece atenção a espécie *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (viúva-alegre), a qual é naturalizada e possui porte arbustivo capaz de formar maciços populacionais em diversos nichos da caatinga e ecossistemas associados, sobretudo nos sítios mais úmidos, podendo alterar as características da vegetação nativa, causando o desaparecimento das espécies autóctones, como as carnaubeiras (SOUZA *et al.*, 2017).

Destacam-se ainda as espécies *Calotropis procera* (ciúme) e *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei), também naturalizadas. *C. procera* é uma planta daninha frequente nas regiões semiáridas do Nordeste do país e do Vale do São Francisco e de difícil erradicação, tolerante a seca, que ocorre principalmente em pastagens, beira de estradas e terrenos baldios (LORENZI, 2008).

A espécie *N. glauca* (charuto-do-rei) é uma grande ameaça a biodiversidade, pois pode alterar o ciclo dos nutrientes encontrados no solo e a disponibilidade hídrica, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas locais. Ela propaga-se rapidamente devido ao tamanho reduzido da sua semente (PROFIRO & BRAGA, 2020). Essas três espécies foram registradas na malha amostral do projeto Santa Quitéria como frequentes e área de cobertura máxima de 25% na maioria dos pontos, conforme detalhado mais adiante.

Potencial econômico

Entre as espécies identificadas na malha amostral, sete apresentam valor medicinal (LORENZI & MATOS, 2002), oito são ornamentais (LORENZI & SOUZA, 2001) e nenhuma é utilizada como alimento (POTT & POTT, 2000), conforme Tabela 8.2-96.

As espécies *Sidastrum micranthum* (malva-preta) e *Eclipta prostrata* (agrião-do-brejo) são empregadas na cura de diversas doenças, conforme detalhado em Lorenzi & Matos, 2002. As folhas de *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) são usadas na medicina popular como

diuréticas (KISSMANN & GROTH, 1999). A espécie *Ludwigia helminthorrhiza* (lombrigueira) possui tanto valor medicinal sendo cicatrizante, como ornamental para aquários.

As espécies de *Calotropis procera* (ciúme) e *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei), além de serem utilizadas na medicina caseira em algumas regiões do país, foram amplamente introduzidas e dispersas devido ao valor ornamental, sendo atualmente consideradas invasoras principalmente na caatinga (FABRICANTE, 2013), assim como a espécie *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre) que possui forte potencial ornamental e por isso se tornou infestante em vários países (I3N, 2021).

Muitas espécies da família Convolvulaceae são empregadas como plantas ornamentais devido a suas flores vistosas, como é o caso de *Ipomoea asarifolia* (salsa-brava), registrada na área amostrada. A espécie *Tarenaya spinosa* (mussambê) da família Cleomaceae também possui flores de pétalas vistosas e longos estames coloridos.

Distribuição no Brasil – Ocorrência de espécies endêmicas e legalmente protegidas

A maioria (59%) das espécies de macrófitas aquáticas registradas em novembro/20 e fevereiro/21 apresenta ampla distribuição (Flora do Brasil, 2020), com exceção de nove espécies, as quais possuem ocorrência restrita entre uma e quatro regiões do país conforme detalhado na Tabela 8.2-96.

Segundo consta na Flora do Brasil (*op. cit.*), a maioria (73%) das plantas obtidas no levantamento realizado nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21) é nativa, exceto seis espécies (*Calotropis procera, Cryptostegia madagascariensis, Cenchrus purpureus, Urochloa* sp., *Echnochloa* sp. *e Nicotiana glauca*), as quais são naturalizadas no país. Embora estas espécies sejam consideradas como naturalizadas pela Flora do Brasil, pelo menos três delas (*Calotropis procera, Cryptostegia madagascariensis e Nicotiana glauca*) são consideradas como exóticas e invasoras da caatinga em outras literaturas (FABRICANTE, 2013; INSTITUTO HORUS, 2021; SOUZA *et al.*, 2017).

São consideradas plantas naturalizadas as espécies vegetais introduzidas em uma determinada região geográfica, que se adaptam às condições locais e estabelecem populações capazes de se reproduzir espontaneamente (sem intervenção humana) e sustentar populações por muitas gerações. Planta exótica tem sua presença em um determinado local devido à introdução intencional ou acidental, como resultado de atividade humana (SCHNEIDER, 2007).

Somente as espécies *Indigofera microcarpa* (caachira) e *Polygonum diospyrifolium* (erva-de-bicho) são consideradas endêmicas do Brasil e nenhuma é considerada endêmica do local de estudo, bem como nenhuma espécie se encontra ameaçada e protegida por legislação estadual e/ou federal, ou é considerada rara ou descrita nas listas da Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora Selvagens (CITES).

Distribuição espacial e frequência de ocorrência na malha amostral

Na Tabela 8.2-97 e na Figura 8.2-423 constam a riqueza de táxons, a frequência e a frequência de ocorrência (FO) das macrófitas aquáticas por forma biológica nos pontos monitorados.

Nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21), foram detectadas macrófitas aquáticas em todos os pontos amostrados. O máximo de riqueza foi computado no ponto P10 (açude Edson Queiroz), com 13 táxons nas duas campanhas, seguido do ponto P02 (açude Quixaba) com oito táxons na segunda campanha e dos pontos P08 (açude Morrinhos) e P09 (açude da Laís) com sete táxons cada, na primeira campanha. Os pontos P01, P08 e P09 apresentaram seis táxons na segunda campanha assim com o ponto P02 na primeira coleta. A menor riqueza foi registrada no ponto P01 (açude Quixaba), com cinco táxons em novembro/20.

Não foi possível observar diferenças relevantes na riqueza de espécies entre o período seco e chuvoso, provavelmente devido a maioria dos açudes monitorados apresentarem níveis baixos nas duas campanhas.

Ao comparar a riqueza de táxons da primeira campanha (novembro/2020) com a terceira campanha (julho/2011) da amostragem anterior, representativa também do período seco, verifica-se que a riqueza pontual se manteve com valores aproximados em todos os pontos, tendo o valor mínimo de cinco táxons no ponto P01 (açude Quixaba) e máximo de 13 táxons no ponto P10 (açude Edson Queiroz).

Nas campanhas representativas do período chuvoso de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), foram obtidos maiores valores de riqueza por ponto na primeira amostragem (abril/2011) com mínimo de 10 táxons no ponto P09 (açude da Laís) e máximo de 14 táxons no ponto P02 (açude Quixaba). A riqueza total se manteve com valores aproximados entre as duas amostragens com 25 táxons, tanto no período seco quanto chuvoso de 2011.

Quanto à forma biológica, nas duas campanhas mais recentes (novembro/20 e fevereiro/21) as anfíbias ocorreram em toda a malha amostral, obtendo assim a maior frequência de ocorrência entre os pontos (100%), seguidas das emergentes (90%). Com menor ocorrência ficaram a flutuante fixa e livre com 10%, cada.

Na amostragem de 2011 registrou-se maior diversidade de formas biológicas nos pontos P09 (açude da Laís) e P10 (açude Edson Queiroz) com ocorrência de flutuantes livres e fixas, submersas fixas e epífitas, além das anfíbias e emergentes.

Conforme citado, em campo observou-se que o nível de todos os açudes em novembro/20 e fevereiro/21 estava abaixo do verificado nas amostragens anteriores realizadas em 2011, com destaque para o açude Morrinhos (P08) que estava totalmente seco. Este fato contribuiu para a predominância de anfíbias e emergentes em toda a área amostrada, já que são plantas que resistem mais ao período de estiagem.

Tabela 8.2-97 - Riqueza e frequência de táxons de macrófitas aquáticas por forma biológica-Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

FORMAS BIOLÓGICAS	AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO		AÇUDE MORRINHOS		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA
	P01 (AID)		P02 (AID)		P08 (AID)		P09		P10			
	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Anfíbia	4	5	6	7	4	5	6	5	10	11	10	100
Emergente	1	1	0	1	3	1	1	1	2	1	9	90
Flutuante livre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10
Flutuante fixa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	10
Riqueza de táxons	5	6	6	8	7	6	7	6	13	13		

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha. Elaboração: Econsultt, 2021

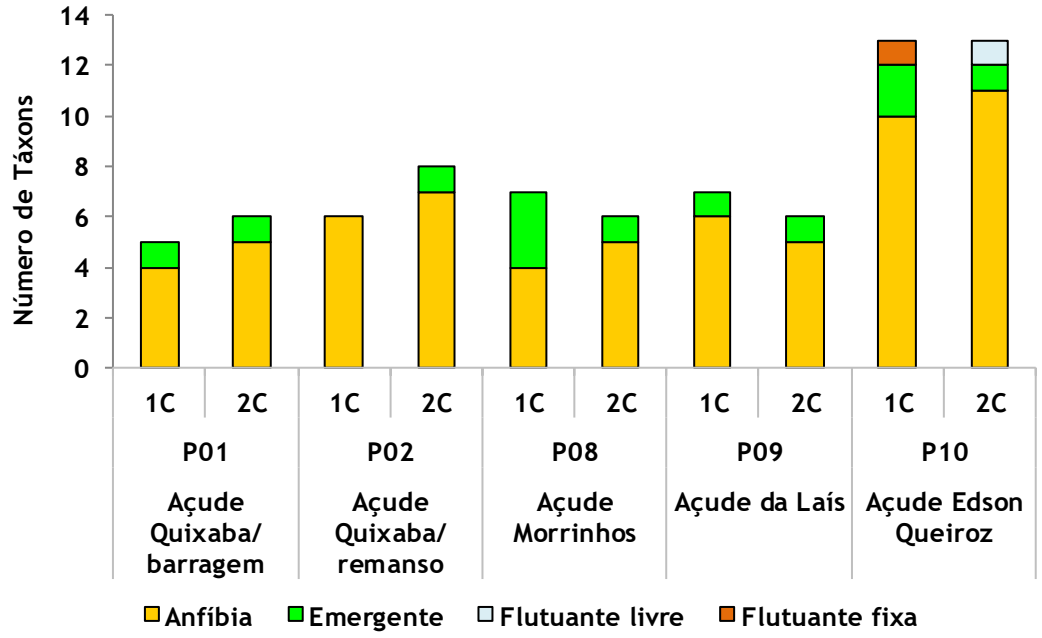


Figura 8.2-423 - Riqueza de táxons de macrófitas aquáticas por forma biológica - Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Elaboração: Econsultt, 2021.

Conforme demonstrado na Figura 8.2-424, a maioria (44%) dos táxons foi classificada como pouco frequente, com presença entre 17 e 50% dos pontos amostrados. Oito táxons (32%) ocorreram em apenas uma amostra e foram considerados esporádicos, obtendo frequência menor que 17%.

Apenas três táxons foram classificados como frequente com presença entre 50 e 80% dos pontos e três táxons foram considerados como muito frequentes com percentuais iguais ou superiores a 80% das amostras coletadas na rede de amostragem.

A espécie mais frequente (100%) foi a *Sida* cf. *cordifolia* (malva-branca), seguida das espécies *Sidastrum micranthum* (malva-preta) e *Tarenaya spinosa* (mussambê) presente em 90% da amostragem total. As espécies *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre), *Stemodia maritima* (melosa) e *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) ocorreram em cinco ou seis amostras sendo classificadas como frequente. A maioria destas espécies possui a forma biológica anfíbia, a qual possui adaptações para sobreviver tanto na área alagada quanto na área seca e por isso ocorreram na maioria dos pontos amostrados, já que os açudes estavam com nível baixo e elas sobreviveram nas margens.

As espécies *Sida* cf. *cordifolia* (malva-branca) e *Sidastrum micranthum* (malva-preta) são consideradas daninhas em áreas de pastagens, beira de estradas, pomares e terrenos baldios (KISSMANN & GROTH, 2000).

A espécie *Tarenaya spinosa* (mussambê) é uma planta daninha típica de terrenos úmidos e arenosos, principalmente das regiões Norte e Nordeste do país. É indesejável devido a presença de grande quantidade de espinhos em seus ramos (LORENZI, 2008). Ocupa áreas inundadas durante o período chuvoso, por isso foi considerada nesse levantamento como emergente.

Segundo Souza *et al*. (2017), Instituto Horus (2021) e Fabricante *et al*. (2020), a espécie *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre) tem sido considerada como exótica invasora na Caatinga, pois, apesar de arbustiva, também se comporta como liana, desenvolvendo ramos que podem alcançar alturas consideráveis e usar outras plantas como suporte. Com esse hábito de crescimento, essa espécie vem causando danos à vegetação das matas ciliares da Caatinga cearense, competindo principalmente com a *Copernicia prunifera* (carnaubeira) (SOUZA *et al*., 2017).

A espécie *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) se estabelece rapidamente em sítios recém-formados como as áreas de supressão de vegetação, também ocupa sítios degradados e áreas agrícolas. Apesar de pouco comum, já se nota aumento considerável no número de populações em outras regiões do semiárido nordestino, possuindo potencial alelopático, que diminui significativamente a germinação e desenvolvimento de outras espécies a partir de 5% de concentração dos extratos (FABRICANTE, 2013).

Nas coletas anteriores (abril a agosto/11) a maioria das espécies foi classificada como pouco frequentes, assim como observado nas campanhas mais recentes. Nas amostragens de 2011, apenas três espécies foram consideradas frequentes (*Stemodia maritima, Polygonum ferrugineum* e *Urochloa fusca*).

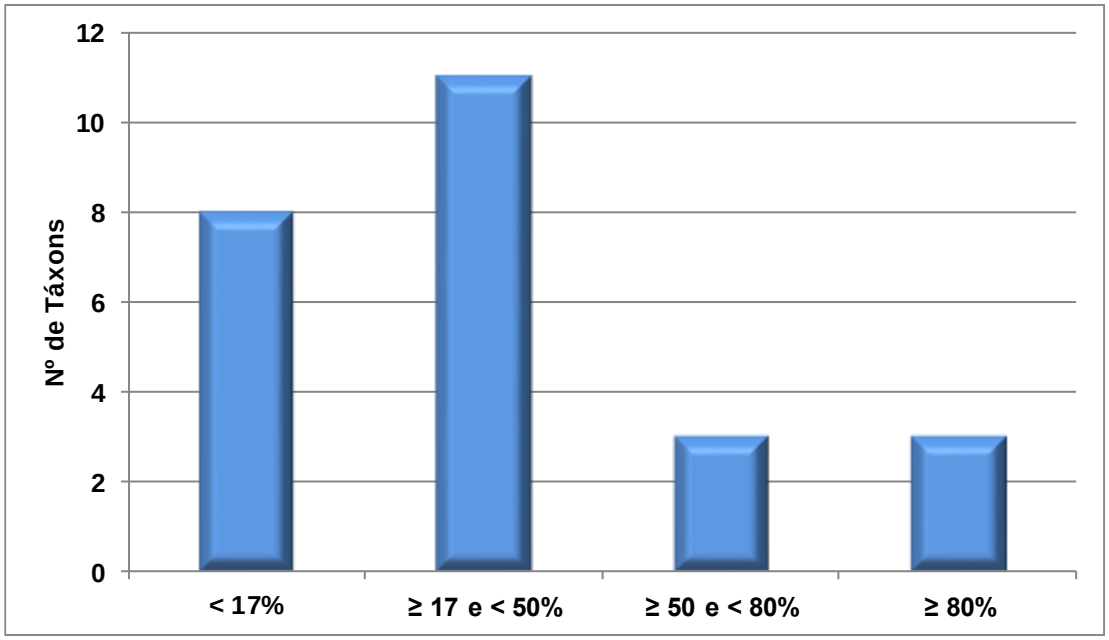


Figura 8.2-424 - Frequência de ocorrência dos táxons de macrófitas aquáticas - Projeto Santa Quitéria - novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC).

Elaboração: Econsultt, 2021.

Área de Cobertura

Na avaliação de área de cobertura da comunidade de macrófitas aquáticas, a maioria (88%) dos táxons apresentou cobertura pequena e rara (<1%, Índice R). Dez táxons apresentaram cobertura esporádica (<5%, Índice 1), as espécies *Calotropis procera* (ciúme), *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre), *Sida* cf. *cordifolia* (malva-branca) e *Sidastrum micranthum* (malva-preta) foram registradas com cobertura rala (entre 5 e 25%, índice 2) em pelo menos uma amostra, conforme Tabela 8.2-98.

Quatro espécies apresentaram cobertura dispersa com numerosos indivíduos (entre 25 e 50%, índice 3), *Sida* cf. *cordifolia* (malva-branca) nos pontos P02 (açude Quixaba) e P09 (açude da Laís), *Sidastrum micranthum* (malva-preta) no ponto P01 (açude Quixaba) e *Tarenaya spinosa* (mussambê) no ponto P08 (açude Morrinhos), na primeira campanha (novembro/20). A maioria dessas espécies possuem forma biológica anfíbia e estavam predominantes na malha amostral devido ao período seco, reduzindo a área de cobertura para esporádica no período chuvoso (fevereiro/21).

Outra espécie que apresentou essa área de cobertura (entre 25 e 50%, índice 3) foi a *Nicotiana glauca*, no ponto P02 (açude Quixaba), porém ao contrário das demais citadas acima, aumentou a área de cobertura do período seco para chuvoso, principalmente nesse ponto (P02), onde foram observados muitos indivíduos jovens no leito seco do açude, além das margens conforme demostrado na Figura 8.2-425 e Figura 8.2-426. Dessa forma, a

espécie merece atenção, pois, devido a suas altas taxas de transpiração pode comprometer o desenvolvimento da comunidade nativa em áreas de clima seco (BRANDES, 2000; SANZ-ELORZA *et al.*, 2004 *apud* FABRICANTE *et al.* 2015).

Figura 8.2-425 - Leito do açude Quixaba (P02) no período seco (novembro/20). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142.

Figura 8.2-426 - Banco de *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) no leito do açude Quixaba (P02) no período chuvoso (fevereiro/21). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142.

Fonte: Econsultt, 2021.

Em todos os pontos, a área livre de macrófitas aquáticas na lâmina d'água foi maior que 75%, não tendo sido registrados bancos expressivos e homogêneos desses vegetais dentro dos cursos da água, somente nas margens. Neste sentido, as áreas de cobertura dos táxons de macrófitas aquáticas nos açudes amostrados não são extensas, o que indica um equilíbrio na comunidade, sem a presença de espécies dominantes ou codominantes em todos os pontos de coleta.

Nas coletas anteriores realizadas no ano de 2011 foram registrados bancos expressivos e homogêneos das espécies *Polygonum ferrugineum* (erva-debicho) e *Salvinia auriculata* (pasta), com área de cobertura acima de 75% nos pontos P09 (açude da Laís) e P10 (açude Edson Queiroz). Observou-se, portanto, uma diminuição relevante da área de cobertura de macrófitas aquáticas principalmente nesses açudes nas últimas amostragens (novembro/20 e fevereiro/21), o que pode ser devido à redução no nível dos açudes nas campanhas mais recentes em relação ao período anterior, com destaque para o açude Morrinhos (P08) que estava totalmente seco.

Nas Figura 8.2-427 a Figura 8.2-436 a seguir são ilustradas algumas espécies de macrófitas aquáticas registradas em novembro/20 e fevereiro/21.

Figura 8.2-427 - *Sidastrum micranthum* (malva-preta) no açude Quixaba (P01). Coordenadas: 9.493.297/ 413.664.

Figura 8.2-428 - *Sida cf cordifolia* (malva-branca) no açude Quixaba (P01). Coordenadas: 9.493.278/ 413.649

Figura 8.2-429 - *Calotropis procera* (ciúme) no açude Quixaba (P02). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142.

Figura 8.2-430 - *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre) no açude Quixaba (P02). Coordenadas: 9.493.246/ 414.142.

Figura 8.2-431 - *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei) no açude Morrinhos (P08). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689.

Figura 8.2-432 - *Glinus radiatus* no açude Morrinhos (P08). Coordenadas: 9.496.138/ 409.689.

Figura 8.2-433 - *Stemodia maritima* (melosa) no açude da Laís (P09). Coordenadas: 9.482.905/ 423.077.

Figura 8.2-434 - *Alternanthera paronichyoides* no açude da Laís (P09). Coordenadas: 9.482.905/ 423.077.

Figura 8.2-435 - *Indigofera* cf *microcarpa* (caachira) no açude Edson Queiroz (P10). Coordenadas: 9.529.266/ 382.315.

Figura 8.2-436 - *Salvinia auriculata* (pasta) no açude Edson Queiroz (P10). Coordenadas: 9.529.183/ 382.295.

Fonte: Econsultt, 2021.

Tabela 8.2-98 - Índice de cobertura por ponto de coleta e frequência de ocorrência – Projeto Santa Quitéria -Novembro/20 (1ªC) e Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 9 e 10, embora fora da All foram incluídos devido a importância no contexto regional.

TÁXONS	FORMAS BIOLÓGICAS	ÍNDICE DE COBERTURA										FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
		AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO		AÇUDE MORRINHOS		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ			
		P01 (AID)		P02 (AID)		P08 (AID)		P09		P10			
		1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Alternanthera paronichyoides St.Hil	Anfíbia							R				1	10
Alternanthera tenella Colla	Anfíbia									R	R	2	20
Calotropis procera (Aiton) WT Aiton	Anfíbia			2	1					R	R	4	40
Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone	Emergente					1						1	10
cf Echinochloa sp.	Emergente									R		1	10
Cryptostegia madagascariensis Bojer ex Decne.	Anfíbia	2	R	R				R	R			5	50
Cyperus odoratus L.	Anfíbia									R	R	2	20
Eclipta prostrata (L.) L.	Anfíbia									R	R	2	20
Euploca procumbens (Mill.) Diane & Hilger	Anfíbia									R	R	2	20
Fimbrystilis sp.	Anfíbia							R	R		1	3	30

TÁXONS	FORMAS BIOLÓGICAS	ÍNDICE DE COBERTURA										FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
		AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO		AÇUDE MORRINHOS		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ			
		P01 (AID)		P02 (AID)		P08 (AID)		P09		P10			
		1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Glinus radiatus (Ruiz & Pav.) Rohrb.	Anfíbia				R		R					2	20
Indigofera microcarpa Desv.	Anfíbia									R	R	2	20
Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. & Schult.	Anfíbia									R	R	2	20
Ludwigia erecta (L.) H.Hara	Anfíbia									R	R	2	20
Ludwigia helminthorrhiza (Mart.) H.Hara	Flutuante fixa									R		1	10
Melochia tomentosa L.	Anfíbia	R	R									2	20
Nicotiana glauca Graham	Anfíbia		1	R	3	1	1					5	50
Pluchea sagittalis (Lam.) Cabrera	Anfíbia				R							1	10
Polygonum diospyrifoliumCham. & Schltdl.	Emergente					1						1	10
Salvinia auriculata Aubl.	Flutuante livre										R	1	10
Sida cf cordifolia L.	Anfíbia	2	1	3	1	1	2	3	1	R	R	10	100

TÁXONS	FORMAS BIOLÓGICAS	ÍNDICE DE COBERTURA										FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (%)
		AÇUDE QUIXABA/ BARRAGEM		AÇUDE QUIXABA/ REMANSO		AÇUDE MORRINHOS		AÇUDE DA LAÍS		AÇUDE EDSON QUEIROZ			
		P01 (AID)		P02 (AID)		P08 (AID)		P09		P10			
		1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC		
Sidastrum micranthum (A.St.-Hil.) Fryxell	Anfíbia	3	1	R	2		1	R	2	R	R	9	90
Stemodia maritima L.	Anfíbia			R	R	1	R	R	R			6	60
Tarenaya spinosa (Jacq.) Raf.	Emergente	R	1		1	3	1	R	R	R	R	9	90
Urochloa sp.	Anfíbia					1						1	10

Legenda - 1ªC: primeira campanha; 2ªC: segunda campanha; R: Rara. Fonte: Econsultt, 2021.

Análise de similaridade

Na primeira campanha, a análise de similaridade (Figura 8.2-437) apontou baixa semelhança em relação à comunidade de macrófitas aquáticas entre os distintos açudes amostrados, sendo o maior grau de similaridade verificado entre os açudes Quixaba (P01) e da Laís (P09). Nestes açudes houve predomínio de macrófitas anfíbias e emergentes nas margens.

Em contraste, o açude Edson Queiroz (P10) ficou isolado dos demais pontos, em função das características distintas, principalmente com relação a tamanho e capacidade de armazenamento. Neste local, foram registradas espécies e formas biológicas que não ocorreram nos demais pontos, como por exemplo a espécie *Ludwigia helminthorriza* (florzeiro), uma flutuante fixa.

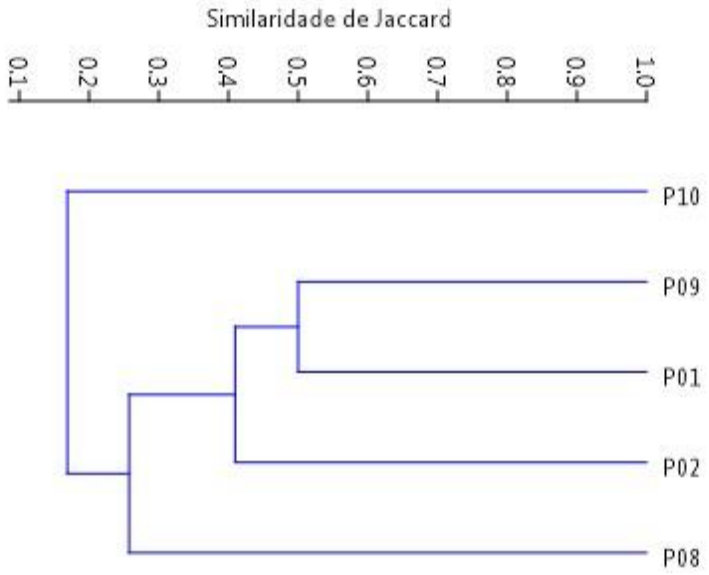


Figura 8.2-437 - Similaridade de macrófitas aquáticas - Projeto Santa Quitéria - Novembro/20 (1ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente cofenético = 0,9562. Elaboração: Econsultt, 2021.

Na segunda campanha, a análise de similaridade (Figura 8.2-438) também demonstrou uma composição distinta de macrófitas, sobretudo no açude Edson Queiroz (P10). O maior nível de similaridade foi obtido entre o açude Quixaba (P02) e Morrinhos (P08), ambientes que registraram em comum as espécies anfíbias *Glinus radiatus, Nicotiana glauca, Sida* cf. *cordifolia, Stemodia maritima* e a emergente *Tarenaya spinosa*.

De modo geral, os agrupamentos obtidos nesta segunda campanha são análogos aos verificados na primeira coleta, o que evidencia semelhança entre os períodos amostrados

para maioria dos pontos, possivelmente devido ao nível baixo dos açudes nas duas amostragens.

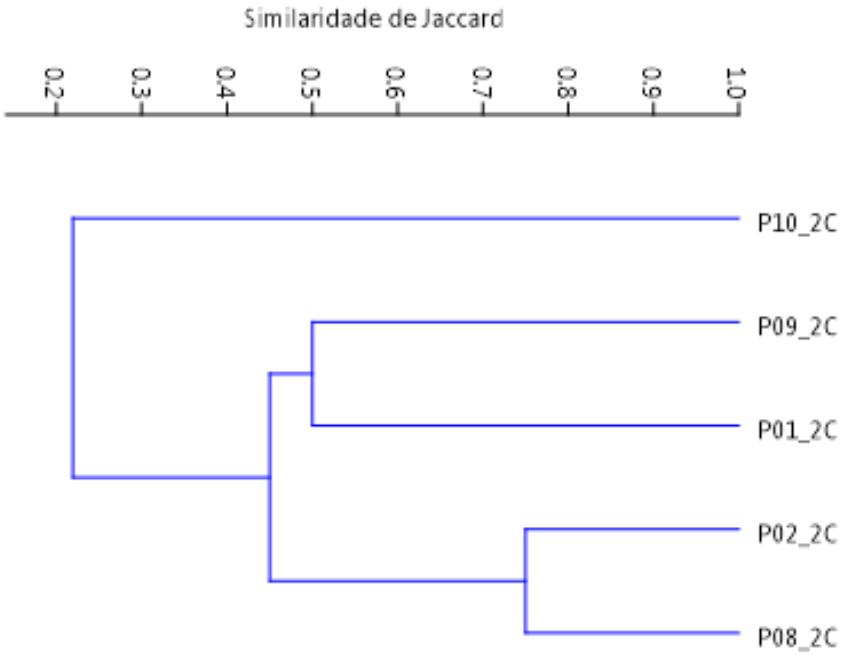


Figura 8.2-438 - Similaridade de macrófitas aquáticas - Projeto Santa Quitéria - Fevereiro/21 (2ªC). Pontos 01, 02 e 08 na AID. Pontos 9 e 10, embora fora da AII foram incluídos devido a importância no contexto regional.

Coeficiente Cofenético: 0,9744.

8.2.2.2.3. Bioindicadores ambientais

Os organismos planctônicos são excelentes bioindicadores das condições ambientais e da saúde do meio aquático, pois são sensíveis às mudanças na qualidade da água, respondem a baixos níveis de oxigênio dissolvido, elevados níveis de nutrientes, contaminantes tóxicos e predação (CASÉ et al., 2008).

O fitoplâncton é muito útil como indicador biológico para a qualidade da água, com sua utilização bem documentada em numerosos estudos investigando suas respostas a várias fontes de stress. As comunidades zooplanctônicas e bentônicas também atuam como bioindicadores da qualidade ambiental. Estes grupos reúnem organismos que exigem certas características físicas, químicas e biológicas para se instalarem e proliferarem nos ambientes. A alteração de qualquer uma dessas características pode gerar estresse e provocar uma redução no número total de espécies ou organismos presentes nas comunidades (CETESB, 2006).

Conforme citado, os organismos bentônicos constituem também excelentes bioindicadores, pois possuem baixa mobilidade, apresentam seletividade quanto ao habitat, refletindo com maior exatidão eventuais desequilíbrios, seja pela introdução de compostos contaminantes e poluentes nos corpos d'água, seja pela alteração física do substrato ocasionada, por exemplo, pelo transporte de sólidos na área de drenagem.

Neste tópico são apontadas as principais espécies ou grupos bioindicadores da qualidade ambiental, segundo a literatura consultada, tendo como foco os exemplares das comunidades planctônicas e bentônicas que foram mais abundantes nas duas campanhas mais recentes, realizadas nos meses de novembro/2020 e fevereiro/2021.

Para o fitoplâncton destacaram-se em termos de abundância, na malha amostral, as algas da classe Cryptophyceae. Esse grupo é indicador de perturbações no meio aquático. Conforme citado, as criptofíceas são consideradas oportunistas, aumentando sua densidade quando a das demais algas decrescem. Oliveira & Calheiros (2000) associaram a dominância de Cryptophyceae às condições adversas para o desenvolvimento de algas de outros grupos, como baixa disponibilidade de nutrientes. Segundo Klaveness (1988), elas ocorrem em diversos sistemas aquáticos, com picos de desenvolvimento depois de perturbações e misturas ocasionadas por vento ou precipitação. Isaksson (1998) relatou sua capacidade de absorver compostos dissolvidos no meio, podendo crescer em baixas luminosidades.

As cianobactérias, que também foram abundantes na malha amostral, exemplo dos gêneros *Aphanocapsa*, *Cyanogranis*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena* e *Raphidiopsis*, podem indicar aumento do grau de trofia do meio aquático. Esse grupo, além de tolerarem elevadas temperaturas e maior incidência de radiação ultravioleta, as cianobactérias podem utilizar várias formas de nitrogênio disponíveis no sistema aquático, como nitrato e amônia, ou gás nitrogênio presente na atmosfera, característica exclusiva desse grupo do fitoplâncton, conforme citado anteriormente, conferindo vantagem para seu desenvolvimento (WHITTON, 1992).

Algumas espécies de cianobactérias, a exemplo de *Microcystis aeruginosa*, verificada no açude Edson Queiroz, quando presente em grandes densidades, em sistemas eutrofizados, podem causar toxicidade (MMA, 2016).

Nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21, o zooplâncton foi dominado por microcrustáceos Cyclopoida (náuplios e copepoditos) e rotíferos, tendo destaque as espécies *Brachionus angularis e Brachionus calyciflorus*. Os rotíferos da família Brachionidae, uma das mais importantes para o zooplâncton, e especialmente o gênero *Brachionus*, são apontados como indicadores de águas eutróficas (SOARES *et al.*, 2010) e, alguns exemplares

como *Brachionus angularis* e *B. calyciflorus* são espécies cosmopolitas, com ocorrência em águas altamente poluídas (SLÁDEÈEK, 1983).

Além disso, de acordo com a CETESB (2006), uma das relações entre grupos zooplanctônicos frequentemente citada na literatura é a predominância dos rotíferos sobre os demais grupos (copépodes e cladóceros) com o aumento do estado trófico e outra abordagem explorada na literatura é a relação entre o aumento na razão Calanoida/(Cyclopoida+Cladocera) e a redução do estado trófico do ambiente aquático. A predominância de calanóides sobre ciclopóides, independente da composição de espécies, ocorre preferencialmente em ambientes oligo-mesotróficos (MATSUMURA-TUNDISI, 1999) e a predominância de ciclopóides ocorre frequentemente em sistemas eutróficos.

Na comunidade bentônica dos açudes amostrados, nas campanhas de 2020 e 2021, as larvas de insetos dípteros e as oligoquetas da família Naididae se sobressaíram em termos de densidade. Dentre esses, oligoquetas da família Naididae são organismos comumente encontrados em ambientes ricos em matéria orgânica e com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (DORNFELD *et al.*, 2006), sendo bioindicadoras que o ambiente está em processo de enriquecimento orgânico.

Considerando que as alterações no ambiente aquático promovem a eliminação ou diminuição de populações sensíveis ao agente estressor e a dominância por populações resistentes, acompanhar a riqueza das sensíveis nos ambientes aquáticos, a exemplo do grupo do EPT - Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, também constituiu um biondicador.

Algumas espécies de macrófitas aquáticas têm sido usadas como bioindicadores da qualidade da água (PETRALLI, 2003), a exemplo *Salvinia auriculata, Cyperus odoratus, e Polygonum diospyrifolium*, registradas nos açudes amostrados nas campanhas realizadas em novembro/20 e fevereiro/21. A ocorrência destas macrófitas aquáticas está relacionada a uma progressiva eutrofização da água devido à elevada produção de biomassa, induzindo o aumento do déficit de oxigênio, formação de gases e diminuição do pH com efeitos deletérios sobre as comunidades aquáticas (PEDRALLI, 2003).

As comunidades planctônicas, bentônicas e macrófitas aquáticas serão objeto de monitoramento ambiental nas etapas de implantação, operação e descomissionamento do empreendimento, conforme detalhado no item 8.2.2.2.2, podendo assim a riqueza e densidade dos exemplares biondicadores mencionados serem acompanhas nas distintas fases do empreendimento.

8.2.2.2.4. Considerações Finais

A caracterização da biota aquática na área de influência do Projeto Santa Quitéria envolveu amostragem de comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton), de invertebrados bentônicos e de macrófitas de aquáticas, nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Em função do regime de intermitência dos rios e da ausência de escoamento superficial, os levantamentos realizados se mantiveram restritos aos açudes (Quixaba, da Laís e Edson Queiroz), configurando ambientes lênticos.

Na avaliação do fitoplâncton foi registrado um total de 76 táxons, a maioria integrante das classes Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae, o que é um padrão comum em sistemas aquáticos continentais. No conjunto de táxons inventariados, foi registrada a ocorrência da espécie criptogênica *Microcystis aeruginosa*, exclusivamente no açude Edson Queiroz (P10), na primeira campanha, exemplar que possui origem biogeográfica desconhecida ou incerta.

As cianobactérias *Aphanocapsa* sp., *Cyanogranis* sp. e *Merismopedia* sp., além de um táxon não identificado ao nível de gênero da classe Cryptophyceae, foram classificadas como muito frequentes, registradas em todos os pontos, em ambas as coletas, o que indica alta adaptabilidade às condições hidrodinâmicas dos açudes avaliados.

A densidade do fitoplâncton foi mais elevada no açude Edson Queiroz (P10), onde ocorreu predomínio numérico de Cyanophyceae, nas duas campanhas. No açude da Laís (P09) houve supremacia de Cryptophyceae, grupo que também tendeu a ser mais abundante no açude Quixaba (P01 e P02), onde também se destacaram pontualmente as euglenofíceas. Na contagem de células de cianobactérias, apenas no açude Edson Queiroz houxe extrapolação do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2, nas duas amostragens, em função da floração de *Planktothrix* sp., em ambas as coletas, bem como de *Raphidiopsis* sp., na segunda campanha, espécies que apresentam potencial de produzir cianotoxinas.

De modo geral, em relação às campanhas anteriores do ano de 2011 nota-se que nas coletas mais recentes houve diminuição na densidade, inclusive de cianobactérias, o que representa um aspecto positivo e pode ser indicativo de redução no grau de trofia em comparação ao período anterior.

A avaliação do zooplâncton, nas campanhas de novembro/20 e fevereiro/21, apontou a presença de 47 táxons no conjunto das amostras. Rotifera e os microcrustáceos Cladocera, Calanoida e Cyclopoida foram os grupos mais diversos.

Em nenhum dos grupos foram identificadas espécies exóticas, segundo o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016), ou da fauna ameaçada, de acordo com a Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445 de 17/12/2014. Os rotíferos *Brachionus calyciflorus*, o cladócero *Moina* sp., além de náuplios e copepoditos de calanóides e ciclopóides e da classe Ostracoda foram os mais frequentes, com registro em todos os açudes amostrados, o que sugere adaptabilidade às condições da região semiárida.

A densidade total do zooplâncton foi elevada e apresentou ampla variação nos açudes avaliados, sobretudo no açude da Laís. Neste ambiente, os náuplios e copepoditos de Cyclopoida contribuíram relevantemente para a densidade. No açude Edson Queiroz (P10) e no ponto P01 do açude Quixaba os rotíferos destacaram-se em termos de abundância, notadamente da espécie *Brachionus calyciflorus*. Um padrão semelhante de dominância foi verificado nas campanhas de 2011, quando os rotíferos, com destaque do gênero *Brachionus*, também foram tidos como os exemplares mais abundantes dentre o zooplâncton. Esse resultado é comum em açudes da região semiárida, conforme documentado por Freire (2007), que apontou que algumas espécies deste gênero são tolerantes à poluição orgânica.

De modo geral, a comunidade zooplanctônica nos açudes amostrados evidenciou uma composição pouco diversificada e elevadas densidades de organismo tolerantes e resistentes à eutrofização. A dominância de táxons oportunistas e adaptados a ambientes com acentuado grau de trofia também foi reportada nas campanhas realizadas no ano de 2011.

A comunidade bentônica nos açudes avaliados, nos períodos seco e chuvoso (novembro/20 e fevereiro/21), foi composta por 36 táxons no cômputo das análises dos sedimentos, compreendendo artrópodes, moluscos e anelídeos. Os principais representantes dos invertebrados bentônicos foram as larvas da ordem Diptera, sobretudo da família Chironomidae, a qual é um componente comum da comunidade bentônica em diversos ecossistemas tropicais. Os dípteros *Aedokritus* sp., *Fissimentum* sp., além de um táxon não identificado em nível específico da subtribo Tanytarsini e da família Ceratopogonidae ocorreram na maioria dos pontos. O táxon *Fissimentum* é tido como semissensível (CETESB, 2020).

Verificou-se a ocorrência de *Biomphalaria* sp., no açude Quixaba (P02), que corresponde a um molusco de interesse médico-sanitário, já que três espécies deste gênero podem servir como hospedeiros intermediários das formas imaturas do verme trematódeo *Schistosoma mansoni*, agente patogênico da esquistossomose. Esse molusco também foi reportado nas campanhas efetuadas no ano de 2011.

No conjunto dos táxons inventariados, não há espécies consideradas ameaçadas, segundo a Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445 de 17/12/2014 e não foram registradas espécies exóticas.

A maior densidade de invertebrados bentônicos foi observada no açude da Laís (P09), na primeira campanha, devido principalmente à contribuição das larvas de insetos dípteros da tribo Tanytarsini, incluindo *Caladomyia* sp., considerada semi-tolerante ao enriquecimento orgânico. Em contraste, no açude Edson Queiroz, em ambas as coletas, a densidade foi inexpressiva, representada principalmente por dípteros *Chaoborus* sp., os quais migram do fundo dos lagos para a superfície durante a noite e predam o zooplâncton, podendo regular a sua abundância.

O açude Edson Queiroz, que representa o ambiente mais profundo avaliado, mostrou-se distinto dos demais pontos também em termos de composição granulométrica. Neste ambiente houve predomínio de silte e argila, contrapondo com os demais pontos, que apresentaram maiores proporções de sedimentos arenosos.

Em todos os açudes amostrados foram registrados déficits de oxigênio dissolvido, nas duas campanhas (novembro/20 e fevereiro/21). Esse cenário promove condições seletivas para o estabelecimento de grupos mais sensíveis dos invertebrados bentônicos, tais como Ephemeroptera, Trichoptera e Odonata, os quais permaneceram em baixas densidades.

Nas campanhas no ano de 2011, a densidade foi mais elevada que a obtida em novembro/20 e em fevereiro/21. Nas coletas anteriores também se manteve o padrão de menor densidade no açude Edson Queiroz, corroborando que se trata de um ambiente com condições mais adversas ao estabelecimento da comunidade bentônica, sendo constatado inclusive no período mais recente condições azóicas (novembro/20).

A avaliação da comunidade bentônica na vegetação marginal dos açudes indicou a presença de 12 táxons, representados por anelídeos e artrópodes. O maior quantitativo de organismos nesse habitat também foi verificado no açude da Laís, na campanha de fevereiro de 2021. Esta avaliação não foi realizada nas campanhas de 2011.

Na análise das macrófitas aquáticas, nas campanhas realizadas em novembro/20 e fevereiro/21, foram registrados 25 táxons de macrófitas aquáticas. A forma biológica mais comum foi a anfíbia e as espécies mais frequentes foram: *Sida* cf. *cordifolia* (malva-branca), *Sidastrum micranthum* (malva-preta) e *Tarenaya spinosa* (mussambê). A maioria das espécies apresentou cobertura pequena e rara, não sendo verificada a presença de espécies dominantes em nenhum dos pontos avaliados, resultados que indicam um equilíbrio da comunidade de macrófitas aquáticas na área de influência do projeto Santa Quitéria.

Nas coletas anteriores realizadas no ano de 2011 foram registrados bancos expressivos e homogêneos das espécies *Polygonum ferrugineum* (erva-debicho) e *Salvinia auriculata* (pasta), com área de cobertura acima de 75% nos pontos P09 (açude da Laís) e P10 (açude Edson Queiroz). Observou-se, portanto, uma diminuição da área de cobertura de macrófitas aquáticas principalmente nesses açudes nas últimas amostragens (novembro/20 e fevereiro/21), resultado associado possivelmente à diminuição no nível de água dos açudes nas campanhas mais recentes.

Nesse sentido, apesar de ser verificada a presença de espécies infestantes e daninhas nos açudes monitorados, não foi constatado risco de infestação para os cursos d'água, pois eram espécies anfíbias ou emergentes e a área de cobertura dos táxons de macrófitas aquáticas nos pontos de coleta não eram extensas. Contudo, houve registro de espécies consideradas invasoras da caatinga, *Calotropis procera* (ciúme), *Cryptostegia madagascariensis* (viúva-alegre), *Nicotiana glauca* (charuto-do-rei), as quais merecem atenção. Dentre essas, *C. procera* e *N. glauca* foram amplamente introduzidas e dispersas em algumas regiões devido ao valor ornamental, sendo comum o resultado obtido na área de estudo.

De modo geral, a avaliação dos padrões de similaridade das comunidades planctônicas, bentônicas e de macrófitas aquáticas revelou maior diferenciação da comunidade encontrada no açude Edson Queiroz em relação aos demais pontos, tanto na primeira campanha como na segunda.

8.2.3. Áreas Protegidas

8.2.3.1. Unidades de Conservação

A lei Federal nº 9985 de 18 de julho de 2000 criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que estabelece os critérios e normas para a criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação (UCs) no Brasil. As UCs são espaços territoriais com características naturais relevantes, sob tutela especial do estado, criadas e mantidas com objetivo de conservação da natureza, incluindo recursos naturais, e/ou beleza paisagística.

No SNUC são estabelecidas 12 categorias de Unidades de Conservação, com diferentes usos permitidos e formas de proteção dos recursos naturais, sendo as UCs de proteção integral as de uso mais restritivo, pois nesses locais é admitido somente o uso indireto de recursos naturais. Já nas Unidades de Conservação de uso sustentável é permitido o uso direto de recursos naturais dentro de regras estabelecidas pelo SNUC para suas diferentes categorias.

A mesma norma determina, em seu Artigo 36, que no processo de licenciamento ambiental cabe a avaliação de possíveis interferências de empreendimentos sobre Unidades de Conservação e suas zonas de amortecimento. Quando há a afetação de um empreendimento sobre Unidades de Conservação, o órgão responsável pela gestão da UC deve se pronunciar sobre a concessão da licença em solicitação. Também é legítimo nessa situação, o pagamento de compensação ambiental, sendo considerado este fator para o cálculo do Grau de Impacto (GI) do empreendimento, conforme as diretrizes estabelecidas no Anexo do Decreto nº 6.848, de 14 de maio de 2009. Vale lembrar, contudo, que a destinação dos recursos da compensação ambiental fica a cargo do Ibama, mais especificamente do Comitê de Compensação Ambiental Federal (CCAF), criado no âmbito do IBAMA pela Portaria Conjunta MMA/IBAMA/ICMBio nº 225, de 30 de junho de 2011, e que é o responsável pela deliberação sobre a divisão e finalidade dos recursos oriundos da compensação ambiental para as UCs, dentre outras atribuições.

A Zona de Amortecimento é uma área no entorno das Unidades de Conservação, regida por normas específicas, cujo limite territorial é estabelecido visando reduzir eventuais impactos de atividades antrópicas praticadas no entorno sobre a UC em questão. De acordo com o Art. 25 do SNUC, somente as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) não deverão possuir zonas de amortecimento.

A delimitação da Zona de Amortecimento de uma UC é feita no âmbito da elaboração do seu Plano de Manejo, documento técnico que estabelece as normas para o uso da área,

em consonância com as restrições estabelecidas pelo SNUC, tendo com base em informações ambientais obtidas com esta finalidade.

Nos casos em que, pela falta do Plano de Manejo, não tenha sido delimitada a Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação, no âmbito do licenciamento ambiental considera-se a Resolução CONAMA 428/2010, que em seu Artigo 1o §2º, determina:

> "O licenciamento de empreendimento de significativo impacto ambiental, localizado numa faixa de três mil metros a partir do limite da UC, cuja Zona de Amortecimento não esteja estabelecida, sujeitar-se-á ao procedimento previsto no caput, com exceção de RPPNs, Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Áreas Urbanas Consolidadas. (redação dada pela Resolução nº 473/2015)."

O caput do artigo discorre que o licenciamento de tais empreendimentos que possam afetar uma Unidade de Conservação (UC) ou sua Zona de Amortecimento (ZA), "só poderá ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC ou, no caso das Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), pelo órgão responsável pela sua criação."

Sendo assim, a lei determina que seja considerada a Zona de Amortecimento de Unidade de Conservação, determinada por estudo técnico de zoneamento da UC ou o limite de 3 mil metros como a distância mínima necessária para que se considere afetação de Unidade de Conservação cujos limites da ZA não tenham sido determinados.

Dada a necessidade de elucidar a possibilidade de ocorrência de impactos do Projeto Santa Quitéria sobre Unidades de Conservação e/ou suas Zonas de Amortecimento, no presente estudo foram levantadas as UCs Federais e Estaduais e Municipais existentes no entorno do empreendimento, de modo a verificar sua localização em relação ao mesmo.

Com base nos procedimentos supracitados, não foram identificadas Unidades de Conservação na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento. A UC mais próxima é a Reserva Particular de Patrimônio Natural Federal (RPPN) Luizinho Alencar, localizada no Município vizinho de Itatira, distante aproximadamente 4,5 km em relação à AID e mais de 11 km em relação ao empreendimento (Mapa 8.2-12).

8.2.3.2. Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

A definição de Áreas Prioritárias para a Conservação de Biodiversidade (APCBs) foi instituída pelo Decreto nº 5.092/2004 e está fundamentada pelas áreas identificadas no Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). As APCBs possuem um importante papel de política pública ao embasar a instituição de unidades de conservação, pesquisas e inventários de biodiversidade, além de

direcionar formação de corredores e recuperação de áreas degradadas e proteção de espécies ameaçadas de extinção.

Conforme o Quadro 8.2-3, o Projeto Santa Quitéria (PSQ) está inserido no Polígono PROBIO CA 034, denominado APCB Itatira Sul. Este polígono possui pouco mais de 106 mil hectares de área, estendendo-se para além da Área de Influência Direta (AID) do Projeto. A porção da citada APCB que se sobrepõe à Área Diretamente Afetada (ADA) do PSQ totaliza aproximadamente 380 ha, que resulta em 0,36 % da área total da APCB Quadro 8.2-3.

Quadro 8.2-3 - Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade existente na região do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria-CE

NOME	CÓDIGO	ÁREA (KM²)	IMPORTÂNCIA BIOLÓGICA	PRIORIDADE DE AÇÃO	AÇÕES PRIORITÁRIAS
Itatira Sul	CA 034	106.195,15	Muito Alta	Muito Alta	Recuperação

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

A existência de APCB na região de estudo não significa restrição legal à implantação de empreendimento, considerando que: (i) a Área Prioritária Itatira Sul é muito extensa e apenas uma pequena parte dela se sobrepõe à área do PSQ; (ii) Itatira Sul, assim como as demais APCBs, não constituem áreas legalmente protegidas. Embora de importância reconhecida, tratam-se de áreas delimitadas para implantação de diretrizes de políticas públicas no âmbito da Convenção da Diversidade Biológica e (iii) as APCBs passam por revisões periódicas[6], o que significa que um trecho incluído hoje pode não estar mais no futuro.

Cabe ressaltar, entretanto, que os estudos conduzidos pelo poder público, que culminaram na delimitação das APCBs, estabelecem recomendações que devem ser adotadas nas ações ambientais propostas pelo empreendimento. Assim, por se tratar de área destinada à recuperação ambiental, no que tange à compensação e à reposição florestal decorrentes dos impactos do PSQ, há que se considerar a melhor espacialização para benefício da APCB Itatira Sul no cumprimento desta diretriz.

[6] A classificação dos Polígonos PROBIO passa por revisão periodicamente, conforme estabelecido pela Portaria MMA 463 de 18 de dezembro de 2018.

390.000 400.000 410.000 420.000 430.000

9.500.000

9.490.000

Catunda

Canindé

Santa Quitéria

11,109 km

4,498 km

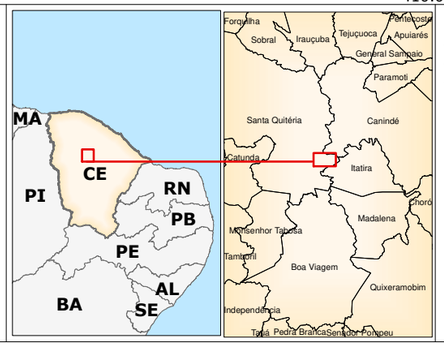
RPPN Luizinho Alencar

Itatira

Boa Viagem

Legenda

- Limite Municipal
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico
- Unidade de Conservação - Uso Sustentável
- APCBio Itatira Sul



Fonte:
- Base Cartográfica Contínua do Brasil. IBGE, 2019.
- Unidades de Conservação do Brasil. MMA, 2020.
- APCBio, MMA, 2018.

0 1,25 2,5 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

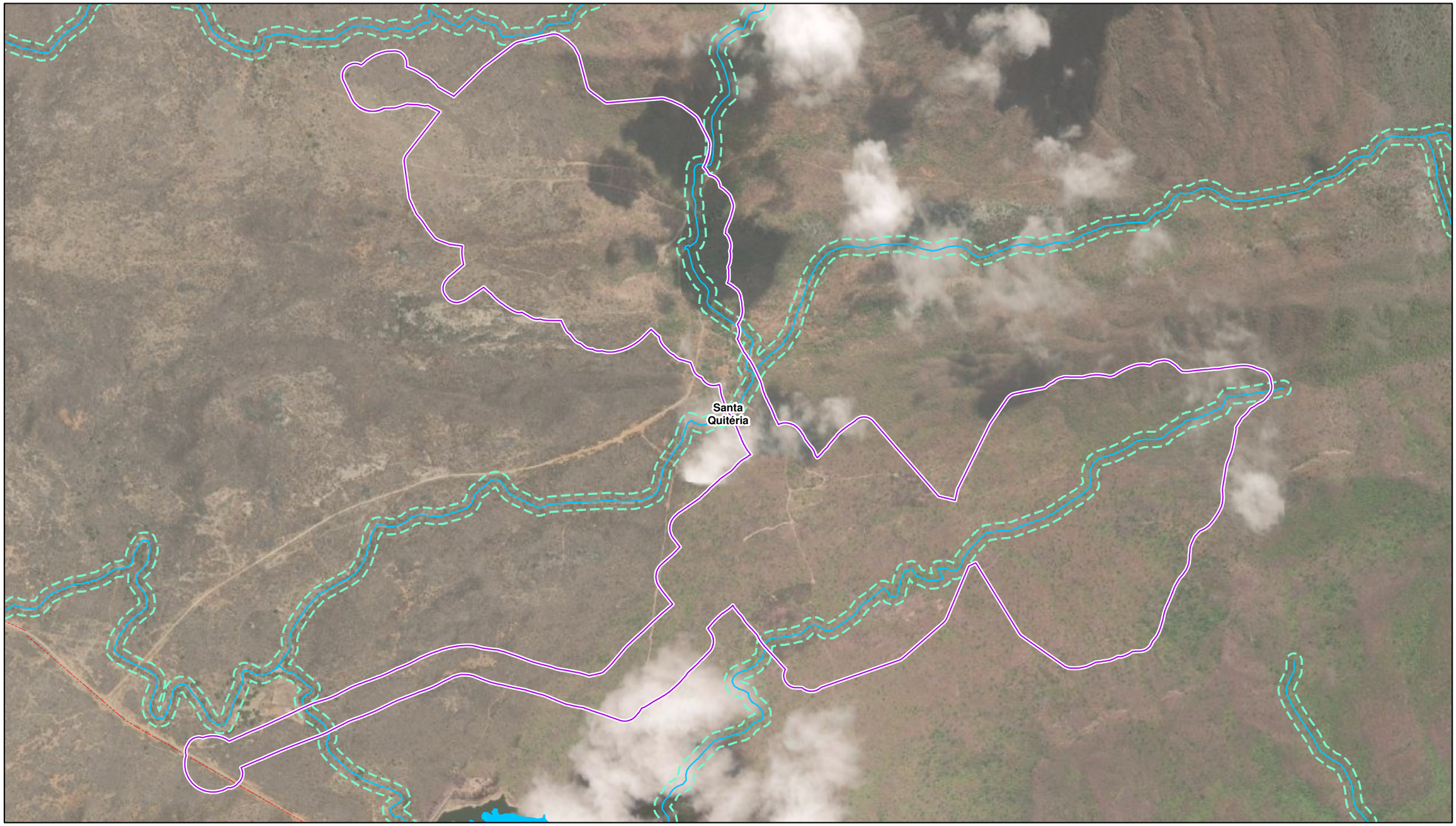
Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBio)

Mapa	Escala	Localização	
8.2-12	1:125.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

8.2.3.3. Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são definidas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012) como áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Perpassam a ADA corpos d'água intermitentes, cuja soma das APPs correspondem a 26,32 ha, o equivalente a 6,73 % da ADA (Mapa 8.2-13). Assim, nos trechos em que há sobreposição do projeto às Áreas de Preservação Permanente, deverá haver a reposição e/ou compensação correspondentes, conforme determinado pelo órgão ambiental munido da legislação Federal, da Política Florestal do Estado do Ceará (Lei nº12.488 de 13 de setembro de 1995), da IN SEMACE nº 01 de 04 de outubro de 2012 e da Resolução COEMA nº 11 de 12 de dezembro de 2019.

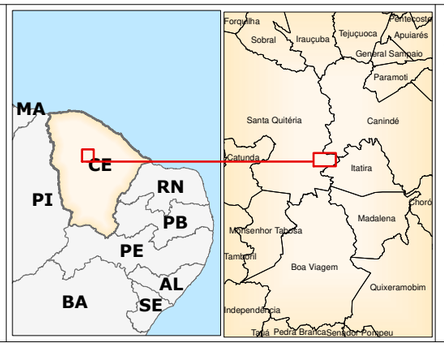


Legenda

- Rodovia Não Pavimentada
- Cursos d'água intermitentes
- Área Diretamente Afetada

Área de Preservação Permanente

- Cursos Hídricos Intermitentes (30 m)



Fonte:
- Base Cartográfica Contínua do Brasil. IBGE, 2019.
- Unidades de Conservação do Brasil. MMA, 2020.
- APCBio, MMA, 2018.

0 150 300 m

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

CONSÓRCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Áreas de Preservação Permanente (APP)
na ADA do Empreendimento

Mapa	Escala	Localização	
8.2-13	1:16.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	08/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

8.2.3.4. Reservas Legais

Área protegida definida pela Lei federal 12.651 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), que em seu Art. 1º-A, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação e as áreas de Reserva Legal (RL). As RLs são áreas nas propriedades rurais nas quais não é admitida a conversão do uso do solo, sendo, portanto, tais áreas, mantidas para assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, promover a conservação da biodiversidade, propiciando abrigo e proteção à fauna silvestre e à flora nativa.

As RLs correspondem, em outras regiões do país que não a Amazônia Legal, a 20 % da área total do imóvel rural. Para levantamento das Reservas Legais na Área de Influência Direta (AID) do PSQ, foram consultadas as bases públicas do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que resultou no levantamento de áreas de Reserva Legais cadastradas que totalizam aproximadamente dois mil hectares, conforme indicado no Quadro 8.2-4. Dentre estas inclui-se a área da RL da Fazenda Itataia, propriedade que abriga o Projeto Santa Quitéria.

Quadro 8.2-4 – Áreas de Reserva Legal cadastradas na Área de Influência Direta (AID) do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria-CE.

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	MUNICÍPIO	ÁREA (HECTARES)
1385915	Itatira	29,06
7786631	Itatira	31,43
7935482	Itatira	91,99
2949922	Santa Quitéria	961,84
5422805	Santa Quitéria	9,40
5609092	Santa Quitéria	24,71
5752276	Santa Quitéria	37,16
5966649	Santa Quitéria	9,29
6798825	Santa Quitéria	455,75
7723146	Santa Quitéria	81,69
7806019	Santa Quitéria	108,59
7806029	Santa Quitéria	27,93
7806129	Santa Quitéria	103,00
4543874	Santa Quitéria	51,95
	Santa Quitéria	4,83
	Santa Quitéria	11,73

Fonte: SISCAR, 2021.

Ressalta-se que o Projeto Santa Quitéria não irá interferir sobre as áreas de Reserva Legal da Fazenda Itataia ou quaisquer outras.

400.000 410.000 420.000

9.500.000 9.490.000

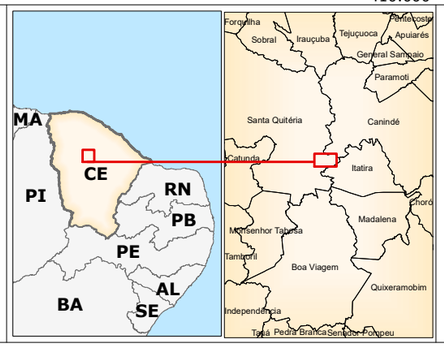
4543874 7806129 6798825 Canindé 2949922 7786631 7935482 Santa Quitéria 1385915 5752276 5966649 5609092 5422805 7806029 7806019 Itatira 7723146

Legenda

- Limite Municipal
- Reserva Legal
- Reserva Legal da Fazenda Itataia

Áreas de Influência

- Fazenda Itataia
- Área Diretamente Afetada
- AID do Meio Físico e Biótico



Fonte:
- Base Cartográfica Contínua do Brasil. IBGE, 2019.
- Reservas Legais, Sicar, 2021.

0 1 2 km

Escala Gráfica

Norte do Mapa

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto Santa Quitéria

Áreas de Reserva Legal (RL) na AID do Empreendimento

Mapa	Escala	Localização	
8.2-14	1:75.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	01/11/2021	Ruy Monteiro	Ricardo Lieutaud

8.2.4. Conclusão – Meio Biótico

O diagnóstico do meio biótico verificou que as formações vegetais da AID possuem característica homogêneas, sendo formadas majoritariamente pela tipologia de Savana Estépica Arborizada, intercalada por pequenos trechos de Savana Estépica Florestada, nas proximidades das drenagens e corpos d'água, bem como por áreas Antrópicas. O levantamento florístico realizado identificou 39 famílias botânicas e 99 espécies, sendo a família Fabaceae a mais rica (23 espécies), seguida por Cactaceae e Euphorbiaceae, com sete e seis espécies respectivamente.

Dentre as espécies levantadas por meio de dados primários, apenas uma espécie foi listada como ameaçada de extinção, a Cumarú (*Amburana Cearenses*), classificada como "Em Perigo" pena IUCN. Além disso, observou-se a ocorrência de espécies consideradas de importância extrativistas como por exemplo a carnaúba (*Copernicia prunifera*) cujas folhas, o caule, o talo, a fibra, o fruto e as raízes são empregadas na fabricação de inúmeros produtos artesanais e industriais; e a Imburana (*Commiphora leptophloeos*), cuja madeira é utilizada para construção (LORENZI, 2000; DEMARTELAERE et al, 2021).

A Savana Estépica Arborizada (Caatinga Arbustiva) apresentou caracterizada pela dominância do estrato arbustivo com poucos indivíduos arbóreos, atingindo no máximo 6 metros de altura e CAP relativamente baixo, quando comparado aos dos indivíduos da Savana Estépica Florestada. As espécies mais frequentes, de modo geral, foram: pau-branco (*Cordia oncocalyx*), bamburral (*Hyptis suaveolens*), cansanção (*Cnidoscolus urens*), xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), pereira (*Aspidosperma pyrifolium*), mofumbo (*Combretum leprosum*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*).

A Savana Estépica Florestada (Caatinga Arbórea) é formada por indivíduos arbóreos de até 10 metros de altura com CAP relativamente maiores quando comparadas às árvores da caatinga arbustiva. As árvores podem se apresentam em agrupamentos densos ou mais espaçados, mas com os estratos arbustivos e herbáceos pouco presentes. As principais espécies identificadas nesta fitofisionomia foram: catingueira (*Cenostigma pyramidale*), sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*), pau-branco (*Cordia oncocalyx*), pereira (*Aspidosperma pyrifolium*), imburana (*Commiphora leptophloeos*), angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*).

Em algumas localidades foram observadas fortes alterações causadas por atividades ou ações antrópicas. A vegetação nestas áreas foi denominada vegetação antrópica e é caracterizada principalmente por herbáceas e arbustivas, sendo comum nas áreas de pastoreio de caprinos e bovinos. As espécies arbustivas mais presentes são: *Jatropha*

mollissima (pinhão); *Croton sonderianus* (marmeleiro); *Solanum paniculatum* (jurubeba); *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), e as herbáceas - *Hyptis suaveolens* (bamburral), *Cnidoscolus urens* (cansanção), Sida sp. (malva), *Sena uniflora* (mata-pasto).

Quanto à fauna, o levantamento dos vertebrados terrestres (Herpetofauna, Ornitofauna, Mastofauna - incluindo os quirópteros) permitiu a caracterização da comunidade possibilitando a avaliação dos possíveis impactos decorrentes da instalação e operação do empreendimento. Além disso, conforme será apresentado no Capítulo 11, foram estabelecidas diferentes medidas que poderão auxiliar no monitoramento e acompanhamento dessas assembleias.

Conforme apresentado ao longo deste diagnóstico, os animais identificados são típicos de ambientes da Caatinga e com ampla distribuição no Bioma, fato que pode ser observando quando se compara os dados primários levantados neste EIA com outros de mesma natureza realizados na Caatinga (secundários).

Considerando a composição da fauna, espera-se que as espécies generalistas não sofram influência em suas populações uma vez que possuem maior capacidade de adaptação às perturbações. Mesmo assim, atenção deve ser dada às espécies indicadoras de qualidade ambiental, como aquelas representadas pelas aves e que possuem dependência à ambientes florestados e com média ou alta sensibilidade a eventuais distúrbios ambientais.

Quanto aos mamíferos, entende-se que os exemplares de pequeno porte, por possuírem áreas de vida menores tendem a ser mais afetados pela supressão da vegetação. Em decorrência disto, os felinos que ocupam o topo da cadeia trófica podem ter algum e os primatas identificados também podem ser pressionados quanto à sua área de vida.

O diagnóstico dos invertebrados realizado foi considerado satisfatório e com informações suficientes para subsidiar a avaliação dos impactos da implantação e operação do empreendimento. Foram avaliados 3 grupos: as borboletas, abelhas e formigas, além dos diagnósticos das espécies de vetores.

Para as borboletas, os resultados indicam que a espécie *Fountainea halice moretta* pode ser usada como bioindicadora para estudos de dinâmica de populações no local. Também é importante destacar que uma atenção especial deve ser dirigida às espécies de baixa abundância encontradas neste estudo e que o semiárido como um todo continua sendo considerada como uma área prioritária para inventários da fauna de borboletas.

Os resultados obtidos para as abelhas demostram que as espécies registradas para a área do empreendimento possuem ampla distribuição em outras áreas de Caatinga. Mesmo

que a riqueza de espécies seja considerada baixa quando comparada aos outros estudos executados em outras áreas de Caatinga, o conhecimento acumulado nos dois EIAs representa cerca de 68% das espécies listadas para todo o estado do Ceará.

Quanto à mirmecofauna ocorreu também o predomínio de formigas generalistas, o que é comum em ambientes como a Caatinga e reflete a capacidade de resistência dessas espécies aos ambientes de marcada sazonalidade e flutuação de recursos. Já as três espécies do gênero Pheidole são espécies potencialmente invasora e podem servir como bioindicadores. assim como as dos gêneros Camponotus e Acromyrmex, ou ainda Solenopsis sp. Indicador de perturbação e Gnamptogenys sp. Indicadoras de habitats conservados.

Para os ecossistemas aquáticos, foram avaliadas as comunidades da ictiofauna, planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton), de invertebrados bentônicos e de macrófitas de aquáticas. Por se tratar de um ambiente com alto regime de intermitência dos rios e da ausência de escoamento superficial em determinados períodos do ano, os levantamentos realizados se mantiveram restritos aos locais com disponibilidade.

Quanto a ictiofauna, o presente estudo permitiu a expansão do conhecimento local. Conforme o IBI de Karr os resultados demonstraram ambientes relativamente degradados, no entanto, a degradação desses corpos d'águas podem estar relacionada ao período seco, no qual ambientes aquáticos diminuem bastante o volume de água, muitas vezes secando completamente, característica típica desses ambientes sob da Caatinga.

Na avaliação do fitoplâncton foi registrado um total de 76 táxons, a maioria integrante das classes Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae, o que é um padrão comum em sistemas aquáticos continentais. A comparação dos dados atuais com os levantados por Arcadis Logos (2014) indicam que houve diminuição na densidade de cianobactérias, o pode representar redução no grau de trofia em comparação a amostragem anterior.

Quanto a comunidade zooplanctônica foi evidenciado uma composição pouco diversificada e elevadas densidades de organismo tolerantes e resistentes à eutrofização. Assim como reportado no levantamento de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) ocorreu a dominância de táxons oportunistas e adaptados aos ambientes com acentuado grau de trofia. Em nenhum dos grupos foram identificadas espécies exóticas, segundo o Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil (MMA, 2016), ou da fauna ameaçada, de acordo com a Portaria do Ministério do Meio Ambiente - MMA n° 445 de 17/12/2014.

Já a comunidade bentônica importante destacar o registro de larvas da ordem Diptera, sobretudo da família Chironomidae, componente comum da comunidade bentônica em

diversos ecossistemas tropicais. Além disso, no açude Quixaba foi registrada a ocorrência de moluscos do gênero Biomphalaria, hospedeiros intermediários das formas imaturas do trematódeo *Schistosoma mansoni* e, portanto, agente patogênico da esquistossomose.

Na análise das macrófitas aquáticas, nota-se que a maioria das espécies apresentou cobertura pequena e rara, não sendo verificada a presença de espécies dominantes em nenhum dos pontos avaliados, indicando equilíbrio da comunidade de macrófitas aquáticas na área de influência do projeto Santa Quitéria.

Com relação à fragmentação dos hábitats observou-se atualmente uma cobertura vegetal contínua na Área de influência do empreendimento (AID) com alto percentual de Savana Estépica arborizada e florestada na paisagem (89,08 %).

Com a implantação do empreendimento ocorrerá redução dos quantitativos das fitofisionomias naturais (Savana Estépica arborizada e florestada), por meio da supressão de aproximadamente 380 hectares. Dada a grande área recoberta por vegetação nativa na AID, a redução das fitofisionomias naturais na paisagem não será significativa. Cabe ressaltar que a área considerada para a supressão durante a implantação do PSQ será de aproximadamente 10% da área total da Fazenda Itataia.

O estudo de covariáveis ambientais teve como objetivo verificar a relação entre os dados de riqueza, presença ou ausência dos vertebrados terrestres com as variáveis de micro-habitat. As variáveis analisadas foram divididas em variáveis do ar (umidade e temperatura), do solo (umidade e temperatura e de estrutura da vegetação (herbáceas e árvores). A maioria dos resultados apontam para tendências sem inferência causal entre as variáveis ambientais e dados da fauna, entretanto, das principais tendências encontradas, pontua-se a influência da estrutura da vegetação sobre os grupos de mariposas e Lepidoptera, Apiaí e Quirópteros.

Assim, tendo em vista as todas as informações elencadas anteriormente, levantadas pelo diagnóstico e que estas foram suficientes e adequadas para a avaliação de impactos do empreendimento sobre a fauna e a flora, considera-se que mediante a execução das medidas de controle considerada pelo projeto, as ações de monitoramento e mitigação de impactos propostas, o empreendimento é ambientalmente viável.

tetra+

Consultoria Econômica e Ambiental

+55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO

Rua Jerônimo da Veiga, 164, 16° andar
São Paulo, SP CEP 04536-900

SIGA A TETRA+

www.tetramais.com.br