

## ANEXO I




---

## ARTs E DECLARAÇÕES



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL  
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 5ª REGIÃO



ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART		Nº: 5-61130/25	
DADOS DO PROFISSIONAL			
Nome:	Bruno Augusto Torres Parahyba Campos	Registro CRBio:	56.779/S-05
CPF:	31149349867	Categoria:	Biólogo
E-mail:	atpcampos@gmail.com	Telefone:	838881-1121
DADOS DO REQUISITANTE DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Nome / Razão social:	TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA	CPF / CNPJ:	14.366.110/0001-86
Endereço:	Rua Jerônimo da Veiga, 164, Sala A/B/C/D Andar 18		
Bairro:	JARDIM EUROPA	Cidade:	São Paulo
CEP:	04536-900	UF:	SP
Site / Redes sociais:		E-mail:	luis.santos@tetramais.com.br
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Município(s) do trabalho:	Santa Quitéria	UF(s):	CE
Tipo de atividade:	Prestação de Serviços	Formato de execução da atividade:	Atividade presencial
Atividades profissionais: Assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação Formulação, coleta de dados, estudo, planejamento, projeto, pesquisa, análise, ensaio, serviços técnicos			
Áreas de conhecimento: Zoologia			
Áreas de atuação: Meio ambiente			
Detalhamento das áreas de atuação:			
Forma de participação:	Equipe	Perfil da equipe:	Equipe Multidisciplinar - Biólogos, Engenheiros e outros
Identificação da atividade:	Diagnóstico da herpetofauna do EIA/RIMA Projeto Santa Quitéria - CE		
Descrição da atividade:	Elaboração do diagnóstico de mastofauna (pequenos, médios e grandes) para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Santa Quitéria (PSQ), localizado no município de Santa Quitéria, no estado do Ceará.		
Valor do contrato/salário	R\$ 7500,00	Total de horas / carga horária mensal	150
Data de início:	20 / 04 / 2023	Data prevista para o término:	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil	
Solicitação de baixa: Motivo: Término da Atividade:			
Documento assinado digitalmente  BRUNO AUGUSTO TORRES PARAHYBA CAMPOS Data: 25/08/2025 20:49:35-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>			
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil  Maria Claudia Paley Braga (Oct 6, 2025 15:32:47 ADT)			
Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Autenticação da ART Use seu celular para escanear o QR Code e validar a ART eletronicamente.	



# Bruno Campos ART\_nova\_assinado

Final Audit Report

2025-10-06

Created:	2025-10-06
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAEhKKIMv1UIAKV9iFfuM7Y3FO_HMBgw11

## "Bruno Campos ART\_nova\_assinado" History

-  Document digitally presigned by BRUNO AUGUSTO TORRES PARAHYBA CAMPOS (atpcampos@gmail.com)  
2025-08-25 - 11:49:35 PM GMT
-  Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-06 - 3:43:36 PM GMT
-  Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature  
2025-10-06 - 3:43:57 PM GMT
-  Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
2025-10-06 - 6:31:08 PM GMT
-  Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-06 - 6:32:47 PM GMT - Time Source: server
-  Agreement completed.  
2025-10-06 - 6:32:47 PM GMT

São Paulo, 20/08/2025

### DECLARAÇÃO

Eu, Bruno Ferreira, CPF nº. 326.747.428-01 e CTF nº. 4.000.762, formação ecólogo, declaro minha responsabilidade técnica sobre as informações apresentadas no Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental do Projeto Santa Quitéria, no que tange ao seguinte tema:

- Diagnóstico de Lepidoptera.

Sem mais, subscrevo-me,

Respeitosamente,

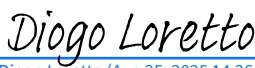




Bruno Ferreira



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL  
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 5ª REGIÃO



ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART		Nº: 5-61065/25	
DADOS DO PROFISSIONAL			
Nome:	Diogo Loretto Medeiros	Registro CRBio:	38.477/S-05
CPF:	05540881770	Categoria:	Biólogo
E-mail:	diogoloretto@gmail.com	Telefone:	98847-7426
DADOS DO REQUISITANTE DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Nome / Razão social:	TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA	CPF / CNPJ:	14.366.110/0001-86
Endereço:	Rua Jerônimo da Veiga, 164, Sala A/B/C/D Andar 18		
Bairro:	JARDIM EUROPA	Cidade:	São Paulo
CEP:	04536-900	UF:	SP
Site / Redes sociais:		E-mail:	luis.santos@tetramais.com.br
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Município(s) do trabalho:	Santa Quitéria	UF(s):	CE
Tipo de atividade:	Prestação de Serviços	Formato de execução da atividade:	Teletrabalho ou atividade remota
Atividades profissionais: Assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação			
Áreas de conhecimento: Ecologia Zoologia			
Áreas de atuação: Meio ambiente			
Detalhamento das áreas de atuação: Inventário, Manejo e Conservação da Fauna Licenciamento Ambiental			
Forma de participação:	Equipe	Perfil da equipe:	Equipe Multidisciplinar - biólogos, engenheiros, sociólogos, arqueólogos, geógrafos, geólogos
Identificação da atividade:	EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria (PSQ)		
Descrição da atividade:	Coordenação técnica da fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Santa Quitéria (PSQ), localizado no município de Santa Quitéria/CE.		
Valor do contrato/salário	R\$ 12500,00	Total de horas / carga horária mensal	168
Data de início:	20 / 12 / 2023	Data prevista para o término:	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
 Diogo Loretto (Aug 25, 2025 14:36:17 ADT)		 Maria Claudia Paley Braga (Aug 25, 2025 18:05:17 ADT)	
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil	
Solicitação de baixa: Motivo: Término da Atividade:			
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil			
Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Autenticação da ART Use seu celular para escanear o QR Code e validar a ART eletronicamente.	










# 2023 - 12 - FOSNOR DLoretto

Final Audit Report

2025-08-25

Created:	2025-08-25
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAow04mmksZePlvK6pSjgqsNCas8Cfw934

## "2023 - 12 - FOSNOR DLoretto" History

-  Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-08-25 - 5:03:28 PM GMT
-  Document emailed to diogo.medeiros@tetramais.com.br for signature  
2025-08-25 - 5:03:31 PM GMT
-  Email viewed by diogo.medeiros@tetramais.com.br  
2025-08-25 - 5:35:51 PM GMT
-  Signer diogo.medeiros@tetramais.com.br entered name at signing as Diogo Loretto  
2025-08-25 - 5:36:15 PM GMT
-  Document e-signed by Diogo Loretto (diogo.medeiros@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-08-25 - 5:36:17 PM GMT - Time Source: server
-  Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature  
2025-08-25 - 5:36:19 PM GMT
-  Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
2025-08-25 - 9:02:09 PM GMT
-  Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-08-25 - 9:05:17 PM GMT - Time Source: server
-  Agreement completed.  
2025-08-25 - 9:05:17 PM GMT



**Serviço Público Federal**  
**CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA -**  
**5ª REGIÃO**

<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>		Nº: 5-39252/20
<b>CONTRATADO</b>		
Nome: <b>Felipe Jardelino Eloi</b>		Registro CRBio: <b>92.611/05-D</b>
CPF: <b>07685606402</b>		Tel: <b>8399107360</b>
E-mail: <b>felipejardel@yahoo.com.br</b>		
Endereço: <b>Trv. Cronista José Maciel</b>		
Cidade: <b>Baturite</b>	Bairro: <b>Centro</b>	
CEP: <b>62760-000</b>	UF: <b>CE</b>	
<b>CONTRATANTE</b>		
Nome: <b>Tetra Mais Consultoria LTDA</b>		
Registro profissional: <b>14366110/000186</b>	CPF/CGC/CNPJ: <b>14.366.110/0001-86</b>	
Endereço: <b>Rua Jeronimo da Veiga</b>		
Cidade:	Bairro:	
CEP: <b>04536-900</b>	UF: <b>SP</b>	
Site: <b>Contato@tetramais.com.br</b>		
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>		
Natureza: <b>Prestação de Serviços - 1.1, 1.2, 1.7, 1.8</b>		
Identificação: <b>Coordenação do meio biótico (fauna) do Projeto Santa Quitéria</b>		
Município do trabalho: <b>Santa Quitéria</b>	UF: <b>CE</b>	Município da sede: <b>São Paulo</b> UF: <b>SP</b>
Forma de participação: <b>Equipe</b>	Perfil da equipe: <b>Multidisciplinar</b>	
Área do conhecimento: <b>Zoologia</b>	Campo de atuação: <b>Meio ambiente</b>	
Descrição sumária da atividade: <b>Coordenação do meio biótico (fauna) do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Projeto Santa Quitéria, na fazenda Itataia, a ser realizado no município de Santa Quitéria/CE</b>		
Valor: <b>R\$ 7500,00</b>	Total de horas: <b>150</b>	
Início: <b>20/07/2020</b>	Término:	
<b>ASSINATURAS</b>		<b>Para verificar a autenticidade desta ART acesse o <b>CRBio5-24 horas</b> em nosso site e depois o serviço Conferência de ART</b>
<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>		
Data:     /     /  <i>Felipe Jardelino Eloi</i> Assinatura do profissional	Data:     /     /  Assinatura e carimbo do contratante	
<b>Solicitação de baixa por distrato</b>		<b>Solicitação de baixa por conclusão</b>
Declaro a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.		
Data:     /     /  Assinatura do profissional		Data:     /     /     Assinatura do profissional
Data:     /     /  Assinatura e carimbo do contratante		Data:     /     /     Assinatura e carimbo do contratante

**Imprimir ART**

## ART Felipe Eloi.pdf

Documento número #85f232ba-01a3-4d9b-9de1-ea783edcd4dd

Hash do documento original (SHA256): 5b93fe426c83e11ddc491c3d94663e23d0a8be66de7183b4d1a3ad8680bfee6b

## Assinaturas



**Maria Claudia Paley Braga**

CPF: 112.175.738-36

Assinou como contratante em 08 out 2021 às 18:15:34

Emitido por Clicksign Gestão de documentos S.A.

## Log

- 08 out 2021, 16:49:58 Operador com email guilherme.carbonari@tetramais.com.br na Conta 91a95dc8-bf21-41c0-a1e7-59c66e991ffe criou este documento número 85f232ba-01a3-4d9b-9de1-ea783edcd4dd. Data limite para assinatura do documento: 07 de novembro de 2021 (16:49). Finalização automática após a última assinatura: habilitada. Idioma: Português brasileiro.
- 08 out 2021, 16:50:00 Operador com email guilherme.carbonari@tetramais.com.br na Conta 91a95dc8-bf21-41c0-a1e7-59c66e991ffe adicionou à Lista de Assinatura: claudia.paley@tetramais.com.br, para assinar como contratante, com os pontos de autenticação: email (via token); Nome Completo; CPF; endereço de IP; Assinatura manuscrita. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo Maria Claudia Paley Braga e CPF 112.175.738-36.
- 08 out 2021, 18:15:35 Maria Claudia Paley Braga assinou como contratante. Pontos de autenticação: email claudia.paley@tetramais.com.br (via token). CPF informado: 112.175.738-36. Assinatura manuscrita com hash SHA256 prefixo 82fbc1(...), vide anexo 08 out 2021, 18-15-34.png. IP: 177.141.177.33. Componente de assinatura versão 1.149.1 disponibilizado em <https://app.clicksign.com>.
- 08 out 2021, 18:15:35 Processo de assinatura finalizado automaticamente. Motivo: finalização automática após a última assinatura habilitada. Processo de assinatura concluído para o documento número 85f232ba-01a3-4d9b-9de1-ea783edcd4dd.



Para validar este documento assinado, acesse <https://validador.clicksign.com> e utilize a senha gerada pelos signatários ou envie este arquivo em PDF.

As assinaturas digitais e eletrônicas têm validade jurídica prevista na Medida Provisória nº. 2200-2 / 2001

Este Log é exclusivo ao, e deve ser considerado parte do, documento número 85f232ba-01a3-4d9b-9de1-ea783edcd4dd, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso da Clicksign disponível em [www.clicksign.com](http://www.clicksign.com).

## Anexo: 08 out 2021, 18-15-34.png

Assinatura manuscrita com hash SHA256 prefixo 82fbc1(...)

Reprodução proibida

-----  
REPRODUÇÃO PROIBIDA  
08/10/2021 18:15:34  
-----

Reprodução proibida



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL  
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 5ª REGIÃO



ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART

Nº: 5-62233/25

DADOS DO PROFISSIONAL

Nome:	Isabella Lais Chalegre Rodrigues de Andade	Registro CRBio:	114.202/05-D
CPF:	08423298469	Categoria:	Biólogo
E-mail:	isabelachalegre@gmail.com	Telefone:	99907-3552

DADOS DO REQUISITANTE DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Nome / Razão social:	TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA	CPF / CNPJ:	14.366.110/0001-86
Endereço:	Rua Jerônimo da Veiga, 164, Sala A/B/C/D Andar 18		
Bairro:	JARDIM EUROPA	Cidade:	São Paulo
CEP:	04536-900	UF:	SP
Site / Redes sociais:		E-mail:	luis.santos@tetramais.com.br

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

Município(s) do trabalho:	Santa Quitéria	UF(s):	CE
Tipo de atividade:	Prestação de Serviços	Formato de execução da atividade:	Atividade presencial

Atividades profissionais:

Assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação  
Manejo, conservação, preservação, proteção do patrimônio natural, guarda, catalogação

Áreas de conhecimento:

Zoologia

Áreas de atuação:

Meio ambiente

Detalhamento das áreas de atuação:

Diagnóstico, Controle e Monitoramento Ambiental Inventário, Manejo e Conservação da Fauna Licenciamento Ambiental

Forma de participação: Equipe Perfil da equipe: Equipe Unidisciplinar

Identificação da atividade: Monitoramento de Mastofauna

Descrição da atividade: Condução de amostragens para diagnóstico de mamíferos de pequeno, médio e grande portes com uso de armadilhas de captura (sherman, tomahawk, pitfall) e armadilhas fotográficas, bem como buscas ativas. Os dados amostrados estão relacionados ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e ao Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Santa Quitéria (PSQ), localizado no Estado do Ceará.

Valor do contrato/salário R\$ 0,00 Total de horas / carga horária mensal 150

Data de início: 20 / 07 / 2020 Data prevista para o término:

ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Assinatura Digital do(a) Profissional

Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil

Assinatura Digital do(a) Requisitante

Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil

Solicitação de baixa:

Motivo:

Término da Atividade:

Documento assinado digitalmente



ISABELLA LAIS CHALEGRE RODRIGUES DE ANDE  
Data: 21/10/2025 17:39:47-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Assinatura Digital do(a) Profissional

Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil

Maria Claudia Paley Braga (Oct 22, 2025 17:41:01 ADT)

Assinatura Digital do(a) Requisitante

Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil



Autenticação da ART

Use seu celular para escanear o QR Code e validar a ART eletronicamente.



# ART Isabella

Final Audit Report

2025-10-22

Created:	2025-10-22
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAANp6KKmiMIW_r4t8nAxy130g8-MV3J83A

## "ART Isabella" History



Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)

2025-10-22 - 8:06:28 PM GMT



Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature

2025-10-22 - 8:06:35 PM GMT



Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)

2025-10-22 - 8:27:36 PM GMT



Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)

Signature Date: 2025-10-22 - 8:41:01 PM GMT - Time Source: server



Agreement completed.

2025-10-22 - 8:41:01 PM GMT



Adobe Acrobat Sign



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL  
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 5ª REGIÃO



ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART		Nº: 5-61193/25	
DADOS DO PROFISSIONAL			
Nome:	Jayene Aysla Mendonca Brito	Registro CRBio:	114.380/05-D
CPF:	10132098423	Categoria:	Biólogo
E-mail:	jayene.aysla@hotmail.com	Telefone:	
DADOS DO REQUISITANTE DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Nome / Razão social:	TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA	CPF / CNPJ:	14.366.110/0001-86
Endereço:	Rua Jerônimo da Veiga, 164, Sala A/B/C/D Andar 18		
Bairro:	JARDIM EUROPA	Cidade:	São Paulo
CEP:	04536-900	UF:	SP
Site / Redes sociais:		E-mail:	luis.santos@tetramais.com.br
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Município(s) do trabalho:	Santa Quitéria	UF(s):	CE
Tipo de atividade:	Prestação de Serviços	Formato de execução da atividade:	Atividade presencial
Atividades profissionais: Assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação			
Áreas de conhecimento: Zoologia			
Áreas de atuação: Meio ambiente			
Detalhamento das áreas de atuação: Inventário, Manejo e Conservação da Fauna			
Forma de participação:	Equipe	Perfil da equipe:	Equipe Multidisciplinar - Zoologia - Herpetofauna
Identificação da atividade:	Levantamento de Fauna		
Descrição da atividade:	Execução do diagnóstico de herpetofauna, para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Santa Quitéria (PSQ), localizado no município de Santa Quitéria/CE.		
Valor do contrato/salário	R\$ 0,00	Total de horas / carga horária mensal	80
Data de início:	31 / 01 / 2021	Data prevista para o término:	
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
 Documento assinado digitalmente JAYENE AYSLA MENDONCA BRITO Data: 06/10/2025 16:28:57-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>		 Maria Claudia Paley Braga (Oct 8, 2025 13:04:29 ADT)	
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil	
Solicitação de baixa: Motivo: Término da Atividade:			
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil			
Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil			
		Autenticação da ART Use seu celular para escanear o QR Code e validar a ART eletronicamente.	


# ART-Herpeto-Jayene\_assinado

Final Audit Report


2025-10-08


Created:	2025-10-07
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAIVtldlYyDB3sC5Nb2FUNdZH2jUQUBoyq

## "ART-Herpeto-Jayene\_assinado" History


 Document digitally presigned by JAYENE AYSLA MENDONCA BRITO (jayene.aysla@hotmail.com)  
2025-10-06 - 7:28:58 PM GMT

 Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-07 - 4:55:04 PM GMT

 Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature  
2025-10-07 - 4:55:26 PM GMT

 Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
2025-10-08 - 4:03:17 PM GMT

 Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-08 - 4:04:29 PM GMT - Time Source: server

 Agreement completed.  
2025-10-08 - 4:04:29 PM GMT



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**2620251867035**

**1. Responsável Técnico**

Equipe-vinculada à 28027230231902388

**KATIÚCIA DE SOUSA SILVA**Título Profissional: **Geógrafa**

Empresa Contratada:

RNP: **2614213179**Registro: **5069518934-SP**

Registro:

**2. Dados do Contrato**Contratante: **TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA**CPF/CNPJ: **14.366.110/0001-86**Endereço: **Rua Rua Jerônimo da Veiga, 164**

Nº:

Complemento:

Bairro: **Jardim Europa**Cidade: **São Paulo**UF: **SP**CEP: **04536-900**

Contrato:

Celebrado em: **01/10/2020**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **2729605,32**Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**Endereço: **Rua Rua Jerônimo da Veiga, 164**

Nº:

Complemento:

Bairro: **Jardim Europa**Cidade: **São Paulo**UF: **SP**CEP: **04536-900**Data de Início: **01/10/2020**Previsão de Término: **31/12/2023**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

**4. Atividade Técnica****Elaboração****1****Estudo****de diagnóstico e  
caracterização ambiental****caracterização do  
meio físico**

Quantidade

**5825,70000**

Unidade

**hectare**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Elaboração do Diagnóstico de Climatologia para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que subsidiarão o IBAMA na emissão da LP, do Projeto Santa Quitéria, que constitui um sistema de exploração e beneficiamento do minério de fosfato associado ao urânio, para produção de Superfosfato Triplo (TSP) e Fosfato Bicálcico (DCP), localizado no município de Santa Quitéria/CE. Contrato firmado pela filial de Jundiá/SP - CNPJ: 14.366.110/0003-48.

**6. Declarações**

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

## 7. Entidade de Classe

Nenhuma

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

\_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_  
Local data

KATIÚCIA DE SOUSA SILVA - CPF: 331.363.048-02

*Filipe Martinez Biazzi*Filipe Martinez Biazzi (Oct 20, 2025 10:38:29 ADT)

TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA - CPF/CNPJ: 14.366.110/0001-86

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confes.org.br](http://www.confes.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima

**CREA-SP**  
Conselho Regional de Engenharia e Agrimensura  
do Estado de São Paulo

Valor ART R\$ 103,03

Registrada em: 17/10/2025

Valor Pago R\$ 103,03

Nosso Número: 2620251867035

Versão do sistema

Impresso em: 17/10/2025 16:10:33

Documento assinado digitalmente



KATIÚCIA DE SOUSA SILVA

Data: 17/10/2025 16:39:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>Autenticação de ART  
2620251867035


# 20605\_katiucia\_ART


Final Audit Report


2025-10-20


Created:	2025-10-20
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAmTh16fer3muFEXwFF2Jlft3IW5QuZFML


## "20605\_katiucia\_ART" History


 Document digitally presigned by KATIUCIA DE SOUSA SILVA (katiucia\_sousa@hotmail.com)  
2025-10-17 - 7:39:35 PM GMT


 Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-20 - 12:37:00 PM GMT

 Document emailed to filipe.biazzi@tetramais.com.br for signature  
2025-10-20 - 12:37:22 PM GMT

 Email viewed by filipe.biazzi@tetramais.com.br  
2025-10-20 - 1:01:08 PM GMT

 Signer filipe.biazzi@tetramais.com.br entered name at signing as Filipe Martinez Biazzi  
2025-10-20 - 1:38:27 PM GMT

 Document e-signed by Filipe Martinez Biazzi (filipe.biazzi@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-20 - 1:38:29 PM GMT - Time Source: server

 Agreement completed.  
2025-10-20 - 1:38:29 PM GMT

Cabedelo, PB, 19/08/2025


### DECLARAÇÃO

Eu, Marcio Uehara Prado, CPF nº. 179.888.078-46 e CTF nº. 1981993, formação ecólogo, declaro minha responsabilidade técnica sobre as informações apresentadas no Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental do Projeto Santa Quitéria, no que tange ao seguinte tema:

- Diagnóstico de Lepidoptera.

Sem mais, subscrevo,

Respeitosamente,

  
\_\_\_\_\_  
**Marcio Uehara Prado**



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**  
**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo**

**CREA-SP**

**ART de Obra ou Serviço**  
**28027230211662864**

**1. Responsável Técnico****MARCOS APARECIDO FRANCO PORTELA**Título Profissional: **Engenheiro de Materiais, Engenheiro de Segurança do Trabalho**RNP: **2604974410**Registro: **5061676026-SP**Registro: **0721189-SP**Empresa Contratada: **AGR ENGENHARIA LTDA.- EPP****2. Dados do Contrato**Contratante: **Tetra Mais Consultoria Ltda**CPF/CNPJ: **14.366.110/0001-86**Endereço: **Rua RUA JERÔNIMO DA VEIGA, 164**Nº: **164**Complemento: **16º andar**Bairro: **JARDIM EUROPA**Cidade: **São Paulo**UF: **SP**CEP: **04536-900**Contrato: **24082021**Celebrado em: **24/08/2021**

Vinculada à Art nº:

Valor: R\$ **45.460,00**Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

**3. Dados da Obra Serviço**Endereço: **Rua FIAÇÃO DA SAÚDE**Nº: **145**Complemento: **Sala 116**Bairro: **VILA DA SAÚDE**Cidade: **São Paulo**UF: **SP**CEP: **04144-020**Data de Início: **24/08/2021**Previsão de Término: **30/11/2021**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

CPF/CNPJ:

**4. Atividade Técnica****Elaboração****1****Estudo****Análise de Risco****Quantitativa****1,00000**

Unidade

**ano**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Revisão da análise dos riscos tecnológicos de acidentes ampliados para o Projeto Santa Quitéria (PQS), conforme Termo de Referência emitido pelo órgão ambiental. Projeto a ser instalado na fazenda Itataia, s/n □ Rodovia CE-366, KM 146, Cidade: Santa Quitéria/CE. Trabalhos realizados na sede da AGR Engenharia em São Paulo.

**6. Declarações**

**Acessibilidade:** Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.



## 7. Entidade de Classe

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE  
ENGENHARIA DE SÃO PAULO - IBAPE

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 16 de novembro de 2021

Local

data

*Marcos Portela*

MARCOS APARECIDO FRANCO PORTELA - CPF: 299.288.928-81

Tetra Mais Consultoria Ltda - CPF/CNPJ: 14.366.110/0001-86

## 9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo Nosso Número.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br)

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

[www.creasp.org.br](http://www.creasp.org.br)

Tel: 0800 017 18 11

E-mail: acessar link Fale Conosco do site acima

**CREA-SP**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia  
do Estado de São Paulo

Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 12/11/2021

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Número: 28027230211662864

Versão do sistema

Impresso em: 16/11/2021 16:26:18

MARCOS

APARECIDO FRANCO

PORTELA:299288928

81

Assinado de forma digital por

MARCOS APARECIDO FRANCO

PORTELA:29928892881

Dados: 2021.11.16 16:28:55

-03'00'

 CRBio-01	<b>Serviço Público Federal</b> <b>CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA</b>			
	<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>			1-ART Nº: <b>2025/13840</b>
<b>CONTRATADO BIÓLOGO</b>				
2.Nome: MATHEUS TRIBST RICO			3.Registro no CRBio: 127318/01-D	
4.CPF: 330.282.398-33	5.E-mail: matheusrico@gmail.com		6.Tel: (19)3255-5177	
7.End.: CUPECE 1784			8.Compl.: APTO. 122 A	
9.Bairro: CIDADE ADEMAR	10.Cidade: SÃO PAULO		11.UF: SP	12.CEP: 04366-000
<b>CONTRATANTE</b>				
13.Nome: TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA				
14.CPF / CNPJ: 14.366.110/0001-86		15.E-mail: contato@tetramais.com.br		
16.End.: RUA JERONIMO DA VEIGA 164			17.Compl.:	
18.Bairro: JARDIM EUROPA	19.Cidade: SAO PAULO	20.UF: SP	21.CEP: 04536-900	
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>				
22.Natureza : 1. Prestação de serviço				
23.Área : Meio Ambiente e Biodiversidade				
24.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; 25.Subárea do Conhecimento: Fitossociologia; Ecologia da paisagem;				
26.Área(s) de atuação : Licenciamento Ambiental;				
27.Atividades(s) Técnicas : assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação; atuação como Responsável Técnico (RT);				
28.Descrição sumária : ELABORAÇÃO DE COMPLEMENTAÇÕES AO DIAGNÓSTICO, IMPACTOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS DE FLORA, PARA O ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E O RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) DO PROJETO SANTA QUITÉRIA (PSQ), LOCALIZADO NO ESTADO DO CEARÁ				
29.Município de Realização do Trabalho: SAO PAULO				30.UF: SP
31.Forma de participação: EQUIPE		32.Perfil da equipe: Biólogos; Outros;		
33.Valor: R\$ 7.000,00	34.Total de horas: 80	35.Início: JAN/2025	36.Término: DEZ/2027	
<b>37. ASSINATURAS</b>				
<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>				
Data: 09/10/2025  Assinatura do Profissional  		Data:  Assinatura e Carimbo do Contratante   Maria Claudia Paley Braga (Oct 9, 2025 15:55:25 ADT)		

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS**  
**NÚMERO DE CONTROLE: 3816.6013.6954.8209**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio01.gov.br](http://www.crbio01.gov.br)

# ART\_Matheus\_Rico\_20605

Final Audit Report

2025-10-09

Created:	2025-10-09
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAJSzddJskET9sFquhEymmlmjorFz8Chcn

## "ART\_Matheus\_Rico\_20605" History



Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)

2025-10-09 - 6:39:51 PM GMT



Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature

2025-10-09 - 6:39:55 PM GMT



Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)

2025-10-09 - 6:55:10 PM GMT



Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)

Signature Date: 2025-10-09 - 6:55:25 PM GMT - Time Source: server



Agreement completed.

2025-10-09 - 6:55:25 PM GMT



Adobe Acrobat Sign



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA - 8ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART		Nº:8-18595/21	
<b>CONTRATADO</b>			
Nome:Patricio Adriano da Rocha		Registro CRBio:46.957/08-D	
CPF:77686268500		Tel:7932115429	
E-Mail:parocha2@yahoo.com.br			
Endereço:Rua Riachão, Nº 1605.			
Cidade:Aracaju		Bairro:Suissa	
CEP:49050-670		UF:SE	
<b>CONTRATANTE</b>			
Nome:Tetra Mais Consultoria LTDA			
Registro Profissional:		CPF/CGC/CNPJ:14.366.110/0001-86	
Endereço:Rua Jerônimo da Veiga, 164			
Cidade:São Paulo		Bairro:Itaim Bibi	
CEP:04536-900		UF:SP	
Site:			
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
Natureza: Prestação de Serviços - 1.4,1.7			
Identificação:Elaboração de relatório técnico			
Município do Trabalho: Sergipe		UF: SE	Município da sede: Aracaju
UF: SE		UF:SE	
Forma de participação: Individual		Perfil da equipe: null	
Área do conhecimento: Zoologia		Campo de atuação: Meio ambiente	
Descrição sumária da atividade:Elaboração de relatório técnico para o diagnóstico da quiropteroфаuna do Projeto Santa Quitéria, Santa Quitéria-CE.			
Valor: R\$ 5000,00		Total de horas: 80	
Início: 06/11/2020		Término: 01/05/2021	
<b>ASSINATURAS</b>			
<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>			
Data: / /		Data: / /	
Assinatura do profissional		Assinatura e carimbo do contratante	
		<i>Filipe Martinez Biazzi</i> <small>Filipe Martinez Biazzi (Oct 20, 2025 16:43:07 ADT)</small>	
<b>Solicitação de baixa por distrato</b>		<b>Solicitação de baixa por conclusão</b>	
Data: / /		Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.	
Assinatura do Profissional		Nº do protocolo: 105880/NET	
Data: / /		Data: / /	
Assinatura e carimbo do contratante		Assinatura do profissional	
		Data: / /	
		Assinatura e Carimbo do contratante	

Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio08-24 horas** Online em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART**


# ART\_PROJETO\_SANTA\_QUITERIA\_assinado


Final Audit Report

2025-10-20

Created:	2025-10-20
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAA1rzk0GLZkFrwQWziVMWk_c0I2FIGH2O_


## "ART\_PROJETO\_SANTA\_QUITERIA\_assinado" History


 Document digitally presigned by PATRICIO ADRIANO DA ROCHA (parocha2@yahoo.com.br)  
2025-09-25 - 11:25:50 PM GMT


 Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-20 - 7:38:35 PM GMT

 Document emailed to filipe.biazzi@tetramais.com.br for signature  
2025-10-20 - 7:38:56 PM GMT

 Email viewed by filipe.biazzi@tetramais.com.br  
2025-10-20 - 7:40:29 PM GMT

 Signer filipe.biazzi@tetramais.com.br entered name at signing as Filipe Martinez Biazzi  
2025-10-20 - 7:43:05 PM GMT




 Document e-signed by Filipe Martinez Biazzi (filipe.biazzi@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-20 - 7:43:07 PM GMT - Time Source: server

 Agreement completed.  
2025-10-20 - 7:43:07 PM GMT



Serviço Público Federal  
CONSELHO FEDERAL  
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 8ª REGIÃO



ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART		Nº: 8-36007/25	
DADOS DO PROFISSIONAL			
Nome:	Raone Beltrão Mendes	Registro CRBio:	46.821/08-D
CPF:	95974784553	Categoria:	Biólogo
E-mail:	raonebm@yahoo.com.br	Telefone:	
DADOS DO REQUISITANTE DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Nome / Razão social:	TETRA MAIS CONSULTORIA LTDA	CPF / CNPJ:	14.366.110/0001-86
Endereço:	Rua Jerônimo da Veiga, nº 164, andar 16		
Bairro:	Jardim Europa	Cidade:	Sao Paulo
CEP:	04536-900	UF:	SP
Site / Redes sociais:		E-mail:	
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
Município(s) do trabalho:	Santa Quitéria, Itatira	UF(s):	CE
Tipo de atividade:	Prestação de Serviços	Formato de execução da atividade:	Atividade presencial
Atividades profissionais:			
Assessoria, assistência, consultoria, aconselhamento, recomendação			
Manejo, conservação, preservação, proteção do patrimônio natural, guarda, catalogação			
Áreas de conhecimento:			
Zoologia			
Áreas de atuação:			
Meio ambiente			
Detalhamento das áreas de atuação:			
Diagnóstico, Controle e Monitoramento Ambiental			
Forma de participação:	Equipe	Perfil da equipe:	Equipe Unidisciplinar
Identificação da atividade:	Levantamento de espécies locais de mamíferos para fins de licenciamento ambiental		
Descrição da atividade:	Condução de amostragens para diagnóstico de mamíferos de pequeno, médio e grande portes com uso de armadilhas de captura (sherman, tomahawk, pitfall) e armadilhas fotográficas, bem como buscas ativas. Os dados amostrados estão relacionados ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e ao Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Santa Quitéria (PSQ), localizado no Estado do Ceará.		
Valor do contrato/salário	R\$ 0,00	Total de horas / carga horária mensal	300
Data de início:	01 / 11 / 2020	Data prevista para o término:	20 / 05 / 2023
ASSINATURAS			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
 Documento assinado digitalmente RAONE BELTRAO MENDES Data: 08/10/2025 16:27:55-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>		 Maria Claudia Paley Braga (Oct 9, 2025 15:56:33 ADT)	
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil	
Solicitação de baixa:			
Motivo:			
Término da Atividade: 20 / 05 / 2023			
Assinatura Digital do(a) Profissional Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil			
Assinatura Digital do(a) Requisitante Gov.BR ou reconhecido pelo ICP-Brasil		Autenticação da ART Use seu celular para escanear o QR Code e validar a ART eletronicamente.	







# 8-36007-25 \_ ART Raone \_ assinado

Final Audit Report

2025-10-09

Created:	2025-10-09
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAwldw3ZTCiaKn3clSS9Gcb_NETa8j1oXG

## "8-36007-25 \_ ART Raone \_ assinado" History

-  Document digitally presigned by RAONE BELTRAO MENDES (raonebm@yahoo.com.br)  
2025-10-08 - 7:27:55 PM GMT
-  Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-09 - 6:38:51 PM GMT
-  Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature  
2025-10-09 - 6:39:15 PM GMT
-  Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
2025-10-09 - 6:55:30 PM GMT
-  Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-09 - 6:56:33 PM GMT - Time Source: server
-  Agreement completed.  
2025-10-09 - 6:56:33 PM GMT



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**CREA-MG**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
**Nº MG20232606625**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

INICIAL

**1. Responsável Técnico**

**ROBSON CALDEIRA CRUZ**

Título profissional: **GEÓGRAFO**

RNP: **1412493234**

Registro: **MG0000170611D MG**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **Tetra Mais Consultoria Ltda**

**RUA JERÔNIMO DA VEIGA**

Complemento: **16º Andar**

Cidade: **S PAULO**

Bairro: **Jardim Europa**

UF: **SP**

CPF/CNPJ: **14.366.110/0001-86**

Nº: **164**

CEP: **04536900**

Contrato: **4383**

Celebrado em: **01/01/2023**

Valor: **R\$ 74.900,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

**3. Dados da Obra/Serviço**

**RODOVIA CE-366, KM 146**

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **FAZENDA ITATIAIA**

Cidade: **SANTA QUITÉRIA**

UF: **CE**

CEP: **62280000**

Data de Início: **02/01/2023**

Previsão de término: **31/12/2023**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **Indústrias Nucleares do Brasil - INB**

CPF/CNPJ: **00.322.818/0033-08**

**4. Atividade Técnica**

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE  
 DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

100,00

h

40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE  
 DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.7 - PROGNÓSTICO AMBIENTAL

100,00

h

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Consultoria para execução de diagnóstico, avaliação do impacto e Programa de Qualidade do Ar para compor o EIA do Projeto Santa Quitéria/CE

**6. Declarações**

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/legpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

**7. Entidade de Classe**

APROGEO-MG - Associação dos Profissionais Geógrafos do Estado de Minas Gerais

**ROBSON CALDEIRA  
 CRUZ:03446907688**

Assinado de forma digital por ROBSON  
 CALDEIRA CRUZ:03446907688  
 Dados: 2023.12.15 15:29:15 -03'00'

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

**ROBSON CALDEIRA CRUZ - CPF: 034.469.076-88**

**Maria Claudia Paley Braga (Oct 8, 2025 13:04:43 ADT)**

Local

data

**Tetra Mais Consultoria Ltda - CNPJ: 14.366.110/0001-86**

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: AAYb8  
 Impresso em: 15/12/2023 às 15:16:27 por: , ip: 186.248.162.179







**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**CREA-MG**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
**Nº MG20232606625**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

INICIAL

**10. Valor**

Valor da ART: **R\$ 254,59**

Registrada em: **14/12/2023**

Valor pago: **R\$ 254,59**

Nosso Número: **8603252671**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: AAYb8  
Impresso em: 15/12/2023 às 15:16:29 por: , ip: 186.248.162.179







# ART Robson não assinada (1)

Final Audit Report

2025-10-08

Created:	2025-10-08
By:	Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAA2ta7tOKVDz4_qnX1XCYZ-F4V1r3v0tXD

## "ART Robson não assinada (1)" History

-  Document digitally presigned by ROBSON CALDEIRA CRUZ:03446907688 (robsoncaldeira@hotmail.com)  
2023-12-15 - 6:29:15 PM GMT
-  Document created by Tatiana Talacka Harder (tatiana.harder@tetramais.com.br)  
2025-10-08 - 2:15:31 PM GMT
-  Document emailed to Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br) for signature  
2025-10-08 - 2:15:59 PM GMT
-  Email viewed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
2025-10-08 - 4:03:33 PM GMT
-  Document e-signed by Maria Claudia Paley Braga (claudia.paley@tetramais.com.br)  
Signature Date: 2025-10-08 - 4:04:43 PM GMT - Time Source: server
-  Agreement completed.  
2025-10-08 - 4:04:43 PM GMT



**Serviço Público Federal**  
**CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA - 5ª REGIÃO**

<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART</b>	Nº:5-43537/21
---	---------------

**CONTRATADO**

Nome: Telton Pedro Anselmo Ramos	Registro CRBio: 67.115/05-D
CPF: 02988851409	Tel: 3216-7767
E-Mail: telton@gmail.com	
Endereço: Rua Luiz Oliveira da Silva, Nº 81, Apto 302	
Cidade: João Pessoa	Bairro: Tambiá
CEP: 58020-840	UF: PB

**CONTRATANTE**

Nome: Tetra Mais Consultoria LTDA	
Registro Profissional:	CPF/CGC/CNPJ: 14.366.110/0003-48
Endereço: R. Capitão Cassiano Ricardo de Toledo	
Cidade: Jundiá	Bairro: Chácara Urbana
CEP: 13201-840	UF: SP
Site:	

**DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL**

Natureza: Prestação de Serviços - 1.7			
Identificação: Levantamento da fauna silvestre (Ictiofauna) do Projeto Santa Quitéria			
Município do Trabalho: Santa Quitéria	UF: CE	Município da sede: Santa Quitéria	UF: CE
Forma de participação: Equipe		Perfil da equipe: Ictiofauna	
Área do conhecimento: Zoologia		Campo de atuação: Meio ambiente	
Descrição sumária da atividade: Elaboração do diagnóstico da Ictiofauna, realizado no âmbito do Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Projeto Santa Quitéria, Itatira, CE.			
Valor: R\$ 14000,00		Total de horas: 80	
Início: 27/10/2020		Término:	

**ASSINATURAS**

<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>	
<p>Data: 06 / 10 / 2021</p> <p><i>Telton Pedro A. Ramos</i></p> <p>Assinatura do profissional</p>	<p>Data:     /     /</p> <p>Assinatura e carimbo do contratante</p>

Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio05-24** horas Online em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART**

<p><b>Solicitação de baixa por distrato</b></p> <p>Nº do protocolo:</p> <p>Data:     /     /</p> <p>Assinatura do Profissional</p> <p>Data:     /     /</p> <p>Assinatura e carimbo do contratante</p>	<p><b>Solicitação de baixa por conclusão</b></p> <p>Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.</p> <p>Nº do protocolo: 400023460/NET</p> <p>Data:     /     /     Assinatura do profissional</p> <p>Data:     /     /     Assinatura e Carimbo do contratante</p>
--	---

## ART Telton Ramos.pdf

Documento número #ebf25792-1595-4713-a64b-4aa8eedc9831

Hash do documento original (SHA256): 348825710dbc75e5873dffa8e643e29acbd615aa5db5f90960a13282747bc2be

## Assinaturas



**Maria Claudia Paley Braga**

CPF: 112.175.738-36

Assinou como contratante em 08 out 2021 às 18:08:16

Emitido por Clicksign Gestão de documentos S.A.

## Log

08 out 2021, 16:47:23	Operador com email guilherme.carbonari@tetramais.com.br na Conta 91a95dc8-bf21-41c0-a1e7-59c66e991ffe criou este documento número ebf25792-1595-4713-a64b-4aa8eedc9831. Data limite para assinatura do documento: 07 de novembro de 2021 (16:46). Finalização automática após a última assinatura: habilitada. Idioma: Português brasileiro.
08 out 2021, 16:47:24	Operador com email guilherme.carbonari@tetramais.com.br na Conta 91a95dc8-bf21-41c0-a1e7-59c66e991ffe adicionou à Lista de Assinatura: claudia.paley@tetramais.com.br, para assinar como contratante, com os pontos de autenticação: email (via token); Nome Completo; CPF; endereço de IP; Assinatura manuscrita. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo Maria Claudia Paley Braga e CPF 112.175.738-36.
08 out 2021, 18:08:17	Maria Claudia Paley Braga assinou como contratante. Pontos de autenticação: email claudia.paley@tetramais.com.br (via token). CPF informado: 112.175.738-36. Assinatura manuscrita com hash SHA256 prefixo 96d091(...), vide anexo 08 out 2021, 18-08-17.png. IP: 177.141.177.33. Componente de assinatura versão 1.149.1 disponibilizado em <a href="https://app.clicksign.com">https://app.clicksign.com</a> .
08 out 2021, 18:08:18	Processo de assinatura finalizado automaticamente. Motivo: finalização automática após a última assinatura habilitada. Processo de assinatura concluído para o documento número ebf25792-1595-4713-a64b-4aa8eedc9831.



Para validar este documento assinado, acesse <https://validador.clicksign.com> e utilize a senha gerada pelos signatários ou envie este arquivo em PDF.

As assinaturas digitais e eletrônicas têm validade jurídica prevista na Medida Provisória nº. 2200-2 / 2001

Este Log é exclusivo ao, e deve ser considerado parte do, documento número ebf25792-1595-4713-a64b-4aa8eedc9831, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso da Clicksign disponível em [www.clicksign.com](http://www.clicksign.com).

## Anexo: 08 out 2021, 18-08-17.png

Assinatura manuscrita com hash SHA256 prefixo 96d091(...)

Reprodução proibida

-----  
REPRODUÇÃO PROIBIDA  
08/10/2021 18:08:16  
-----

Reprodução proibida

## ANEXO II

---

CTFs

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
873792	16/10/2025	16/10/2025	16/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 003.647.699-47 Nome: ABDEL MAJID HACH HACH <b>Endereço:</b> logradouro: RUA MATEUS LEME - DE 2711/2712 A 4669/4670 N.º: 2913 Complemento: Bairro: SÃO LOURENÇO Município: CURITIBA CEP: 82200-000 UF: PR			
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP</b>			
<b>Código</b>	<b>Descrição</b>		
1-1	Pesquisa mineral com guia de utilização		
1-2	Lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento		
1-4	Lavra garimpeira		
17-67	Recuperação de áreas degradadas		
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama, por meio do CTF/APP.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		8PTU4TVLD2JR7GLZ	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
4953896	29/10/2025	29/10/2025	29/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 071.201.486-13

Nome: ALEXANDRE FARIA LOPES DE PAIVA

**Endereço:**

logradouro: RUA SILVIANO BRANDAO

N.º: 650

Complemento:

Bairro: CENTRO

Município: PARAISOPOLIS

CEP: 37660-000

UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2511-20	Sociólogo	Elaborar documentos técnico-científicos
2511-20	Sociólogo	Participar da gestão territorial e socioambiental
2511-20	Sociólogo	Realizar estudos e pesquisas sociais, econômicas e políticas

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	9WS5JEA73XDS7P28
------------------------------	------------------





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7941955	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 094.707.907-66

Nome: ALEXANDRE DE ARAUJO OLIVEIRA

**Endereço:**

logradouro: RUA RIACHUELO

N.º: 87

Bairro: CENTRO

CEP: 20230-010

Complemento: APTO 1112

Município: RIO DE JANEIRO

UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	F496D8ASG8FMG3RJ
------------------------------	------------------

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
5238559	28/10/2025	28/10/2025	28/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 078.511.556-06			
Nome: ALINE DIAS PAZ			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: RUA CARANGOLA			
N.º: 613	Complemento: APTO 201		
Bairro: SANTO ANTÔNIO	Município: BELO HORIZONTE		
CEP: 30330-240	UF: MG		
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		WFK8Q16N5BEQSHU4	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1640548	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 003.663.303-81

Nome: ARNALDO HONORATO VIEIRA FILHO

**Endereço:**

logradouro: RUA EVARISTO DA VEIGA

N.º: 166

Bairro: CASA AMARELA

CEP: 52070-100

Complemento: AP 501

Município: RECIFE

UF: PE

**Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras  
e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP**

Código	Descrição
20-5	Utilização do patrimônio genético natural

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama, por meio do CTF/APP.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa

física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	VELSC4JFFGDL61X8
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1996213	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 311.493.498-67

Nome: BRUNO AUGUSTO TORRES PARAHYBA CAMPOS

**Endereço:**

logradouro: RUA ANA LEITE NOBREGA

N.º: 94

Complemento: 403

Bairro: BRASILIA

Município: PATOS

CEP: 58700-470

UF: PB

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	CK1HQ9IJ9VSNUTNS
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
4000762	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 326.747.428-01  
Nome: BRUNO FERREIRA

**Endereço:**

logradouro: RUA SÃO SEBASTIÃO  
N.º: 720 Complemento: CX. POSTAL 27  
Bairro: CENTRO Município: MOTUCA  
CEP: 14835-000 UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	3XXILRUFF57SFC25
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

**Dados básicos**

CPF:

Nome:

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º: **5543062** Data da consulta: **06/10/2025** CR emitido em: **25/09/2025** CR válido até: **25/12/2025**

**Dados básicos**

CPF: **XXX.990.936-XX**

Nome: **CHARLES PIERRE PARREIRAS**

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2511-20	Sociólogo	Elaborar documentos técnico-científicos

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

**Dados básicos**

CPF:

Nome:

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2511-05	Antropólogo	Elaborar documentos técnico-científicos

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
7526429	29/10/2025	29/10/2025	29/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 076.901.556-50			
Nome: FRANCIELLE SILVA OLIVEIRA			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: RUA BOGOTÁ			
N.º: 700	Complemento: APTO 108		
Bairro: JARDIM AMÉRICA	Município: BELO HORIZONTE		
CEP: 30421-392	UF: MG		
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2513-05	Geógrafo	Realizar pesquisas geográficas	
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		GNSQJII3Y6EVCNF8	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
620349	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 112.175.738-36

Nome: MARIA CLAUDIA PALEY BRAGA

**Endereço:**

logradouro: ALAMEDA DAS PITANGUEIRAS (RESIDENCIAL CONDADO ALPES DE VINHEDO)

N.º: 153

Complemento:

Bairro: BURACÃO

Município: VINHEDO

CEP: 13281-680

UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2142-05	Engenheiro Civil	Prestar consultoria, assistência e assessoria

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	Y1LULC389XA1F3Y2
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
2065394	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 049.139.436-50

Nome: CRISTINA POGGIALI ALMEIDA

**Endereço:**

logradouro: ALAMEDA DAS ORQUÍDEAS

N.º: 1500

Complemento:

Bairro: BOSQUE DO JAMBREIRO

Município: NOVA LIMA

CEP: 34000-000

UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	HGYLYEH5CCS1DK2
------------------------------	-----------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º: 331826 Data da consulta: 27/10/2025 CR emitido em: 27/10/2025 CR válido até: 27/01/2026

Dados básicos

CPF: XXX.408.817-XX

Nome: DIOGO LORETTO MEDEIROS

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

[Fechar](#)

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
462897	08/10/2025	08/10/2025	08/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 062.412.378-29  
Nome: ELISA MASCARENHAS MURGEL

**Endereço:**

logradouro: RUA GIRASSOL  
N.º: 1011 Complemento:  
Bairro: VILA MADALENA Município: SAO PAULO  
CEP: 05433-002 UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2144-05	Engenheiro Mecânico	Assessorar atividades técnicas
2144-05	Engenheiro Mecânico	Elaborar documentação técnica

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	VY88UNP4Q2D6GFG3
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5760500	28/10/2025	28/10/2025	28/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 076.856.064-02  
Nome: FELIPE JARDELINO ELOI

**Endereço:**

logradouro: RUA ADÃO VIANA DA ROSA  
N.º: 29 Complemento: AP 1401  
Bairro: AEROCUBE Município: JOAO PESSOA  
CEP: 58036-873 UF: PB

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	FT91B8E16CLJEVX9
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
2265097	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 184.743.398-71  
Nome: FILIPE MARTINEZ BIAZZI

**Endereço:**

logradouro: RUA SANHARÓ  
N.º: 660 Complemento:  
Bairro: JD GUEDALA Município: SAO PAULO  
CEP: 05611-060 UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2142-05	Engenheiro Civil	Prestar consultoria, assistência e assessoria

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	V5TWCERZF1I182R5
------------------------------	------------------





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º: **7012974** Data da consulta: **06/10/2025** CR emitido em: **02/09/2025** CR válido até: **02/12/2025**

**Dados básicos**

CPF: **XXX.793.806-XX**

Nome: **FLÁVIA CRISTINA COSTA VIEIRA**

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2511-05	Antropólogo	Elaborar documentos técnico-científicos
2511-10	Arqueólogo	Elaborar documentos técnico-científicos

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7502761	09/10/2025	09/10/2025	09/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 113.026.626-51  
Nome: GABRIEL COSTA NACUR

**Endereço:**

logradouro: RUA DANTE  
N.º: 155 Complemento: CASA 3  
Bairro: SAO LUCAS Município: BELO HORIZONTE  
CEP: 30240-290 UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2140-05	Engenheiro Ambiental	Gerenciar implantação do sistema de gestão ambiental-sga

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	RUSVNEIGQWTI2DUT
------------------------------	------------------

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
6854905	30/10/2025	30/10/2025	30/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 107.277.306-65 Nome: GUILHERME FRANCISCO DO NASCIMENTO PINTO <b>Endereço:</b> logradouro: RUA ARTUR DE SÁ N.º: 1520 Complemento: CASA Bairro: UNIÃO Município: BELO HORIZONTE CEP: 31170-710 UF: MG			
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2513-05	Geógrafo	Realizar pesquisas geográficas	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		1JFEMMF1JEDZH57K	

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
6208472	09/10/2025	09/10/2025	09/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 016.868.249-47 Nome: IDELSOM ROGÉRIO CANESTRARO <b>Endereço:</b> logradouro: AV VINTE E CINCO DE JANEIRO N.º: 4556 Complemento: Bairro: COLONIA MARIA JOSÉ Município: QUATRO BARRAS CEP: 83420-000 UF: PR			
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2134-05	Geólogo	Gerir atividades de proteção, conservação e reabilitação ambiental	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		5JCTAK3LS3KFCSYZ	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
6043753	08/10/2025	08/10/2025	08/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 084.232.984-69			
Nome: Isabella Lais Chalegre Rodrigues de Andrade			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: Av. Monsenhor Walfredo Leal, 181 - Tambiá			
N.º: 64		Complemento:	
Bairro: Tambiá		Município: JOAO PESSOA	
CEP: 58050-230		UF: PB	
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
<b>Chave de autenticação</b>		Z8CA6PNJQN3PRV8	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
248955	29/10/2025	29/10/2025	29/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 526.152.276-53  
Nome: JACKSON CLEITON FERREIRA CAMPOS

**Endereço:**

logradouro: RUA ENGENHEIRO CARLOS ANTONINI  
N.º: 37 Complemento:  
Bairro: SÃO LUCAS Município: BELO HORIZONTE  
CEP: 30240-280 UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	FDEIB6UNZXGZEQN9
------------------------------	------------------

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
7022011	06/10/2025	06/10/2025	06/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 101.320.984-23 Nome: JAYENE AYSLA MENDONÇA BRITO <b>Endereço:</b> logradouro: SÍTIO ENGENHO BAIXINHA N.º: 128 Complemento: Bairro: MARGARIDA MARIA DE SOUZA Município: ALAGOA GRANDE CEP: 58388-000 UF: PB			
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		XVFMRJ1974X87GJ4	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

**Dados básicos**

CPF:

Nome:

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2513-05	Geógrafo	Realizar pesquisas geográficas
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
6279819	17/10/2025	17/10/2025	17/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 331.363.048-02

Nome: KATIÚCIA DE SOUSA SILVA

**Endereço:**

logradouro: RUA RAUL POMPEIA

N.º: 375

Complemento: AP 82

Bairro: POMPEIA

Município: SAO PAULO

CEP: 05025-010

UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2513-05	Geógrafo	Avaliar os processos de produção do espaço

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	V6CYNZ6KF2DNM5II
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1981993	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 179.888.078-46  
Nome: MARCIO UEHARA PRADO

**Endereço:**

logradouro: CCSW 5 BLOCO A  
N.º: 255  
Bairro: SETOR SUDOESTE  
CEP: 70680-550

Complemento: COND ÔMEGA CENTER  
Município: BRASILIA  
UF: DF

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	7STSL8KF4BY7XB9B
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5493892	13/10/2025	13/10/2025	13/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 262.628.958-25

Nome: MARCOS EDUARDO VIEIRA PINHO

**Endereço:**

logradouro: AVENIDA GETÚLIO VARGAS - DE 551/552 A 1219/1220

N.º: 671

Complemento: SL 9038

Bairro: SAVASSI

Município: BELO HORIZONTE

CEP: 30112-021

UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2143-20	Engenheiro Eletricista de Projetos	Planejar sistemas e equipamentos elétricos, eletrônicos e de telecomunicações
2144-05	Engenheiro Mecânico	Assessorar atividades técnicas
2144-05	Engenheiro Mecânico	Elaborar documentação técnica

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	5QBAVKWEPSNWZLWQ
------------------------------	------------------

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
573883	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 299.288.928-81			
Nome: MARCOS APARECIDO FRANCO PORTELA			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: RUA RIO GRANDE			
N.º: 477	Complemento: APTO 194		
Bairro: VILA MARIANA	Município: SAO PAULO		
CEP: 04018-001	UF: SP		
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2146-05	Engenheiro de Materiais	Elaborar documentação técnica	
2149-15	Engenheiro de Segurança do Trabalho	Emitir documentação técnica	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		Z5L3J1I27GLR7QVZ	

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
725060	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 311.111.098-26			
Nome: MARTINÊS VICENTE DA SILVA JÚNIOR			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: AV. EZELINO DA CUNHA GLÓRIA			
N.º:	771	Complemento:	BLOCO D APTO 14
Bairro:	RODEIO	Município:	MOGI DAS CRUZES
CEP:	08775-520	UF:	SP
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2140-05	Engenheiro Ambiental	Prestar consultoria, assistência e assessoria	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		KI2NJY8ZMHWJX924	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7375664	29/09/2025	29/09/2025	29/12/2025

**Dados básicos:**

CPF: 330.282.398-33  
Nome: MATHEUS TRIBST RICO

**Endereço:**

logradouro: AVENIDA CUPECÊ - ATÉ 3670 - LADO PAR  
N.º: 1784 Complemento: APTO 122A  
Bairro: CIDADE ADEMAR Município: SAO PAULO  
CEP: 04366-000 UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras  
e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP**

Código	Descrição
21-49	Transporte de produtos florestais - Lei nº 12.651/2012: art. 36

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama, por meio do CTF/APP.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	QDBYKIJB16ZWEYUP
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

Dados básicos

CPF:

Nome:

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA

<a href="#">Código CBO</a>	<a href="#">Ocupação</a>	<a href="#">Área de Atividade</a>
2513-05	Geógrafo	Realizar pesquisas geográficas

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

[Fechar](#)

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

**Dados básicos**

CPF:

Nome:

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º: **7681897** Data da consulta: **06/10/2025** CR emitido em: **19/09/2025** CR válido até: **19/12/2025**

**Dados básicos**

CPF: **XXX.419.768-XX**

Nome: **PATRICK MARTINS**

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2513-05	Geógrafo	Avaliar os processos de produção do espaço
2513-05	Geógrafo	Fornecer subsídios ao ordenamento territorial
2513-05	Geógrafo	Regionalizar território
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
2097899	07/10/2025	07/10/2025	07/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 959.747.845-53  
Nome: RAONE BELTRÃO MENDES

**Endereço:**

logradouro: RUA DO TIMBÓ  
N.º: 675  
Bairro: CAMINHO DAS ÁRVORES  
CEP: 41820-660

Complemento: APTº 902  
Município: SALVADOR  
UF: BA

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Estudar seres vivos
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	NX1PMD3I5SZ9YBWF
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS**  
**CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**



Registro n.º:  Data da consulta:  CR emitido em:  CR válido até:

**Dados básicos**

CPF:

Nome:

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA**

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2142-05	Engenheiro Civil	Prestar consultoria, assistência e assessoria

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

**Fechar**

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente  Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  <b>CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS</b>  <b>CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR</b> </div>  </div>			
<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
5424098	15/10/2025	15/10/2025	15/01/2026
<b>Dados básicos:</b>			
CPF: 034.469.076-88			
Nome: ROBSON CALDEIRA CRUZ			
<b>Endereço:</b>			
logradouro: RUA MONTANA			
N.º:	544	Complemento:	
Bairro:	PALMEIRAS (PARQUE DURVAL DE BARROS)		Município: IBIRITE
CEP:	32421-325	UF:	MG
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA</b>			
<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>	
2513-05	Geógrafo	Realizar pesquisas geográficas	
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada	
<p>Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.</p> <p>A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.</p> <p>O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.</p> <p>O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.</p>			
<b>Chave de autenticação</b>		N7A11UDJE261RD4E	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º: 2269976 Data da consulta: 06/10/2025 CR emitido em: 11/08/2025 CR válido até: 11/11/2025

Dados básicos

CPF: XXX.888.514-XX

Nome: TELTON PEDRO ANSELMO RAMOS.

Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP

<a href="#">Categoria</a>	<a href="#">Detalhe</a>
20 - Uso de Recursos Naturais	5 - Utilização do patrimônio genético natural

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama, por meio do CTF/APP

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA

<a href="#">Código CBO</a>	<a href="#">Ocupação</a>	<a href="#">Área de Atividade</a>
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

[Fechar](#)

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7935822	08/10/2025	08/10/2025	08/01/2026

**Dados básicos:**

CPF: 403.129.228-76

Nome: THAMIRIS CRISTINA COSTA BASILIO

**Endereço:**

logradouro: RUA ANTÔNIO RODRIGUES CAJADO DE 502/503 A 798/799

N.º: 1200

Complemento: CASA

Bairro: VILA MONTEIRO (GLEBA I)

Município: SAO CARLOS

CEP: 13560-291

UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2134-05	Geólogo	Controlar serviços de geologia, geofísica e oceanografia
2134-05	Geólogo	Gerir atividades de proteção, conservação e reabilitação ambiental
2134-05	Geólogo	Pesquisar natureza geológica, geofísica e oceanográfica
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	84CZSWM8J89E3Q4J
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CADASTROS TÉCNICOS FEDERAIS  
CONSULTA PÚBLICA A CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º: 223274 Data da consulta: 06/10/2025 CR emitido em: 04/09/2025 CR válido até: 04/12/2025

Dados básicos

CPF: XXX.714.158-XX

Nome: VILMA MARIA CAVINATTO RIVERO

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental - CTF/AIDA

<u>Código CBO</u>	<u>Ocupação</u>	<u>Área de Atividade</u>
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, a pessoa física acima possui Certificado de Regularidade, em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Fechar

Este site é protegido por reCAPTCHA Enterprise e sua [Política de Privacidade](#) e [Termos de Serviço](#) do Google se aplicam.

## ANEXO III

---

### CLIMA E METEOREOLOGIA



# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Clima e Meteorologia

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIA_rev00_climatologia	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra +	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
---	----------------------------------	--	-------------------------------

 +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](http://www.tetramais.com.br)

## SUMÁRIO

### 11.1.1. Clima e Meteorologia

11.1.1.1. Considerações Metodológicas .....	34
11.1.1.2. Contexto Regional .....	38
11.1.1.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) .....	41
11.1.1.3.1. Pluviosidade .....	41
11.1.1.3.1.1. Número de dias sem precipitação .....	45
11.1.1.3.2. Temperatura do ar .....	45
11.1.1.3.3. Umidade relativa .....	49
11.1.1.3.4. Evapotranspiração .....	53
11.1.1.3.5. Balanço Hídrico Climatológico .....	56
11.1.1.3.6. Insolação e Radiação Solar .....	57
11.1.1.3.7. Ventos .....	60
11.1.1.3.8. Eventos extremos e mudanças climáticas .....	63
11.1.1.4. Considerações Finais .....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-1: Expansão da Massa Equatorial Atlântica durante o verão (cena 1) e inverno (cena 2). .....	40
Figura 11.1-2: Expansão da Massa Equatorial Continental durante o verão (cena 1) e inverno (cena 2). .....	41
Figura 11.1-3: Total pluviométrico anual nas estações meteorológicas e postos pluviométricos analisados. ....	42
Figura 11.1-4: Distribuição da precipitação das estações e postos pluviométricos analisados. ....	44
Figura 11.1-5: Distribuição do número de dias sem chuvas na Estação Quixeramobim. ....	45
Figura 11.1-6: Temperaturas máximas, médias e mínimas da estação Itataia (linhas contínuas) e da estação Quixeramobim (linhas tracejadas). ....	48
Figura 11.1-7: Pluviograma da estação Itataia. ....	49
Figura 11.1-8: Pluviograma da estação Quixeramobim. ....	49
Figura 11.1-9: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Itataia. ....	52
Figura 11.1-10: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Santa Quitéria. ...	52
Figura 11.1-11: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim. ...	53
Figura 11.1-12: Relação entre evapotranspiração potencial e temperatura do ar na estação Quixeramobim. ....	55
Figura 11.1-13: Relação entre evapotranspiração potencial e umidade relativa do ar na estação Quixeramobim. ....	56
Figura 11.1-14: Balanço Hídrico Climatológico Mensal da estação Quixeramobim. ....	57
Figura 11.1-15: Extrato do Balanço Hídrico Climatológico Mensal (Déficits e Excedentes) da estação Quixeramobim. ....	57
Figura 11.1-16: Distribuição da radiação solar global diária (média anual) .....	58
Figura 11.1-17: Radiação solar acumulada mensal da estação Itataia. ....	59
Figura 11.1-18: Distribuição da radiação solar diária da estação Itataia. ....	59
Figura 11.1-19: Distribuição da insolação total na estação Quixeramobim. Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025. ....	60

Figura 11.1-20: Distribuição da velocidade do vento ao longo do ano na estação Itataia. ....	61
Figura 11.1-21: Rosa dos ventos da Estação Itataia. ....	62
Figura 11.1-22: Acumulado anual de precipitação e ocorrência de ENOS / El Niño Oscilação Sul. ...	66
Figura 11.1-23: Projeções do avanço do clima árido no Nordeste do Brasil para o século XXI. ....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-1: Estações meteorológicas utilizadas no presente diagnóstico. ....	35
Quadro 11.1-2: Postos pluviométricos utilizados no presente diagnóstico. ....	36
Quadro 11.1-3: Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados .....	43
Quadro 11.1-4: Dados de temperatura (°C) das estações e postos pluviométricos analisados .....	47
Quadro 11.1-5: Distribuição anual da umidade relativa do ar (%) nas estações Itataia, Santa Quitéria e Quixeramobim .....	51
Quadro 11.1-6: Evapotranspiração potencial da estação Quixeramobim - Normais 1991-2024 .....	54
Quadro 11.1-7: Velocidade média e direção predominante dos ventos na estação Itataia .....	61

## LISTA DE MAPAS

Mapa 11.1-1: Localização das estações e postos pluviométricos. ....	37
Mapa 11.1-2: Classificação climática na região de inserção do empreendimento. ....	39



### 11.1.1. Clima e Meteorologia

#### 11.1.1.1. 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 consistidos das Normais Climatológicas da estação convencional de Quixeramobim, no intervalo de 1991-2024, administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, foram utilizados dados das estações Itataia e Santa Quitéria, 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. Entre as duas estações existentes em Quixeramobim, optou-se por adotar apenas os dados da estação convencional. O critério de escolha foi a série de anos com dados disponíveis (maior que a estação automática) e a quantidade de falhas de leitura (menor que a estação automática, que possui ausência de dados em determinados parâmetros desde o ano de 2019).

As estações Santa Quitéria e Itataia foram escolhidas por estarem mais próximas do empreendimento. Vale ressaltar que as estações adotadas pertencem a um contexto similar, permitindo uma comparação de variáveis em escala regional. Os dados de direção e velocidade do vento que estão sujeitos a interferências de fatores como relevo e especificidades locais são a exceção. Para esses dados foram utilizadas apenas as informações da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB.

É importante ressaltar que os dados de todos os anos existentes, a partir de 2000, foram extraídos das estações meteorológicas da FUNCEME e, a partir de 1991 da estação convencional do INMET. Porém, salienta-se que a Estação de Itataia encontra-se inativa desde 2015.

Além disso, os outros dados não representados são provenientes de períodos em que as estações ficam fora de operação devido a falhas técnicas, manutenção ou problemas com a rede elétrica ou, condições climáticas extremas, vandalismo ou problemas de calibragem

que podem afetar a coleta de dados. Outro ponto, é que o próprio site do INMET ou FUNCEME podem ter limitações nas disponibilizações de dados, como atualizações ou problemas técnicos.

Sendo assim, informa-se que a análise das lacunas foi feita de forma transparente e que as informações disponíveis foram utilizadas da melhor maneira possível. Além disso, é importante mencionar que a falta de dados pode ser uma limitação, mas que as conclusões do estudo foram baseadas nas informações e dados mais completos disponíveis.

O Quadro 11.1-1 a seguir sumariza os atributos destas estações e as séries históricas utilizadas neste diagnóstico.

**Quadro 11.1-1: Estações meteorológicas utilizadas no presente diagnóstico.**

ESTAÇÃO	OPERADORA	LATITUDE/ LONGITUDE	DISTÂNCIA DA ADA	PARÂMETROS	SÉRIE HISTÓRICA
Quixeramobim (convencional, cod. 82586)	INMET	-5,17 -39,29	84,5 km	temperatura, precipitação, umidade relativa, evapotranspir ação, balanço hídrico, insolação, radiação	1991-2024
Itaiaia (cod. 24571)	FUNCEME	-4,5670 -39,7833	2 km	Precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, direção e velocidade dos ventos	2006, 2007, 2013, 2014, 2015
Santa Quitéria (cod. 35)	FUNCEME	-4,3097 -40,1767	50,1 km	Precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos	2004, 2005, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013

Elaboração: Tetra Mais, 2025.

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.

Para a análise da precipitação, além das estações citadas foram utilizados dados de postos pluviométricos do período de 2000 a 2024, operados pela Funceme e localizados no entorno do empreendimento: Lagoa do Mato (cod.379), Saco de Belém (cod. 558), Itatira (cod. 71) e Raimundo Martins (cod. 675) (Quadro 11.1-2).

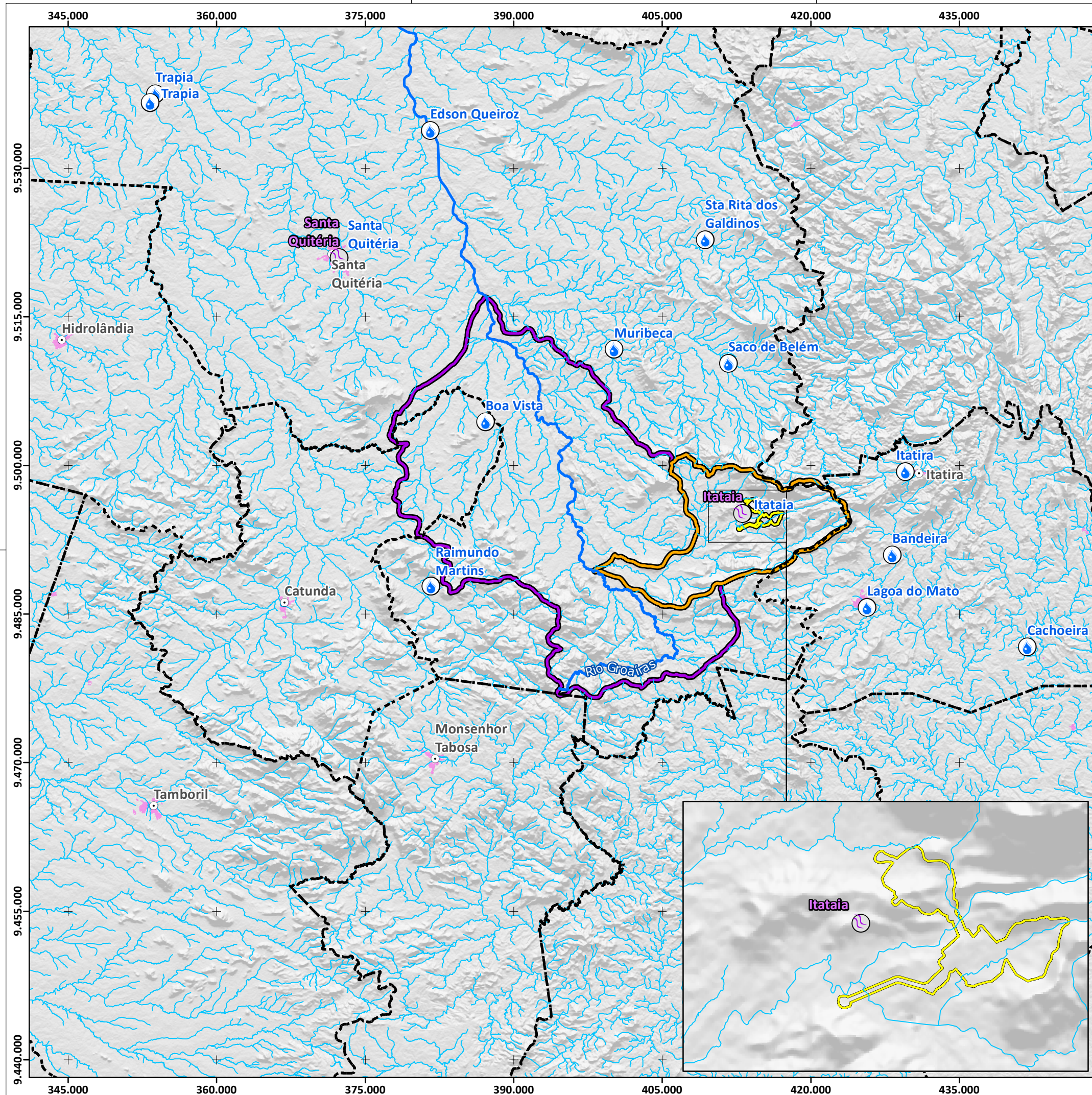
**Quadro 11.1-2: Postos pluviométricos utilizados no presente diagnóstico.**

ESTAÇÃO	COORDENADAS (zona 24 M)	DISTÂNCIA DA ADA	SÉRIE HISTÓRICA
Itatira (cod.71)	9499411/429589	15,5 km	2000-2024
Lagoa do Mato (cod. 379)	9485684/425654	13,8 km	
Raimundo Martins (cod. 675)	9485971/381684	34,3 km	
Saco de Belém (cod. 558)	9510328/411716	16,1 km	

Elaboração: Tetra Mais, 2025.

No Mapa 11.1-1, a seguir, é apresentada a localização das estações e postos pluviométricos utilizados.





### Macrolocalização

### Legenda

#### Referência Locacional

- Sede Municipal
- - - Limite Municipal
- Áreas Urbanizadas/Edificadas

#### Áreas de Influência

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)
- Área de Influência Indireta (AII)

#### Hidrografia

- Rio Groaíras
- Cursos d'água

#### Estações

- Estação Climatológica
- Postos Pluviométricos

**Fonte:**  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

0 2 4 km

1:390.000

Norte do Mapa

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

Consórcio Santa Quitéria

tetra+

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Localização das Estações e Postos Pluviométricos**

Formato A3	Escala 1:390.000	Folha Única
Data 31/10/2023	Localização Santa Quitéria / CE	
Elaborado Patrick Martins		Aprovado Cristina Poggiali Almeida



#### 11.1.1.2. Contexto Regional

A região do empreendimento, localizada na porção central do Estado do Ceará, está inserida na área compreendida pelo Semiárido Nordeste. A região é caracterizada pela irregularidade sazonal 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 isoietas de 800 mm anuais e apresenta índice de aridez de 0,5%.

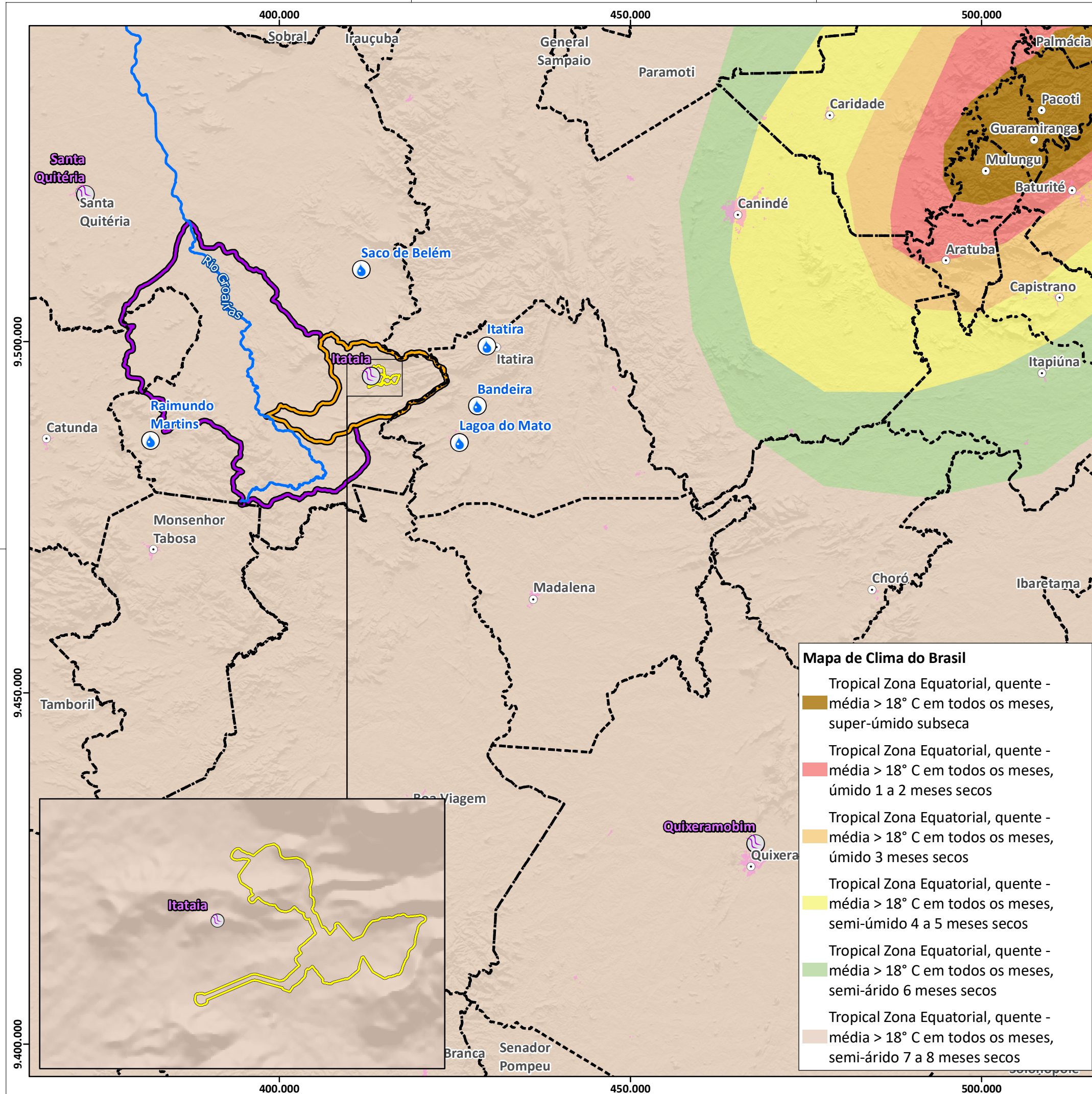
De acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), elaborada em 2002 (IBGE, 2002), com enfoque na escala regional do Brasil, a região do empreendimento é caracterizada pelo Clima Tropical Zona Equatorial, abrangido pela categoria quente e semiárido, com 7 a 8 meses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

O Mapa 11.1-2, 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) influencia 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, um 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 e JUNIOR, 2017).

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



### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- Sede Municipal
- - - Limite Municipal
- Áreas Urbanizadas/Edificadas

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)
- Área de Influência Indireta (AII)

**Hidrografia**

- Rio Groaíras

**Estações**

- Estação Climatológica
- Postos Pluviométricos

**Fonte:**  
IBGE, 2006. Mapa de Clima do Brasil.  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
COGERH, 2015. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.  
Acesso via IPECE.

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

0 5 10 km

1:550.000

**Norte do Mapa**

**Projeto Santa Quitéria**

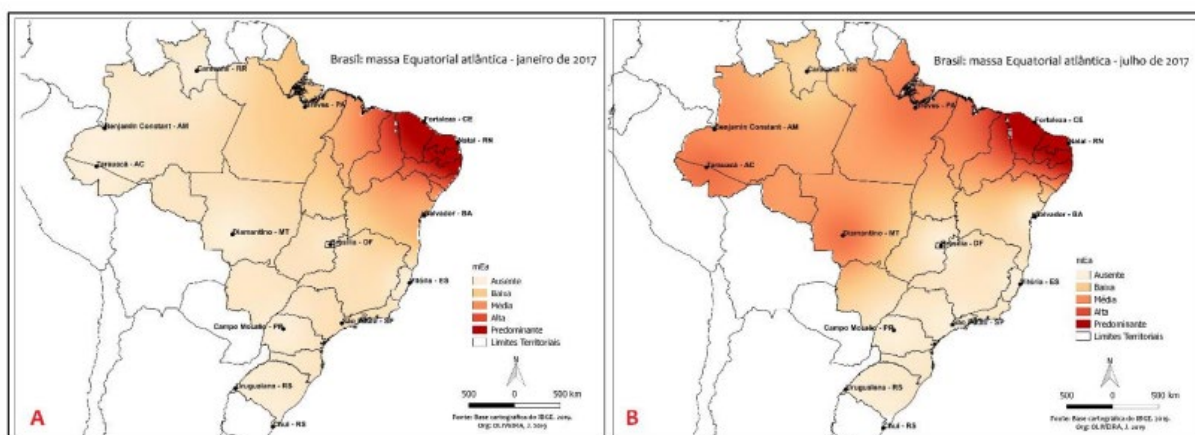
**Classificação Climática**

Formato	Escala	Folha
A3	1:550.000	Única
Data	Localização	
30/10/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	



No que se refere à atuação das massas de ar, a região recebe maior atuação da massa equatorial atlântica (mEa) e, em menor quantidade, da massa equatorial continental (mEc), ambas úmidas e quentes.

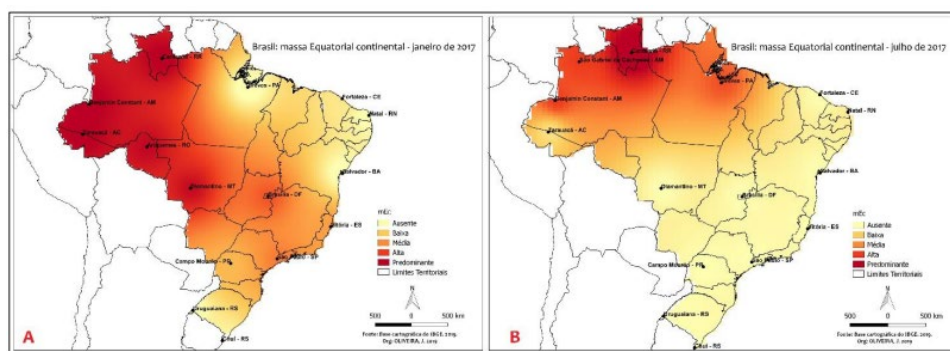
A Massa Equatorial Atlântica (mEa) forma-se no Atlântico, sendo quente, úmida e de alta pressão. A umidade, que se concentra na base, diminui com o aumento da temperatura, e por isso caracteriza-se como uma massa de estabilidade atmosférica. No verão, sua atuação no interior do Nordeste varia de baixa a média, pois perde sua intensidade justamente pelo aumento de temperatura e perda de umidade (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Já no inverno, penetra em todo o Nordeste e avança para o Centro Sul e Norte do Brasil, mantendo as características e ganhando calor, mas sem proporcionar chuvas (Figura 11.1-1).



**Figura 11.1-1: Expansão da Massa Equatorial Atlântica durante o verão (cena 1) e inverno (cena 2).**

Fonte: Oliveira *et al.*, 2019.

Já a Massa Equatorial Continental se desenvolve no interior na Amazônia e se caracteriza por ser quente e úmida, porém de baixa pressão. Portanto, apresenta uma dinâmica de expansão no verão (estendendo-se inclusive para o sul e sudeste do Brasil, mas com pouca expressão ao alcance do Estado do Ceará) e contração no inverno (atendo-se à região amazônica) (Figura 11.1-2).



**Figura 11.1-2: Expansão da Massa Equatorial Continental durante o verão (cena 1) e inverno (cena 2).**

Fonte: Oliveira et al., 2019.

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. Possuem forma aproximada de círculo, onde há formação de nuvens causadoras de chuva na periferia e movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência) no centro, aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

#### 11.1.1.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

##### 11.1.1.3.1. Pluviosidade

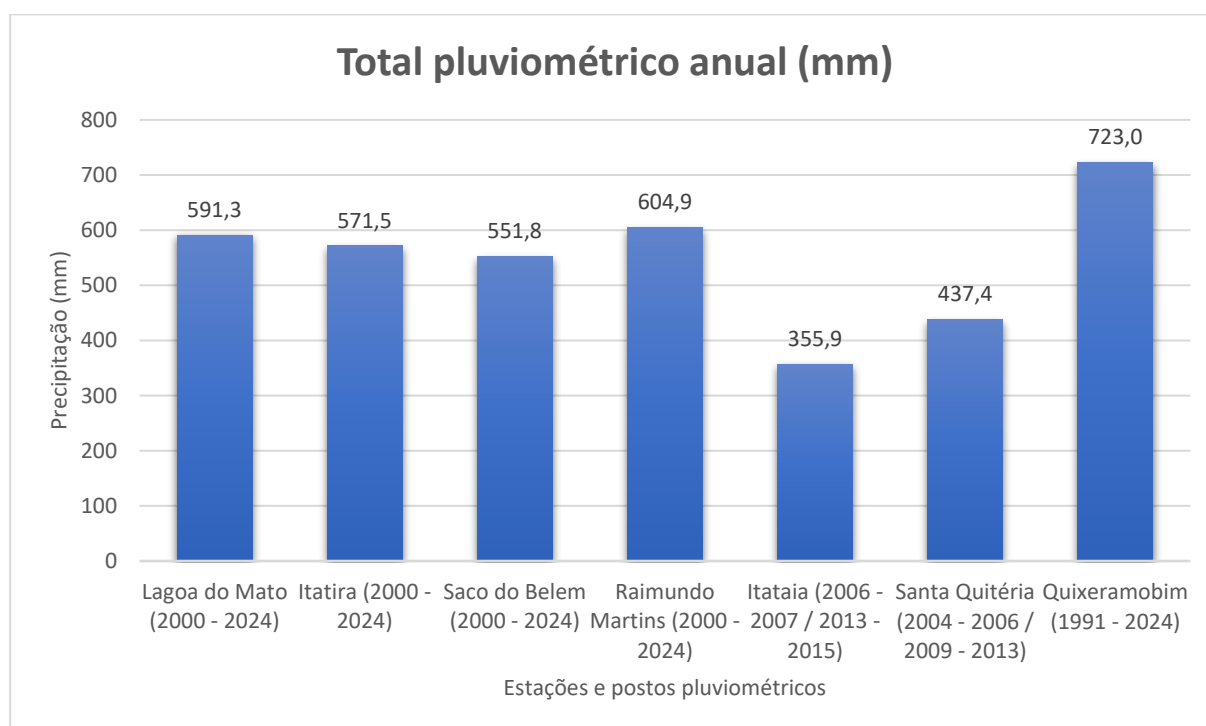
Para análise da distribuição da chuva na região do empreendimento foram utilizados os dados da estação convencional de Quixeramobim (Normais de 1991 a 2024); dados dos anos 2004, 2005, 2006, 2009 a 2013 da estação Santa Quitéria; e dados dos anos de 2006, 2007, 2013, 2014 e 2015 da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB.

Adicionalmente, foram considerados os dados do período de 2000 a 2024 dos postos pluviométricos de Lagoa do Mato, Itatira, Saco de Belém e Raimundo Martins, localizados no entorno do empreendimento.

Conforme apresentado na Figura 11.1-3 e no Quadro 11.1-3 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 355,9 mm registrado na estação Itataia e 723,0 mm registrado na estação Quixeramobim (considerando, no caso, apenas os meses com dados válidos, à exceção de julho).

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 Itatira e Lagoa do Mato, cujas distâncias para o empreendimento são de cerca de 15 km, apresentam comportamentos semelhantes à estação Quixeramobim (Figura 11.1-4).

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



**Figura 11.1-3: Total pluviométrico anual nas estações meteorológicas e postos pluviométricos analisados.**

*Fonte: INMET, 2025/ Funceme, 2025 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.*

**Quadro 11.1-3: Dados de precipitação (mm) das estações e postos pluviométricos analisados**

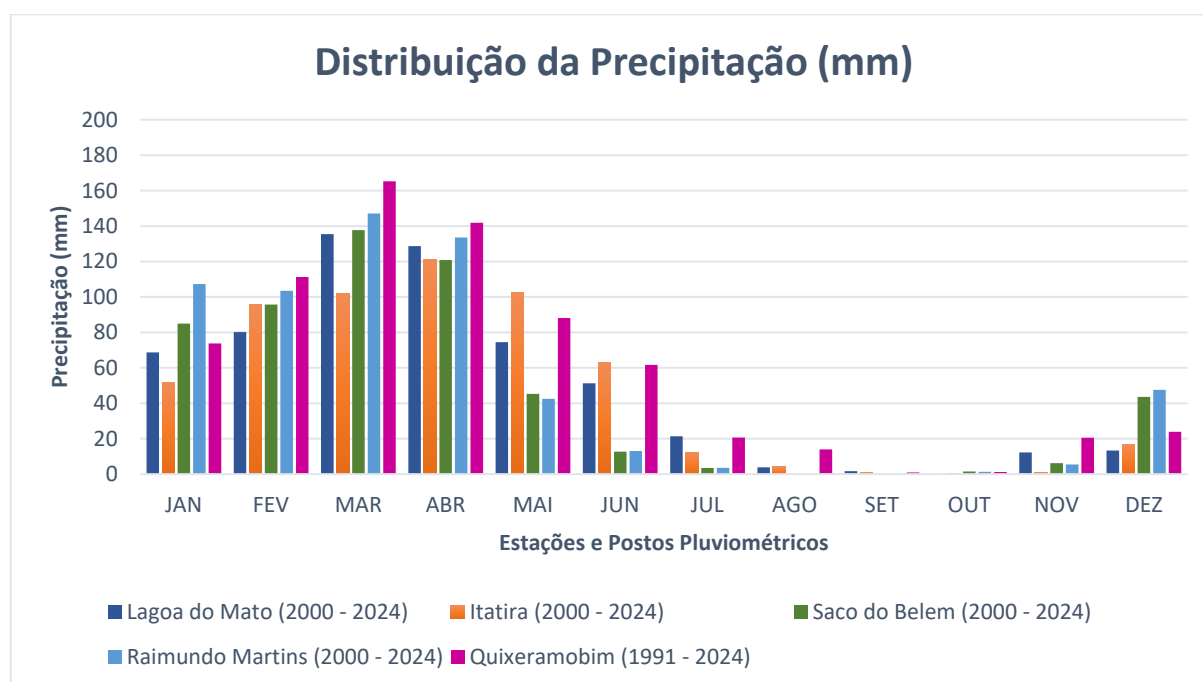
TIPO	NOME / PERÍODO DADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
Postos Pluviométricos	Lagoa do Mato (2000-2024)	68,7	80,2	135,5	128,7	74,4	51,3	21,4	3,8	1,6	0,1	12,3	13,4	591,3
	Itatira (2000-2024)	51,8	95,6	102,1	121,3	102,7	62,7	12,2	4,1	1,0	0,1	1,2	16,7	571,5
	Saco de Belém (2000-2024)	85,0	95,7	137,7	120,8	45,3	12,7	3,5	0,0	0,0	1,5	6,2	43,6	551,8
	Raimundo Martins (2000-2024)	107,3	103,5	147,1	133,5	42,5	13,1	3,6	0,0	0,0	1,3	5,5	47,6	604,9
Estações convencionais	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	355,9
	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 (1991-2024)	73,7	111,3	165,3	141,8	88,1	61,7	20,6	13,9	0,9	1,3	20,6	23,9	723,0

Fonte: INMET, 2025 / Funceme, 2025 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

Apesar dos totais pluviométricos das estações e postos avaliados mostrarem 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 redução dos índices pluviométricos entre os meses de julho a dezembro. Os dados da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB, foram exceção. Neste local 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.

Conforme ilustra a Figura 11.1-4 a seguir, 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 16,3 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 3,5 mm.

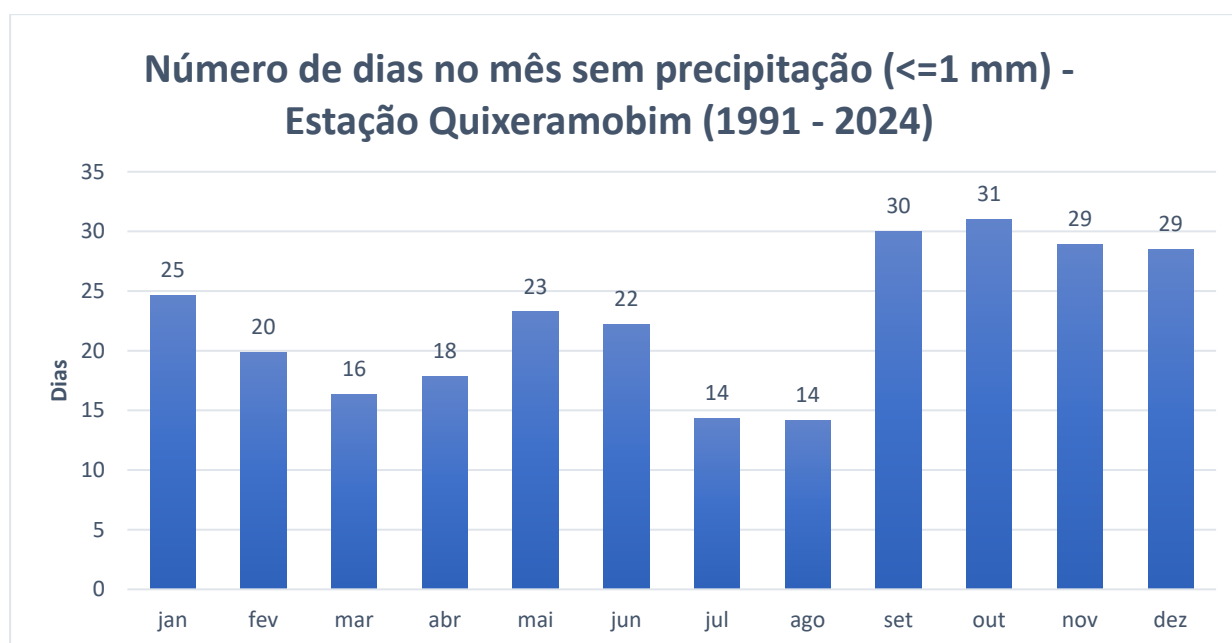


**Figura 11.1-4: Distribuição da precipitação das estações e postos pluviométricos analisados.**

Fonte: INMET, 2025 / Funceme, 2025 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.1.1. Número de dias sem precipitação

Um indicador importante sobre a irregularidade das chuvas durante o ano hidrológico é o número de dias no mês sem precipitação ( $<1$  mm), que podem ser tratados como veranicos. Na estação Quixeramobim, os meses de setembro, outubro são os que registram maior número de dias sem precipitação, superando os 30 dias. Março e abril e Julho e Agosto são os meses com menor número de dias sem precipitação, entre 14 e 18 dias (Figura 11.1-5).



**Figura 11.1-5: Distribuição do número de dias sem chuvas na Estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.2. 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 influenciadas principalmente pelo seu posicionamento geográfico próximo ao equador (baixa latitude), o que submete a região a forte radiação solar. 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 (1991-2024) 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 a estação Santa Quitéria foram considerados apenas os dados de temperatura média, disponibilizados pela Funceme, dos anos 2004 a 2006 / 2009 a 2013.

No Quadro 11.1-4 e na Figura 11.1-6 são apresentadas a distribuição da temperatura ao longo do ano e a média anual.

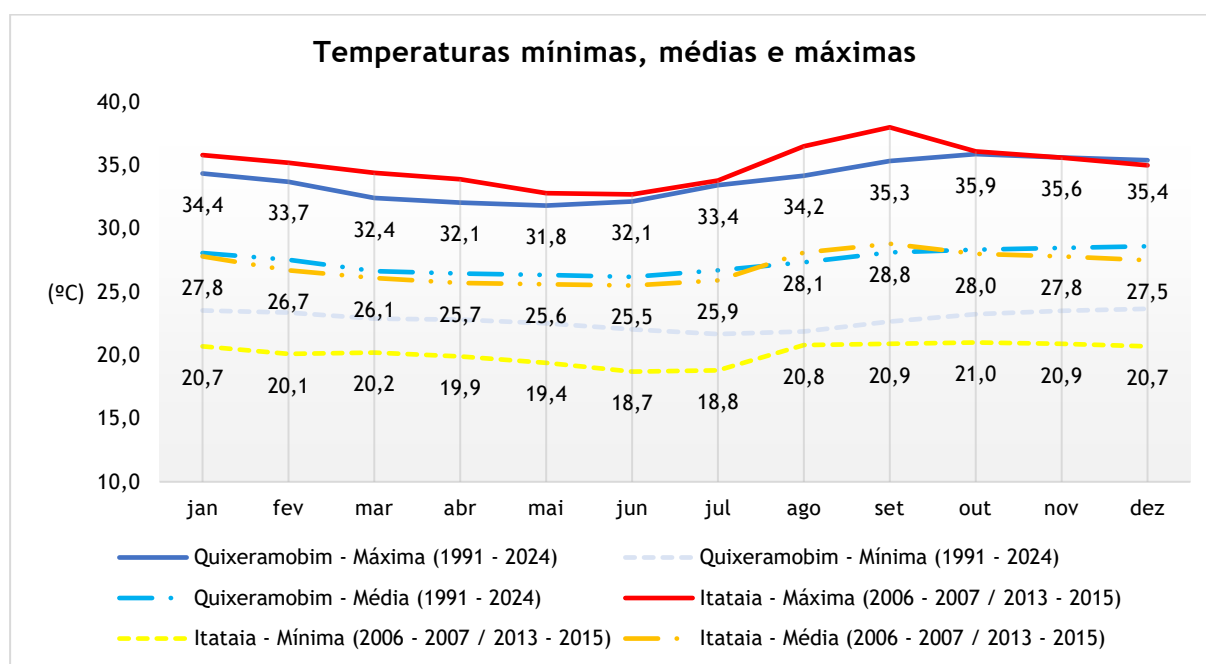
**Quadro 11.1-4: Dados de temperatura (°C) das estações e postos pluviométricos analisados**

ESTAÇÃO	VARIÁVEL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Quixeramobim (Normais 1991-2024)	Média Máximas	34,4	33,7	32,4	32,1	31,8	32,1	33,4	34,2	35,3	35,9	35,6	35,4	33,9
	Média Mínimas	23,5	23,4	22,9	22,8	22,5	22,0	21,7	21,9	22,7	23,2	23,5	23,7	22,8
	Média	28,1	27,5	26,6	26,5	26,3	26,2	26,7	27,3	28,1	28,3	28,5	28,6	27,4
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, 2025 / Funceme, 2025 / Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

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 2,6°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 3,6°C.

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

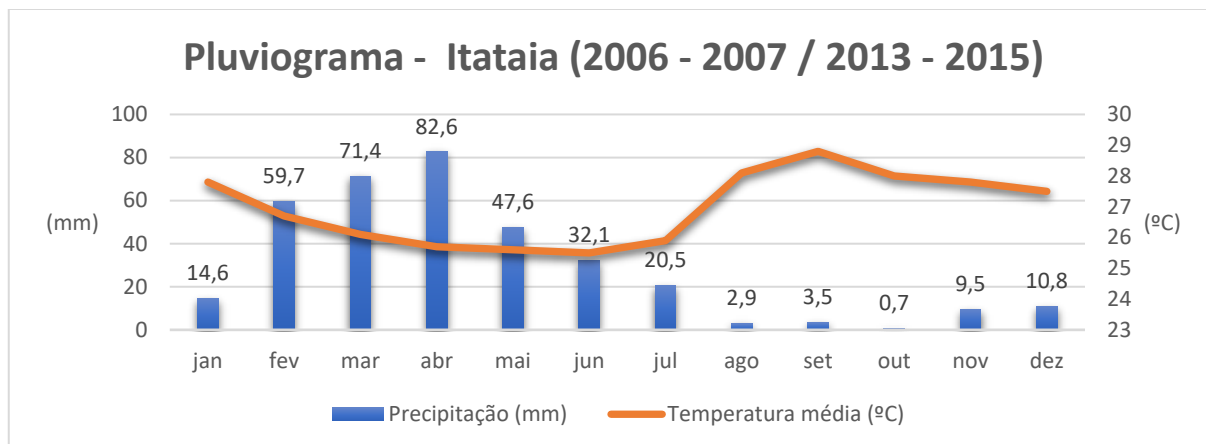


**Figura 11.1-6: Temperaturas máximas, médias e mínimas da estação Itataia (linhas contínuas) e da estação Quixeramobim (linhas tracejadas).**

Fonte: INMET, 2025/ Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

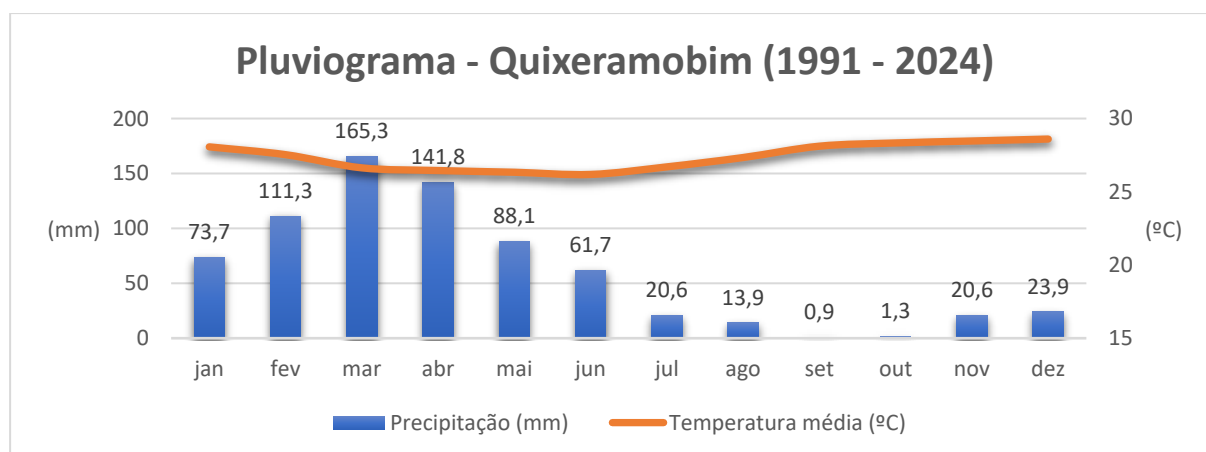
Apesar da baixa variação de temperatura, observa-se que as médias térmicas são ligeiramente maiores nos meses de agosto a fevereiro (Figura 11.1-6), com máxima de 38°C registrada na estação Itataia no mês de setembro. Entre os meses de março a julho são registradas as menores temperaturas, com mínima 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 11.1-7 e Figura 11.1-8). No primeiro semestre, quando os totais de precipitação são maiores, notam-se temperaturas menores; a situação é invertida no segundo semestre quando a estação seca é marcada por baixos índices pluviométricos e altas temperaturas.



**Figura 11.1-7: Pluviograma da estação Itataia.**

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2025.



**Figura 11.1-8: Pluviograma da estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2023. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.3. Umidade relativa

A caracterização da umidade relativa do ar foi realizada com base nos dados das Normais Climatológicas (1991-2024) da estação Quixeramobim, 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 destacam-se a temperatura, insolação, nebulosidade, precipitação pluviométrica e direção e velocidade dos ventos.

Conforme apresentado no Quadro 11.1-5, a média anual de umidade relativa do ar nas estações analisadas ficou abaixo de 67%, com menor média apresentada pela estação Santa Quitéria (60,5%) e maior média apresentada pela estação Quixeramobim (66,7%).

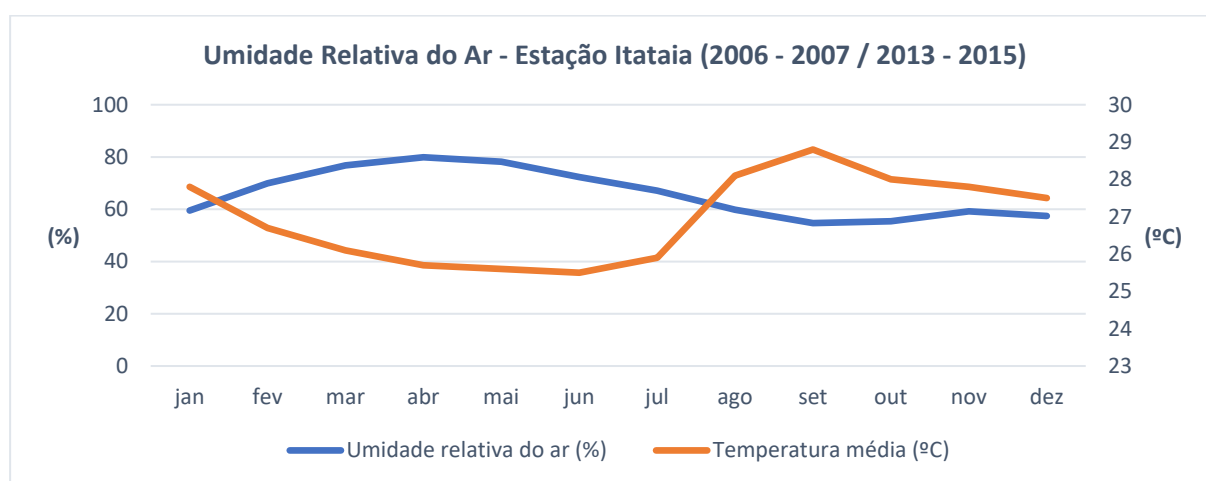
Quadro 11.1-5: Distribuição anual da umidade relativa do ar (%) nas estações Itataia, Santa Quitéria e Quixeramobim

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 Climatológicas 1991-2024)	65,1	69,8	75,9	77,4	76,0	72,7	70,6	59,9	55,8	56,7	58,8	61,3	65,1

Fonte: INMET, 2025 / Funceme, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

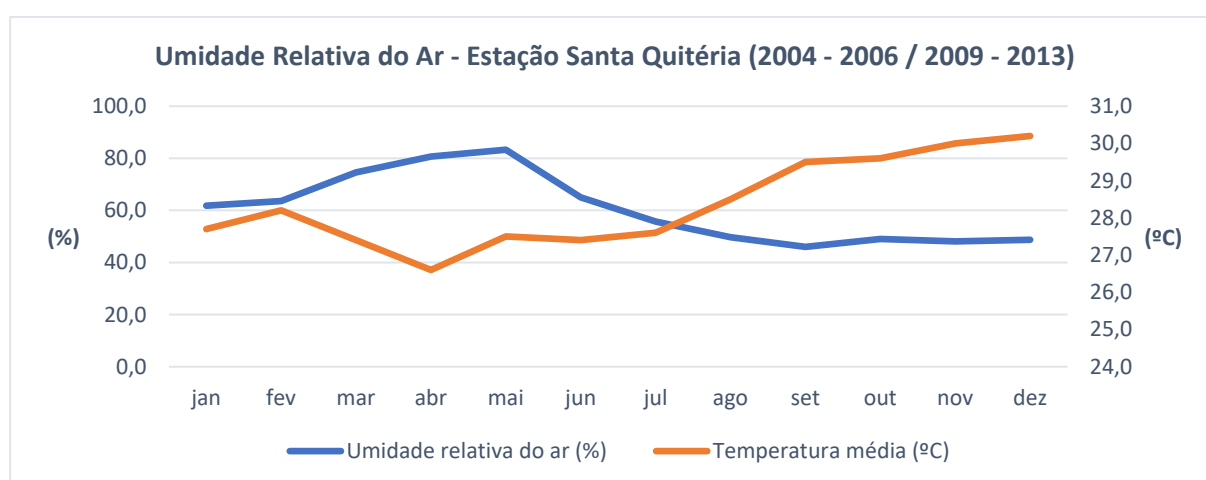
Ao longo do ano a umidade relativa do ar tende a ser menor no segundo semestre, de julho a dezembro; e maior no primeiro semestre, entre janeiro e junho. Tal variação está relacionada à distribuição da temperatura do ar ao longo do ano e às ocorrências de precipitação.

Logo, 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 de umidade relativa, com valores maiores (Figura 11.1-9, Figura 11.1-10 e Figura 11.1-11).



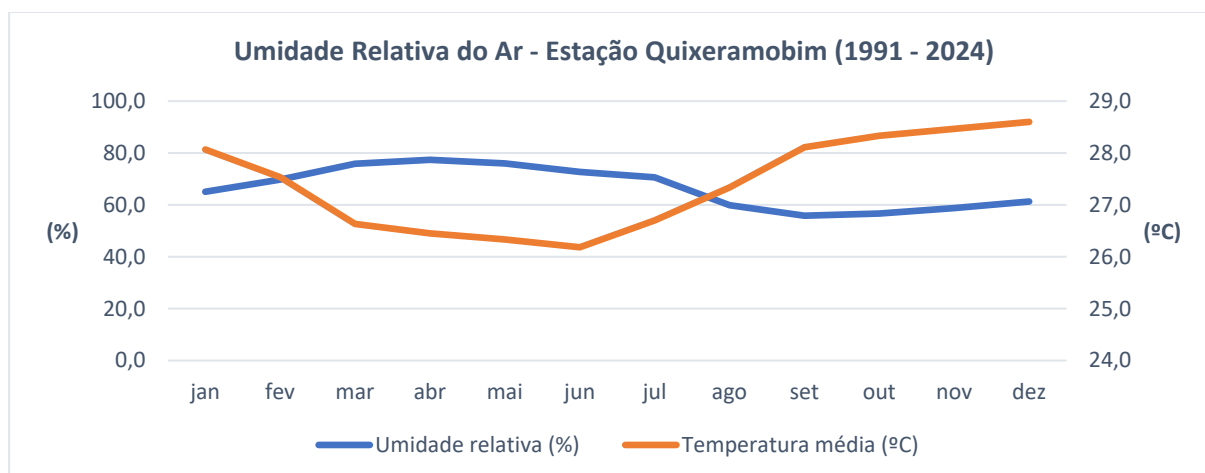
**Figura 11.1-9: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Itataia.**

Fonte: Funceme, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.



**Figura 11.1-10: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Santa Quitéria.**

Fonte: Funceme, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.



**Figura 11.1-11: Relação entre umidade relativa e temperatura do ar na estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.4. Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial pode ser entendida como a transferência de água para a atmosfera sob a forma de vapor, derivado das plantas e do solo, perdido para a atmosfera.

A taxa de evapotranspiração 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 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 no Quadro 11.1-6, considerando os dados das normais climatológicas da estação Quixeramobim, o total anual de evapotranspiração potencial registrado foi de 2045,3 mm.



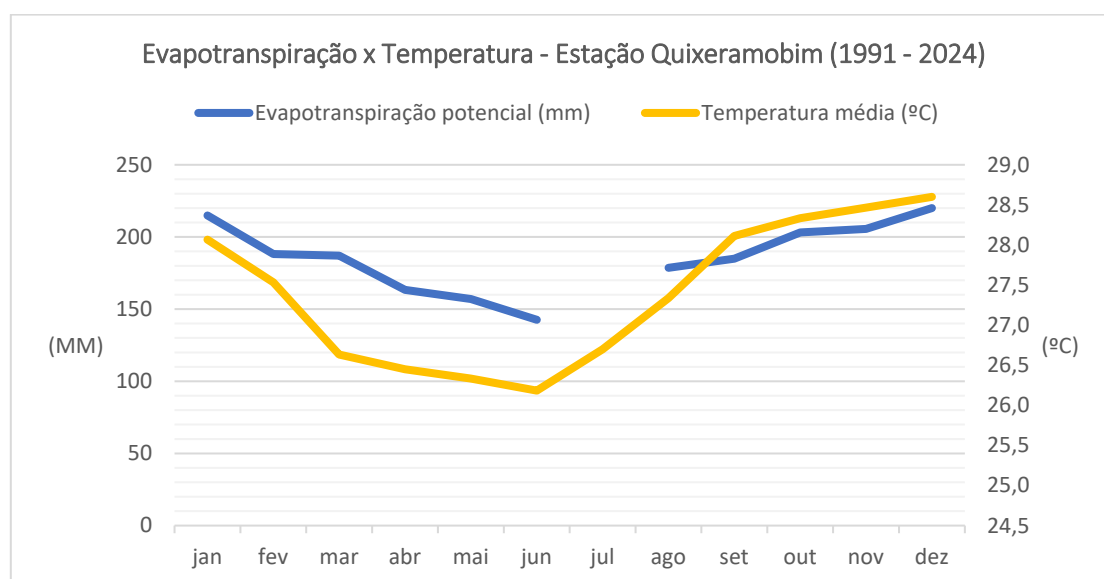
Quadro 11.1-6: Evapotranspiração potencial da estação Quixeramobim - Normais 1991-2024

VARIÁVEL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
Evapotranspiração Potencial (mm) - Normais 1991-2024	214,9	188,2	187,1	163,3	157,0	142,6	-	178,6	184,9	203,1	205,6	220,0	2045,3

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

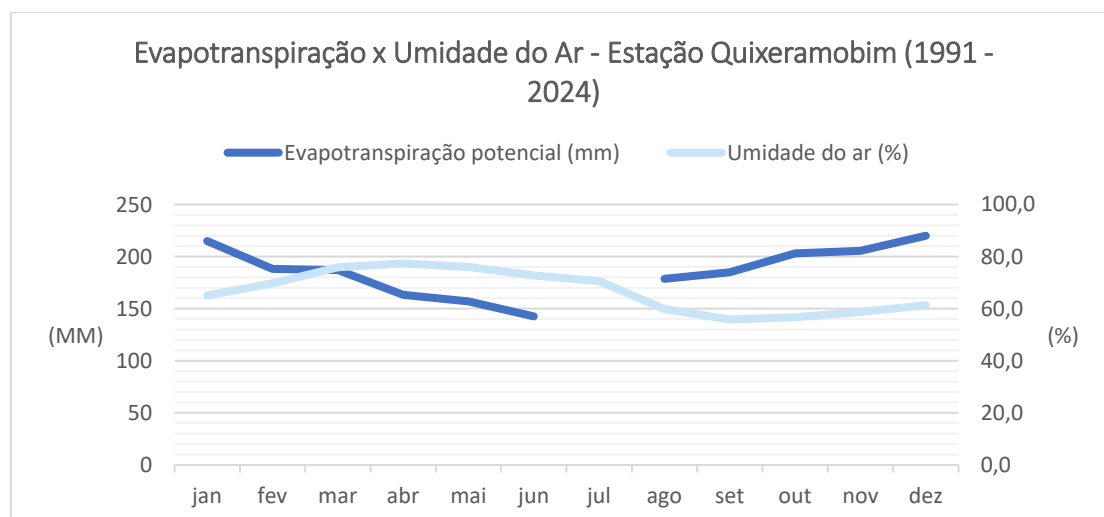
Ao longo do ano os totais de evapotranspiração potencial apresentam comportamento sazonal. Entre o mês de janeiro e junho ocorre uma redução gradativa dos totais mensais, com mínima de 142,6 mm registrada no mês de junho. A partir de agosto nota-se o comportamento inverso, com aumento gradativo dos totais de evapotranspiração até o final do ano hidrológico, com máxima de 220,0 mm no mês de dezembro. É importante ressaltar que os valores referentes ao mês de julho da estação Quixeramobim não foram validados pelo INMET.

Tal situação é influenciada pela variação da temperatura e da umidade relativa do ar. No primeiro semestre a redução da evapotranspiração é influenciada pela redução das temperaturas e aumento da umidade relativa do ar (Figura 11.1-12 e Figura 11.1-13), ao passo que no segundo semestre o aumento da temperatura resulta em uma maior capacidade da atmosfera de vaporizar a água e, conseqüentemente, no aumento da evapotranspiração e na redução da umidade do ar no segundo semestre.



**Figura 11.1-12: Relação entre evapotranspiração potencial e temperatura do ar na estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.



**Figura 11.1-13: Relação entre evapotranspiração potencial e umidade relativa do ar na estação Quixeramobim.**

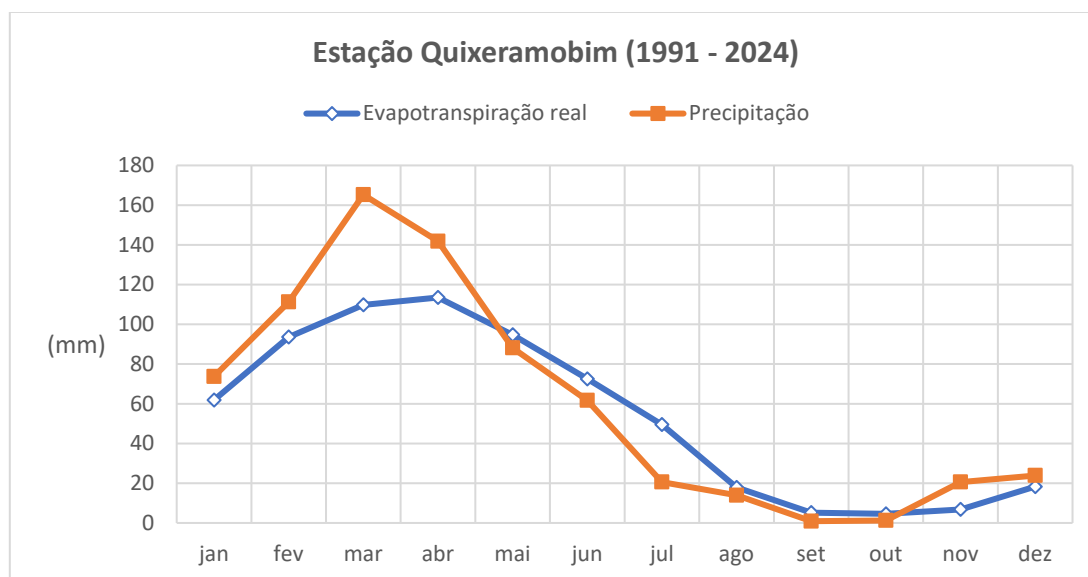
Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.5. Balanço Hídrico Climatológico

Os dados relativos ao balanço hídrico foram calculados com a ferramenta denominada Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO), vinculada ao próprio INMET, e os dados da estação Quixeramobim. Conforme pode ser observado nos gráficos a seguir a região caracteriza-se por balanço hídrico significativamente negativo, típico do semiárido brasileiro, cuja evapotranspiração real (ETR) ultrapassa a precipitação na maior parte do ano (Figura 11.1-14).

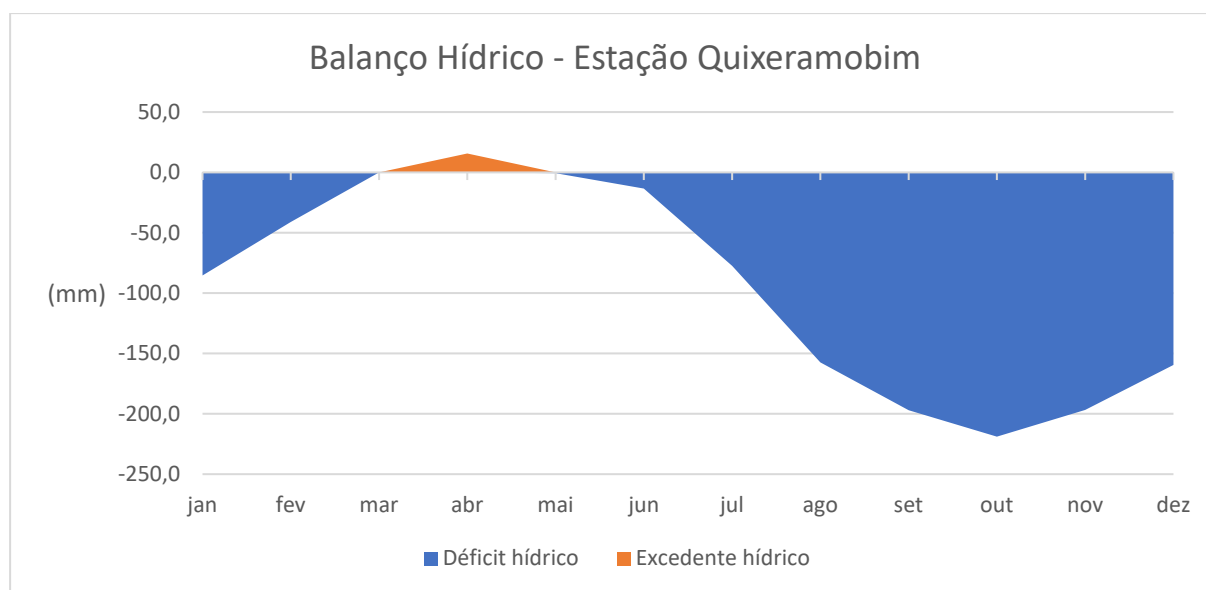
Na segunda metade do mês de março até a metade de maio há o início de um breve período de excedente hídrico: as chuvas superam a quantidade de evapotranspiração perdida no solo e geram armazenamento. É importante lembrar que a estação chuvosa inicia em janeiro. Mesmo nos meses de março e abril, quando os valores de precipitação são maiores do que a evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), o excedente hídrico na região é muito baixo, sendo inferior a 15,7 mm. Este valor não é superado em nenhum outro período do ano (Figura 11.1-15).

O período de déficit hídrico começa em meados de maio e dura até março do ano seguinte, resultando em um pico no mês de outubro, que alcança cerca de -218,9 mm.



**Figura 11.1-14: Balanço Hídrico Climatológico Mensal da estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.



**Figura 11.1-15: Extrato do Balanço Hídrico Climatológico Mensal (Déficits e Excedentes) da estação Quixeramobim.**

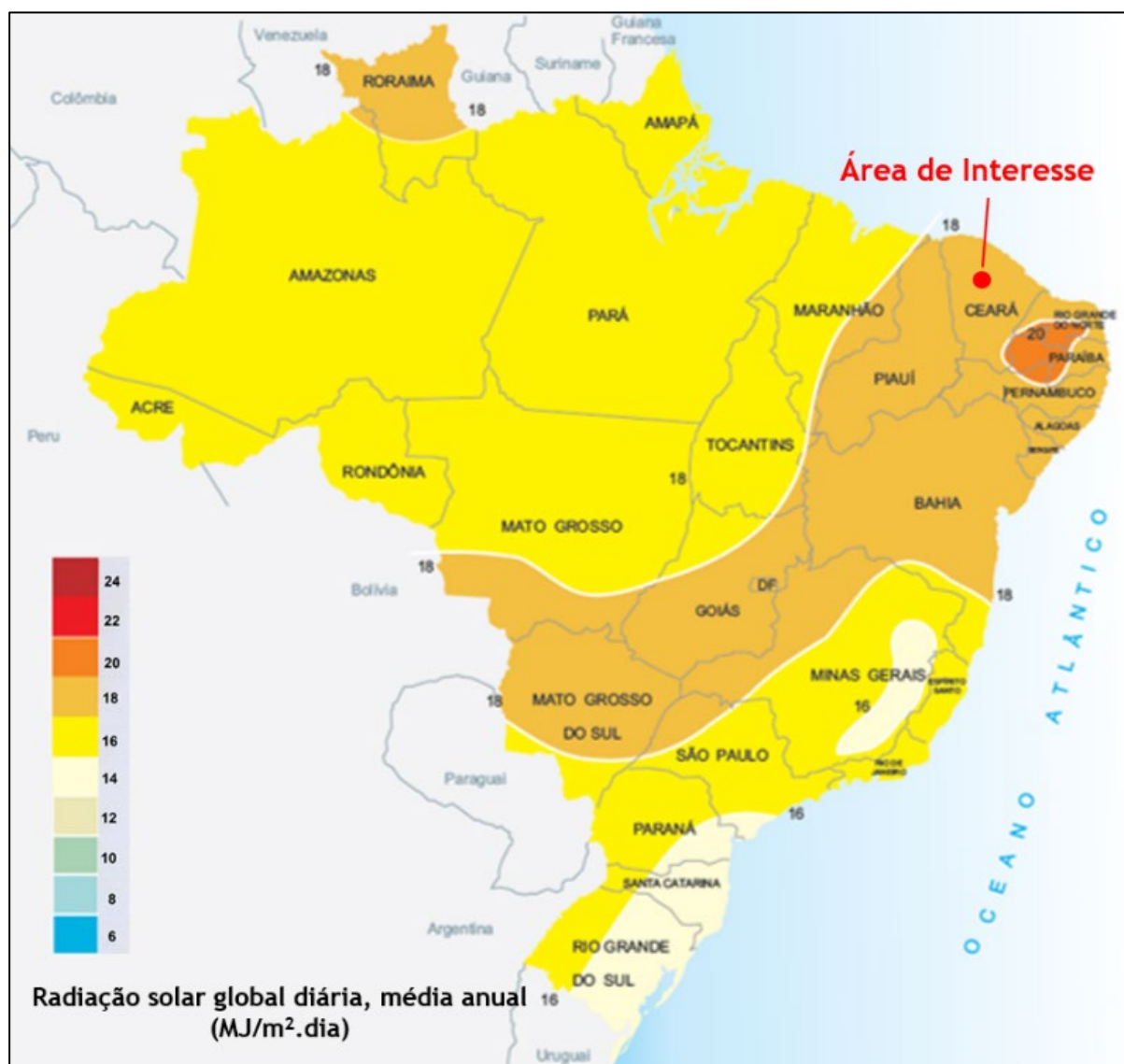
Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.6. Insolação e Radiação Solar

Para observar o comportamento da insolação total, foram analisados os dados das Normais Climatológicas (1991-2024) 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 *et. al.*, 2000), o empreendimento está inserido na faixa de uma média anual de radiação solar global diária 18 e 20 MJ/m<sup>2</sup> (Figura 11.1-16).

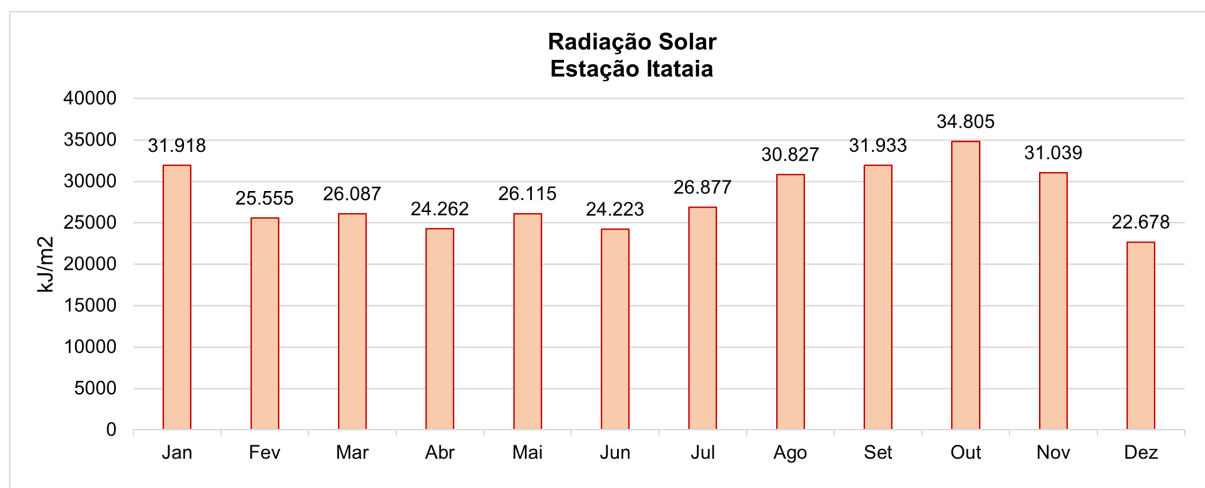


**Figura 11.1-16: Distribuição da radiação solar global diária (média anual).**

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

Conforme dados da estação Itataia, localizada na propriedade da INB, os valores diários médios de radiação solar são de 19.627,93 kJ/m<sup>2</sup> (19,63 MJ/m<sup>2</sup>) por dia. Tal valor está de acordo com os valores encontrados no Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA *et. al.*, 2000).

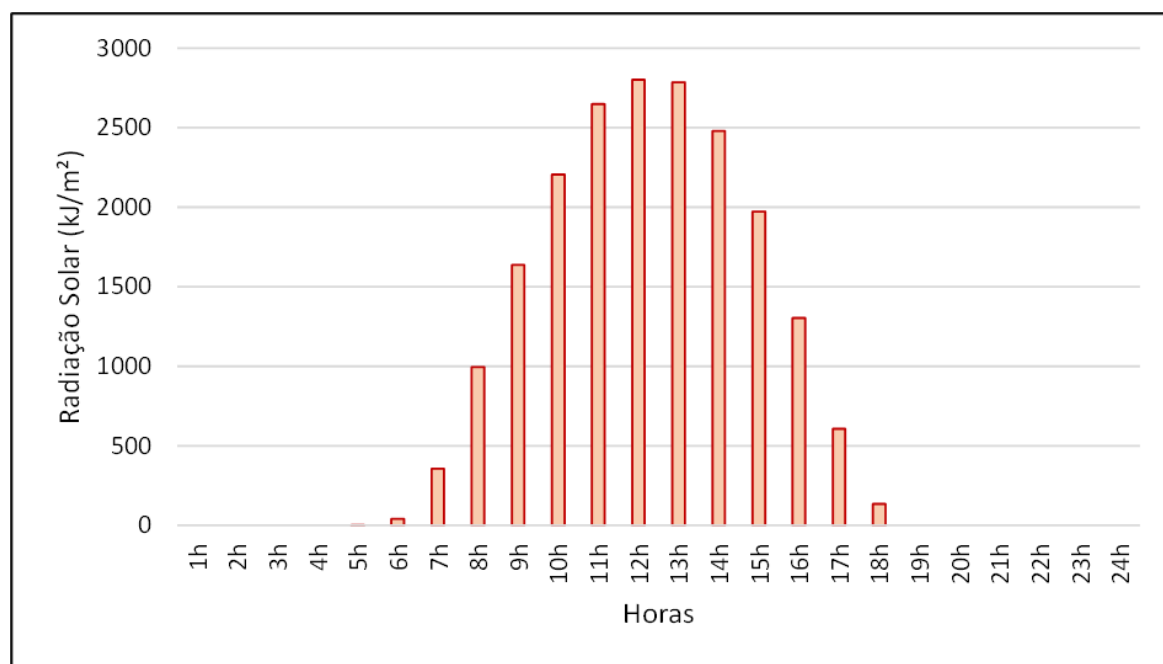
Considerando a média de radiação solar acumulada por mês para o período analisado (Figura 11.1-17), é possível observar maiores valores de radiação nos meses de agosto a novembro, coincidindo com o período de menor pluviosidade. Contudo, o mês de janeiro também possui alta taxa de radiação solar acumulada.



**Figura 11.1-17: Radiação solar acumulada mensal da estação Itataia.**

Fonte: Consórcio Santa Quitéria, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

No que se refere à distribuição diária de radiação solar, nota-se que os picos ocorrem entre as 11h e 13h (Figura 11.1-18), quando os valores de radiação ficam acima de 2.500 kJ/m².

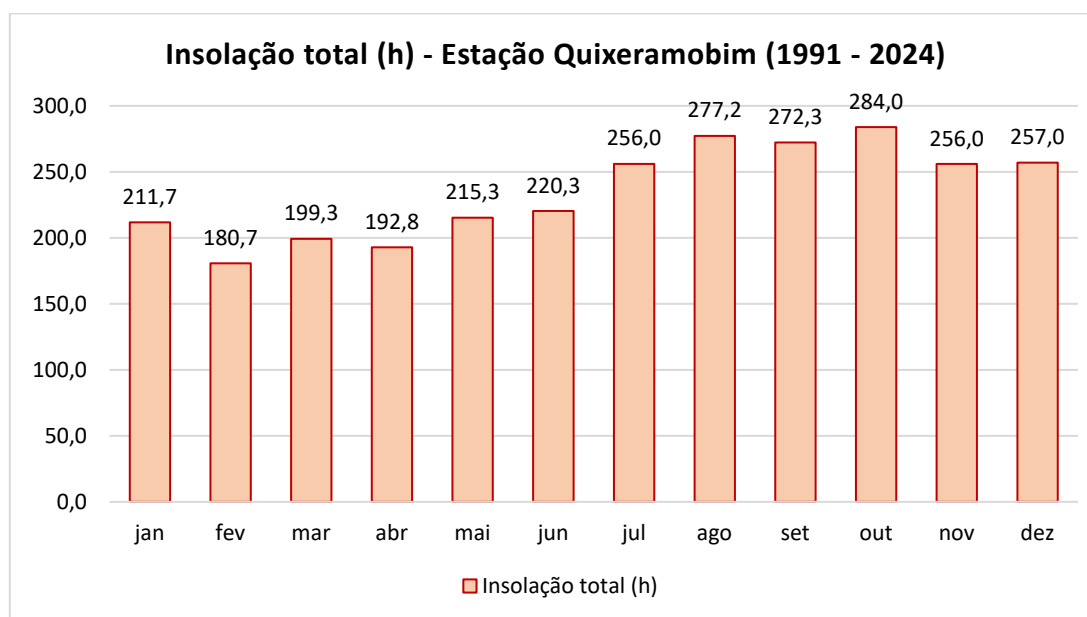


**Figura 11.1-18: Distribuição da radiação solar diária da estação Itataia.**

Fonte: Consórcio Santa Quitéria, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

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 agosto a novembro (**Figura 11.1-19**), coincidindo com o período de menor pluviosidade.

Como apontado anteriormente neste Diagnóstico, os valores referentes ao mês de julho da estação Quixeramobim não foram validados pelo INMET.



**Figura 11.1-19: Distribuição da insolação total na estação Quixeramobim.**

Fonte: INMET, 2025. Elaboração: Tetra Mais, 2025.

#### 11.1.1.3.7. 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 foram utilizados apenas os dados reais e locais da estação Itataia, considerando o período de dados disponível (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015), visto que é a estação mais próxima do empreendimento.

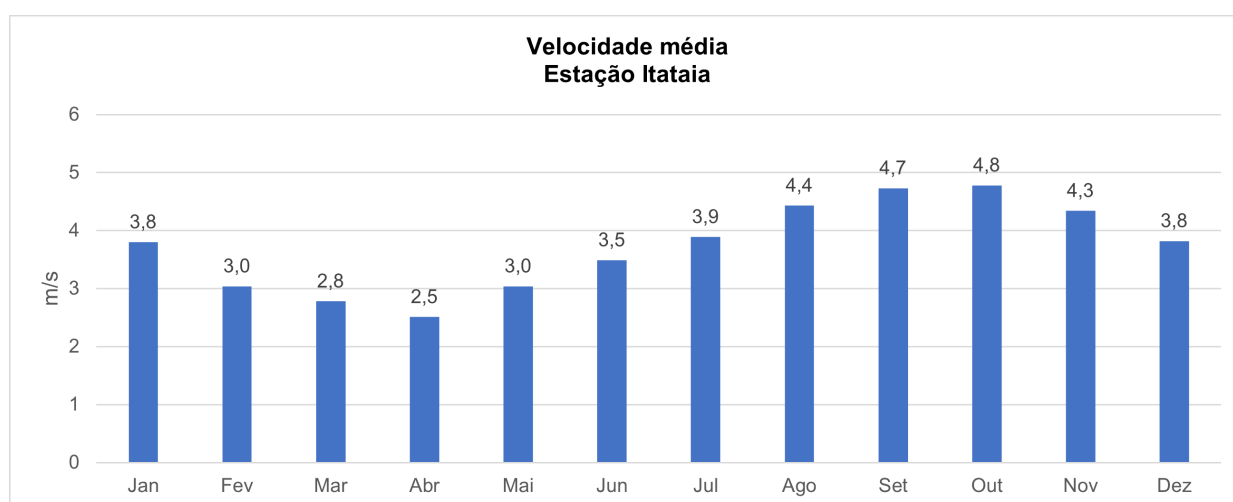
Conforme pode ser observado no Quadro 11.1-7 a seguir, a velocidade média anual no período foi de 3,7m/s, que de acordo com a Escala de Beaufort, é classificado como vento fraco, onde as folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.

**Quadro 11.1-7: Velocidade média e direção predominante dos ventos na estação Itataia**

PERÍODO/ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Velocidade média	3,8	3,0	2,8	2,5	3,0	3,5	3,9	4,4	4,7	4,8	4,3	3,8	3,7
Direção predominante	E	E	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	E	E	-

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

Na Figura 11.1-20 abaixo é possível observar o comportamento da velocidade do vento durante o ano.

**Figura 11.1-20: Distribuição da velocidade do vento ao longo do ano na estação Itataia.**

Fonte: Consórcio Santa Quitéria. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

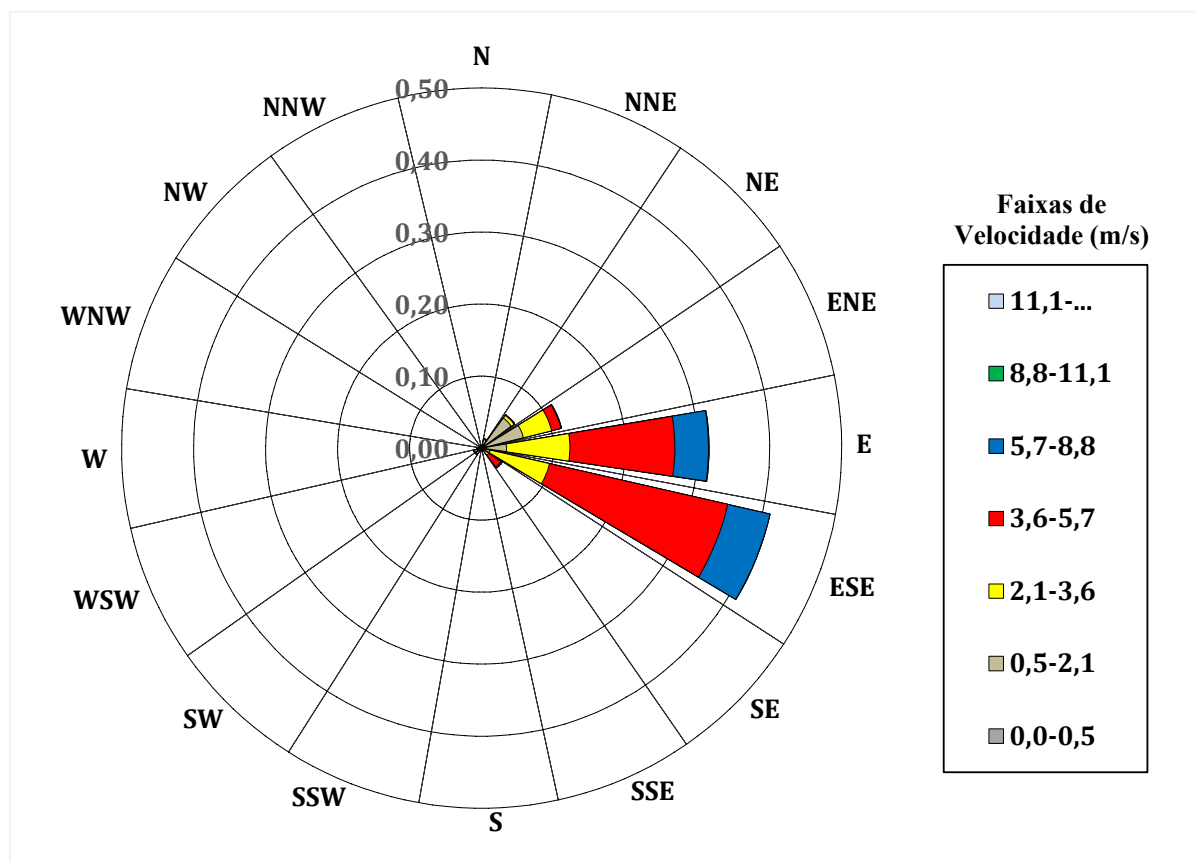
Nota-se pelo gráfico acima que a velocidade dos ventos na região do empreendimento é maior durante o segundo semestre, com máxima de 4,8 m/s, registrada no mês de outubro. O aumento da velocidade dos ventos durante o segundo semestre é influenciado pelo aumento das temperaturas, que intensifica o gradiente de pressão e ocasiona o maior deslocamento do ar.

No que se refere à 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 rosa dos ventos (Figura 11.1-21), considerando a características gerais dos ventos da área de estudo, a partir dos dados reais coletados na estação Itataia, no período disponibilizado pela FUNCEME (2006, 2007, 2013, 2014 e 2015),



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 11.1-21: Rosa dos ventos da Estação Itataia.**

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

É importante ressaltar que o subcapítulo de Ventos, do capítulo de Clima e Meteorologia baseou-se em dados reais coletados na Estação Meteorológica Itataia, acessados por meio do site da FUNCEME. É importante destacar que esses dados reais apresentam lacunas temporais significativas. Essas lacunas podem resultar em pequenas variações entre as diferentes rosas dos ventos elaboradas para este EIA/RIMA.

Além disso, ressalta-se que essa rosa dos ventos apresenta pequenas mudanças de graus na direção do vento, em relação aos dados dos estudos feitos para a modelagem de dispersão do ar, visto que, para a modelagem houve a necessidade de utilização de dados simulados, por conta da necessidade de utilização de dados de cobertura de nuvens e de dados Upper air (dados meteorológicos de altitude), os quais não se encontram disponíveis em estações próximas ao empreendimento.

Sendo assim, cada rosa dos ventos apresentada nesse estudo tem suas particularidades e semelhanças e servem de embasamento para as conclusões gerais desses EIA.

#### 11.1.1.3.8. *Eventos extremos e mudanças climáticas*

O clima é afetado pela ocorrência de intercalação de fenômenos naturais (que se sobrepõem em escalas intersazonais, interanuais e interdecadais), que resultam em cenários alternados de maiores e menores registros pluviométricos, térmicos, de circulação atmosférica e de outros parâmetros envolvidos na composição de padrões climáticos de uma região. No entanto, a influência antrópica tem sido apontada desde meados do século XX como um potencial modificador das condições meteorológicas e climáticas naturais, por meio da queima de gases-estufa de forma crescente e contínua, as quais são responsáveis por prognósticos de aumento das temperaturas médias globais.

Os estudos dessa temática indicam que as influências antrópicas têm interferido e alterado tais fenômenos naturais e os respectivos padrões climáticos, modificando a intensidade e frequência de eventos extremos.

As definições conceituais de eventos extremos utilizadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) dividem o fenômeno em duas categorias:

- Extremo meteorológico: um evento raro em um determinado lugar e época do ano;
- Extremo climático: um padrão de extremos meteorológicos que persiste por algum tempo, como uma estação.

É importante destacar que as abordagens ao conceito de “extremos” são variadas, podendo ser considerados limites absolutos (por exemplo, a temperatura máxima de um dia quente) ou relativos (como o percentil 90), acima dos quais as condições podem ser consideradas extremos. Além disso, os eventos extremos podem ser considerados a partir da alteração das frequências de um evento, ou de suas intensidades.

Os eventos extremos podem ter várias escalas temporais e espaciais. As secas, por exemplo, podem ser prolongadas (anos) e afetar grandes regiões, enquanto tornados podem durar poucos minutos e atingir uma escala espacial de poucos metros ou quilômetros.

Neste contexto, os tipos de extremos enquadrados pelo IPCC incluem:

- temperaturas extremas (ondas de calor, ondas de frio);

- inundações<sup>1</sup>;
- secas (secas meteorológicas<sup>2</sup>, secas agrícolas/ecológicas<sup>3</sup> e secas hidrológicas<sup>4</sup>);
- tempestades (ciclones tropicais, ciclones extratropicais e tempestades convectivas severas<sup>5</sup>).

Os padrões de circulação atmosférica em grande escala mais relevantes no Nordeste Brasileiro são o ENOS / El Niño Oscilação Sul e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O ENOS resulta do aquecimento das águas do Pacífico, alterando a circulação atmosférica global e regional (incluindo a ZCIT) e inibindo a formação de chuvas em latitudes médias.

Os episódios de El Niño começam a se desenvolver em meados do ano, atingem sua intensidade máxima no final daquele mesmo ano e se dissipam cerca de seis meses depois. Isso resulta em diminuição do total de chuvas justamente durante a estação chuvosa no semiárido nordestino (dezembro a maio). Já a La Niña, resultante do resfriamento da TSM do Pacífico, pode gerar o efeito contrário, disparando um aumento de chuvas. A intensidade de ambos pode variar de fraca, moderada a forte.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal mecanismo dinâmico responsável pelas chuvas do semiárido entre os meses de fevereiro e maio. Esta, por meio de movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes segue, preferencialmente, as regiões em que a temperatura da superfície do mar (TSM) é mais elevada (MARENGO *et al.*, 2011). A ZCIT é fortemente influenciada pelo Dipolo de TSM do Atlântico Tropical, o qual move a ZCIT mais para sul quando a TSM é positiva no Atlântico Sul (acima de 0°) levando a anos, em geral, com acumulados acima da média histórica (MARTINS e JUNIOR, 2017). Quando o Dipolo entra em fase negativa no Atlântico Sul (abaixo de 0°), a ZCIT fica ancorada mais a norte, desfavorecendo a ocorrência de chuvas no Nordeste do Brasil no período (DURAND e CAMPOS, 2007).

A combinação do El Niño ao Dipolo de TSM pode gerar períodos secos durante a estação chuvosa, resultando em vários dias consecutivos sem chuva ou com chuva não significativa. Estes intervalos, chamados de veranicos e considerados como eventos extremos, podem ter

---

<sup>1</sup> Resultantes de precipitação extrema ou degelo.

<sup>2</sup> Que derivam em déficits de precipitação.

<sup>3</sup> Que resultam em reduções do rendimento das culturas ou mortalidade de árvores por estresse hídrico, muitas vezes relacionadas com déficits de umidade do solo.

<sup>4</sup> Geradoras de escassez de água em cursos d'água, reservatórios e aquíferos.

<sup>5</sup> Tornados, granizo, chuva ou neve, ventos fortes e relâmpagos.

consequências desastrosas no sistema de agricultura de sequeiro e de captação de água local.

O clima semiárido presente do Estado do Ceará possui um histórico de secas prolongadas, resultantes da baixa quantidade de chuvas e elevada evaporação, o que torna a região particularmente vulnerável a alterações ambientais.

Secas meteorológicas extremas atingiram o Estado em 1915, 1919 e 1958. Já as secas classificadas como severas se manifestaram por sequências de anos com baixas precipitações, como 1930-1933, 1979-1983, 1990-1993 e o período mais longo e mais recente, de 2012-2017 (NUNES e MEDEIROS, 2020).

Estudos realizados com série histórica de 94 anos da estação Quixeramobim apontam que o Dipolo de TSM explica uma parte maior da variância de precipitação da quadra chuvosa e o El Niño explica uma parte maior da variabilidade da duração do maior veranico da série histórica (DURAND e CAMPOS, 2007).

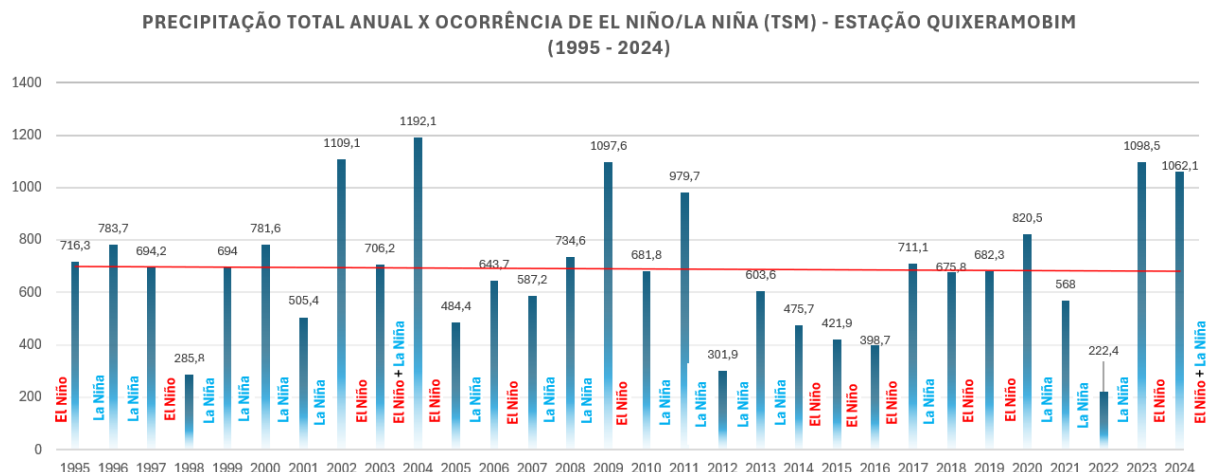
Visando entender como se dá o comportamento histórico das chuvas na região, traçou-se um gráfico de distribuição da precipitação total anual com base numa série histórica de 29 anos (1995-2024) obtidos da estação Quixeramobim. A série indica uma relevante variabilidade anual dos totais pluviométricos, com anos em que o acumulado total supera a média pluviométrica, em torno de 660 mm considerando as Normais Climatológicas de 1991-2024 (a exemplo dos anos de 2002, 2004, 2009 e 2011); enquanto isso, em outros anos, o acumulado permanece muito abaixo dessa média (286 mm em 1998, por exemplo).

A linha de tendência do gráfico apresentado na Figura 11.1-22 mostra também um sutil decréscimo do acumulado de precipitações no período.

No gráfico também são indicados os anos de eventos de El Niño e La Niña no período, considerando as intensidades fraca, moderada e forte. Em alguns momentos, a ocorrência de El Niño resulta em chuvas abaixo da média pluviométrica (registradas da metade do ano até o ano seguinte), enquanto a La Niña resulta em chuvas acima da média pluviométrica (registradas da metade do ano até o ano seguinte). Uma sequência de anos de El Niño pode resultar em secas prolongadas no Nordeste do Brasil, como pode se ver no intervalo de 2015 a 2017, (NUNES e MEDEIROS, *op. cit.*).

Em suma, o gráfico permite dizer que além da distribuição irregular das chuvas durante o ano, já demonstrada anteriormente no presente Diagnóstico de Clima deste EIA, existe uma grande irregularidade de chuvas, evidenciando uma oscilação significativa de anos chuvosos e anos secos.

**Figura 11.1-22: Acumulado anual de precipitação e ocorrência de ENOS / El Niño Oscilação Sul.**



Fonte: INMET, 2025. Organizado por Tetra Mais, 2025.

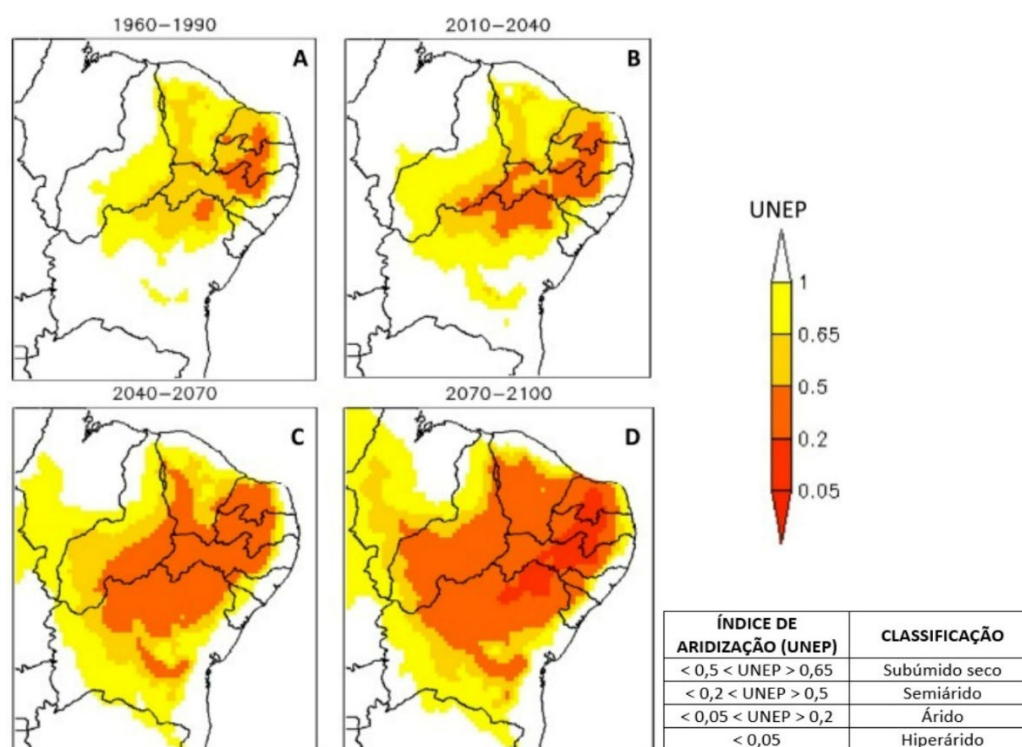
Entretanto, cabe relembrar que o ENOS não é o único fenômeno de circulação atmosférica incidente no Nordeste do Brasil, e que sua atuação combinada com outros fenômenos resulta em condições meteorológicas distintas.

Em se tratando de um prognóstico, estudos ainda têm sido realizados para compreender as tendências de médio e longo prazo e comportamento das chuvas num cenário das mudanças climáticas globais. O aquecimento projetado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) para as temperaturas máximas anuais extremas é de acréscimo de 2°C no Nordeste do Brasil (para um cenário de aumento de 1,5°C na temperatura média global), ou um acréscimo de 2,5°C (para um cenário de aumento de 2°C da temperatura média global) (HOEGH-GULDBERG *et. al.*, 2018 *apud* IPCC, 2022).

Esse cenário pode levar a um aumento da duração das secas (com significativo aumento dos veranicos), diminuição dos índices pluviométricos (de 10% a 15%) e a um aumento da temperatura nesta área, bem como a uma redução espacial do bioma caatinga do semiárido em detrimento de uma vegetação de climas efetivamente áridos, segundo dados classificados como de alta confiança pelo relatório (IPCC, 2022).

O relatório cita ainda que o aumento na severidade das secas devido à combinação do aumento de temperatura e redução de chuvas e umidade podem criar déficits hídricos, os quais são projetados para a região após o ano de 2041. Estas projeções são embasadas em estudos de curto (2010-2040), médio (2040-2070) e longo prazo (2070-2100) que calculam o Índice de Aridização da região por meio de parâmetros meteorológicos (MARENGO E

BERNASCONI, 2015), prevendo a expansão de climas áridos até o fim do século XXI (Figura 11.1-23 a seguir). Vale pontuar que o atual Índice de Aridização do município de Santa Quitéria é de 0,35, o que o classifica como semiárido (FUNCEME, 2023).



**Figura 11.1-23: Projeções do avanço do clima árido no Nordeste do Brasil para o século XXI.**

Fonte: Marengo e Bernasconi, 2015. Adaptado por Tetra Mais, 2023.

Na última década, o Estado do Ceará tem estudado medidas para combate e adaptação às mudanças climáticas, por meio da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) (Lei n.º 16.146/2016) e do Plano Estadual de Adaptação (PEA). Ambos visam definir diretrizes de mitigação sobre impactos adversos das mudanças climáticas sobre o meio físico e a biota, intensificados por ações antrópicas causadas por emissões de gases de efeito estufa. Além disso, em 2021 o Estado aderiu às campanhas “Race to zero” e “Under2Coalition” estabelecidas pela Convenção da ONU sobre mudanças no clima, com o objetivo de elaborar um Plano de Ação Climática com metas intermediárias e finais até 2050 e um Inventário Estadual de Gases de Efeito Estufa, entre outras providências.

Ainda antes disso, em 2008, o Estado do Ceará aprovou a Lei nº14.198/2008, que institui a Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação, como importante marco nas políticas de prevenção e mitigação das mudanças climáticas.

Como as mudanças climáticas são externalidades naturais e cíclicas acrescidas de um componente antrópico acumulado desde a Revolução Industrial pela produção de gases estufa, de impacto regional e global, a redução de volume precipitado na região pode afetar a disponibilidade de água superficial disponível em rios, açudes e de águas subterrâneas. Este cenário resultante de externalidades climáticas reflete no planejamento de ações que possam estimar a intensidade deste impacto e mitigar seus efeitos na área de estudo, visando a resiliência do projeto em seus objetivos, mas também em relação conjunta com o ambiente e as comunidades do entorno.

Considerando o horizonte temporal de implantação e operação do projeto objeto deste EIA - que é de 20 anos -, e o cenário climático projetado até 2041 (curto prazo), entende-se que a área de ocupação já está impactada por processos naturais de desertificação e mudanças climáticas. Visando contribuir para o não agravamento dos cenários futuros de médio e longo prazo, bem como ser resiliente aos desafios climáticos já instalados e aos previstos em curto prazo, o PSQ deve incorporar medidas de mitigação e adaptação relacionadas sobretudo ao controle das emissões de gases estufa e ao uso da água, buscando uma integração com a agenda das políticas estaduais de contenção dos impactos das Mudanças Climáticas.

#### 11.1.1.4. Considerações Finais

As variáveis climáticas consideradas para a caracterização foram: temperatura, precipitação, umidade relativa, 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 355,9 mm e 723,0 mm.

Quanto às temperaturas, estas recebem influências principalmente pelo seu posicionamento geográfico, próximo ao Equador (baixa latitude), submetendo a região a forte radiação solar. A temperatura média anual é de 27,4°C na estação Quixeramobim, com variação média anual de temperatura de 6,5°C. Na estação Itataia, a média anual é de 27,0°C, com variação de 7,2°C. Já na estação Santa Quitéria a média anual é 28,4°C, com variação média anual de 3,6°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 à evapotranspiração potencial, observa-se comportamento sazonal, sendo que entre o mês de janeiro e maio ocorre uma redução gradativa dos totais mensais com mínima de 142,6 mm registrada no mês de junho. Da mesma forma, a partir de agosto, nota-se o comportamento inverso com aumento gradativo dos totais mensais, com máxima de 220,0 mm no mês de dezembro.

Os ventos na região do PSQ são mais fortes 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 à sua direção, nota-se que entre os meses de outubro e fevereiro predominam ventos de leste e entre os meses de março e setembro a predominância é de ventos provenientes de leste/sudeste.





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](http://www.tetramais.com.br)

## ANEXO IV

---

## QUALIDADE DO AR

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Qualidade do Ar

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIA_rev00_QAr	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra +	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
--	----------------------------------	---	-------------------------------

 +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](http://www.tetramais.com.br)

## SUMÁRIO

### 11.1.2. Qualidade do Ar

11.1.2.1. Considerações Metodológicas .....	69
11.1.2.1.1. Padrões de Qualidade do Ar .....	69
11.1.2.1.2. Parâmetros Amostrados e Materiais .....	71
11.1.2.1.3. Malha amostral e periodicidade amostragem .....	72
11.1.2.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA) ...	77
11.1.2.2.1. Dados obtidos .....	77
11.1.2.2.2. Análise dos dados .....	82
11.1.2.3. Considerações Finais .....	86

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-24: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar. ....	74
Figura 11.1-25: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha). ....	75
Figura 11.1-26: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha). ....	75
Figura 11.1-27: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (2ª campanha). ....	75
Figura 11.1-28: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (2ª campanha). ....	75
Figura 11.1-29: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha). ....	75
Figura 11.1-30: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha). ....	75
Figura 11.1-31: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha). ....	76
Figura 11.1-32: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha). ....	76
Figura 11.1-33: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha). ....	76
Figura 11.1-34: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha). ....	76
Figura 11.1-35: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha). ....	76
Figura 11.1-36: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha). ....	76
Figura 11.1-37: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha). ....	77
Figura 11.1-38: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha). ....	77
Figura 11.1-39: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha). ....	77
Figura 11.1-40: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha). ....	77
Figura 11.1-41: Resultados da amostragem de PTS. ....	82
Figura 11.1-42: Resultados da amostragem de MP10. ....	83
Figura 11.1-43: Resultados da amostragem de MP2,5. ....	83
Figura 11.1-44: Resultados da amostragem de CO. ....	84
Figura 11.1-45: Resultados da amostragem de O <sub>3</sub> . ....	85
Figura 11.1-46: Resultados da amostragem de NO <sub>2</sub> . ....	85
Figura 11.1-47: Resultados da amostragem de SO <sub>2</sub> . ....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-8: Resumo dos Limites dos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA nº 491/2018. ....	70
Quadro 11.1-9: Descrição dos equipamentos utilizados. ....	71
Quadro 11.1-10: Identificação dos locais das medições. ....	73
Quadro 11.1-11: Resultados da amostragem de Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ), Material Particulado (MP <sub>2,5</sub> e MP <sub>10</sub> ) e Partículas Totais em Suspensão (PTS) ....	79
Quadro 11.1-12: Resultados da amostragem de Monóxido de Carbono (CO). ....	79
Quadro 11.1-13: Resultados da amostragem de Ozônio (O <sub>3</sub> ) ....	80
Quadro 11.1-14: Resultados da amostragem de Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) ....	80



### 11.1.2. Qualidade do Ar

#### 11.1.2.1. Considerações Metodológicas

##### 11.1.2.1.1. Padrões de Qualidade do Ar

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, existem 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 da população.

Neste sentido, são considerados poluentes regulados: monóxido de carbono (CO); dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>); dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>); ozônio (O<sub>3</sub>); material particulado inalável (MP10 e MP2,5), 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<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP10, MP2,5 e FMC. 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.

Cabe destacar que a Resolução CONAMA nº 491/2018 estabelece no Art. 7º, que após o período de cinco anos de sua publicação e a partir do envio dos Planos de Controle de Emissões Atmosféricas - PCEA's e relatórios de qualidade do ar ao Ministério do Meio Ambiente - MMA, haverá discussão sobre a adoção dos padrões de qualidade do ar

subsequentes ao PI-1, até que todos os estados e Distrito Federal consigam atingir os níveis recomendados pela OMS, equivalente ao padrão final (PF).

Ressalta-se que o estudo diagnóstico não pode ser utilizado para realizar projeções futuras, sendo apenas um retrato do período em que as campanhas de caracterização foram realizadas, portanto, os padrões vigentes até o momento e considerados como referência no presente diagnóstico são os assinalados em vermelho no Quadro 11.1-8.

**Quadro 11.1-8: Resumo dos Limites dos Padrões de Qualidade do Ar da Resolução CONAMA nº 491/2018**

POLUENTE ATMOSFÉRICO	PERÍODO DE REFERÊNCIA	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µG/M3	µG/M3	µG/M3	µG/M3	PPM
Material Particulado - MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual <sup>1</sup>	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub>	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual <sup>1</sup>	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub>	1 hora <sup>2</sup>	260	240	220	200	-
	Anual <sup>1</sup>	60	50	45	40	-
Ozônio - O <sub>3</sub>	8 horas <sup>3</sup>	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas <sup>3</sup>	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual <sup>4</sup>	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb <sup>5</sup>	Anual <sup>1</sup>	-	-	-	0,5	-

1 - Média aritmética anual; 2 - Média horária; 3 - Máxima média móvel obtida no dia; 4 - Média geométrica anual; 5 - Medido nas partículas totais em suspensão. Fonte: Resolução CONAMA nº 491, 2018. Adaptado ISQ Brasil, 2023.

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.

#### 11.1.2.1.2. Parâmetros Amostrados e Materiais

Para o diagnóstico da qualidade do ar foram consideradas as medições dos seguintes parâmetros: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP10, MP2,5, CO e PTS.

Os resultados das medições dos gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e CO foram gerados continuamente, ou seja, 24 horas por dia, por meio de sensores eletroquímicos de detecção automática, e as Partículas Inaláveis MP10 e MP2,5, assim como as Partículas Totais Suspensão - PTS foram contadas também em medições contínuas, por meio de sensores ópticos, todos acoplados numa estação automática compacta de qualidade do ar. A estação foi programada para fazer a captura, leitura e mensuração dos gases e partículas em intervalos de 15 minutos, totalizando quatro medições a cada hora e noventa e seis medições a cada 24 horas.

As médias horárias dos poluentes NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e CO, assim como as médias diárias de SO<sub>2</sub>, MP2,5, MP10 e PTS foram gerados de acordo com os critérios de representatividade exigidos pelo Guia Técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar do Ministério do Meio Ambiente (2019). Os resultados das medições efetuadas foram comparados 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 11.1-9 e os respectivos certificados de calibração estão apresentados no Anexo 11.1.2-1.

Quadro 11.1-9: 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

EQUIPAMENTO	FABRICANTE	MODELO	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	DATA CALIBRAÇÃO	VALIDADE CALIBRAÇÃO
GPS	Garmin	62	-	-	-
Câmera	Nikon	S33	-	-	-

Elaboração: Q3A, 2021.

#### 11.1.2.1.3. Malha amostral e periodicidade amostragem

O conceito de bacia aérea, dado a sua maior abrangência geográfica, foi aplicado de forma regional, na avaliação de impacto apresentada no Capítulo 13 do Volume IV deste EIA, através da modelagem de dispersão de poluentes atmosféricos (EDA), com recurso ao modelo matemático AERMOD, recomendado pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*).

Já a caracterização da qualidade do ar (diagnóstico) possui aspecto local, posto que é realizada junto aos receptores mais próximos do entorno do futuro empreendimento. Assim, foram selecionados quatro locais buscando uma distribuição espacial que contemplasse a inserção dos pontos de medição entre a ADA e potenciais receptores do seu entorno.

As medições foram realizadas entre os dias 17 e 21 de novembro de 2020 (primeira campanha), no período de estiagem, e nos dias 22 e 26 de fevereiro de 2021 (segunda campanha), no período chuvoso, respeitando a sazonalidade local. O equipamento permaneceu por um período de 24 horas amostrando em cada ponto, na primeira e na segunda campanha

A amostragem em duas campanhas ao longo do ano está de acordo com o Termo de Referência emitido pelo Ibama e as informações levantadas foram suficientes para realizar a avaliação de impactos apresentada no Volume IV do EIA. Cabe ressaltar que o monitoramento de qualidade do ar será continuado nas etapas de implantação e operação do empreendimento, por meio do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar também previsto no Volume IV do EIA. O P1, foi escolhido por estar na entrada da Fazenda Itataia, próximo à futura via de acesso. Este ponto monitora o fluxo inicial de poeiras e gases emitidos na borda norte do empreendimento, além de representar a exposição de atividades agropecuárias e residenciais. Já o P2 está imediatamente junto à galeria de extração (fonte primária de emissão) e, o P3 foi um ponto escolhido por estar próximo ao alojamento principal da Fazenda Itataia, local de moradia e convívio de trabalhadores e visitantes, que reflete a exposição crônica a poluentes difusos e serve de indicador para avaliação de riscos ocupacionais e à comunidade local dentro da área de influência direta.

Por último, a escolha do ponto P4, localiza-se a sudeste, rumo ao Assentamento Morrinhos. Escolhido para representar um receptor rural fixo, a aproximadamente 2 km da ADA, esta estação capta poluentes em concentrações diluídas, mas ainda passíveis de afetar a saúde pública e as atividades agrícolas familiares no entorno.

A identificação dos pontos amostrados está apresentada no Quadro 11.1-10.

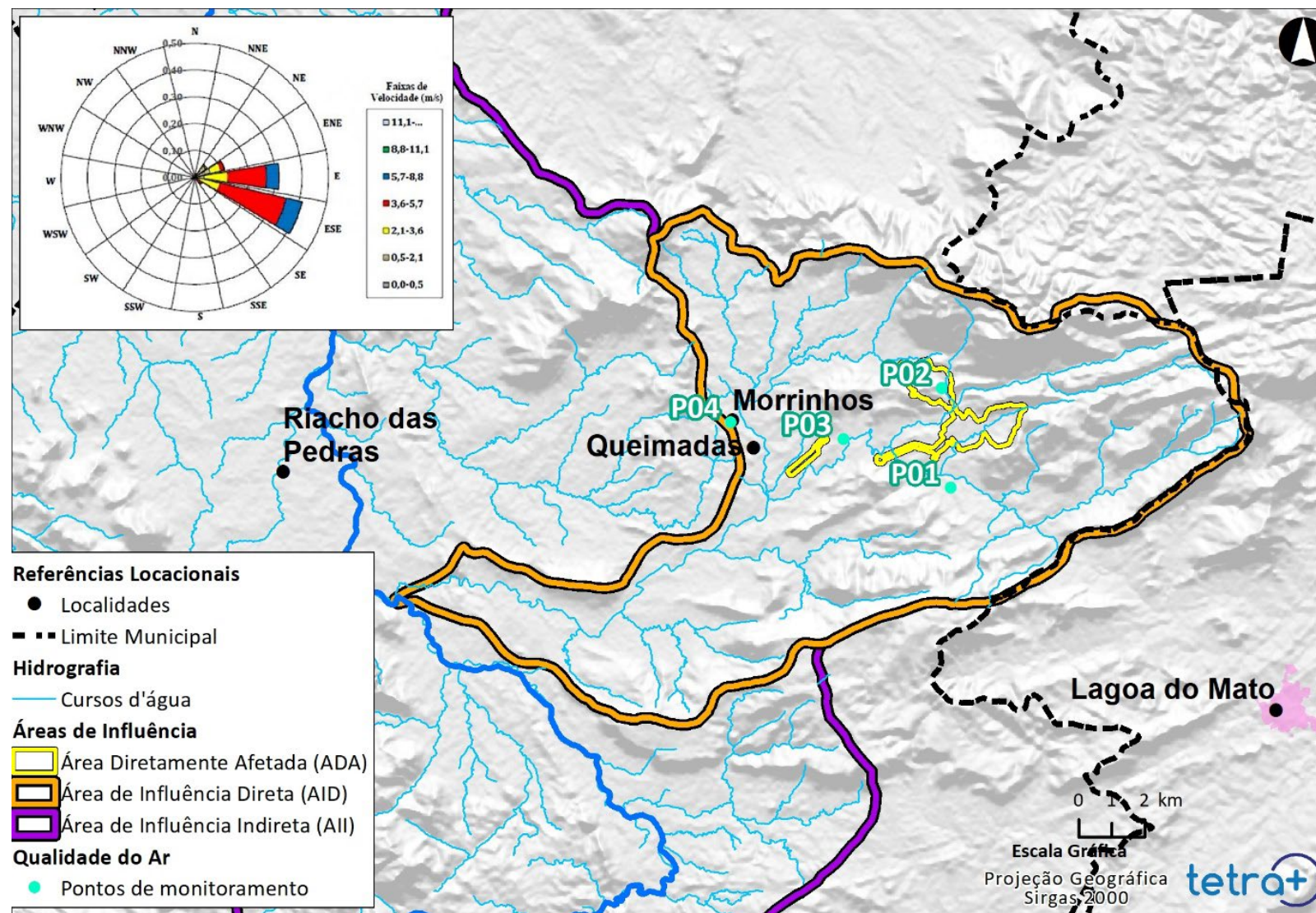
**Quadro 11.1-10: Identificação dos locais das medições**

PONTOS DE MEDIÇÃO	COORDENADAS UTM 24S	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 11.1-24 a localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar e os registros fotográficos estão apresentados entre a Figura 11.1-25 e a Figura 11.1-40, indicando o posicionamento dos equipamentos de medição nos pontos amostrados.

Figura 11.1-24: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.



Elaboração: Tetra Mais, 2023.





**Figura 11.1-25: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-26: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-27: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-28: Posicionamento do equipamento de medição no P1 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-29: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha).**



**FFigura 11.1-30: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (1ª campanha).**





**Figura 11.1-31: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-32: Posicionamento do equipamento de medição no P2 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-33: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-34: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-35: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-36: Posicionamento do equipamento de medição no P3 (2ª campanha).**





**Figura 11.1-37: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-38: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (1ª campanha).**



**Figura 11.1-39: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha).**



**Figura 11.1-40: Posicionamento do equipamento de medição no P4 (2ª campanha).**

#### *11.1.2.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)*

##### *11.1.2.2.1. Dados obtidos*

Conforme apontado anteriormente, entre os dias 17 e 21 novembro 2020 e do dia 22 a 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 comparação e avaliação da contribuição do empreendimento nas alterações da qualidade do ar no contexto local. Para o diagnóstico da qualidade do ar foram consideradas as medições dos seguintes parâmetros: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP10, MP2,5, CO, PTS.

O entorno da ADA 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 no Quadro 11.1-11 até Quadro 11.1-14.



**Quadro 11.1-11: Resultados da amostragem de Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Material Particulado (MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>) 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 A 18/11/20	22 A 23/02/21	18 A 19/11/20	23 A 24/02/21	19 A 20/11/20	24 A 25/02/21	20 A 21/11/20	25 A 26/02/21	
SO <sub>2</sub>	11	12	11	10	10	11	11	10	125
MP <sub>2,5</sub>	19	19	18	18	19	19	17	20	60
MP <sub>10</sub>	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.

**Quadro 11.1-12: Resultados da amostragem de Monóxido de Carbono**

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 A 18/11/20	22 A 23/02/21	18 A 19/11/20	23 A 24/02/21	19 A 20/11/20	24 A 25/02/21	20 A 21/11/20	25 A 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	
MÉDIA	0,42	0,37	0,53	0,37	0,37	0,35	0,37	0,37	

Fonte: Q3A, 2021. Elaboração: Tetra Mais, 2021.

**Quadro 11.1-13: Resultados da amostragem de Ozônio (O<sub>3</sub>)**

HORA	MÁXIMA MÉDIA OCTO HORÁRIA DO DIA (µG/M³) - OZÔNIO (O₃)								LIMITE DO PADRÃO INTERMEDIÁRIO MÉDIA OCTO HORÁRIA (µG/M³)
	P1		P2		P3		P4		
	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	1ª CAMP	2ª CAMP	
	17 A 18/11/20	22 A 23/02/21	18 A 19/11/20	23 A 24/02/21	19 A 20/11/20	24 A 25/02/21	20 A 21/11/20	25 A 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.

**Quadro 11.1-14: Resultados da amostragem de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)**

HORA	MÉDIA HORÁRIA (µG/M³) - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂)								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 A 18/11/20	22 A 23/02/21	18 A 19/11/20	23 A 24/02/21	19 A 20/11/20	24 A 25/02/21	20 A 21/11/20	25 A 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

HORA	MÉDIA HORÁRIA (µG/M³) - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂)								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 A 18/11/20	22 A 23/02/21	18 A 19/11/20	23 A 24/02/21	19 A 20/11/20	24 A 25/02/21	20 A 21/11/20	25 A 26/02/2021	
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
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.

#### 11.1.2.2.2. Análise dos dados

A caracterização da qualidade do ar demonstrou que as concentrações de todos os poluentes atmosféricos analisados não ultrapassaram os limites de concentração estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, durante os dois períodos amostrados.

Conforme apresentado na Figura 11.1-41, durante as duas campanhas as concentrações de PTS nos pontos amostrados variaram entre 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na primeira campanha o maior valor encontrado foi de 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ocorrido no ponto P1, sendo esse valor correspondente a 30% do limite de 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  preconizado pela legislação em vigor. Já na segunda campanha o maior valor encontrado foi de 64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no ponto P4, o que correspondente a 26% do valor máximo permitido. Assim, as concentrações de PTS das amostragens realizadas nas duas campanhas, atenderam ao padrão final de qualidade do ar determinado pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

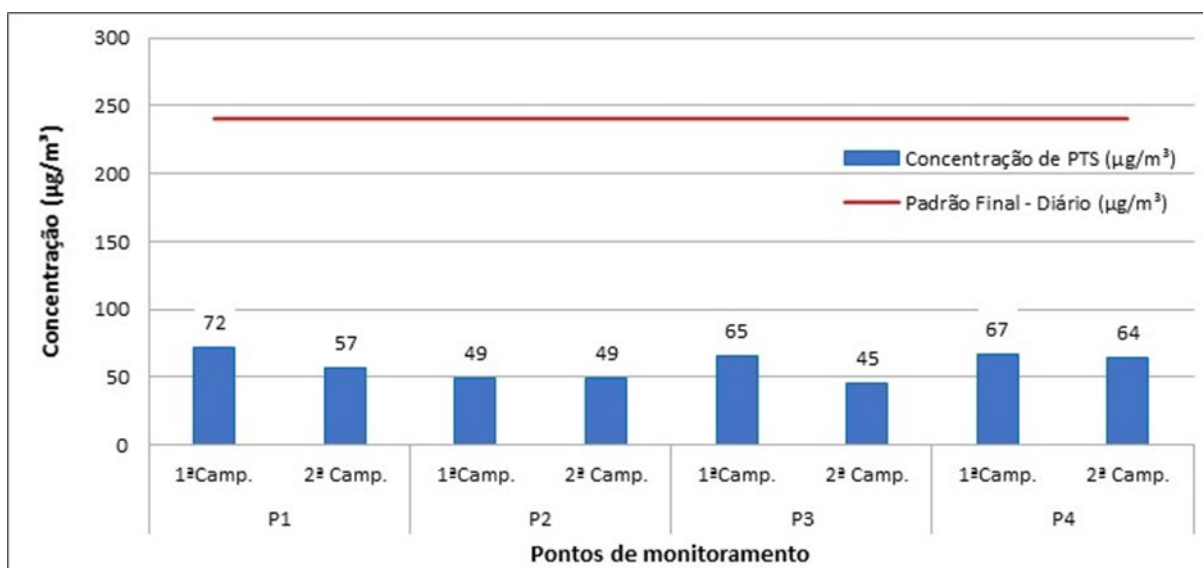


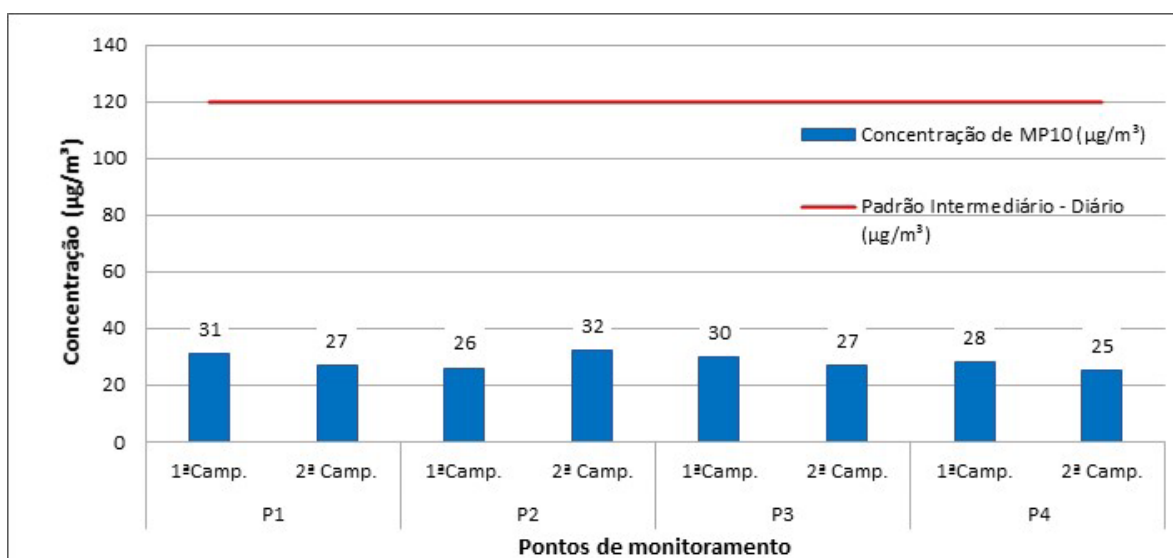
Figura 11.1-41: Resultados da amostragem de PTS.

No que se refere às concentrações de Material Particulado MP10 e MP2,5 verifica-se que as médias diárias registradas nas duas campanhas de amostragem não ultrapassaram os padrões intermediários PI-1 estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018 (Figura 11.1-42 e Figura 11.1-43). Além disso, observa-se ainda que as concentrações apresentaram baixa variação entre os pontos e durante os períodos de amostragem, o que pode estar relacionado à ausência de chuvas durante os dias de amostrados.

A concentração máxima de MP10 (32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 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 limite de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (PI-1) permitido pela legislação. Já na

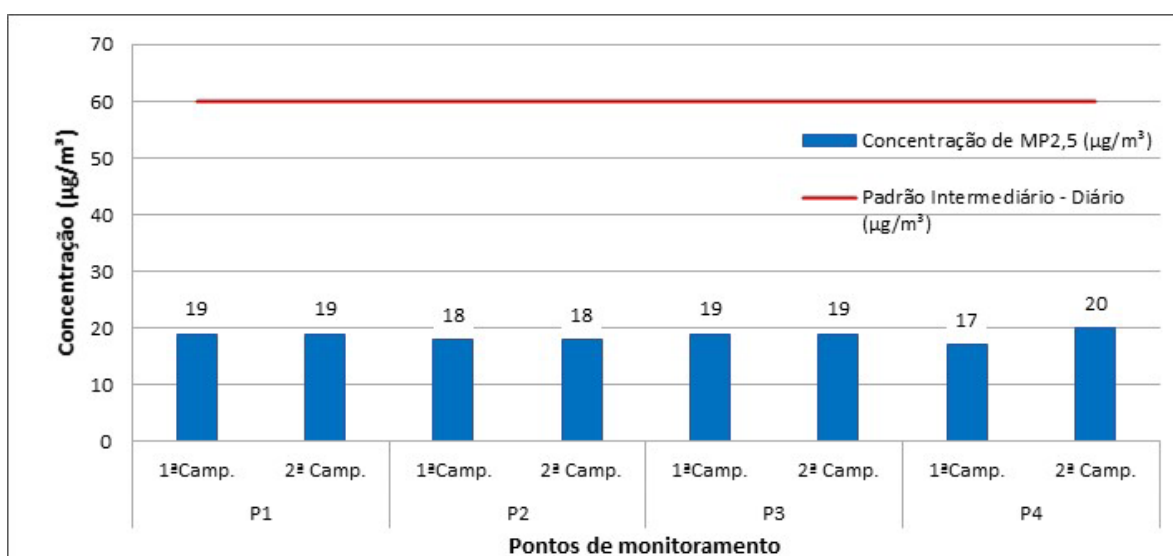
primeira campanha o valor mais alto aferido foi de  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que corresponde a 25% do padrão intermediário PI-1.

Da mesma forma, a concentração máxima de MP<sub>2,5</sub> ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) também foi registrada na segunda campanha, contudo, com ocorrência no ponto P4 localizado no Assentamento de Morrinhos. O valor registrado corresponde a 34% do limite de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (PI-1) estabelecido pela legislação em vigor. Na primeira campanha o maior valor amostrado foi de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , representando 31% do padrão intermediário PI-1 preconizado pela Resolução CONAMA nº 491/2018.



**Figura 11.1-42: Resultados da amostragem de MP10.**

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

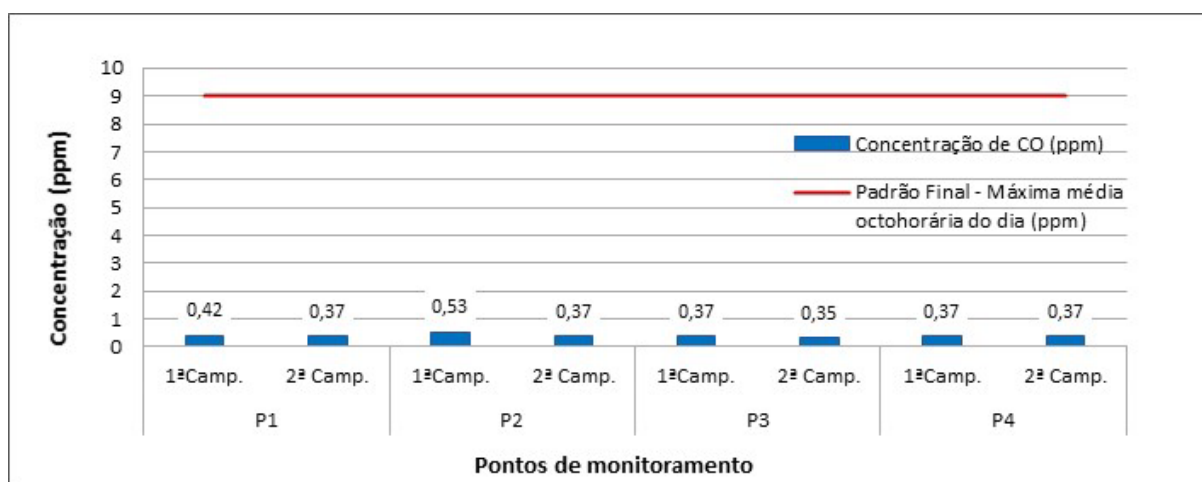


**Figura 11.1-43: Resultados da amostragem de MP2,5.**

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As concentrações dos gases CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> (Figura 11.1-44 a Figura 11.1-47) foram inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 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.

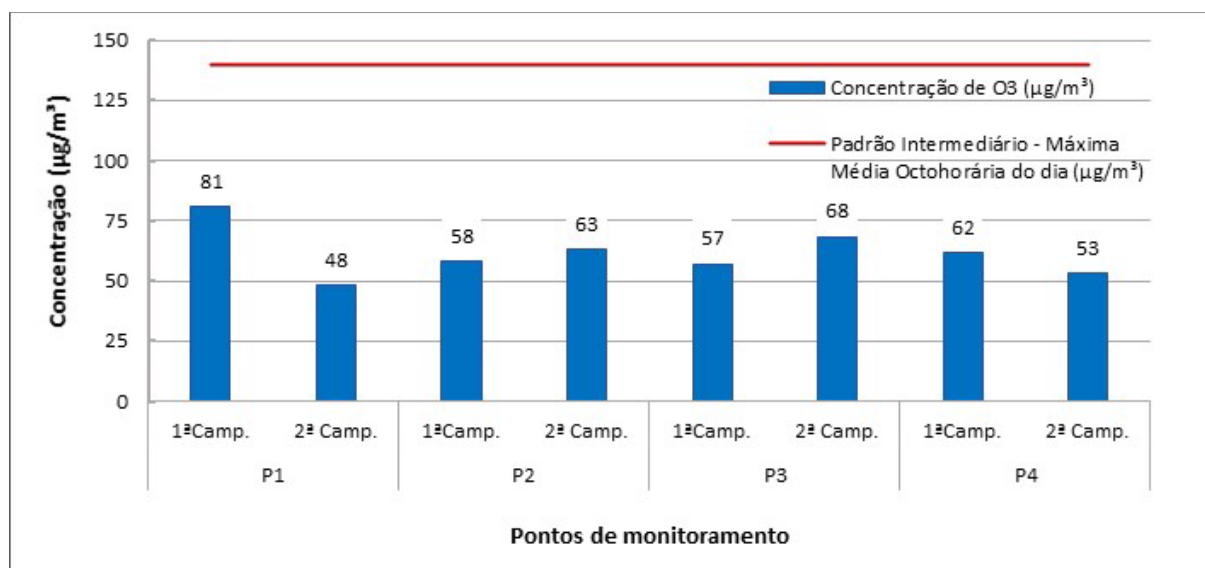
Para o CO, os maiores valores de concentração foram de 0,53 ppm (primeira campanha) e 0,37 ppm (segunda campanha), que representam 5,8% e 4,1%, respectivamente, do padrão final de 9 ppm permitido pela Resolução CONAMA n° 491/2018.



**Figura 11.1-44: Resultados da amostragem de CO.**

*Elaboração: Tetra Mais, 2021.*

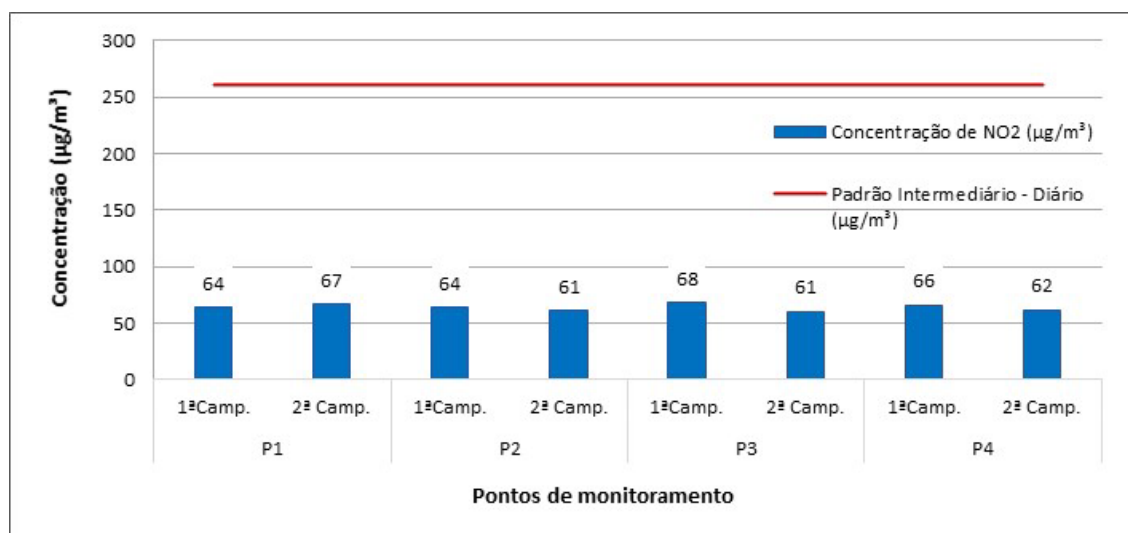
O poluente O<sub>3</sub> apresentou variações irrelevantes entre os pontos amostrados nas duas campanhas. O maior valor amostrado foi de 81 µg/m<sup>3</sup> na primeira campanha que ocorreu no ponto P1 e de 68 µg/m<sup>3</sup> na segunda campanha do ponto P3. Esses valores representam 57,8% e 48,5% respectivamente, do padrão intermediário PI-1 de 140 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA n° 491/2018.



**Figura 11.1-45: Resultados da amostragem de O<sub>3</sub>.**

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As maiores concentrações apresentadas pelo NO<sub>2</sub> foram 68 µg/m<sup>3</sup> (primeira campanha) e 67 µg/m<sup>3</sup> (segunda campanha) nos pontos P3 e P1 respectivamente, que representam 26% na primeira campanha e 25,7% na segunda campanha em relação ao padrão intermediário PI-1 de 260 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018.

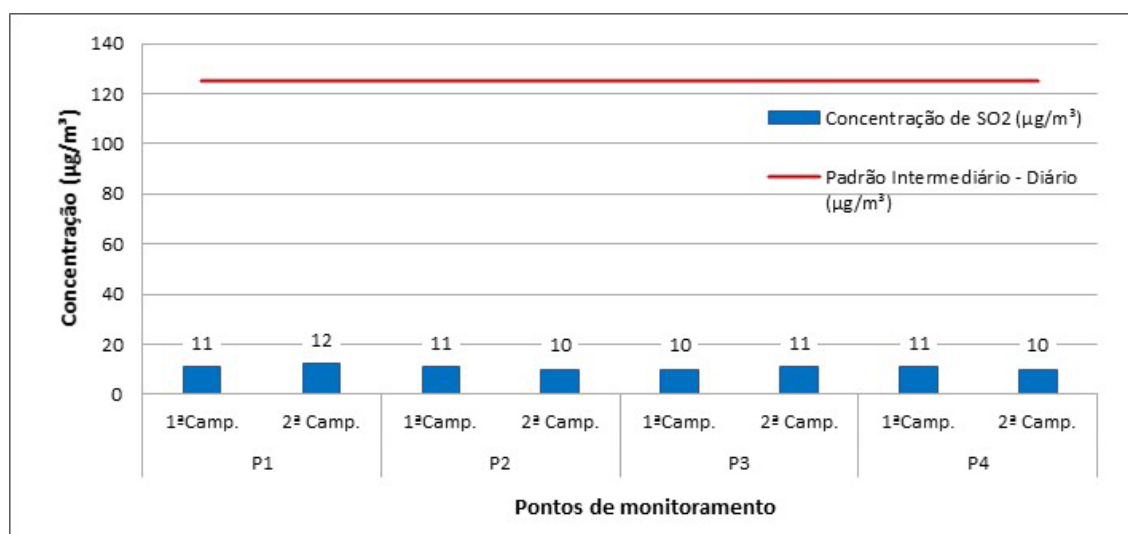


**Figura 11.1-46: Resultados da amostragem de NO<sub>2</sub>.**

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

As maiores concentrações de SO<sub>2</sub> foram de 11 µg/m<sup>3</sup> (primeira campanha) e 12 µg/m<sup>3</sup> (segunda campanha). Esses valores representam 8,8% na primeira campanha e 9,6% na segunda campanha em relação ao padrão intermediário PI-1 de 125 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA nº 491/2018. Devido à ausência de chuvas nos dias de amostragens

das campanhas não houve variações relevantes nos valores das concentrações registrados nas duas campanhas.



**Figura 11.1-47: Resultados da amostragem de SO<sub>2</sub>.**

Elaboração: Tetra Mais, 2021.

#### 11.1.2.3. Considerações Finais

Os resultados obtidos durante as campanhas de qualidade do ar indicam que os receptores do entorno do futuro empreendimento não estiveram expostos a concentrações de partículas e gases em níveis prejudiciais à saúde, e que as emissões registradas durante as campanhas realizadas não constituíram 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 nº 491/2018.

Esclarece-se ainda que, o objetivo do presente diagnóstico foi avaliar a situação atual do local e, dessa forma, diz respeito especificamente às campanhas realizadas, o que caracteriza a impossibilidade de projetar conclusões para o futuro. Portanto, nas conclusões do presente diagnóstico ambiental, os resultados das campanhas de monitoramento evidenciam os aspectos da atmosfera da região sem a contribuição do empreendimento.

Esses resultados permitiram avaliar a caracterização dos poluentes na atmosfera local 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.





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](http://www.tetramais.com.br)

**ANEXO V**

---

**GEOMORFOLOGIA**

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Geomorfologia

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

NÚMERO: 20_605_Vol.IIA_rev00_geomorfologia	ELABORADO POR: Tetra +	APROVADO POR: Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	DATA: Setembro/2025
---	---------------------------	---	------------------------

+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](http://www.tetramais.com.br)

## SUMÁRIO

### 11.1.4. Geomorfologia

11.1.4.1. Considerações Metodológicas .....	115
11.1.4.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (AI).....	115
11.1.4.3. ... Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA).121	
11.1.4.1. Considerações Finais.....	134

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-46: Perfis topográficos da ADA e AID.....	131
Figura 11.1-47: Localizações dos perfis topográficos da ADA e AID.....	132
Figura 11.1-48: 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 11.1-49: 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 11.1-50: Vista para norte, exibindo colinas e serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu ao fundo. ....	133
Figura 11.1-51: 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. .	133
Figura 11.1-52: Vista para norte, evidenciando serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu do Planalto Residual Sertanejo ao fundo. ....	133
Figura 11.1-53: Vista para norte da Serra do Céu, que delimita a porção norte da AID....	133
Figura 11.1-54: Detalhe da porção topograficamente mais elevada da Serra do Céu. ....	134
Figura 11.1-55: Foto a partir do Serrote da Igreja, com vista para sul, exibindo ao fundo morros isolados da Depressão Sertaneja. ....	134
Figura 11.1-56: Foto a partir do Serrote da Igreja com vista para noroeste, com a Depressão Sertaneja em primeiro plano, e ao fundo o Planalto Residual Sertanejo. ....	134

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-23: Domínios geomorfológicos e elementos de relevo da AID/ADA .....	121
---	-----

## LISTA DE MAPAS

Mapa 11.1-4: Mapa Geomorfológico da All. ....	117
Mapa 11.1-5: Mapa Hipsométrico da All. ....	119
Mapa 11.1-6: Mapa de declividade da All. ....	120
Mapa 11.1-7: Mapa Geomorfológico da AID/ADA. ....	123
Mapa 11.1-8: Mapa Hipsométrico AID/ADA. ....	128
Mapa 11.1-9: Mapa de Declividade AID/ADA. ....	129



#### 11.1.4. Geomorfologia

##### 11.1.4.1. 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. Os mapas hipsométrico e de declividade foram produzidos a partir Modelo Digital de Elevação (MDE) adquiridos da base de dados do projeto Topodata<sup>1</sup>, 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.

##### 11.1.4.2. 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 metamórficos e granitóides associados (IBGE, 2009).

Na região destacam-se duas macrounidades geomorfológicas, correspondentes aos Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo) e à Depressão Sertaneja. Tais unidades são caracterizadas, geneticamente, por formas de relevo de degradação desenvolvidas sobre

<sup>1</sup> <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, 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.

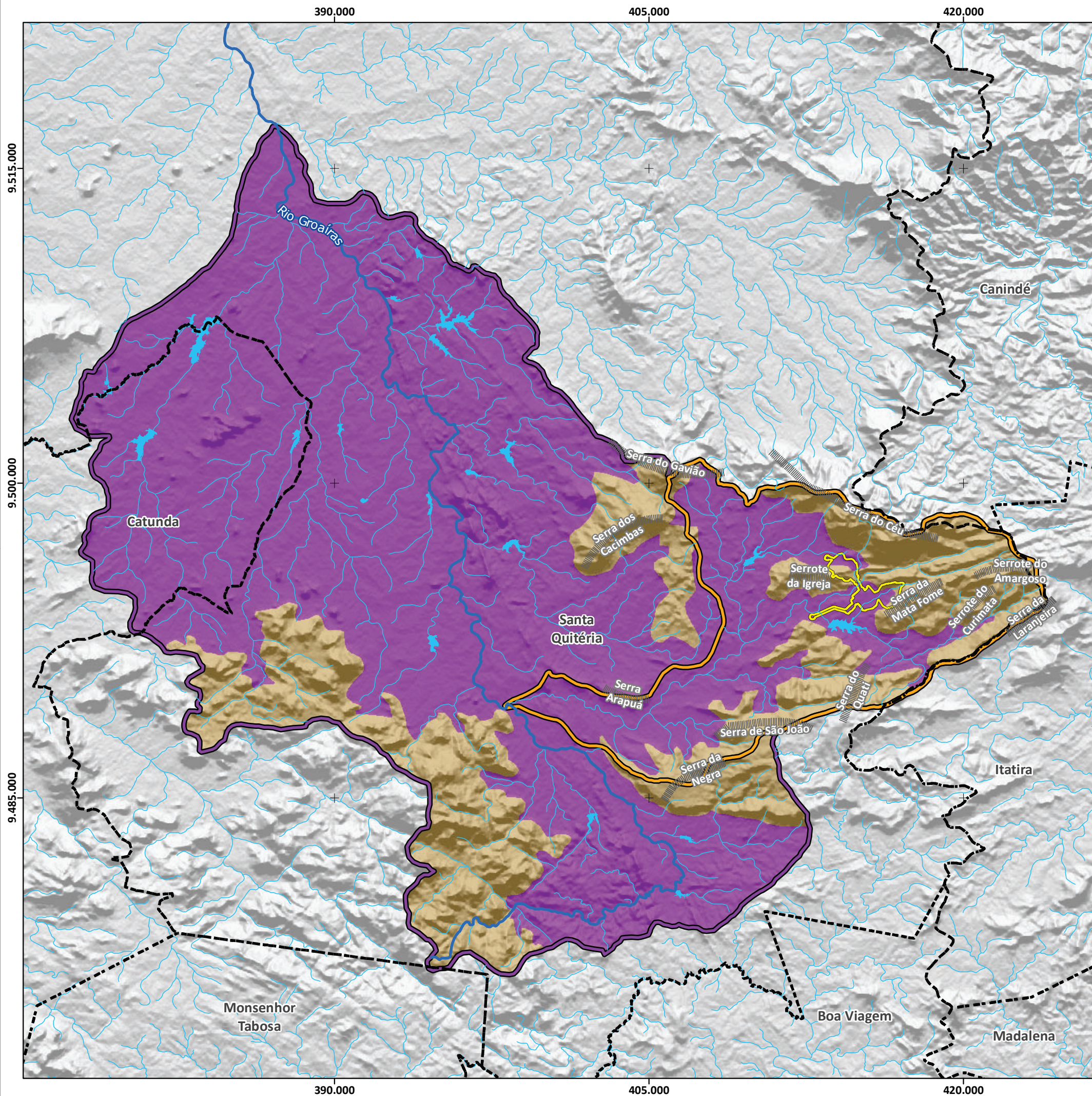
A Depressão Sertaneja é caracterizada por relevo relativamente plano com superfície dissecada, suavemente ondulada. Esta unidade ocupa cerca de 75% da AII e é representada por um pediplano desenvolvido sobre rochas pré-cambrianas expostas a um intenso processo erosivo associado à regressão de escarpas.

Em geral, apresenta relevo predominantemente constituído por colinas e morrotes rebaixados. Entretanto, destacam-se na paisagem algumas elevações de testemunhos reliquiais (inselbergs), que formam conjuntos de pequenos morros com altitudes entre 180 m e 650 m.

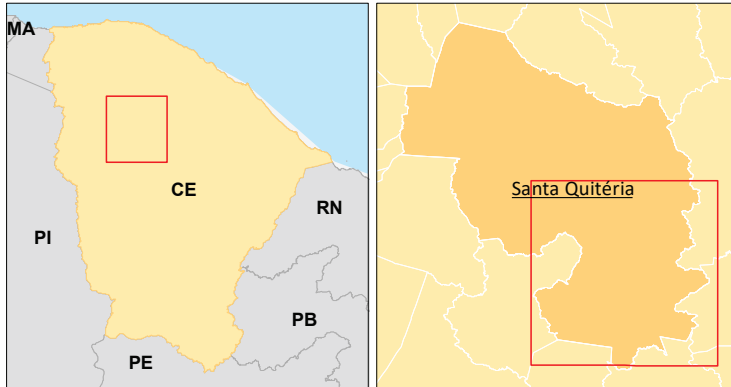
As feições de dissecção comumente observadas nessa unidade correspondem a formas convexas e tabulares com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem. As principais formas correspondem a relevos de topo convexo, limitados por vales em “V” ou, eventualmente, por vales apresentando fundo plano. As feições tabulares correspondem a relevos de topo plano separados, geralmente, por vales também apresentando fundo aplainado (RADAM, 1981).

O Mapa 11.1-4 apresenta as grandes unidades geomorfológicas que ocorrem na região de estudo.





Macrolocalização



Legenda

Referência Locacional

- - - Limite Municipal

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Área de Influência Indireta (AII)

Hidrografia

Rio Groaíras

Cursos d'água

Massas d'água

Elementos Fisiográficos Naturais

Serras

Domínio Morfoestrutural dos Cinturões Móveis

Neoproterozóicos

Macrounidades Geomorfológicas

Depressão Sertaneja Setentrional

Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo)

Fonte:

IBGE, 2019. Geomorfologia, 1:250.000.

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

0 2 4 km

Escala Gráfica

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



Norte do Mapa



Projeto:

Projeto Santa Quitéria

Título:

Mapa Geomorfológico da AII - Domínio Morfoestrutural dos Cinturões Móveis

Formato

A3

Escala

1:185.000

Folha

Única

Data

13/08/2025

Localização

Santa Quitéria / CE

Elaborado

Patrick Martins

Aprovado

Thamiris Cristina Costa Basilio



Conforme apresentado no Mapa 11.1-4, o relevo associado à Depressão Sertaneja ocorre em todas as áreas da All, 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 11.1-5). Dentro dos limites da All, 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 11.1-6).

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).

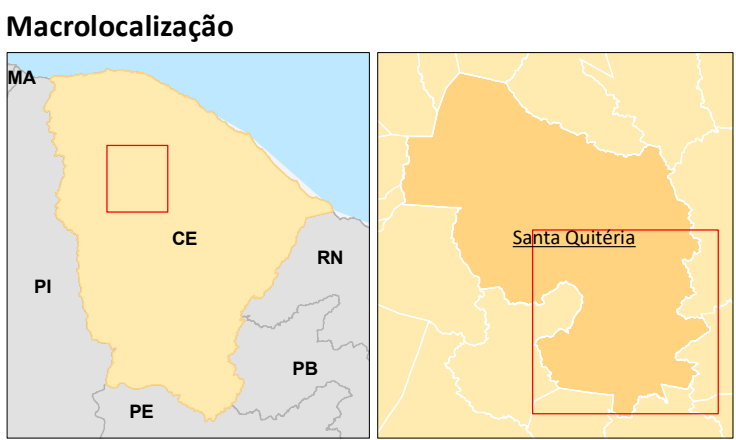
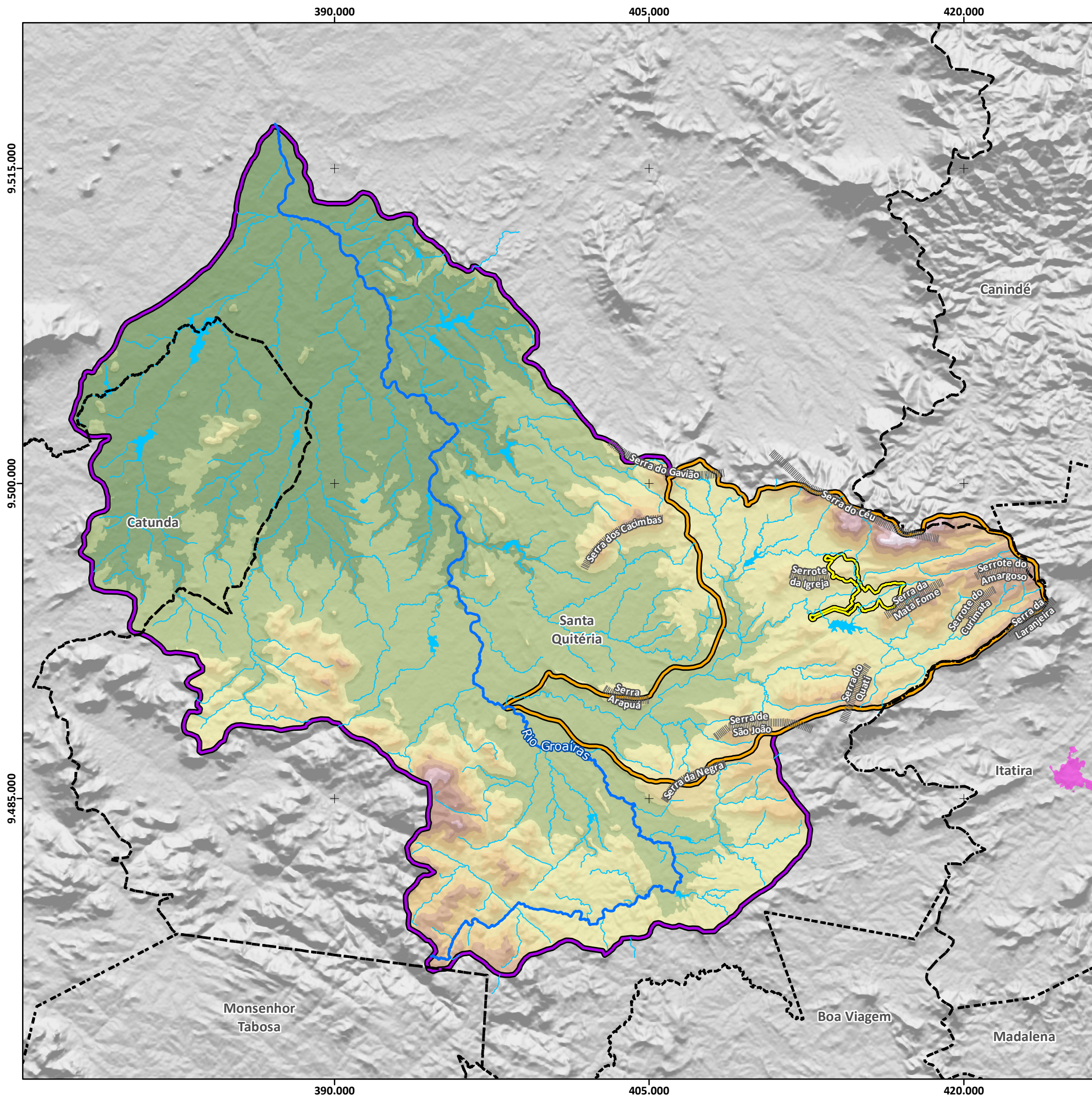
Na região de estudo, a Depressão Sertaneja se desenvolve, principalmente, sobre rochas de composição granítica pertencentes ao Complexo Tamboril/Santa Quitéria e, de maneira subordinada, aos metassedimentos do Grupo Itataia. A maior parte da área apresenta relevo com topos tabulares notando-se também a ocorrência de topo convexo e aguçado.

O Planalto Residual Sertanejo ocorre, principalmente, nas porções centro-leste e centro sul da All. Dentro dos limites da All 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 11.1-5) e declividades normalmente superior a 20% (Mapa 11.1-6).

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 nordeste da All, 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 a rochas metassedimentares paleoproterozóicas do Grupo Itataia e apresenta afinidades com relevo de “cuestas”, com mergulho suave para norte e escarpas íngremes, localmente verticalizadas.





### Legenda

**Referência Locacional**

- - Limite Municipal
- Áreas Urbanizadas/Edificadas

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)
- Área de Influência Indireta (AII)

**Hidrografia**

- Rio Groaíras
- Cursos d'água
- Massas d'água

**Elementos Fisiográficos Naturais**

- Serras

**Hipsometria (m)**

Hipsometria (m)
Até 300 m
300 - 400
400 - 500
500 - 600
600 - 700
700 - 800
800 - 900
900 - 1000
> 1000

**Fonte:**

INPE, 2008. Topodata. Hipsometria.  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

**Escala Gráfica**

0 2 4 km

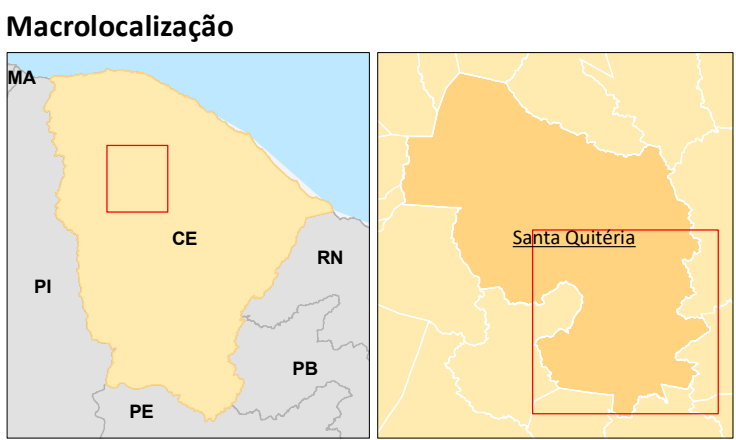
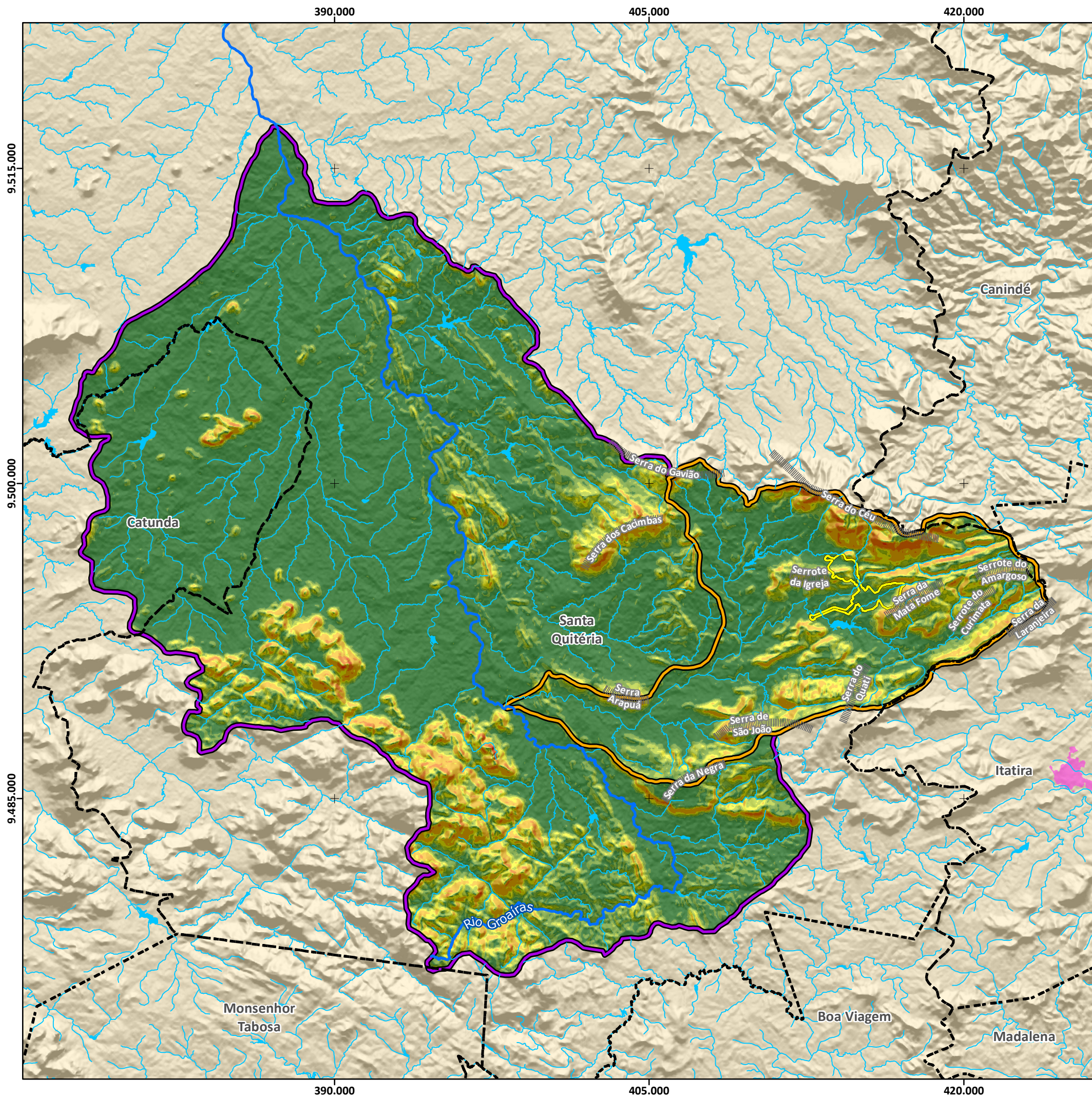
1:185.000

**Norte do Mapa**

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

Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Mapa Hipsométrico da AII</b>		
Formato	Escala	Folha
A3	1:185.000	Única
Data	Localização	
27/10/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	





### Legenda

**Referência Locacional**

- Limite Municipal
- Áreas Urbanizadas/Edificadas

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)
- Área de Influência Indireta (AII)

**Hidrografia**

- Rio Groaíras
- Cursos d'água
- Massas d'água

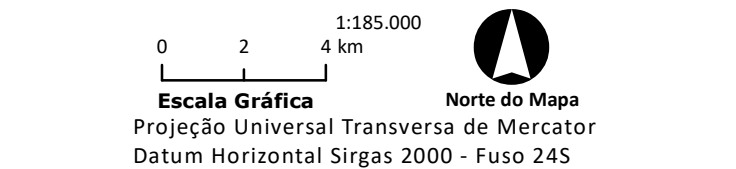
**Elementos Fisiográficos Naturais**

- Serras

**Declividade (graus)**

- 0° - 5°
- 5° - 10°
- 10° - 15°
- 15° - 20°
- 20° - 30°
- 30° - 45°
- > 45°

**Fonte:**  
INPE, 2008. Topodata. Hipsometria.  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



 		
Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Mapa de Declividade da AII</b>		
Formato A3	Escala 1:185.000	Folha Única
Data 27/10/2023	Localização Santa Quitéria / CE	
Elaborado Patrick Martins		Aprovado Cristina Poggiali Almeida



#### 11.1.4.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

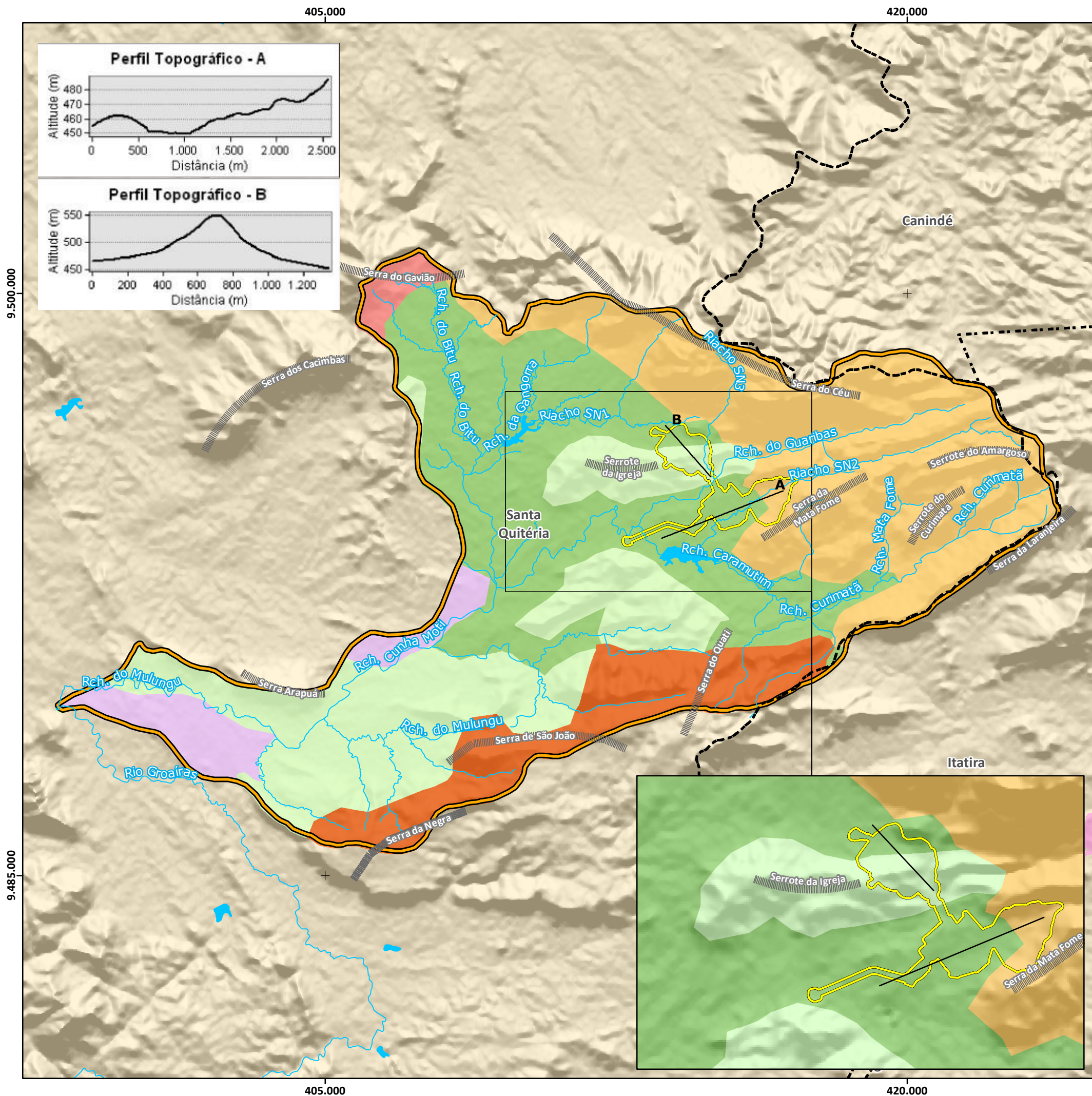
Conforme destacado anteriormente, para a AID e ADA foi adotado o detalhamento das unidades de relevo proposta pela ARCADIS LOGOS (2014), cujos critérios utilizados correspondem a uma adaptação da proposta original de Ponçano *et al.* (1979). No Quadro 11.1-23 estão detalhados os domínios geomorfológicos e elementos de relevo adotados e no Mapa 11.1-7 é ilustrada a área de ocorrência e são apresentados os perfis topográficos.

**Quadro 11.1-23: 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 subdendrítica; 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)	B.1. Relevo de Morros e Montanhas Baixas: Padrão de drenagem subdendrítica; altitudes entre	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

Residual Sertanejo)	500 m a 850 m; declividade de até 45°.	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%.

Elaboração: Tetra Mais, 2023. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.



### Macrolocalização

### Referência Locacional

--- Limite

Áreas de

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)

Cursos

Massas d'água

### Elementos Fisiográficos Naturais

Serras

### Elementos do

#### Depressão

- 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

- 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

**Fonte:**  
ARCADIS LOGOS, 2014.Unidades de Relevo.  
Adap. Ponçano et al. (1979).  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

024 km

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

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Geomorfológico da AID/ADA**

Formato	Escala	Folha
A3	1:100.000	Única
Data	Localização	
27/11/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	



Conforme apresentado no Mapa 11.1-7, 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. Os perfis topográficos A e B representam as formas de relevo presentes na Área Diretamente Afetada, sendo o Perfil A composto pelas duas unidades de relevo regionais e o Perfil B contemplando elementos do relevo presentes na unidade de relevo 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. Os processos de denudação e formação escultural do relevo são representados pelo marcante controle da litologia e da geologia estrutural da área decorrente da denudação do antigo substrato rochoso. 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 11.1-53 e Figura 11.1-56).

O relevo de Colinas e Morrotes (A.1) ocupa 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 11.1-9). As altitudes máximas podem atingir 423 m, ao passo que as áreas mais rebaixadas, próximas aos riachos Cunha-Moti e Mulungu, apresentam altitude entre 319 m e 380 m (Mapa 11.1-8). 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, 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 11.1-51 e Figura 11.1-55).

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 11.1-9).

Os Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Residual Sertanejo) ocorrem nas bordas leste, norte e sul da AID e caracteriza-se pelo Relevo de Morros e Montanhas Baixas (B.1) e pelo Relevo de Montanhas e Serras alongadas (B.2). Representam um conjunto de maciços montanhosos que se destacam em meio as formas de relevo de cotas baixas formadas pela Depressão Sertaneja. São relevos residuais geradas por processos de erosão diferencial, preservando rochas graníticas e quartzíticas, mais resistentes ao intemperismo e à erosão em relação ao embasamento cristalino a sua volta.

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 11.1-9). As altitudes máximas podem atingir 730 m, enquanto no vale do riacho Mulungu, as altitudes oscilam entre 350 m e 400 m (Mapa 11.1-8). 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 mármore 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 30°. 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 11.1-8). 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.

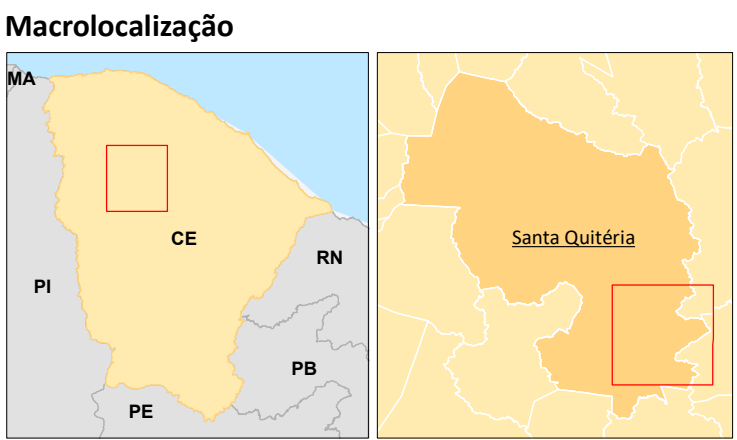
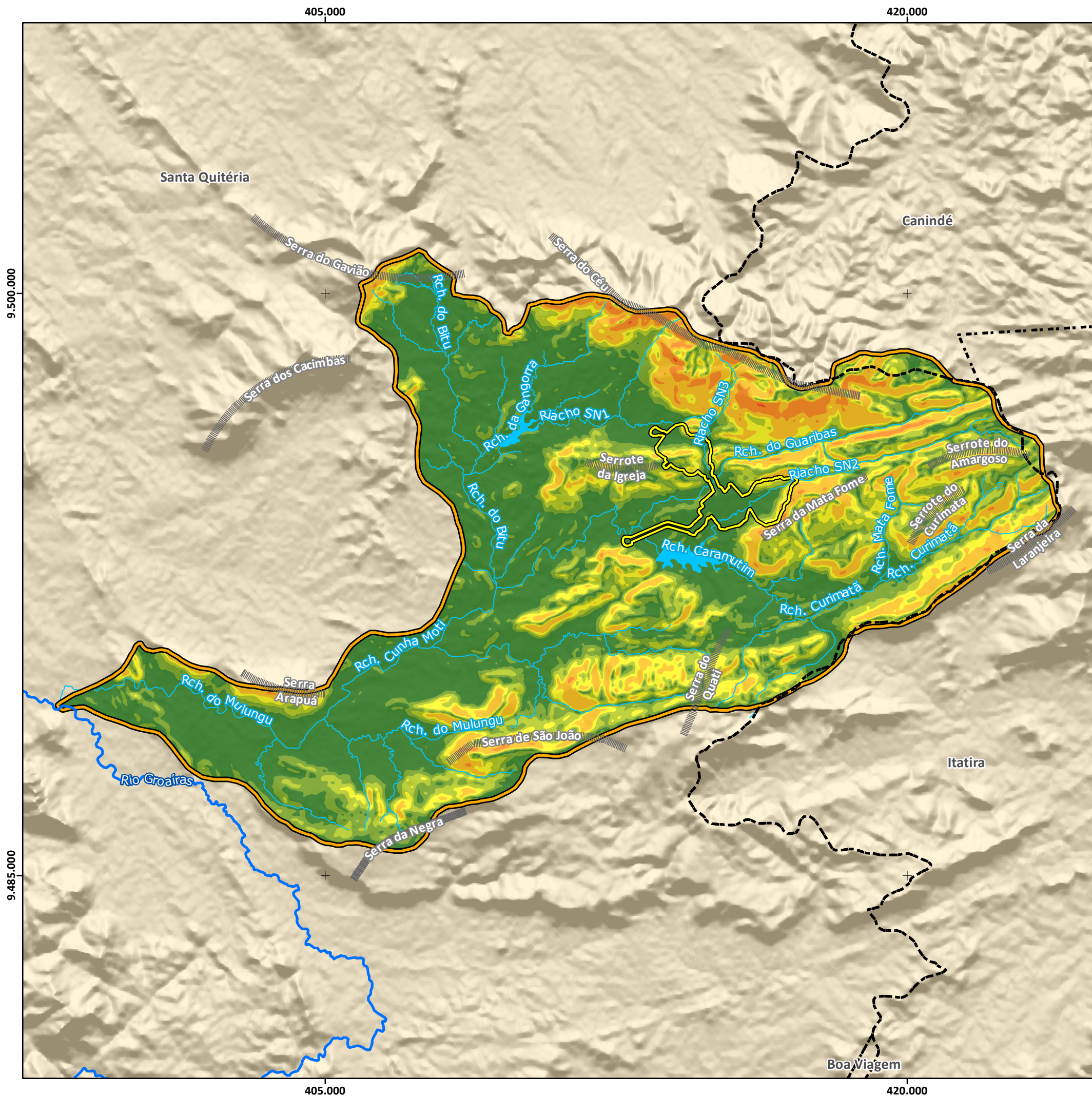
O Relevo de Montanhas e Serras alongadas (B.2) ocorre na porção norte da AID e na porção nordeste da ADA. É representado pela microunidade das montanhas e serras alongadas com predomínio de serras alongadas (B.2.2), caracterizada pelo relevo de degradação com serras com amplitudes acima de 300 m, que 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 11.1-9). As declividades abaixo de 15° estão restritas aos topos de alguns morros e à base das encostas (Mapa 11.1-9 e Mapa 11.1-6). As altitudes máximas podem atingir 1.085 m (Mapa 11.1-8), 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 11.1-50, Figura 11.1-52, Figura 11.1-53 e Figura 11.1-54), Serra da Mata Fome (Figura 11.1-48 e Figura 11.1-49) 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 mármore da Formação Alcantil. O Mapa 11.1-8 e o Mapa 11.1-9 apresentam, respectivamente, a hipsometria e declividade da AID e ADA.









### Legenda

#### Referência Locacional

- - - Limite Municipal

#### Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)  
Área de Influência Direta (AID)

#### Hidrografia

— Cursos d'água  
Massas d'água

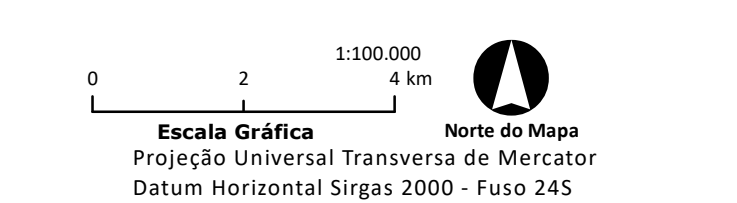
#### Elementos Fisiográficos Naturais

Serras

#### Declividade (graus)

0 - 5  
5 - 10  
10 - 15  
15 - 20  
20 - 30  
30 - 45  
> 45

**Fonte:**  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
INPE, 2008. Topodata. Declividade.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Declividade AID/ADA</b>		
Formato A3	Escala 1:100.000	Folha Única
Data 27/11/2023	Localização Santa Quitéria / CE	
Elaborado Patrick Martins		Aprovado Cristina Poggiali Almeida



Conforme apresentado no Mapa 11.1-8, 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 11.1-9). As cotas e declividades mais altas ocorrem na região nordeste da área e correspondem às serras do Céu, da Mata Fome e da Laranjeira, ao passo que as cotas e declividades mais baixas ocorrem na região sudoeste da área, acompanhando a planície dos riachos Cunha-Moti e Mulungu.

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 dos riachos Cunha-Moti, Mulungu e Camurutim, 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 dissecção 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 20°. Sua morfologia apresenta interflúvios côncavos e encostas convexas, com baixa densidade de drenagem apresentando padrão subdendrítico.

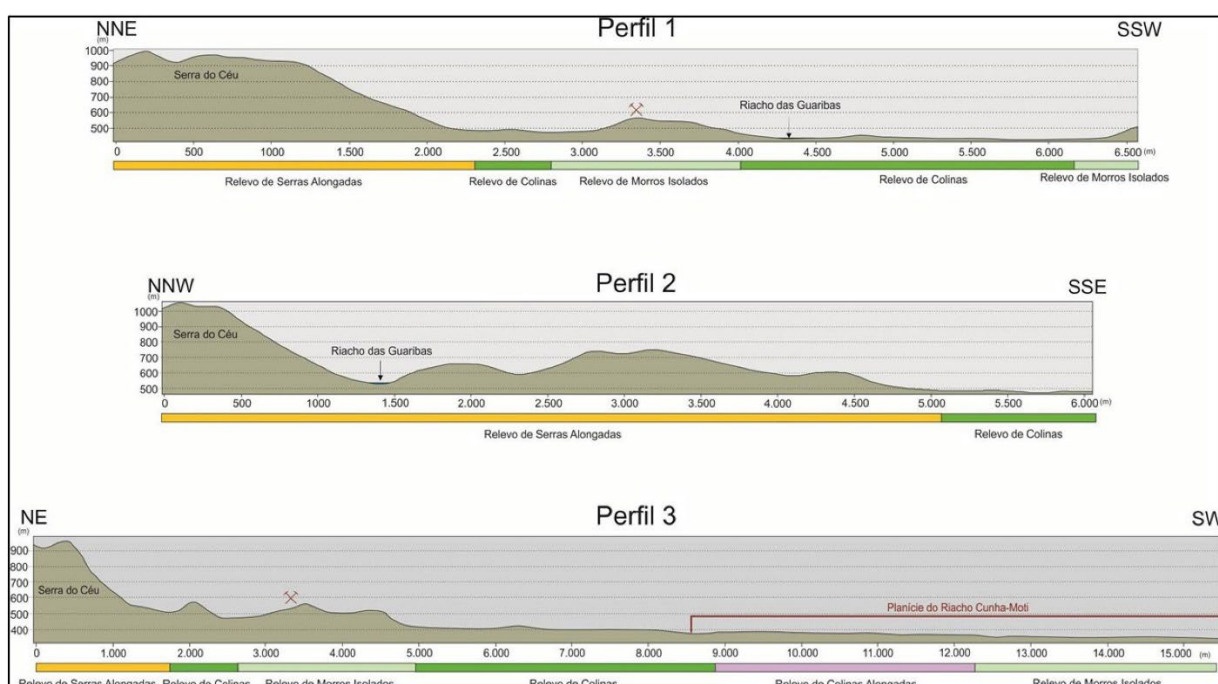
O vale do riacho das Guaribas, importante curso d'água intermitente localizado na base da Serra do Céu, conforma um vale encaixado delimitado por encostas íngremes, com declividades entre 20° e 30° e altitude variando de 470 m a 580 m.

Nas adjacências da margem esquerda do rio Mulungu 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°.

Quanto à 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

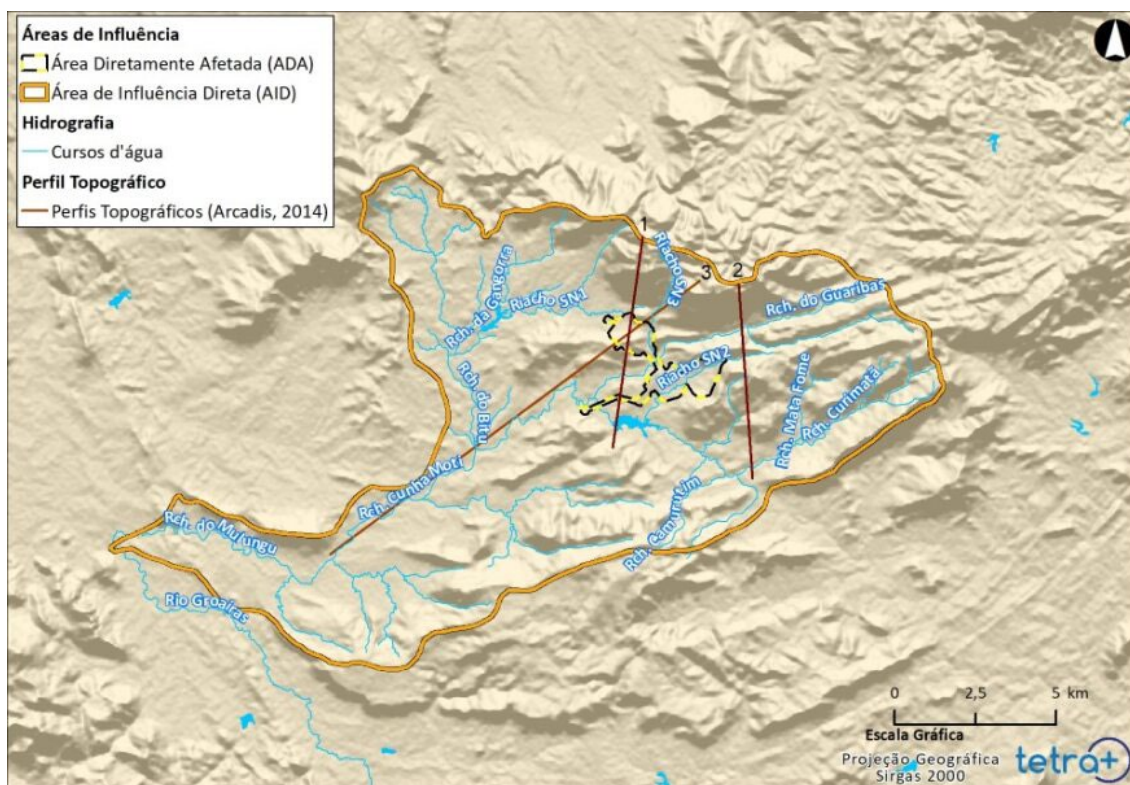
restritos aos canais de drenagem bem definidos e escavados no relevo de morros e serras, configurando redes de drenagem encaixadas em planos de fraquezas decorrentes das estruturas resultantes dos processos reológicos da rocha, em fundos de vales escavados pela própria ação intempérica dos escoamentos superficiais.

A Figura 11.1-46, a seguir, apresenta três perfis topográficos da área, cujas localizações se encontram na Figura 11.1-47, Localização dos Perfis Topográficos da ADA e AID. A análise das seções 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.



**Figura 11.1-46: Perfis topográficos da ADA e AID.**

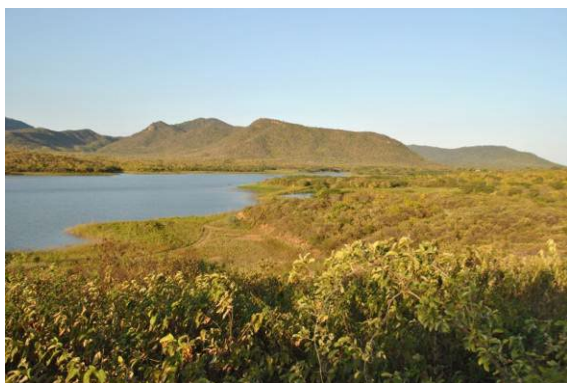
*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-47: Localizações dos perfis topográficos da ADA e AID.**

*Elaboração: Tetra Mais, 2023. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.*

As figuras a seguir ilustram as características geomorfológicas observadas nas áreas de influência do empreendimento e demonstram as formas de relevo vistas nos três perfis topográficos apresentados anteriormente localizados por meio da Figura 11.1-47.



**Figura 11.1-48: 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 11.1-49: 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 11.1-50:** Vista para norte, exibindo colinas e serrotes da Depressão Sertaneja em primeiro plano e a Serra do Céu ao fundo.

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



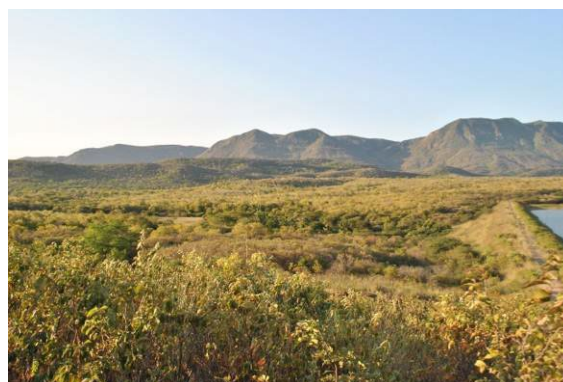
**Figura 11.1-51:** Detalhe da porção centro-sul da AID, com vista para NW, exibindo ao fundo o Serrote da Igreja, pertencente à unidade de morros isolados da Depressão Sertaneja.

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-52:** 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 11.1-53:** Vista para norte da Serra do Céu, que delimita a porção norte da AID.

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-54: Detalhe da porção topograficamente mais elevada da Serra do Céu.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-55: Foto a partir do Serrote da Igreja, com vista para sul, exibindo ao fundo morros isolados da Depressão Sertaneja.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-56: Foto a partir do Serrote da Igreja com vista para noroeste, com a Depressão Sertaneja em primeiro plano, e ao fundo o Planalto Residual Sertanejo.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*

#### **11.1.4.1. Considerações Finais**

A área de estudo (All, 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 (All) 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 20°. 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 20° e 30° 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 5°, localmente atingindo 10°.

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.



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](http://www.tetramais.com.br)

## ANEXO VI

---

## PEDOLOGIA

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Pedologia

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

NÚMERO: 20_605_Vol.IIA_rev00_pedologia	ELABORADO POR: Tetra +	APROVADO POR: Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	DATA: Setembro/2025
---	---------------------------	---	------------------------



## SUMÁRIO

### 11.1.5. Pedologia

11.1.5.1. Considerações Metodológicas .....	136
11.1.5.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (AI) .....	139
11.1.5.2.1. Planossolo Háptico .....	141
11.1.5.2.2. Luvisolo Crômico .....	141
11.1.5.2.3. Neossolo Litólico .....	142
11.1.5.2.4. Argissolo Vermelho .....	142
11.1.5.2.5. Chernossolo Rêndzico .....	143
11.1.5.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada ...	144
11.1.5.3.1. Caracterização Geral .....	144
11.1.5.3.2. Ensaios de Rebaixamento d'água no Solo .....	153
11.1.5.3.3. Caracterização Química dos Valores de Base para os Solos da ADA .....	167
11.1.5.3.4. Fragilidade à erosão .....	178
11.1.5.4. Considerações Finais .....	182

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-57: Aspecto de Neossolo Litólico com delgado horizonte A precedido pelo horizonte C, que corresponde a saprolito de gnaiss.	147
Figura 11.1-58 Detalhe de Neossolo Litólico sem horizontes bem definidos contendo muitos blocos de rocha de litologias diversas (depósito coluvial).	147
Figura 11.1-59: Perfil de Neossolo Litólico com horizonte A decimétrico (escuro) sobre saprolito de gnaiss - Horizonte C (alaranjado).	147
Figura 11.1-60: Aspecto de trincheira aberta no alto do Serrote da Igreja, expondo integralmente Neossolo Litólico em área de ocorrência de colofanito.	147
Figura 11.1-61: Vista da entrada do alojamento da INB com ocorrência de Neossolos Litólicos marcados pela presença de grande número de blocos de rocha.	148
Figura 11.1-62: Perfil de Neossolo Litólico aparentemente sem horizonte A e com espesso horizonte C de alteração do mármore.	148
Figura 11.1-63: Cambissolo Vermelho presença de blocos de rocha na ADA.	148
Figura 11.1-64: Cambissolo Vermelho na All.	148
Figura 11.1-65: Exposição de Cambissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A ligeiramente mais escuro seguido do horizonte B e C de alteração de gnaiss.	148
Figura 11.1-66: Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo. O intervalo entre as marcações laranja e amarela corresponde ao horizonte B.	148
Figura 11.1-67: Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo caracterizado por estrutura prismática, subordinadamente em blocos angulosos.	149
Figura 11.1-68: Detalhe de blocos subangulosos acumulados na base do perfil de Cambissolo.	149
Figura 11.1-69: Detalhe de Chernossolo Rêndzico (Horizonte A Chernozêmico imediatamente sobre horizonte D de mármore).	150
Figura 11.1-70: Aspecto de Chernossolo Rêndzico com horizonte A diretamente sobre afloramento de mármore - Horizonte D.	150
Figura 11.1-71: Perfil de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozêmico escuro decimétrico sobre horizonte C (saprolito de mármore).	150
Figura 11.1-72: Detalhe de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozêmico (cinza) seguido de horizonte B incipiente (porção alaranjada inferior) e horizonte C branco de alteração de mármore.	150
Figura 11.1-73: Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaios de 2021.	161
Figura 11.1-74: Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaios de 2023.	166
Figura 11.1-75: 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. F) Ensaio de Rebaixamento 2 - Chernossolo Rêndzico.	167

Figura 11.1-76: Escavação no horizonte chernozêmico para coleta de amostras para análise química.....	168
Figura 11.1-77: Escavação em horizonte A (mineral/orgânico) de Neossolo Litólico para coleta de amostra.....	168
Figura 11.1-78: Coleta do solo em 2023.....	170
Figura 11.1-79: Gráficos boxplot dos elementos químicos analisados nos sedimentos.....	177

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1.5-1: Etapas de coletas de dados primários .....	136
Quadro 11.1.5-2: Porcentagens das frações granulométricas em cada formação geológica. ....	151
<b>Quadro 11.1.5-3: Especificações dos ensaios de rebaixamento - junho/2021.....</b>	<b>156</b>
Quadro 11.1.5-4: Especificações dos ensaios de rebaixamento - agosto/2023. ....	157
Quadro 11.1.5-5: Coordenadas dos pontos dos ensaios de rebaixamento, descrição do solo e tipo de elemento de relevo situado. ....	158
Quadro 11.1.5-6: Pontos internos e externos à ADA. ....	169
Quadro 11.1.5-7: Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), 2021 e 2023. ....	171
Quadro 11.1.5-8: Resultados dos elementos quantificados em análise de sedimentos.....	174
Quadro 11.1.5-9: Tabela de confecção dos gráficos em <i>boxplot</i> . ....	176
Quadro 11.1.5-10: Erodibilidade dos solos presentes na AID. ....	179

## LISTA DE MAPAS

Mapa 11.1-10: Mapa Pedológico da AII. ....	140
Mapa 11.1-11: Mapa Pedológico AID/ADA. ....	145
Mapa 11.1-12: Localização das sondagens a trado para análise granulométrica do solo .....	152
Mapa 11.1-13: Localizações dos pontos dos ensaios de permeabilidade em sondagens .....	155
Mapa 11.1-14 Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), 2021 e 2023 .....	172
Mapa 11.1-15: Fragilidade à Erosão AID/ADA.....	181

## 11.1.5. Pedologia

## 11.1.5.1. Considerações Metodológicas

A caracterização pedológica da AI foi realizada a partir da compilação de dados secundários provenientes de mapeamentos regionais pré-existent (IBGE, 2019), além dos dados de primários (Quadro 11.1.5-1) realizados em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), como ensaio os ensaios de anel duplo (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.

Em 2022 julho de 2022, foram realizadas mais oito sondagens a trado afim de caracterizar o solo da Formação Barrigas e Alcantil. Através dessas sondagens, foram obtidos a análise granulométrica por peneiramento e os limites de Atterberg, Compactação Proctor normal e Índice de suporte Califórnia CBR, que serão explanados no capítulo de Geotecnia (Quadro 11.1.5-1).

Por fim, em 2023 foram realizados novos ensaios de rebaixamento d'água, com descrição do solo e coleta de amostras As sondagens foram realizadas de acordo com a norma ABNT/NBR 15.492/2007 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental, com descrição dos tipos de solos segundo a ABNT NBR 6502/1995 - Rochas e Solos; A Coleta de amostras de solo foram realizadas de acordo com as normas ABNT/NBR 16.434/2015 Amostragem de resíduos sólidos, solos e sedimentos – e ABNT/NBR 16.435/2015 Controle qualidade na amostragem para áreas contaminadas; com acondicionamento, refrigeração e elaboração das cadeias de custódia, para análise laboratorial dos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009.

**Quadro 11.1.5-1: Etapas de coletas de dados primários**

ANO	DESCRIÇÕES PEDOLÓGICA	SONDAGENS	AMOSTRAGEM E/OU ANÁLISES	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE
2011	x	x	x	x
2020				
2021	x	x		x
2022			x	
2023	x	x		x

As descrições das classes de solo foram realizadas com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) que se encontra vigente na data de elaboração deste estudo

na 5ª edição (EMBRAPA, 2018), que está liberado para o uso e pode ser citado e correlacionado com outros sistemas, onde mantém a mesma estrutura geral, incorpora mudanças, redefinições e correções em relação ao SiBCS (EMBRAPA, 2013). Cabe destacar que na data de elaboração deste estudo a proposta de atualização da 5ª edição do SiBCS, publicada em 2023, apresenta alterações propostas à 5ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, mas ainda não vigentes.

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 05 ensaios em 2011 (ARCADIS LOGOS 2014) através do método de infiltração de anel duplo, interpretados segundo a lei de Darcy. Já em 2021 (btbexplorers), foram realizados 04 ensaios de rebaixamento (carga) em furo da sondagem em 02/06/2021, conforme preconizado pela ABGE (1996). Estes dados foram complementados em 2023, com a realizados de 18 (dezoito) novos ensaios de rebaixamento, afim realizar um ensaio em cada tipo de solo, mapeado com integrações do tipo de relevo geomorfológico diferente. Os ensaios foram realizados em parcelas



previamente planejadas e distribuídas em função das características pedológicas e geomorfológicas.

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<sup>1</sup>;
- + 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):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P,$$

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

---

<sup>1</sup> em ensaios acima do nível d'água, na zona vadosa, é necessário saturar o solo com água por 10 minutos.

“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 possuem diversas fontes, tais como o sistema Hidroweb e da Rede Nacional de Agrometeorologia, entre outros.

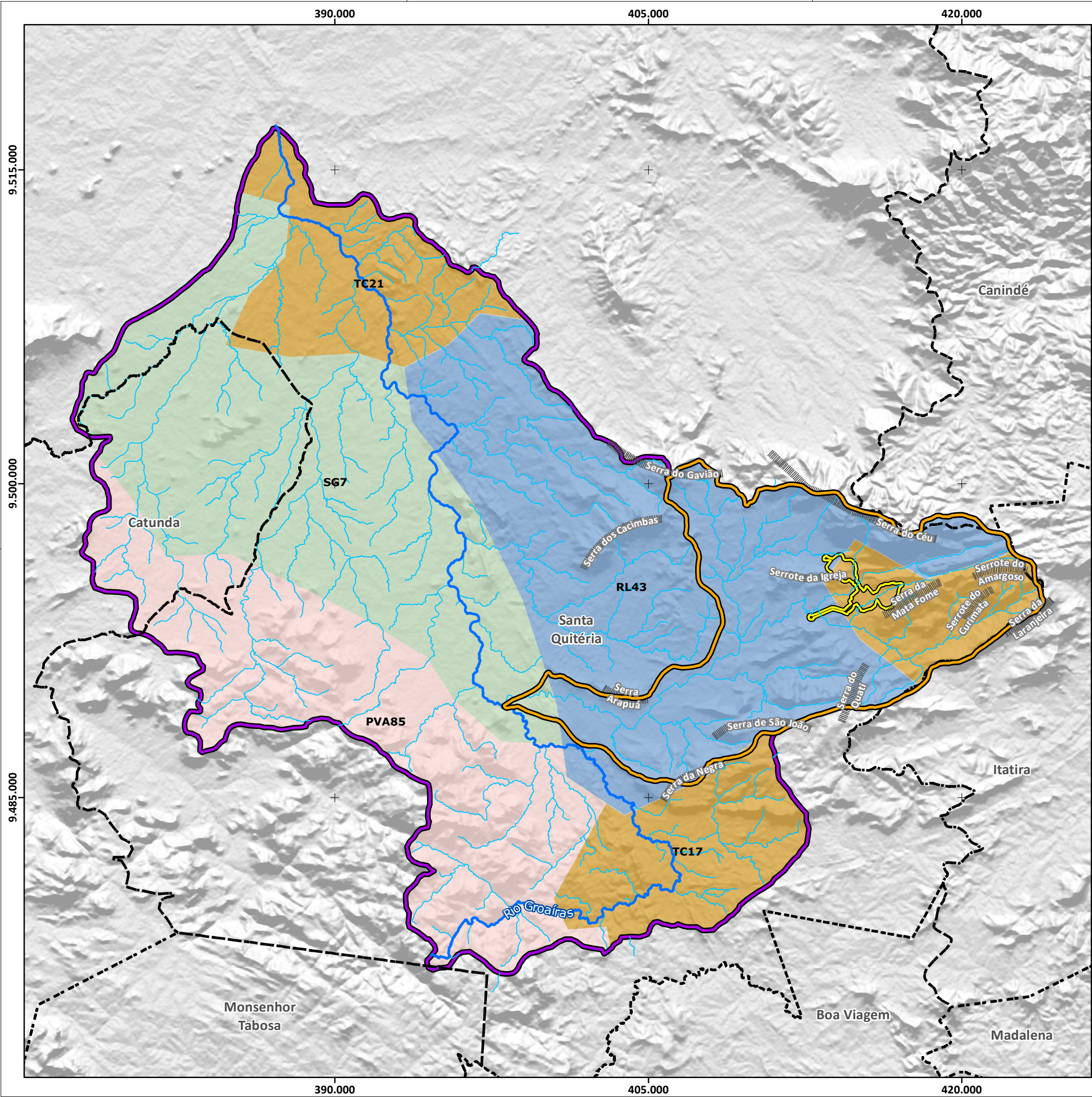
A erodibilidade do solo é definida como a quantidade de material que é removida por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes. O fator erodibilidade (K) foi obtido a partir da proporção relativa das frações granulométricas e do teor de matéria orgânica que formam o solo. O cálculo de erodibilidade do solo contou com auxílio do software livre “Erodibilidade”, baseado no método de Mitchell & Bubenzer (1980).

#### *11.1.5.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All)*

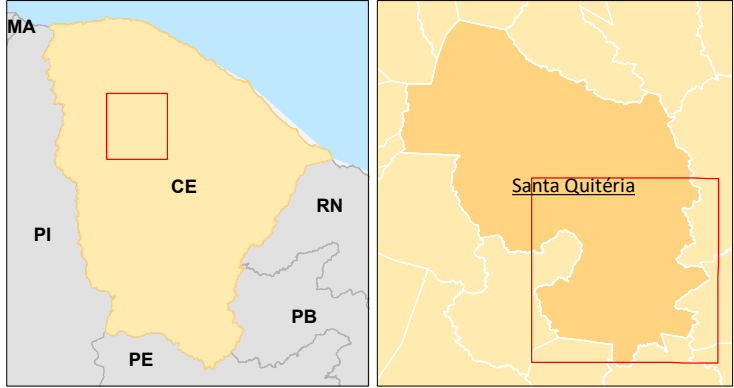
De acordo com o mapeamento pedológico realizado pelo IBGE no âmbito do programa de Mapeamento de Recurso Naturais (MRN), na All do empreendimento predominam cinco ordens principais de solo, a saber: Luvissolos Crômicos, Planossolos Háptico, Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho e Chernossolo Rêndzico.

O Mapa 11.1-10, a seguir, apresenta as ordens principais de solo que ocorrem na Área de Influência Indireta (All).





Macrolocalização



Legenda

Referência Locacional

- - - Limite Municipal

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Área de Influência Indireta (AII)

Hidrografia

Cursos d'água

Rio Groaíras

Elementos Fisiográficos Naturais

Serras

Solos

PVA - Argissolos Vermelho

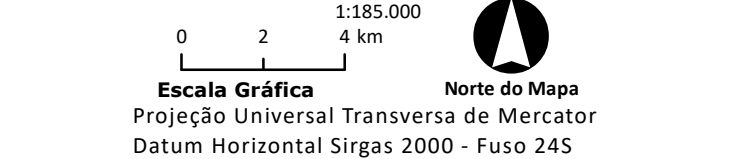
RL - Neossolo Litólico

SG - Planossolo Háplico

TC - Luvisolo Crômico

Fonte:

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.  
SUDENE, 1973. Reconhecimento de solos do Estado do Ceará  
1:600.000.



Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Mapa Pedológico da AII</b>		
Formato <b>A3</b>	Escala <b>1:185.000</b>	Folha <b>Única</b>
Data <b>02/11/2023</b>	Localização <b>Santa Quitéria / CE</b>	
Elaborado <b>Patrick Martins</b>		Aprovado <b>Cristina Poggiali Almeida</b>



#### 11.1.5.2.1. Planossolo Háptico

A classe dos Planossolos Hápticos ocorre, majoritariamente, na porção central e oeste da AI, 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<sup>2</sup> (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 primárias, 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 Hápticos. Os Planossolos Nátricos apresentam horizonte B plânico com caráter sódico ( $PST \geq 15\%$ ) 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 Hápticos são aqueles que não se enquadram nos requisitos anteriores (EMBRAPA, 2013). Na região de estudo ocorre na forma de Planossolo Hápticos eutróficos, indicando saturação por bases  $\geq 50\%$  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.

#### 11.1.5.2.2. Luvisolo Crômico

Os Luvisolos Crômicos ocorrem, principalmente, na porção leste da AI, notando-se também fragmentos na porção norte e oeste, abrangendo uma área total de cerca de 270,3 km<sup>2</sup> (cerca de 30,2%). Na porção oeste da região de estudo, os Luvisolos Crômicos estão associados ao 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 Luvisolos Crômicos também ocorre em relevo associado à Depressão Sertaneja, porém parte deste se encontra subordinadamente desenvolvida sobre rochas do Complexo Ceará.

Os Luvisolos Crômicos caracterizam-se por solos minerais não hidromórficos, B (inclusive BA), 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, 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.

#### 11.1.5.2.3. Neossolo Litólico

Os Neossolos Litólicos abarcam cerca de 197,5 km<sup>2</sup> (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) com os principais representantes a Serra do Céu e Serra do Gavião.

Na porção norte e leste estão associados à Depressão Sertaneja onde apesar de predominar relevo plano com colinas e morrotes rebaixados, destacam-se na paisagem algumas elevações de testemunhos reliquiais (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 (em campo com médias inferiores a 1,0 metro), estando associados normalmente a relevos mais declivosos.

Na região de estudo, o atributo eutrófico, indica a ocorrência de solos com saturação por bases  $\geq 50\%$ , o que caracteriza solos de alta fertilidade. No entanto as condições de relevo e a pouca profundidade limitam o seu uso.

#### 11.1.5.2.4. Argissolo Vermelho

Os Argissolos Vermelho incidem, unicamente, na porção oeste 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<sup>2</sup> da AI, 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  $\geq 50\%$ , 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.

#### 11.1.5.2.5. 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.

Caracteriza-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<sup>-1</sup> 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.

### 11.1.5.3. 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.

#### 11.1.5.3.1. Caracterização Geral

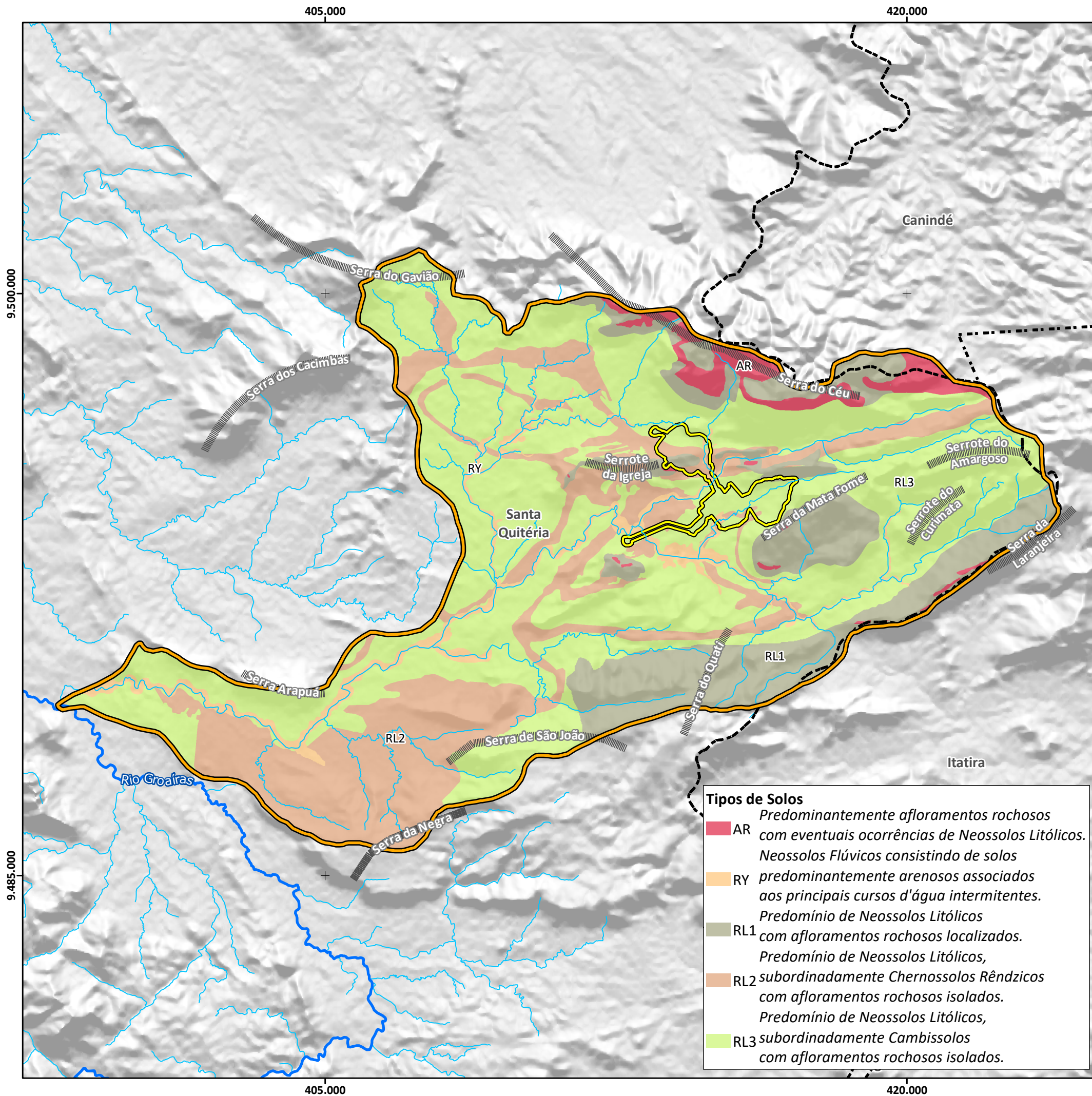
Os baixos índices de pluviosidade anual não favorecem a atuação dos processos de intemperismo químico, de forma que mesmo os solos residuais de alteração de rocha são pouco expressivos na área. O processo de pedogênese, por sua vez, tem influência direta da geomorfologia e ainda mais do clima. Assim, 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 mármore), que por serem ricos em cálcio, condicionam a formação dos horizontes chernozêmicos.

Assim, é possível afirmar que, quando há horizonte desenvolvido, os Neossolos Litólicos dão lugar nas regiões onde os mármore da Formação Alcantil (Chernossolos Rêndzicos) são visíveis, enquanto nas áreas onde as rochas relacionadas à Formação Barrigas são expostas, são predominantes os Cambissolos de coloração avermelhada.

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 ilustra, claramente, a compartimentação dos diversos pedotipos, cujas principais características são descritas a seguir.



### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

- Cursos d'água
- Rio Groaíras

**Elementos Fisiográficos Naturais**

- Serras



**Fonte:**

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.  
ARCADIS, 2011. Mapa Pedológico.  
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2021/2023)

0 2 4 km  
1:100.000  
Escala Gráfica

Norte do Mapa

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

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Pedologia na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA)**

Formato	A3	Escala	1:100.000	Folha	Única
Data	24/09/2025	Localização	Santa Quitéria / CE		
Elaborado	Patrick Martins	Aprovado	Thamiris Cristina Costa Basilio		



Conforme apresentado no , os Neossolos Litólicos se associam, principalmente, com as rochas das formações geológicas 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 às áreas de ocorrência de mármore, o horizonte A é de caráter chernozêmico com espessura inferior a 10 cm, situado diretamente sobre o horizonte C ou rocha (Figura 11.1-57). 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 mármore. 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.

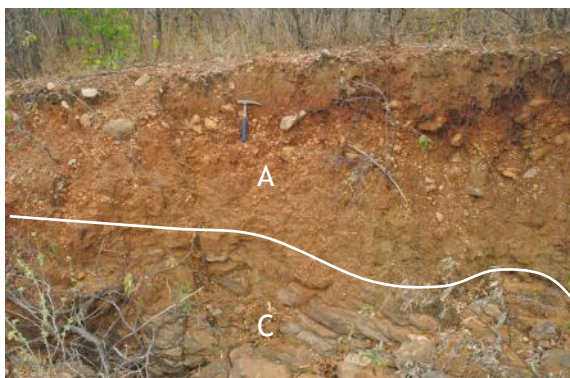
Os Cambissolos na área de estudo, podem ser caracterizados, principalmente, como Vermelhos (Figura 11.1-63 e Figura 11.1-64) e subordinadamente como Vermelho-Amarelos (Figura 11.1-65 e Figura 11.1-66). Estes se apresentam de forma subordinada aos Neossolos Litólicos, e normalmente ocorrem nas áreas de 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 11.1-66).

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 11.1-65). Localmente, os Cambissolos apresentam estrutura prismática ou em blocos angulosos a subangulosos (Figura 11.1-67 e Figura 11.1-68).

Segundo a tabela Münsell, os horizontes A dos Cambissolos Vermelho-Amarelos apresentam cores com variação de matiz, valor e croma, respectivamente entre Y10 e YR7.5, 4 a 6 e 4 a 8. Para os horizontes B e C estes mesmos valores se situam entre Y10 e 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 11.1.6 Geotecnia) demonstram que, segundo o diagrama triangular de Atterbeg, todos os horizontes dos Cambissolos apresentam textura franco-arenosa.



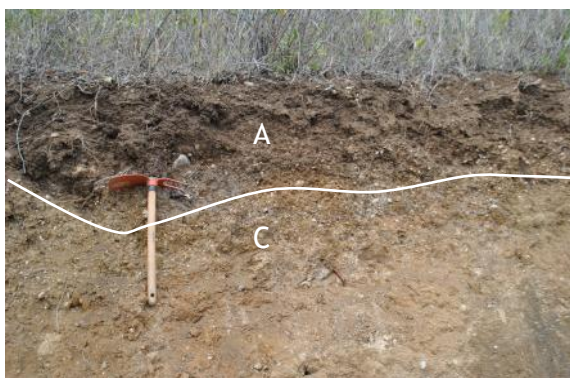
**Figura 11.1-57:** Aspecto de Neossolo Litólico com delgado horizonte A precedido pelo horizonte C, que corresponde a saprolito de gnaiss.

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-58:** Detalhe de Neossolo Litólico sem horizontes bem definidos contendo muitos blocos de rocha de litologias diversas (depósito coluvial).

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-59:** Perfil de Neossolo Litólico com horizonte A decimétrico (escuro) sobre saprolito de gnaiss - Horizonte C (alaranjado).

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-60:** 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 11.1-61: Vista da entrada do alojamento da INB com ocorrência de Neossolos Litólicos marcados pela presença de grande número de blocos de rocha.

Fonte: 2011 ARCADIS LOGOS, 2014.



Figura 11.1-62: Perfil de Neossolo Litólico aparentemente sem horizonte A e com espesso horizonte C de alteração do mármore.

Fonte: 2011 ARCADIS LOGOS, 2014.



Figura 11.1-63: Cambissolo Vermelho presença de blocos de rocha na ADA.

Fonte: BTB Explorers, 2021.



Figura 11.1-64: Cambissolo Vermelho na All.

Fonte: BTB Explorers, 2020.

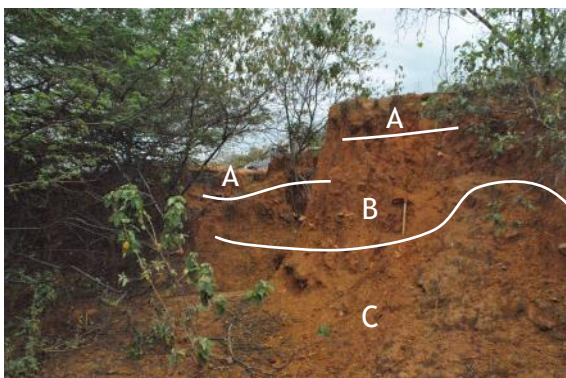


Figura 11.1-65: Exposição de Cambissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A ligeiramente mais escuro seguido do horizonte B e C de alteração de gnaiss.



Figura 11.1-66: Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo. O intervalo entre as marcações laranja e amarela

Fonte: 2011 ARCADIS LOGOS, 2014.

corresponde ao horizonte B.

Fonte: 2011 ARCADIS LOGOS, 2014.



**Figura 11.1-67:** Detalhe de Cambissolo Vermelho-Amarelo caracterizado por estrutura prismática, subordinadamente em blocos angulosos.

Fonte: 2011 ARCADIS LOGOS, 2014.



**Figura 11.1-68:** Detalhe de blocos subangulosos acumulados na base do perfil de Cambissolo.

Fonte: 2011 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 mármore e rochas calcissilicáticas da Formação Alcantil.

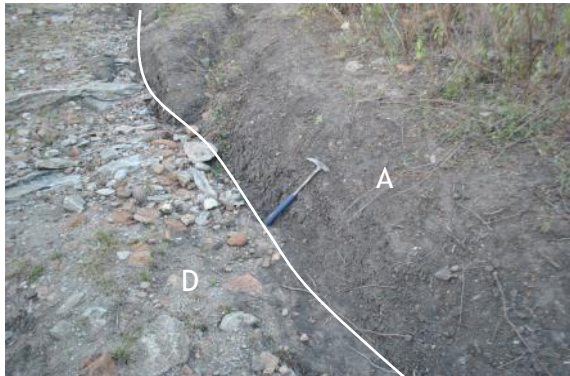
Na AID e ADA os Chernossolos Rêndzicos, ocorrem de forma subordinada aos Neossolos Litólicos e associam-se às áreas sustentadas pelos mármore da Formação Alcantil, com destaque para a porção sul da AID e faixas da porção centro norte. Na ADA se sobressaem na porção noroeste, em parte da área da pilha 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 11.1-70 e Figura 11.1-71). 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 11.1-72), 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

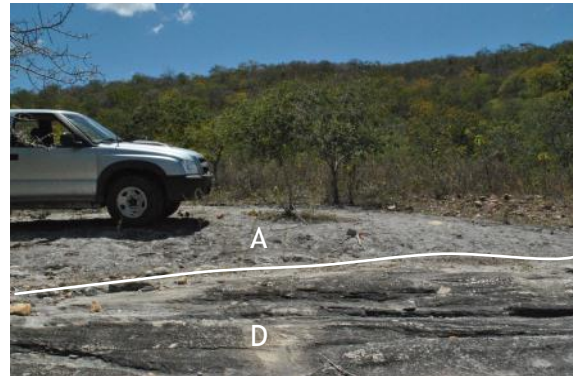


RP5, valor entre 5 e 7, e croma entre 3 e 4, enquanto os horizontes C apresentam matizes entre Y 2,5 a Y 7,5, valor entre 8 e 6, e croma entre 4 e 5.



**Figura 11.1-69: Detalhe de Chernossolo Rêndzico (Horizonte A Chernozênico imediatamente sobre horizonte D de mármore).**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



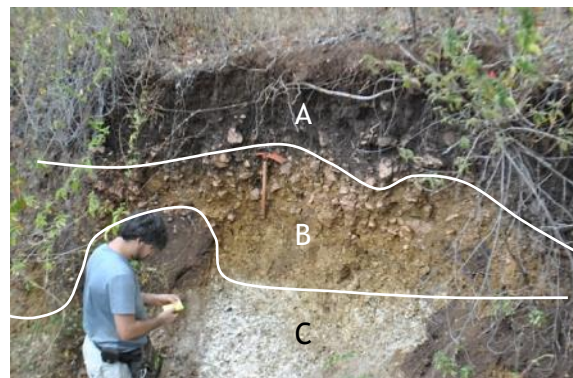
**Figura 11.1-70: Aspecto de Chernossolo Rêndzico com horizonte A diretamente sobre afloramento de mármore - Horizonte D.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-71: Perfil de Chernossolo Rêndzico com horizonte A chernozênico escuro decimétrico sobre horizonte C (saprolito de mármore).**

*Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.*



**Figura 11.1-72: 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.

Além das descrições em campo em 2022 foram realizadas oito sondagens a trado, seguindo as normas técnicas da ABNT NBR 6484-01 e as recomendações do Manual de Sondagens da ABGE, a fim de complementar os dados obtidos pela ARCADIS (2014), em relação a granulométrica dos sedimentos de cada uma das formações. Os furos foram distribuídos pela área da Fazenda Itataia, chegando a atingir medias de profundidades de 1 metro, sendo realizado 5 sondagens na Formação Barrigas e 3 na Formação Alcantil. Os resultados, foram obtidos através de peneiramento seguindo as normas ABNT NBR7181 de 09/2016 e estão contidos no Quadro 11.1.5-2 a seguir.

**Quadro 11.1.5-2: Porcentagens das frações granulométricas em cada formação geológica.**

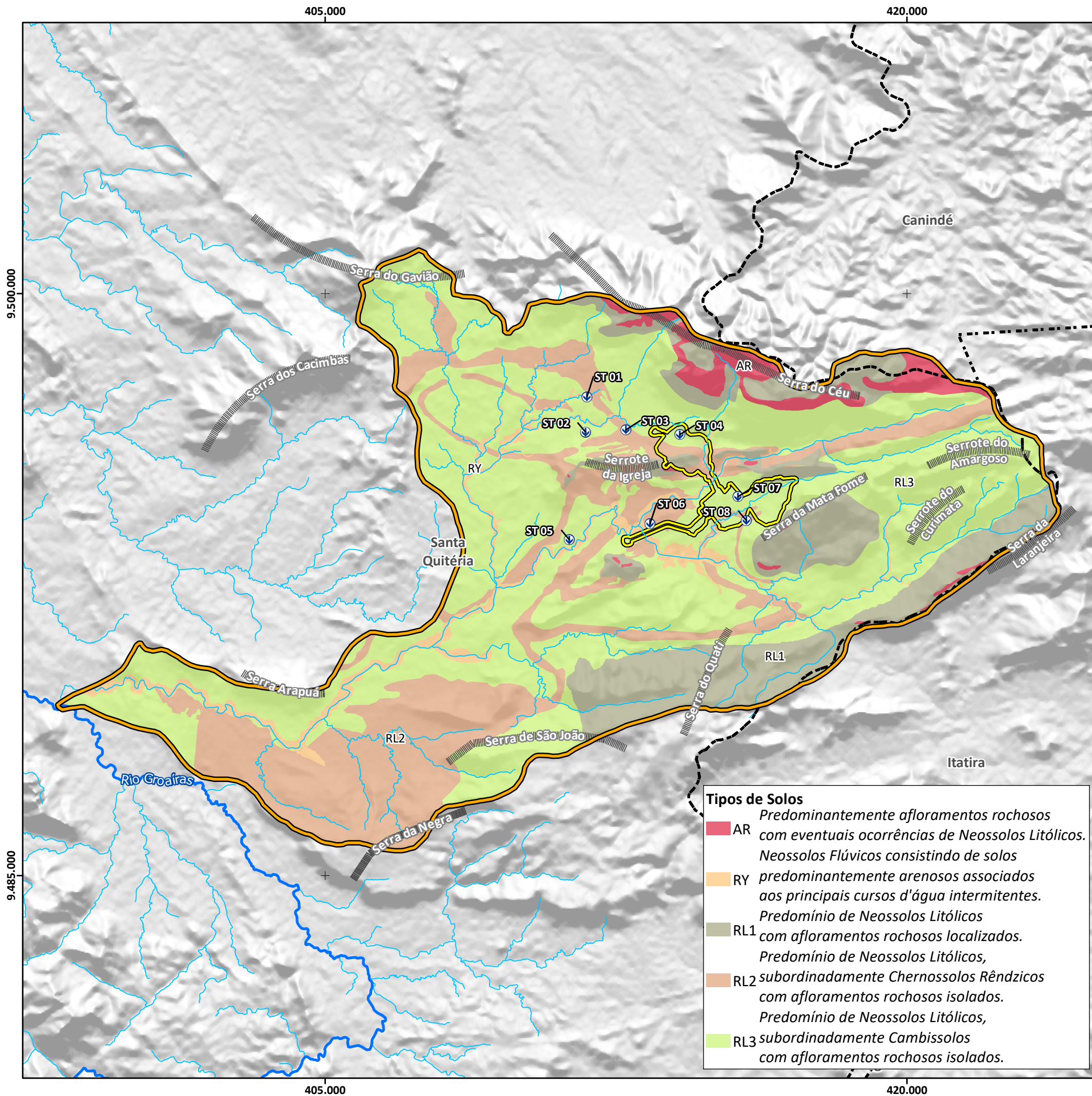
Granulometria	Formação Alcantil			Formação Barrigas				
	ST 03	ST 06	ST 02	ST 01	ST 04	ST 05	ST 07	ST 08
Silte e Argila	46,0%	41,0%	36,0%	29,0%	31,0%	19,0%	21,0%	23,0%
Areia Fina	31,0%	34,0%	41,0%	20,0%	23,0%	27,0%	21,0%	40,0%
Areia Média	15,0%	21,0%	20,0%	20,0%	22,0%	20,0%	15,0%	24,0%
Areia Grossa	4,0%	3,0%	2,0%	7,0%	12,0%	4,0%	7,0%	4,0%
Pedregulho	4,0%	1,0%	1,0%	24,0%	12,0%	30,0%	36,0%	9,0%

Fonte: GeoHidro, 2022.

Com os dados do quadro acima é possível identificar que a formação Alcantil apresenta maior porcentagem de sedimentos finos, enquanto a Formação Barrigas, concentra maiores concentrações de sedimentos arenosos e pedregosos. Essa diferença, deriva da composição de ambas as principais litologias, onde a Fm. Barrigas composta por paragnaisses, apresenta concentrações maiores de sílica (Feldspato e Quartzo) que é de difícil alteração, formando grãos de areia e pedregulhos preferencialmente. Já a Fm. Alcantil, é composta principalmente por rochas químicas e pelitos dispersos, dando origem a sedimentos mais finos ao intemperizar.

As localizações desses furos de sondagem a trado descritos acima podem ser vistos no mapa de maneira geoespacializada de acordo com os tipos de solo associados ( Mapa 11.1-12).





### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

- Cursos d'água
- Rio Groaíras

**Elementos Fisiográficos Naturais**

- Serras

**Pontos de Sondagem**

- Sondagens a Trado para
- Análises Granulométricas

**Fonte:**

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.  
ARCADIS, 2011. Mapa Pedológico.  
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2021/2023)

0 2 4 km  
1:100.000  
Escala Gráfica

Norte do Mapa

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

CONSORCIO Santa Quitéria

tetra+

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Localização das Sondagens a Trado para Análise Granulométrica do Solo**

Formato	A3	Escala	1:100.000	Folha	Única
Data	24/09/2025	Localização	Santa Quitéria / CE		
Elaborado	Patrick Martins	Aprovado	Thamiris Cristina Costa Basilio		



#### 11.1.5.3.2. *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 pela ARCADIS LOGOS (2014), através de ensaios de infiltração utilizando 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 e apresentados a seguir:

- **PM-05** (X: 415257; Y:9494945):  $8,44 \times 10^{-4}$  - **Formação Barrigas**
- **PM-06** (X: 415029; Y:9494595):  $6,14 \times 10^{-4}$  - **Formação Barrigas**
- **PM-09** (X: 414756; Y:9495379):  $5,08 \times 10^{-4}$  - **Formação Alcantil**
- **PM-10** (X: 413112; Y:9494603):  $8,90 \times 10^{-6}$  - **Formação Alcantil**
- **P-97** (X: N.A; Y:N.A):  $9,88 \times 10^{-6}$  - **Formação Alcantil**

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  $6,94 \cdot 10^{-5}$  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  $9,72 \cdot 10^{-5}$  cm/s.

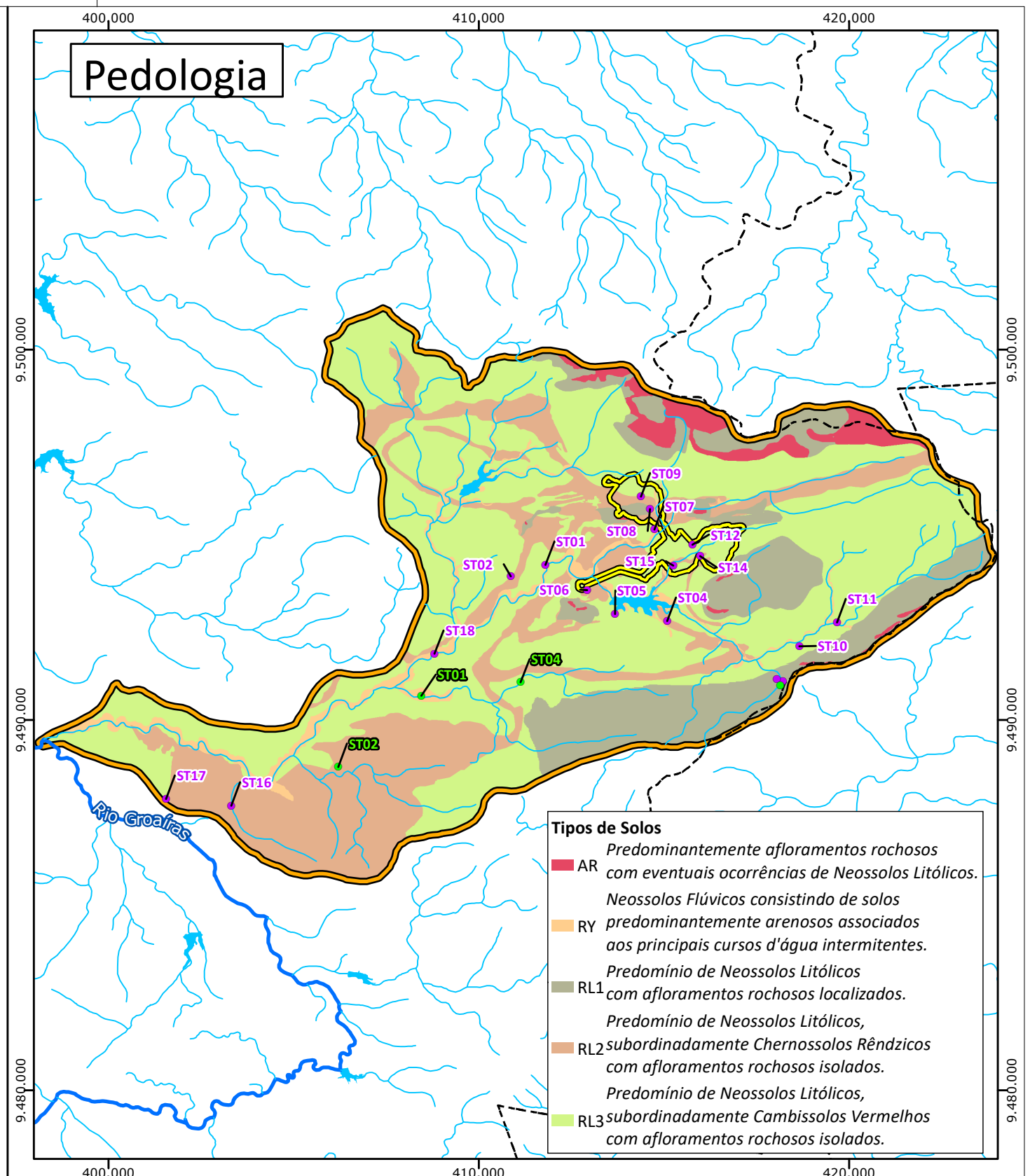
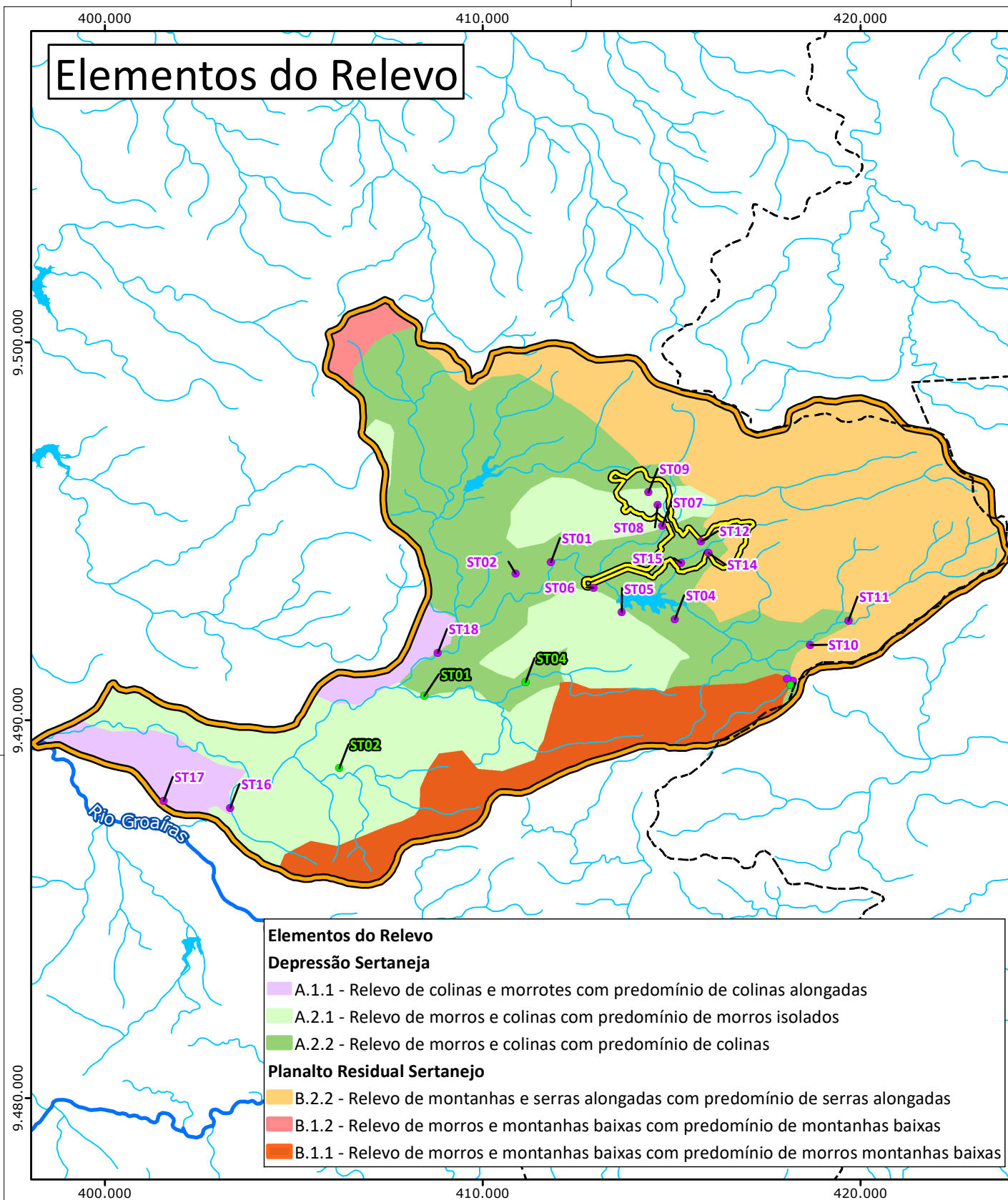
#### 11.1.5.3.3. *Ensaios de Rebaixamento d'água no Solo*

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).

Em 2023, estes dados foram complementados com a realização de novas 18 sondagens e 18 novos ensaios conforme preconizado pela ABGE (1996), com o objetivo de realizá-los em diferentes Elementos do Relevo Geomorfológico simultaneamente às diferentes Classes Pedológicas.

Estes pontos de sondagem utilizados para realização dos ensaios de infiltração/permeabilidade, também foram utilizados para a coleta de amostras de solo conforme será descrito no capítulo a seguir. A localização dessas coletadas de amostras de solo podem ser verificadas no Mapa 11.1-13.

Os resultados das medidas de rebaixamento e demais especificações técnicas dos ensaios de 2021 e 2023, são apresentadas no Quadro 11.1.5-3 e no Quadro 11.1.5-4, respectivamente. As coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de rebaixamento e os resultados as descrições litológicas, são apresentadas no Quadro 11.1.5-5. A localização dos pontos pode ser visualizada no Mapa 11.1-13, de unidades pedológicas da AID.



**Legenda**

**Referência Locacional**

- Limite Municipal

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

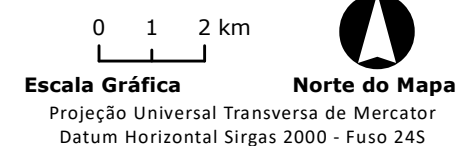
- Rio Groaíras
- Cursos d'água
- Massas d'água

**Pontos de execução de ensaios de permeabilidade**

- Testes realizados em 2021
- Testes realizados em 2023



Fonte:  
ARCADIS, 2011. Mapa Pedológico.  
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2021/2023).  
ARCADIS LOGOS, 2014. Unidades de Relevo.  
Adap. Ponçano et al. (1979).  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



**Projeto Santa Quitéria**

**Localizações dos pontos dos ensaios de permeabilidade em sondagens**

Mapa	Escala	Localização	
	1:143.000	Santa Quitéria/CE	
Revisão	Data	Elaborado	Aprovado
V00	24/09/2025	Patrick Martins	Thamiris Cristina Costa Basilio

Quadro 11.1.5-3: Especificações dos ensaios de rebaixamento - junho/2021.

PRIMEIRO LEVANTAMENTO				
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 chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas
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)	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508
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)
10,00	0,000	0,017	0,025	0,015
10,25	0,010	0,025	0,035	0,025
10,50	0,013	0,035	0,042	0,025
11,00	0,018	0,055	0,050	0,035
12,00	0,020	0,070	0,072	0,050
13,00	0,030	0,088	0,095	0,066
14,00	0,033	0,110	0,105	0,083
15,00	0,035	0,118	0,130	0,093
20,00	0,047	0,165	0,190	0,100
25,00	0,055	0,195	0,230	0,114
30,00	0,060	0,225	0,265	0,125
35,00	0,067	0,240	-	0,140
40,00	0,073	0,250	-	0,145

Legenda: n.a.: nível d'água. Fonte: BTB Explorers, 2021.

Em 2023, foram realizados 18 novos ensaios, com o objetivo de realizá-los em cada tipo de Elemento do Relevo Geomorfológico simultaneamente às diferentes classes pedológicas mapeadas, conforme o Quadro 11.1.5-3 e Quadro 11.1.5-4.

Inicialmente foram estabelecidos 20 ensaios, porém, o solo do tipo AR (previsto em dois pontos) tem predomínio de afloramentos rochosos com eventuais ocorrências de Neossolos Litólicos, encontrados em topos de colinas, com espessuras incipientes da camada de solo e na maioria das situações inexistentes aflorando diretamente o topo rochoso, que inviabilizam a realização do ensaio de permeabilidade no solo.

Quadro 11.1.5-4: Especificações dos ensaios de rebaixamento - agosto/2023.

SEGUNDO LEVANTAMENTO																		
Ponto de Ensaio	Ensaio 01	Ensaio 02	Ensaio 03	Ensaio 04	Ensaio 05	Ensaio 06	Ensaio 07	Ensaio 08	Ensaio 09	Ensaio 10	Ensaio 11	Ensaio 12	Ensaio 13	Ensaio 14	Ensaio 15	Ensaio 16	Ensaio 17	Ensaio 18
Data do Ensaio	31/07/2023	31/07/2023	03/08/2023	03/08/2023	03/08/2023	03/08/2023	04/08/2023	04/08/2023	04/08/2023	03/08/2023	03/08/2023	04/08/2023	03/08/2023	04/08/2023	04/08/2023	02/08/2023	02/08/2023	04/08/2023
Condições Climáticas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas
Volume de água utilizado (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Profundidade da Sondagem (m)	0,40	0,60	1,00	0,60	1,55	0,50	0,50	0,90	0,50	0,55	0,40	0,60	0,80	0,70	0,50	0,80	0,50	1,20
Diâmetro da Sondagem (pol.)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Raio da Sondagem (m)	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508	0,0508
Raio de Influência Calculado (m)	0,31	0,42	0,62	0,42	0,84	0,37	0,37	0,57	0,37	0,39	0,31	0,42	0,52	0,47	0,37	0,52	0,37	0,70
Tempo (min)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)	N.A. (m)
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000
10,50	0,015	0,040	0,045	0,020	0,029	0,000	0,092	0,092	0,037	0,000	0,025	0,000	0,061	0,032	0,015	0,035	0,010	0,145
11,00	0,020	0,051	0,104	0,024	0,035	0,004	0,169	0,169	0,061	0,005	0,129	0,000	0,062	0,056	0,023	0,074	0,015	0,221
11,50	0,026	0,066	0,158	0,031	0,050	0,007	0,247	0,247	0,090	0,009	0,240	0,000	0,085	0,075	0,049	0,136	0,020	0,274
12,00	0,034	0,090	0,197	0,039	0,054	0,012	0,311	0,311	0,109	0,011	0,361	0,016	0,106	0,094	0,070	0,170	0,026	0,312
12,50	0,040	0,105	0,229	0,046	0,066	0,016	0,345	0,345	0,122	0,014	0,400	0,021	0,135	0,119	0,088	0,231	0,028	0,355
13,00	0,051	0,130	0,266	0,057	0,077	0,019	0,382	0,382	0,145	0,015		0,025	0,156	0,134	0,114	0,281	0,031	0,369
13,50	0,061	0,151	0,298	0,066	0,085	0,025	0,409	0,409	0,161	0,018		0,031	0,176	0,144	0,128	0,315	0,034	0,375
14,00	0,068	0,175	0,315	0,072	0,096	0,029	0,443	0,443	0,176	0,020		0,035	0,201	0,151	0,139	0,346	0,038	0,390
14,50	0,076	0,195	0,326	0,081	0,105	0,032	0,464	0,464	0,189	0,023		0,040	0,218	0,156	0,147	0,385	0,040	0,412
15,00	0,082	0,210	0,360	0,087	0,114	0,035	0,479	0,479	0,199	0,025		0,045	0,240	0,167	0,153	0,411	0,045	0,429
16,00	0,091	0,249	0,394	0,096	0,131	0,044	0,510	0,510	0,231	0,030		0,051	0,274	0,176	0,170	0,450	0,051	0,455
17,00	0,110	0,281	0,415	0,115	0,145	0,052	0,545	0,545	0,247	0,035		0,057	0,304	0,183	0,184	0,495	0,056	0,472
18,00	0,123	0,302	0,441	0,127	0,164	0,057	0,574	0,574	0,265	0,039		0,064	0,335	0,187	0,189	0,528	0,062	0,487
19,00	0,135	0,320	0,455	0,140	0,176	0,064	0,594	0,594	0,290	0,045		0,070	0,355	0,195	0,197	0,557	0,066	0,498
20,00	0,144	0,410	0,476	0,149	0,192	0,069	0,610	0,610	0,301	0,051		0,076	0,381	0,199	0,213	0,592	0,071	0,508
25,00	0,173	0,415	0,539	0,180	0,263	0,101	0,675	0,675	0,355	0,072		0,102	0,455	0,225	0,230	0,687	0,094	0,552
30,00	0,208	0,480	0,585	0,214	0,318	0,125	0,715	0,715	0,397	0,091		0,122	0,523	0,245	0,248	0,864	0,105	0,586
35,00	0,226	0,502	0,625	0,234	0,357	0,144	0,759	0,759	0,442	0,119		0,144	0,545	0,267	0,261	0,800	0,134	0,610
40,00	0,240	0,521	0,648	0,245	0,395	0,152	0,797	0,797	0,480	0,128		0,165	0,593	0,277	0,273		0,145	0,635

Fonte: BTB Explores, 2023.



**Quadro 11.1.5-5: Coordenadas dos pontos dos ensaios de rebaixamento, descrição do solo e tipo de elemento de relevo situado.**

DATA	ENSAIO	CLASSE PEDOLÓGICA		ELEMENTO DE RELEVO/GEOMORFOLOGIA	SOLO NA SONDAGEM	K* (CM/S)	COORDENADAS UTM	
2021	ST01	NF	Neossolos Flúvicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Silto Arenoso Marrom Claro	$1,22 \times 10^{-04}$	408473,46	9490653,66
	ST02	NL2	Chernossolos Rêndzicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.1)	Silto Arenoso Marrom Escuro	$5,08 \times 10^{-04}$	406201,78	9488748,68
	ST03	NL1	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (B.1.1)	Silto Arenoso Marrom Claro	$5,57 \times 10^{-04}$	418162,87	9490949,32
	ST04	NL3	Cambissolos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Silto Argiloso Marrom Claro	$4,41 \times 10^{-04}$	411145,75	9491039,96
2023	ST01	NF	Neossolos Flúvicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro	$3,67 \times 10^{-04}$	411804,327	9494187,66
	ST02	NL3	Cambissolos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho avermelhado	$4,20 \times 10^{-04}$	410871,274	9493874,7
	ST03	NL1	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (B.2.2)	Areia Fina-Média de cor castanho claro	$2,43 \times 10^{-04}$	418213,629	9491045,6
	ST04	NL2	Neossolos Litólicos/Mármore	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média de cor castanho claro	$1,97 \times 10^{-04}$	415088,141	9492671,9
	ST05	NL3	Neossolos Litólicos/Gnaiss	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.1)	Areia Fina-Média com argila de cor castanho escuro e presença de muscovita	$7,59 \times 10^{-05}$	413679,375	9492858,49
	ST06	NL2	Cambissolos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média de cor castanho claro	$1,63 \times 10^{-04}$	412932,897	9493503,13
	ST07	NL3	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.1)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro a escuro	$8,53 \times 10^{-04}$	414744,485	9495140,82
	ST08	NL1	Neossolos Litólicos	Planalto Sertanejo (A.2.1)	Areia Fina-Média de cor castanho claro a escuro	$3,49 \times 10^{-04}$	414626,718	9495693,94
	ST09	NL3	Cambissolos	Planalto Sertanejo (A.2.1)	Areia Fina-Média cor castanho escuro	$4,87 \times 10^{-04}$	414386,092	9496026,61
	ST10	NL3	Cambissolos /Gnaiss	Planalto Sertanejo (B.2.2)	Areia Fina-Média cor castanho escuro	$1,18 \times 10^{-04}$	418661,408	9491985,48
	ST11	NL3	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média cor castanho escuro	$7,34 \times 10^{-03}$	419676,586	9492635,37
	ST12	NL3	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média de cor castanho claro	$1,33 \times 10^{-04}$	415775,779	9494731,39
	ST13	NL1	Neossolos Litólicos/Quartzito	Depressão Sertaneja Setentrional (B.1.1)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro	$3,09 \times 10^{-04}$	418055,994	9491095,67

DATA	ENSAIO	CLASSE PEDOLÓGICA		ELEMENTO DE RELEVO/GEOMORFOLOGIA	SOLO NA SONDAGEM	K* (CM/S)	COORDENADAS UTM	
	ST14	NL2	Chernossolos Rêndzicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho preto	1,60 x 10 <sup>-04</sup>	415976,779	9494422,7
	ST15	NF	Neossolos Flúvicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.2.2)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro	2,92 x 10 <sup>-04</sup>	415250,043	9494167,02
	ST16	NL2	Chernossolos Rêndzicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.1.1)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro	5,00 x 10 <sup>-04</sup>	403318,162	9487679,14
	ST17	NL3	Neossolos Litólicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.1.1)	Areia Fina-Média com blocos de rocha de cor castanho claro	1,55 x 10 <sup>-04</sup>	401555,217	9487865,75
	ST18	NF	Neossolos Flúvicos	Depressão Sertaneja Setentrional (A.1.1)	Areia Fina-Grossa com blocos de rocha de cor castanho claro	1,84 x 10 <sup>-04</sup>	408809,501	9491782,71
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								
B.1.1 - Relevo de morros e montanhas baixas com predomínio de morros montanhas baixas								
B.2.2 - Relevo de montanhas e serras alongadas com predomínio de serras alongadas								

Legenda: (\*) Descrição durante a sondagem. Fonte: BTB Explorers, 2023.

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
- +  $\Delta h$ : diferença de carga hidráulica inicial e final
- +  $\Delta t$ : 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 11.1-73 e Figura 11.1-64, a seguir, apresentam as curvas de rebaixamento ao longo do tempo nos ensaios de infiltração e na Figura 11.1-75 as fotos dos levantamentos em campo.

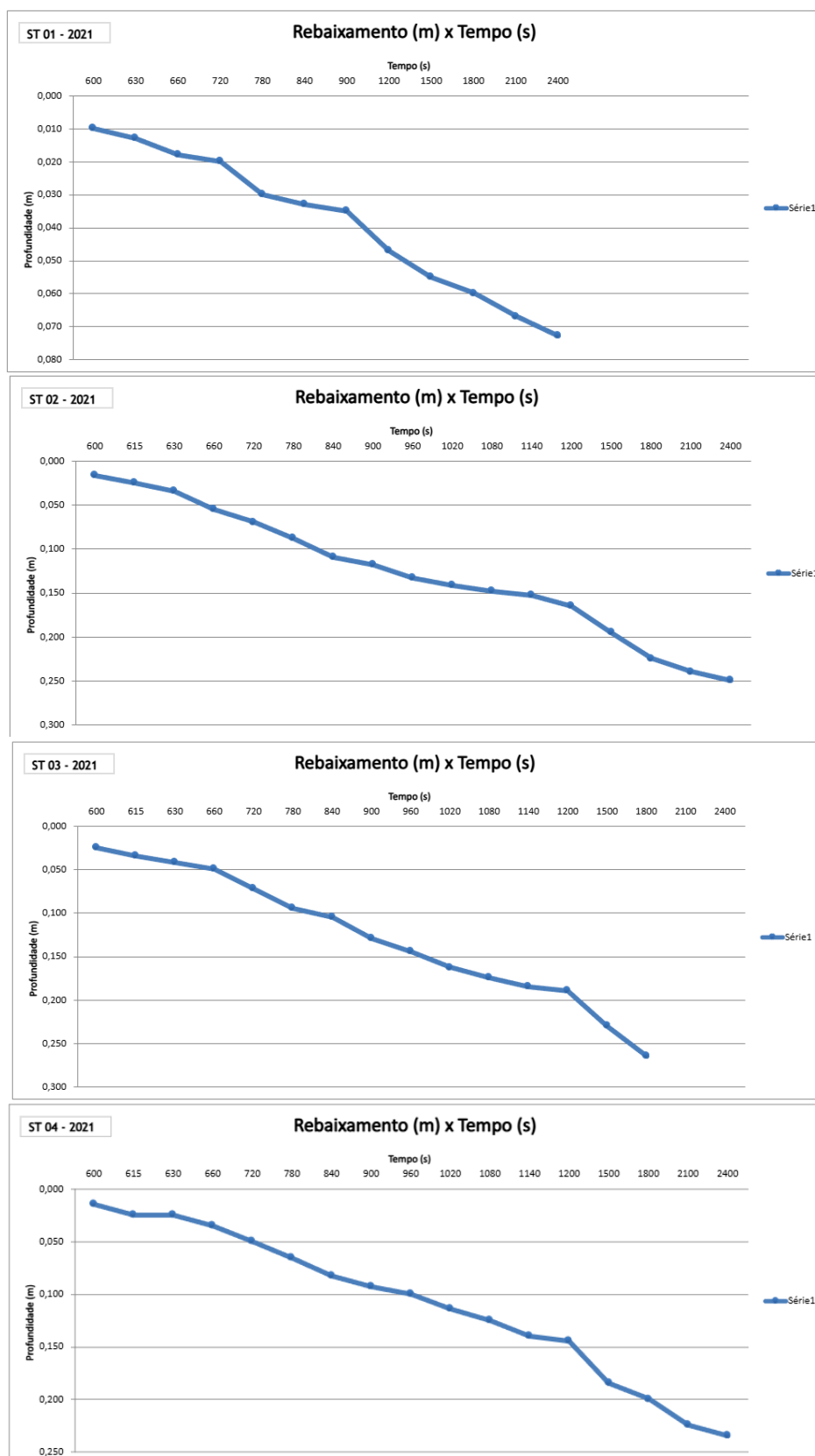
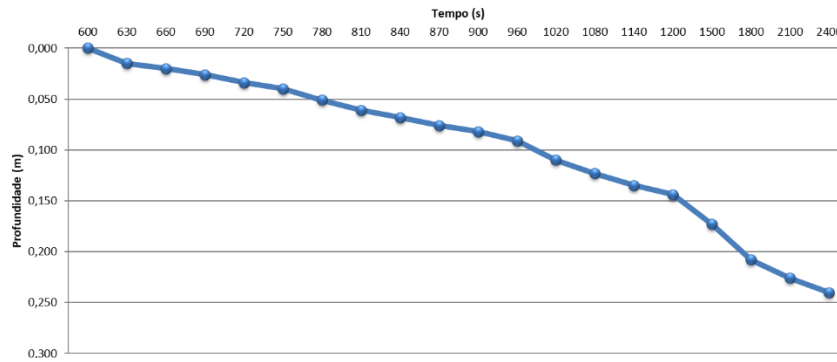


Figura 11.1-73: Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaios de 2021.

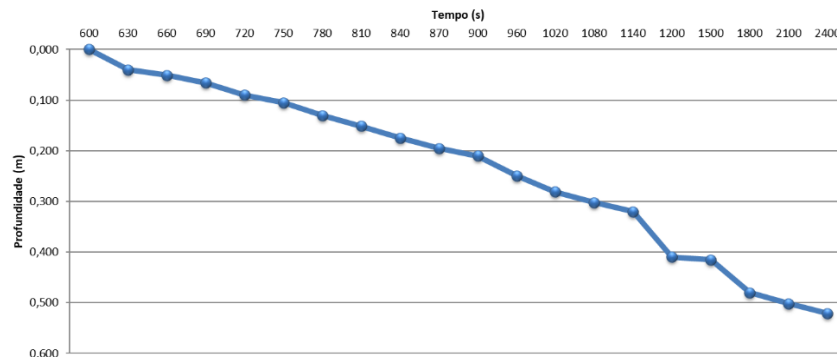
Fonte: BTB Explorers, 2021.

Rebaixamento (m) x Tempo (s)

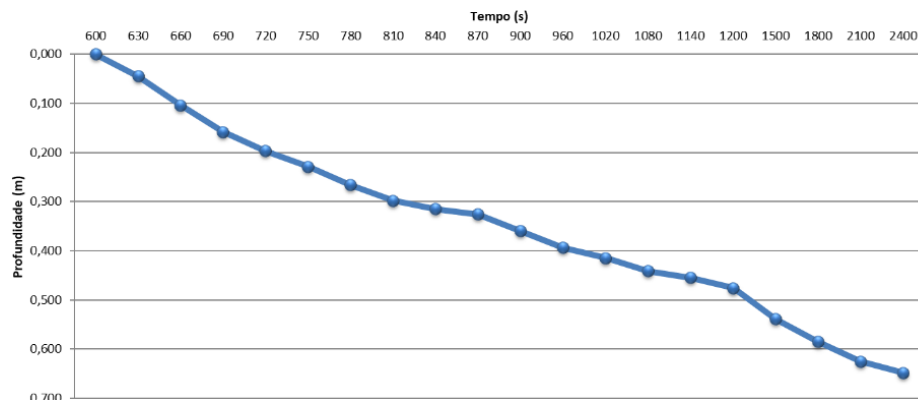
ST 01 -2023



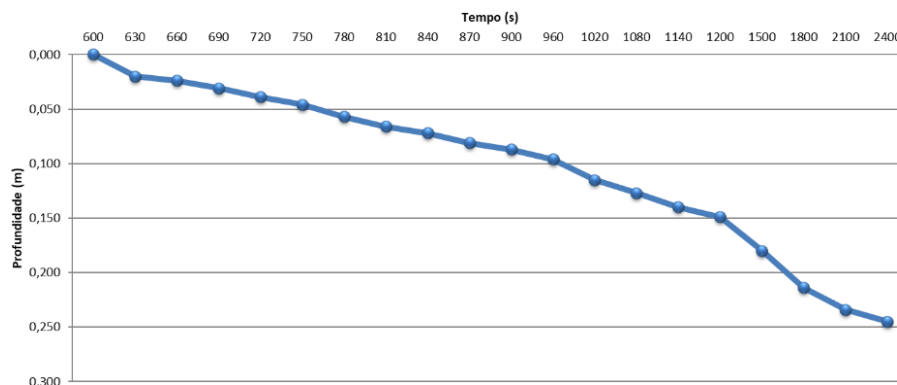
ST 02 -2023



ST 03 -2023

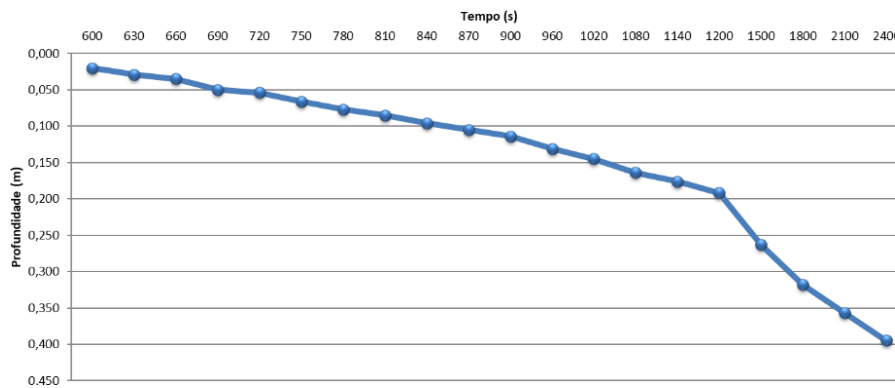


ST 04 -2023

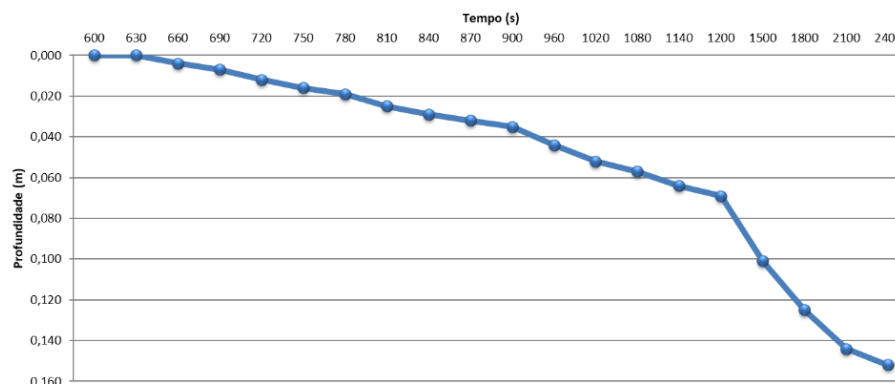




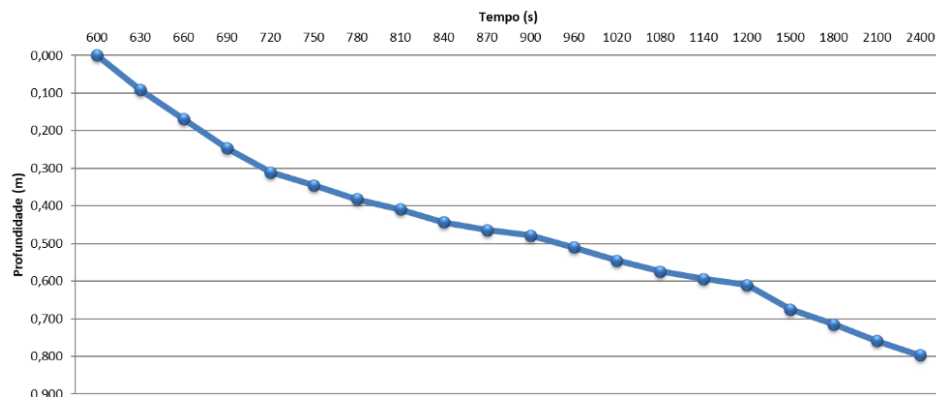
ST 05 -2023



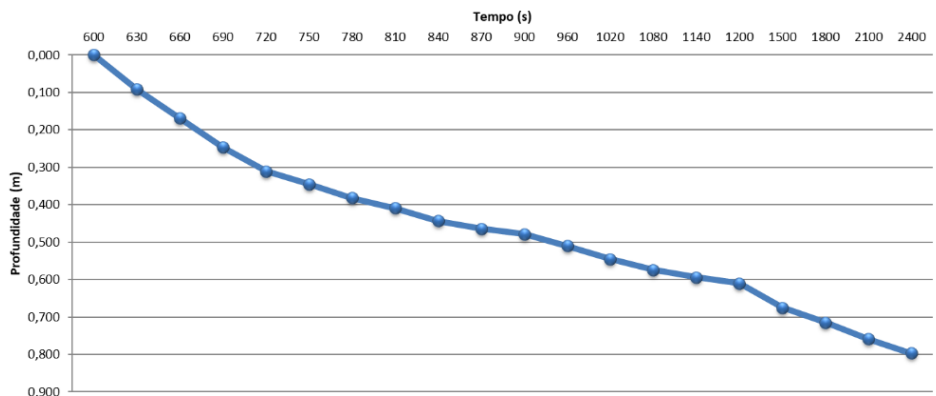
ST 06 -2023



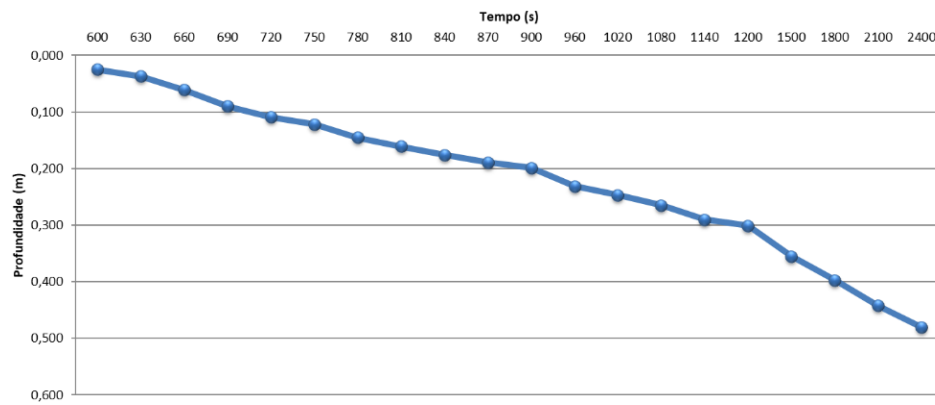
ST 07 -2023



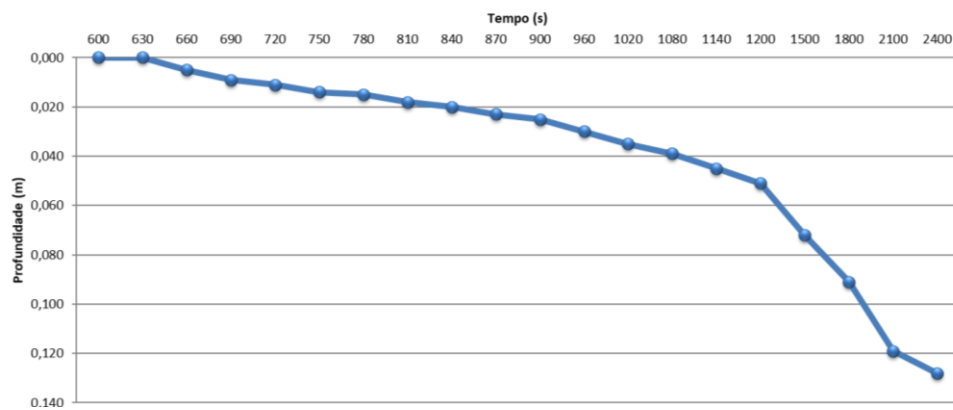
ST 08 -2023



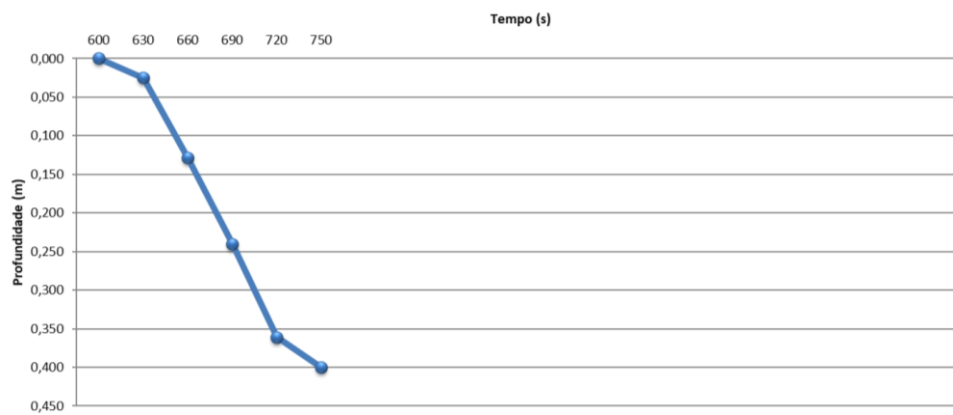
ST 09 -2023



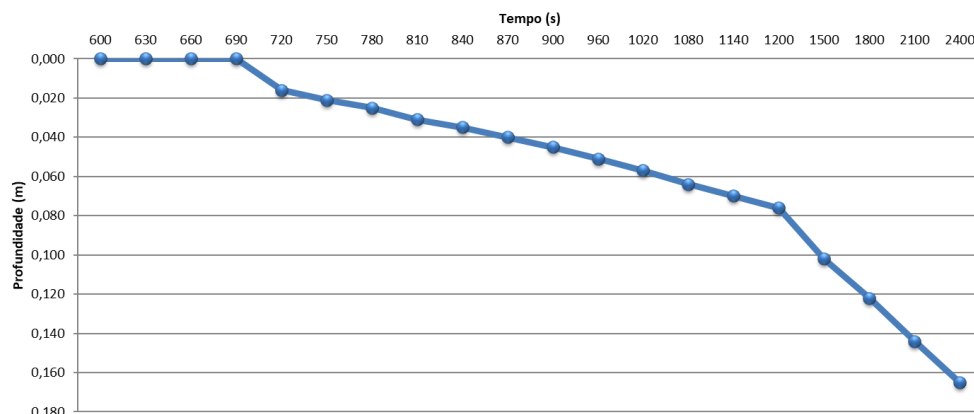
ST 10 -2023



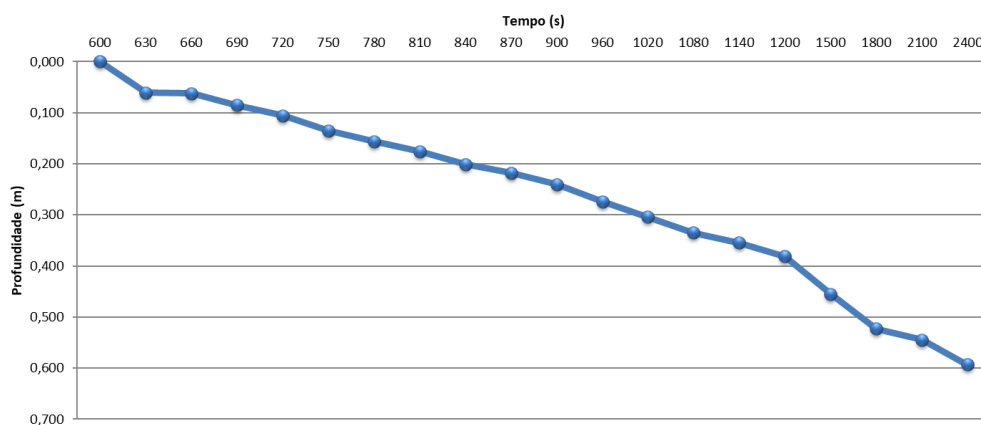
ST 11 -2023



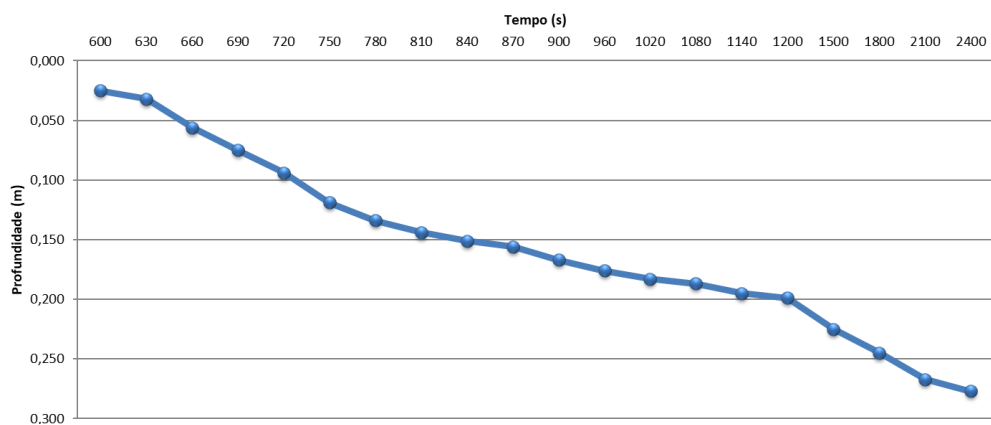
ST 12 -2023



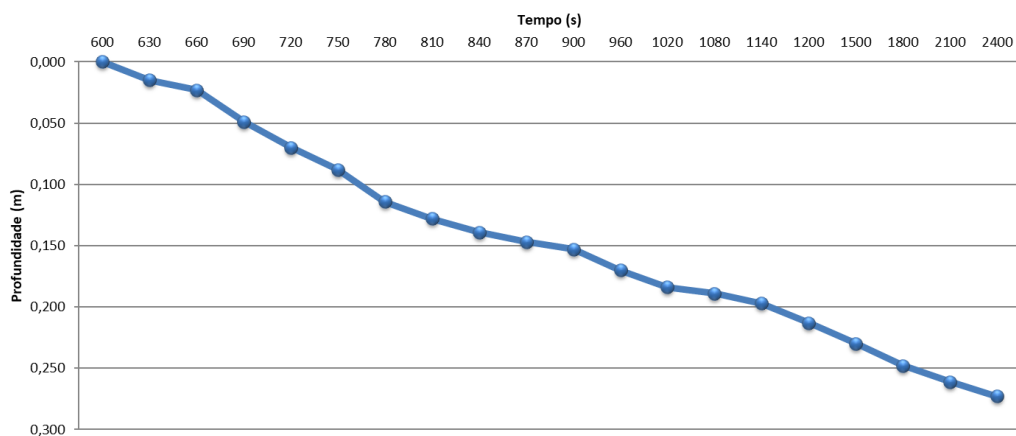
ST 13 -2023



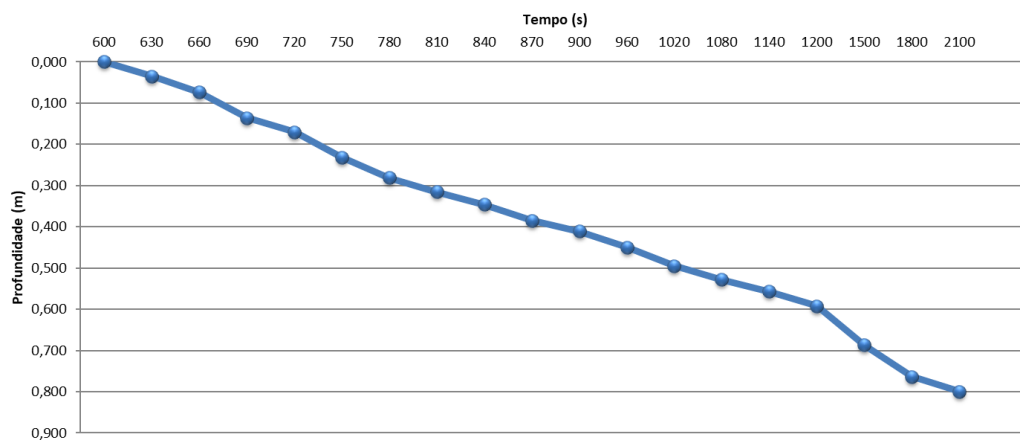
ST 14 -2023



ST 15 -2023



ST 16-2023



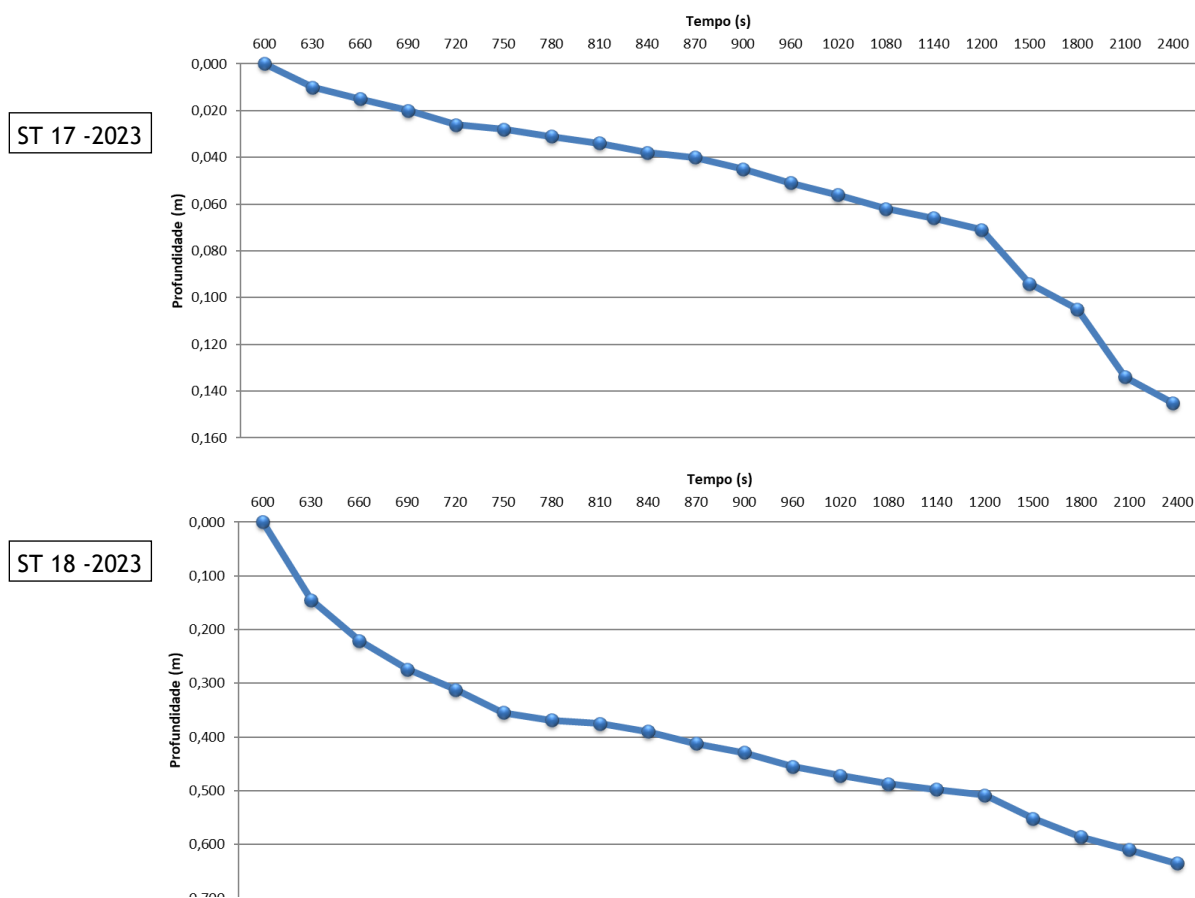


Figura 11.1-74: Curva de rebaixamento (m) x tempo (s) - Ensaios de 2023.

Fonte: BTB Explorers, 2023.



Figura 11.1-75: 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. F) Ensaio de Rebaixamento 2 - Chernossolo Rêndzico.

Fonte: BTB Explorers, 2021 e 2023.

De forma geral os resultados obtidos, tanto em 2011, 2021 e 2023, apresentam condutividade hidráulica na ordem de  $10^{-04}$  cm/s, que estão de acordo com as condutividades médias para solos contendo silte, areia fina, e argila segundo Fetter, C. W. (1994). Porém, dois ensaios apresentaram valores destoantes, o ST-05(2023) com condutividade na casa  $10^{-05}$  cm/s e o ST-11(2023) com valor de  $10^{-03}$  cm/s. De forma geral, os Neossolos Litólicos predominam na área onde o estudo foi realizado (AID) em especial os associados aos Cambissolos, onde ambos os furos estão localizados. Um dos motivos para essa variação pode ser o nível de compactação do solo, sendo mais compactado e menor compactado respectivamente. Outro fator é a grande quantidade de mineral muscovita no furo ST-05, que ao intemperizar gera como subproduto argilo-minerais, que justificaria o valor menor de condutividade.

#### 11.1.5.3.4. Caracterização Química dos Valores de Base para os Solos da ADA

A caracterização química dos solos da área de estudo (ADA e entorno imediato) foi realizada com base em 32 (trinta e duas) amostras de solo, sete realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), sete realizadas pela Tetra Mais (BTB Explores) em 2021 e dezoito coletas em 2023 pela Tetra Mais (BTB Explores). Tais análises tiveram por objetivo a



caracterização química dos padrões de qualidade basais (antes da implantação do empreendimento). Para a caracterização dos radionuclídeos foi elaborado um programa de monitoração radiológica ambiental pré-operacional (PMRA-PO), onde foram coletadas nas campanhas 01 e 03 trinta e duas amostras, nos quais Tório total em todas as amostragens, enquanto o Urânio natural apresentou acima da atividade mínima detectável trinta das trinta e duas amostras coletadas. Vale destacar que a amostra SQ-13-SED apresentou Urânio total natural acima das demais concentrações observadas (882,47 Bq/Kg), conforme o Quadro 11.1.5-6.

A escolha dos pontos de amostragem do solo foi orientada, de forma a realizar ao menos uma coleta em cada tipo de solo e em diferentes tipos de domínios geomorfológicos. As sondagens foram realizadas de acordo com a norma ABNT/NBR 15.492/2007 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental, com descrição dos tipos de solos segundo a ABNT NBR 6502/1995 - Rochas e Solos; A Coleta de amostras de solo foram realizadas de acordo com as normas ABNT/NBR 16.434/2015 Amostragem de resíduos sólidos, solos e sedimentos – e ABNT/NBR 16.435/2015 Controle qualidade na amostragem para áreas contaminadas; com acondicionamento, refrigeração e elaboração das cadeias de custódia. Após a coleta e acondicionamento adequado, todas as amostras foram enviadas ao laboratório analítico (Mérieux NutriSciences (BIOAGRI), visando à determinação dos parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 420/2009. As amostras de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), de 2021 (Tetra Mais/BTB Explores) e de 2023 (Tetra Mais/BTB Explores) foram coletadas através de pequenas escavações com 1 m x 1 m e 20 cm de profundidade (Figura 11.1-76 e Figura 11.1-77).



Figura 11.1-76: Escavação no horizonte chernozêmico para coleta de amostras para análise química.

Fonte: ARCADIS Logos, 2014.



Figura 11.1-77: Escavação em horizonte A chernozênico para coleta de amostra.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

Quadro 11.1.5-6: Pontos internos e externos à ADA.

		(Pontos internos à ADA)																				(Pontos externos à ADA)												
		AS-01-SED		AS-02-SED		AS-03-SED		AS-04-SED		AS-05-SED		AS-06-SED		AS-07-SED		AS-08-SED		AS-09-SED		AS-10-SED		SQ-01-SED		SQ-02-SED		SQ-05-SED		SQ-06-SED		SQ-10-SED		SQ-13-SED		
		C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C3			
Chumbo-210 (Pb)		Bq/Kg	0,64	3,91	0,91	7,24	0,94	22,78	0,94	0,62	0,64	0,58	4,42	0,61	6,8	0,67	10,34	9,29	10,66	16,19	2,57	8,63	0,99	0,74	1	0,72	6,68	0,62	11,88	0,66	0,91	4,02	4,78	2,26
Rádio-226 (Ra)		Bq/Kg	0,93	47,66	26,58	2,17	1,82	30,6	50,13	5,27	34,36	73,66	0,96	27,23	3,39	8,18	4,32	38,96	2,46	18,91	43,03	9,39	5,38	47,64	0,77	41,78	18,61	26,99	0,73	20,13	6,7	8,29	0,88	25,22
Rádio-228 (Ra)		Bq/Kg	6,53	0,84	3,47	0,58	5,17	1,66	13,89	0,87	62,67	2,6	8,06	2,55	4,84	3,62	2,62	2,95	4,72	3,78	31,97	0,79	0,81	8,65	6,56	0,7	23,99	4,54	7,97	0,57	0,76	6,45	1,69	0,62
Tório total (Th)		Bq/Kg	47,14	41,67	81,59	24,07	57	15,6	21,55	98,56	53,14	31,93	31,57	19,03	16,5	18,81	74,34	45,37	41,37	39,36	43,28	19,22	33,3	9,95	91,41	30,51	24,95	41,32	41,19	18,18	92,56	80,16	108,39	26,74
Urânio natural (U)		Bq/Kg	173,68	76,75	40,16	91,18	143,68	21,12	72,67	63,15	78,22	9,31	61,51	5,04	47,29	1,32	193,85	7,62	208,56	18,06	35,6	1,38	179,7	10,21	330,21	62,71	94,14	28,19	138,14	14,58	150,9	166,26	882,47	120,08
Mínimo - Série histórica	Chumbo-210 (Pb)		66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	66,16	
	Rádio-226 (Ra)		62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	62,48	
	Rádio-228 (Ra)		79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	79,41	
	Tório total (Th)		17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	20,20	20,20	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	17,09	
	Urânio natural (U)		123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75	123,75
Máximo - Série histórica	Chumbo-210 (Pb)		226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	125,32	125,32	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	226,15	
	Rádio-226 (Ra)		280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	280,53	
	Rádio-228 (Ra)		137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	137,04	
	Tório total (Th)		67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	26,50	26,50	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	67,24	
	Urânio natural (U)		203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	203,18	



Em 2023, os furos de sondagem utilizados para a realização dos ensaios de rebaixamento d'água no solo, supracitados no item anterior, também foram utilizados para coletas de amostras do solo, as quais foram enviadas para o laboratório Mérieux NutriSciences (BIOAGRI), para análise seguindo os parâmetros da Resolução CONAMA nº 420/2009. As amostras foram coletadas no ponto mais profundo das sondagens, ao atingir o impenetrável devido ao topo rochoso raso, variando de 0,4 a 1,55 metros de profundidade, conforme a Figura 11.1-78.



**Figura 11.1-78: Coleta do solo em 2023.**

*Fonte: BTB Explorers, 2023.*

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

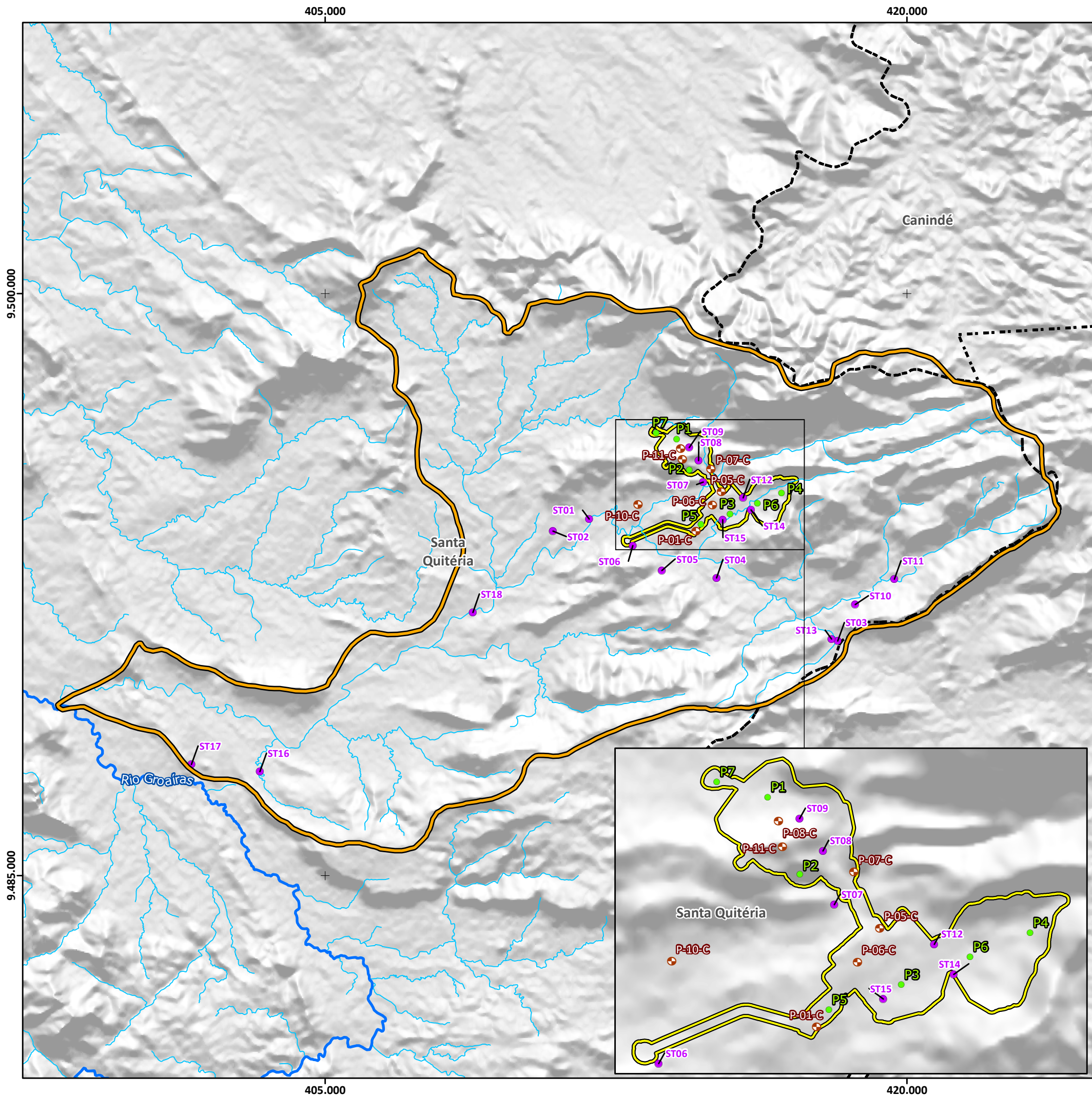
histórico de ocupação, considera-se que a malha amostral adotada é adequada aos propósitos deste diagnóstico. No Quadro 11.1.5-7 são apresentadas as coordenadas dos pontos de amostragem, e a localização no .

**Quadro 11.1.5-7: Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), 2021 e 2023.**

PONTO	SOLO/ROCHA	UTM X (m)	UTM Y (m)	ANO
P-05-C	Neossolo Litólico/ Gnaiss	415257	9494945	2011
P-07-C	Chernossolo Rêndzico/ Mármore	414991	9495523	
P-11-C	Neossolo Litólico/ Colofanito	414254	9495783	
P-01-C	Neossolo Litólico/ Gnaiss	414606	9493925	
P-06-C	Cambissolo Vermelho-Amarelo/Gnaiss	415029	9494595	
P-08-C	Neossolo Litólico/ Gnaiss	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	
P5	Neossolo Litólico	414688	9494056	
P6	Neossolo Litólico	416144	9494601	
P7	Neossolo Litólico	413534	9496405	
ST01	Neossolos Flúvicos	411804	9494188	2023
ST02	Cambissolos	410871	9493875	
ST03	Neossolos Litólicos	418214	9491046	
ST04	Neossolos Litólicos/Mármore	415088	9492672	
ST05	Neossolos Litólicos/Gnaiss	413679	9492858	
ST06	Cambissolos	412933	9493503	
ST07	Neossolos Litólicos	414744	9495141	
ST08	Neossolos Litólicos	414627	9495694	
ST09	Cambissolos	414386	9496027	
ST10	Cambissolos /Gnaiss	418661	9491985	
ST11	Neossolos Litólicos	419677	9492635	
ST12	Neossolos Litólicos	415776	9494731	
ST13	Neossolos Litólicos/Quartzito	418056	9491096	
ST14	Chernossolos Rêndzicos	415977	9494423	
ST15	Neossolos Flúvicos	415250	9494167	
ST16	Chernossolos Rêndzicos	403318	9487679	
ST17	Neossolos Litólicos	401555	9487866	
ST18	Neossolos Flúvicos	408810	9491783	

Elaboração: BTB Explorers, 2023.





### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

- Cursos d'água
- Rio Groaíras

**Pontos de Amostragem para Análise de Solos**

- Amostragem para análise de solos em 2011
- Amostragem para análise de solos em 2021
- Amostragem para análise de solos em 2023

**Fonte:**

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.  
- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2021/2023)

0 2 4 km

1:100.000

Norte do Mapa

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

Projeto:

**Projeto Santa Quitéria**

Título:

Pontos de amostragem para análise de solos em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), 2021 e 2023

Formato	Escala	Folha
A3	1:100.000	Única
Data	Localização	
25/09/2025	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Thamiris Cristina Costa Basilio	



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 11.1.5-1, obtidos a partir dos laudos laboratoriais, também apresentados no Anexo 11.1.5-1, referentes às campanhas de 2021 e 2023. Os dados levantados durante a campanha de 2011 e 2023 estão compilados no Quadro 11.1.5-8. Os resultados referentes a 2021 encontram-se apresentados no Anexo 11.1.5-1, não sendo apresentado no quadro a seguir, uma vez que nenhuma das concentrações ultrapassou o Valor de Investigação (VI), mesmo quando considerados os limites mais restritivos associados ao uso preponderante agrícola. As únicas concentrações acima dos valores de prevenção (VPs), os mais restritivos da Resolução CONAMA nº 420/2009, se referem a Bário e Níquel no P-1. 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. A alta concentração de manganês e ferro pode estar associada com óxidos e hidróxidos, também de origem supérgena, igualmente elevando a concentração destes compostos

Foram analisados a porcentagem de sólidos totais, 20 metais e 60 hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos aromáticos. Dos 20 metais apenas o Cádmio, Prata e Selênio não foram detectados. Para os dados de 2011 e 2023, foi realizado levantamento estatístico de percentil 90, 75, 50 e 25 para melhor compreensão e distinção entre locais amostrados.

Quadro 11.1.5-8: Resultados dos elementos quantificados em análise de sedimentos.

Parâmetros que ultrapassaram o VP				2011							Dados Estatísticos 2011 (Percentil)					2021							Dados Estatísticos 2021 (Percentil)				
Análise	Unidade	VP	VI (i)	P-05 C	P-07 C	P-11 C	PM-01 C	PM-06 C	PM-08 C	PM-10 C	90	25	50	75		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	90	25	50	75	
% de Sólidos	% p/p			92,1	85,5	90,6	90,5	87,2	91,3	84,2	91,62	86,38	90,5	90,95		96,90	98,00	98,50	97,60	97,10	95,00	89,50	98,2	95,95	97,1	97,8	
Alumínio	mg/kg	-	-	7763	20116	34676	7101	2652	8229	14502	25940	7443,92	8229	17309		36700	18000	15400	23500	19400	20700	23400	28780	18700	20700	23450	
Antimônio	mg/kg	2	25	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,5	-	-	-	-		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	
Arsênio	mg/kg	15	150	< 0,4	3,2	22	< 0,4	< 0,4	4,2	1,6	16,66	2,81	3,7	8,65		12,80	14,50	1,57	2,19	3,79	3,03	1,46	13,48	1,88	3,03	8,295	
Bário	mg/kg	150	750	43	41	174	108	32	128	107	146,4	42,04	107	118		228	46,30	114	93,50	50,50	57,00	107	159,6	53,75	93,5	110,5	
Boro	mg/kg	-	-	75	85	116	96	21	99	62	105,8	68,73	85	97,5		32,00	16,30	19,40	21,80	18,00	46,80	22,50	37,92	18,7	21,8	27,25	
Chumbo	mg/kg	72	900	1,5	3,6	32	3,5	2,6	4,5	16	22,4	3,07	3,6	10,25		12,70	16,70	6,26	6,68	5,29	5,47	7,22	14,3	5,865	6,68	9,96	
Cobalto	mg/kg	25	90	6,8	7,2	5,6	8	1,2	9,2	4,9	8,48	5,26	6,8	7,6		18,70	4,03	9,98	9,67	8,78	9,57	11,20	14,2	9,175	9,67	10,59	
Cobre	mg/kg	60	600	7,4	9,5	12	7,7	1,5	21	8	15,6	7,56	8	10,75		55,70	14,70	14,90	13,40	10,30	11,40	14,20	31,22	12,4	14,2	14,8	
Cromo	mg/kg	75	400	19	29	23	26	4,4	22	18	27,2	18,52	22	24,5		71,10	20,90	34,90	46,30	36,40	37,80	58,10	63,3	35,65	37,8	52,2	
Ferro	mg/kg	-	-	13903	16940	24220	18594	3822	19253	13025	21240	13480	16940	18924		34700	15700	19700	23300	16800	18800	22900	27860	17800	19700	23100	
Manganês	mg/kg	-	-	213	309	1181	288	8,1	254	846	980	234,24	288	577,5		582	376	279	373	245	253	412	480	266	373	394	
Mercurio	mg/kg	0,5	70	0,047	0,034	0,1	0,002	< 0,002	0,002	0,003	0,07	0,002	0,02	0,04		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	
Molibdênio	mg/kg	30	120	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,5	-	-	-	-		< 1	1,18	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-	
Níquel	mg/kg	30	130	8,2	17	24	8,9	1,8	14	8,5	19,8	8,36	8,9	15,5		38,00	12,80	19,00	19,60	17,10	18,00	26,50	31,1	17,55	19	23,05	
Nitrato	mg/kg	-	-	< 1,1	< 1,2	< 1,1	< 1,1	< 1,1	1,8	1,2	1,74	1,35	1,5	1,65	< 9	3,10	< 9	26,20	< 9	< 10	< 10	16,48	9	9	10		
Vanádio	mg/kg	-	1000	26	28	34	33	11	41	16	36,8	21,18	28	33,5	85,90	31,00	42,20	36,00	32,30	35,40	36,00	59,68	33,85	36	39,1		
Zinco	mg/kg	300	2000	25	34	52	23	8,6	37	23	43	23	25	35,5	70,00	37,10	40,30	38,30	33,00	37,70	38,10	52,18	37,4	38,1	39,3		
Parâmetros que ultrapassaram o VP				2023																				Dados Estatísticos 2023 (Percentil)			
Análise	Unidade	VP	VI (i)	ST01 (reamostragem)	ST01	ST02	ST 03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12	ST13	ST14	ST15	ST16	ST17	ST18	90	25	50	75	
% de Sólidos	% p/p			97,5	97,7	96,9	97,9	89,7	83,6	97,5	87,8	93,3	83,8	92,8	82,1	99,4	88,3	77,2	92,5	97,2	90,3	92,5	97,74	88,08	92,5	97,35	
Alumínio	mg/kg	-	-	8280	35600	13800	6220	32900	77800	27200	39200	15100	46900	73200	39300	9260	34300	45800	45500	42100	40400	13500	52160	14520	35600	43800	
Antimônio	mg/kg	2	25	0,91	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	3,8	1,3	2,1	1,2	3,7	3,7	<0,5	<0,5	14,4	3,1	<0,5	<0,5	12,6	<0,5	12,6	1,23	3,09	3,76	
Arsênio	mg/kg	15	150	<1	2,4	4,2	<1	1,9	2,4	3,4	1,8	1,2	25,9	4	<1	<1	1,5	3,4	<1	<1	<1	2,3	4,17	1,88	2,4	3,5	
Bário	mg/kg	150	750	88,9	121	89,6	18,5	66,3	321	104	130	78,2	309	349	152	68,5	102	82,7	154	87	186	63	311,4	80,69	102	153	
Boro	mg/kg	-	-	22,1	32,6	23,6	18,4	37,4	57,4	37,3	49,6	27,4	54,6	60,3	50,4	23,7	32,1	23,7	41,8	33,1	39,5	25,7	55,16	24,81	33,1	45,7	
Chumbo	mg/kg	72	900	4,5	9,2	6,4	3,2	6,4	5,8	3	14,2	4,6	20,8	12,4	9,3	4,6	10,1	45,2	6,8	27,8	9,2	4	22,2	4,58	6,84	11,25	
Cobalto	mg/kg	25	90	4,5	11	6,4	2,1	9,9	23,9	9,5	15,1	6,1	15	12,5	12,9	4,1	6,7	3,9	13,3	7,7	13,9	6,7	15,02	6,25	9,46	13,1	
Cobre	mg/kg	60	600	11,7	27,6	15,6	3,7	17,2	43,9	21,6	29,5	10,7	59,5	51,6	25,5	7,4	17,6	31,3	26,6	26,6	29	10,1	45,44	13,86	25,5	29,25	
Cromo	mg/kg	75	400	20,1	56,5	315	25,9	47,8	86,7	64,3	55	41,9	66,6	82,8	47,2	66,4	47,2	27,2	30,8	41,6	71,5	24,2	83,58	36,78	47,8	66,5	
Ferro	mg/kg	-	-	8240	21000	14400	3950	25100	53000	26000	43300	14100	45200	58300	25800	8840	23000	7130	33700	18300	31900	13500	46760	13832	23000	32800	
Manganês	mg/kg	-	-	177	333	161	81,4	270	922	190	496	139	824	157	627	49,5	195	68,5	628	913	563	323	841,8	159,22	270	595	
Mercurio	mg/kg	0,5	70	<0,05	0,1	0,1	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	0,1	<0,05	0,1	0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	0,1	<0,05	0,1	<0,05	0,17	0,08	0,09	0,14	
Molibdênio	mg/kg	30	120	<1	<1	10,3	<1	<1	<1	<1	<1	1,1	1,1	<1	<1	1,9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7,79	1,08	1,51	4,02	
Níquel	mg/kg	30	130	11,1	16,3	64	5,6	18,7	41,3	27,1	29,4	13,4	35,7	34,7	17,8	19,2	14,4	9,3	25,4	23,9	29,4	11,5	36,82	13,95	19,2	29,4	
Nitrato	mg/kg	-	-	<0,92	3,4	<0,92	<0,92	<1	3,3	3,3	<1	<0,97	<1,1	<0,97	38,5	1,6	<1	<1,2	<0,98	<0,92	<1	<0,97	24,48	3,29	3,34	3,44	
Vanádio	mg/kg	-	1000	17,4	33,1	26,7	9,6	37,9	72,4	41,1	49,7	26,9	83	98,2	44,8	20,8	37,5	27,3	50,8	21,6	58,1	25,5	74,52	26,16	37,5	50,25	
Zinco	mg/kg	300	2000	21,5	27,1	23,4	11,9	42,9	99,7	40,9	64,8	25,9	55,1	77	52,5	18,6	32,1	97,7	48,7	34	43,9	22,5	81,14	24,79	40,9	53,8	

Segundo a Resolução CONAMA n° 420/2009 separa os solos em 4 classes:

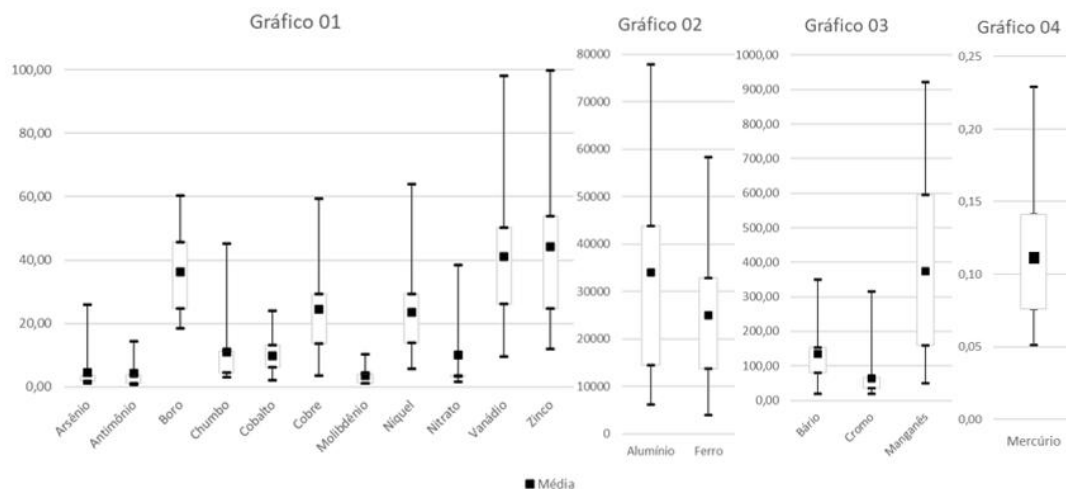
- + **Classe 1** - Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ
- + **Classe 2** - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VRQ e menor ou igual ao VP
- + **Classe 3** - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI
- + **Classe 4** - Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI

Entre essas 4 classes, nenhuma amostra atingiu a Classe 4, e apenas 5 estão contidos dentro da Classe 3 (P-11-C, ST02, ST09, ST10 e ST11)

Junto aos levantamentos em percentil, foram levantados gráficos em *boxplot* (Figura 11.1-79), com a determinação do primeiro e terceiro quartil, média, máximos e mínimos do Quadro 11.1.5-9.

Quadro 11.1.5-9: Tabela de confecção dos gráficos em *boxplot*.

GRÁFICO 01											
Dados	Arsênio	Antimônio	Boro	Chumbo	Cobalto	Cobre	Molibdênio	Níquel	Nitrato	Vanádio	Zinco
Máximo	25,90	14,40	60,30	45,20	23,90	59,50	10,30	64,00	38,50	98,20	99,70
Q3	3,50	3,76	45,70	11,25	13,10	29,25	4,02	29,40	3,44	50,25	53,80
Média	4,52	4,30	36,35	10,91	9,74	24,56	3,60	23,59	10,02	41,18	44,22
Q1	1,88	1,23	24,70	4,58	6,24	13,65	1,08	13,90	3,29	26,10	24,65
Mínimo	1,18	0,55	18,40	2,96	2,07	3,65	1,08	5,62	1,55	9,57	11,90
GRÁFICO 02			GRÁFICO 03				GRÁFICO 04				
Dados	Alumínio	Ferro	Dados	Bário	Cromo	Manganês	Dados	Mercurio			
Máximo	77800	58300	Máximo	349,00	315,00	922,00	Máximo	0,23			
Q3	43800	32800	Q3	153,00	66,50	595,00	Q3	0,14			
Média	34019	24987	Média	135,30	64,14	374,60	Média	0,11			
Q1	14450	13800	Q1	80,45	36,20	159,00	Q1	0,08			
Mínimo	6220	3950	Mínimo	18,50	20,10	49,50	Mínimo	0,05			



**Figura 11.1-79: Gráficos *boxplot* dos elementos químicos analisados nos sedimentos.**

De forma geral, os valores dos *boxplot* são simétricos à assimétricos negativos, com o intervalo entre o primeiro e terceiro quartil, estão próximos aos limites mínimos. Em sua maioria, os resultados apresentaram concentração inferiores ao Valor de Investigação (VI), mesmo considerando os valores mais restritivos associados ao uso preponderante agrícola. Elementos como Ferro e Alumínio são esperadas ocorrências em concentrações altas, devido à grande presença desses elementos na crosta terrestre. Como a região conta com regimes de precipitação inferiores aos 800 mm anuais, metais como os descritos, tentem a se concentrar com os sedimentos e na subsuperfície.

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, ST09), Bário (amostras P- 11C, P-1, ST09, ST10 e ST11), e Níquel (amostra P-1 e ST02). Nas amostragens de 2023, foram diagnosticados alguns novos elementos acima da Resolução em pauta nas seguintes sondagens: Antimônio (ST05, ST07, ST09, ST10, ST13 e ST14), Bário (ST09, ST10, ST11, ST15 e ST17), Cromo (ST05) e Níquel (ST02). Além desses elementos que foram encontrados em teores acima dos valores padrões, vale destacar que foi detectado Mercúrio nas amostras ST05, ST10, ST14 e ST15, porém todos abaixo do valor de 0,5 mg/kg, variando de 0,114 mg/kg a 0,229 mg/kg no ST10.

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, que igualmente elevam a concentração destes compostos.

Vale ressaltar que os demais metais que ultrapassaram o valor da Resolução CONAMA nº 420/2009, nas investigações estão espalhados por toda área da AID, indicando que essas concentrações são naturais do solo, a exemplo disso verifica-se os pontos ST09 e ST10 que possuem valores de Bário semelhantes (309 e 349 mg/kg), porém estão a uma distância superior a 5 km, sendo necessário cruzar quatro drenagens/rios em linha reta.

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 PCBs, que estão relacionados ao óleo ascarel antigamente utilizado em transformadores, não foram quantificados em nenhuma das amostras. Ressalta-se que os limites de quantificação do método analítico estão acima dos VPs, mas abaixo de todos os VIs da Resolução CONAMA nº 420/2009.

#### 11.1.5.3.1. *Fragilidade à erosão*

Para análise da fragilidade à erosão foi considerado o mapa de fragilidade apresentado em ARCADIS LOGOS, 2014, além dos levantamentos primários complementares realizados em 2020, 2021 e 2023.

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, 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 11.1.5-10. Os fatores erosividade da chuva (R) e ocupação do solo (C) também se mostraram constantes.

**Quadro 11.1.5-10: Erodibilidade dos solos presentes na AID.**

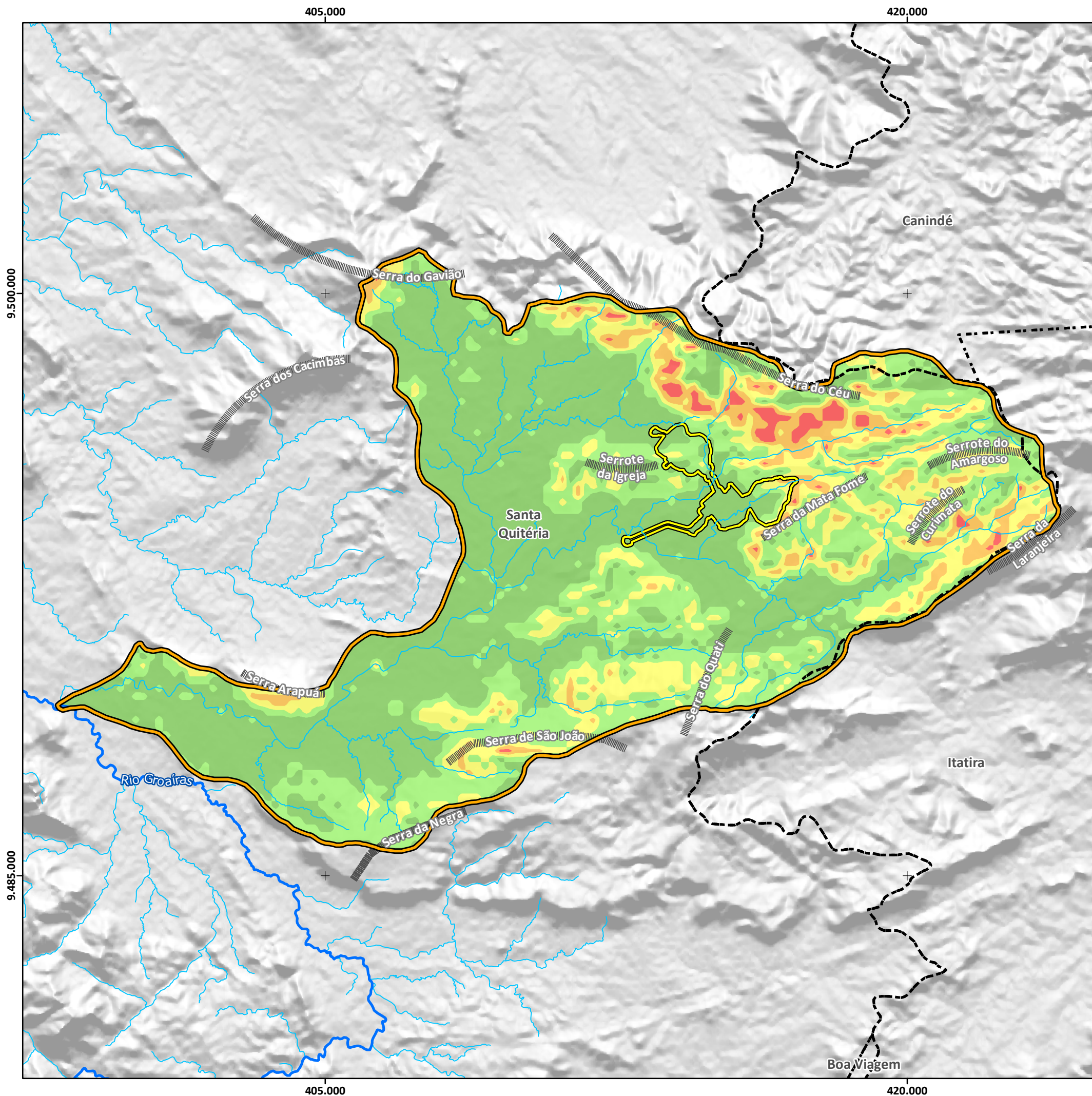
SOLO	ERODIBILIDADE (T.HA.ANO.TM <sup>-1</sup> .HA <sup>-1</sup> .MM <sup>-1</sup> )	CLASSE GRANULOMÉTRICA	INTERPRETAÇÃO
Neossolos Litólicos e Chernossolos Rêndzicos	0,25	Franco-argilo arenosa	Erodibilidade média
Neossolos Litólicos	0,27	Franco-arenosa	Erodibilidade média
Neossolos Litólicos e Cambissolos	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.

As 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 de cor vermelho-amarelos.



### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

Cursos d'água

Rio Groaíras

**Elementos Fisiográficos Naturais**

Serras

**Fragilidade à Erosão**

Muito Baixa

Baixa

Média

Alta

Muito Alta

**Fonte:**

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

ARCADIS, 2014. Fragilidade à erosão.

024 km

1:100.000

Escala Gráfica

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Fragilidade à Erosão na AID e ADA**

Formato	Escala	Folha
A3	1:100.000	Única
Data	Localização	
30/10/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado		Aprovado
Patrick Martins		Cristina Poggiali Almeida



#### 11.1.5.4. Considerações Finais

De acordo com o mapeamento pedológico realizado pelo IBGE no âmbito do programa de Mapeamento de Recursos Naturais (MRN), na AI do empreendimento predominam cinco ordens principais de solo, a saber: Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho e Chernossolo Rêndzico.

A classe dos Planossolos Háplicos ocorre, majoritariamente, na porção central e oeste da AI, 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  $270 \text{ km}^2$  (30,1%).

Os Luvisolos Crômicos ocorrem, principalmente, na porção leste da AI, notando-se também fragmentos na porção norte e oeste, abarcando uma área total de cerca de  $270,3 \text{ km}^2$  (cerca de 30,2%).

Os Neossolos Litólicos abarcam cerca de  $197,5 \text{ km}^2$  (22%) e ocorrem, predominantemente, nas porções centro norte e leste da AI, 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 AI, relacionados às áreas topograficamente elevadas dos Maciços Residuais Sertanejos (Planalto Sertanejo), e perfazem cerca  $161,3 \text{ km}^2$  da AI, 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 de coloração vermelha a amarelado, 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 mármore), que por serem ricos em cálcio, condicionam a formação dos horizontes chernozêmicos.

Os resultados de condutividade hidráulica, tanto pelo método de rebaixamento (2021 e 2023), quanto pelo ensaio de anel duplo (2011) apresentam em sua maioria, valores de  $10^{-04}$  cm/s, que estão de acordo com as condutividades médias para solos contendo silte, areia fina, e argila segundo Fetter, C. W. (1994). Porém, dois ensaios em 2023 apresentaram valores destoantes, o ST-05(2023) com condutividade na casa  $10^{-05}$  cm/s, com valor um pouco abaixo dos PM-10 e P-97 (2011) e o ST-11(2023) com valor de  $10^{-03}$  cm/s. De forma geral, os Neossolos Litólicos predominam na área onde o estudo foi realizado (AID) em especial os associados aos Cambissolos, onde ambos os furos estão localizados. Um dos motivos para essa variação pode ser o nível de compactação do solo, sendo mais compactado e menor compactado respectivamente. Outro fator é a grande quantidade de mineral muscovita no furo ST-05, que ao intemperizar gera como subproduto argilo-minerais, que justificaria o valor menor de condutividade.

A título de comparação, solos argilosos com baixa condutividade apresentam condutividade hidráulicas (K) em torno de  $10^{-7}$  cm/s, indicando que os valores da região correspondem a solos mais imaturos de condutividades médias semelhante a solos argilo arenosos. Isso ocorre principalmente pela grande presença de sedimentos arenosos (cerca de 30% areias finas e 20% de areias médias) e argilo siltosos (cerca de 30%).

Mas além do fator granulométrico, a correlação com as baixas espessuras do solo é imprescindível para compreender os valores de (K), onde, dificilmente as sondagens a trado ultrapassaram os 1m. O baixo desenvolvimento está ligado diretamente ao clima, onde as baixas pluviosidades impedem o desenvolvimento do manto de intemperismo e consequentemente na geração de solos mais argilosos e menos condutivos.

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. Elementos como Ferro e Alumínio são esperados registrar em concentrações altas, devido à grande presença desses elementos na crosta terrestre. Como a região conta com regimes de precipitação inferiores aos 800 mm anuais, metais como os descritos, tentem a se concentrar com os sedimentos e na subsuperfície.

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, ST09), Bário (amostras P- 11C, P-1, ST09, ST10 e ST11), e Níquel (amostra P-1 e ST02). Nas amostragens de 2023, foram diagnosticados alguns novos elementos acima da Resolução em pauta nas seguintes sondagens: Antimônio (ST05, ST07, ST09, ST10, ST13 e ST14), Bário (ST09, ST10, ST11, ST15 e ST17)), Cromo (ST05) e Níquel (ST02). Além desses elementos que foram encontrados em teores acima dos valores padrões, vale destacar que foi detectado Mercúrio nas amostras ST05, ST10, ST14 e ST15, porém todos abaixo do valor de 0,5 mg/kg, variando de 0,114 mg/kg a 0,229 mg/kg no ST10.

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, que igualmente elevam 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.

Quanto à fragilidade à 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 de coloração vermelha a amarelado.



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](http://www.tetramais.com.br)

**ANEXO VII**

---

**GEOLOGIA**



A large collage of four diamond-shaped images. Top-left: A lush green forested hill under a cloudy sky. Top-right: An industrial mining or processing site with large machinery and piles of material. Bottom-left: A close-up of a rocky cave entrance with a blue light beam. Bottom-right: A high-voltage power transmission tower with multiple lines, set against a sunset or sunrise background with warm orange and yellow tones.

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Geologia

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

NÚMERO: 20_605_Vol.IIA_rev00_geologia	ELABORADO POR: Tetra +	APROVADO POR: Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	DATA: Setembro/2025
--	---------------------------	---	------------------------

+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](http://www.tetramais.com.br)

## SUMÁRIO

11.1.7. Geologia.....	234
11.1.7.1. Considerações Metodológicas .....	234
11.1.7.1.1. Bases Geológicas.....	236
11.1.7.1.2. Modelos Digitais de Elevação .....	237
11.1.7.1.3. Dados Aerogeofísicos.....	239
11.1.7.1.4. Dados primários.....	243
11.1.7.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All) .....	244
11.1.7.2.1. Neotectônica .....	249
11.1.7.2.2. Complexo Ceará .....	288
11.1.7.2.3. Complexo Tamboril-Santa Quitéria .....	288
11.1.7.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA).....	289
11.1.7.3.1. Dados Geofísicos .....	289
11.1.7.3.2. Sondagens de Reconhecimento .....	304
11.1.7.3.3. Geologia Local .....	316
11.1.7.3.4. Mapeamento Geológico de Detalhe .....	321
11.1.7.3.5. Geologia da Área da Jazida .....	331
11.1.7.3.6. Litotipos .....	351
11.1.7.3.7. Estrutural.....	370
11.1.7.4. Considerações Finais .....	388

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-97. Cobertura da área por cartas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM).....	237
Figura 11.1-98: Imagens do Relevo Sombreado nas direções NE (A), NW (B), NS (C) e EW (D).....	238
Figura 11.1-99: Lineamentos extraídos a partir das imagens de relevo sombreado.....	239
Figura 11.1-100: Localização da área de recorte dos dados em relação ao Projeto Norte do Ceará e a All.....	240
Figura 11.1-101: Mapas gamaespectrométricos: A) Mapa do potássio, B) Mapa do Tório, C) Mapa do Urânio e D) Mapa da composição ternária RGB. ....	241
Figura 11.1-102: Composição ternária RGB sobreposto ao MDE, com os contatos geológicos da Folha Quixadá e o Limite da All.....	242
Figura 11.1-103: Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (ISA) com os lineamentos magnético-estruturais interpretados e o Limite da All (Branco) sobreposto ao MDE. ....	243
Figura 11.1-104: Localização da Província Borborema no Brasil. ....	245
Figura 11.1-105: Subdivisão da Província Borborema. ....	246
Figura 11.1-106: Domínios da Província Borborema Setentrional. ....	247
Figura 11.1-107: Mecanismos focais e locais de estações permanentes de GPS no Nordeste do Brasil Chave para a localização e idade da simicidade: a - João Câmara, RN (1986-87); b	



- Barragem Açú, RN (1990-91); c - Augusto Severo, RN (1990); d - Tabuleiro Grande, RN (1993); e - Palhano, CE (1989); f - Cascavel, CE (1994); g - Cascavel, CE (1989); h - Pacajus, CE (1980); i - Irauçuba, CE (1991); j - Irauçuba, CE (1991); k - Senador Sá, CE (1997); l - Groaíras, CE (1988); m - Hidrolândia, CE (1991); n - Caruaru, PE (1991); o - Graben de Cariatá. ....	250
Figura 11.1-108: Localização dos sismógrafos no Estado do Ceará. ....	251
Figura 11.1-109: Distribuição dos sismos na série histórica do Estado do Ceará. ....	254
Figura 11.1-110: Estação sismográfica de Itataia. ....	285
Figura 11.1-111: Mapa de densidade de pontos para os epicentros dos sismos elaborado pela CPRM(2023): A) Zona Sísmica Médio Coreaú; B) Zona Sísmica Cascavel-Beberibe; C) Zona Sísmica Quixeramobim. ....	287
Figura 11.1-112: Localização dos levantamentos geofísicos realizados na área da futura área industrial.....	290
Figura 11.1-113: Resultados da pesquisa de Alcantara e Silva (2003). ....	293
Figura 11.1-114: Localização das linhas do levantamento geofísico de 2016, com as pontuais áreas de possíveis cavidades. Vale-ressaltar que em sua maioria estão localizadas fora da ADA. ....	294
Figura 11.1-115: Modelagem 2D das Linhas 1 a 6, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. ....	295
Figura 11.1-116: Modelagem 2D das Linhas 7 a 10, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. ....	296
Figura 11.1-117: Modelagem 2D das Linhas 11 a 14, com anomalias que podem estar associadas a cavidades. ....	297
Figura 11.1-118: Valores de resistividade verdadeiras obtidas na modelagem 3D, para diferentes profundidades (A-8 m, B-14 m, C-21 m, D-29 m, E-38 m, F-49 m, G-62 m e H-76 m). ....	298
Figura 11.1-119: Resultados da pesquisa geofísica de 2021, linhas 01 a 05. ....	300
Figura 11.1-120: Resultados da pesquisa geofísica de 2021. ....	301
Figura 11.1-121: Linhas geofísicas onde é possível visualizar as zonas de cisalhamento (traçado em preto). ....	302
Figura 11.1-122: Localização das sondagens realizadas de 2011 até 2022 pelo projeto. ..	303
Figura 11.1-123: Perfis de sondagens dos poços de monitoramento construídos pela GeoHidro em 2023. ....	306
Figura 11.1-124: A - Cruzamento de dados geofísicos e sondagens de reconhecimento de 2022. B e C - Linhas de resistividade com a localização da sondagem de reconhecimento. D - Sondagem de reconhecimento D.....	314
Figura 11.1-125: Contatos resultantes da integração das Folhas Geológicas Quixadá, Taperuaba e Itatira sobrepostos ao mapa da composição ternária RGB. ....	316
Figura 11.1-126: Fontes de dados compiladas confecção do mapa geológico - (A) Principais fontes na região da AID. (B) Principais fontes na região da ADA. ....	317
Figura 11.1-127: Arcabouço geológico e a localização dos perfis geológicos em planta. ..	331
Figura 11.1-128: Perfil Geológico A - B: intercalações de Rochas da Formação Barrigas. .	332
Figura 11.1-129: Perfil Geológico A - B: intercalações de Rochas da Formação Barrigas Perfil Geológico CD. ....	333
Figura 11.1-130: Perfil Geológico EFG. ....	334
Figura 11.1-131: Perfil Geológico HI. ....	335
Figura 11.1-132: Perfil Geológico JKLM, devido ao tamanho o perfil foi dividido em duas partes a partir do furo 196. ....	336

Figura 11.1-133: Amostra Santa Quitéria, tal qual. Características da associação mineral. Apatita (cinza claro), calcita (cinza médio) e plagioclásio (cinza escuro). ....	340
Figura 11.1-134: Imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes. ....	341
Figura 11.1-135: Imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes. Difrátograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15 <sup>a</sup> , mica e plagioclásio. ....	341
Figura 11.1-136: Difrátograma obtido pelas análises do DRX (cada cor representa um elemento químico). ....	345
Figura 11.1-137: (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 futuro empreendimento a Lagoa do Mato. ....	352
Figura 11.1-138: (A) Quartzo-biotita-granada-gnaiss; (B) Detalhe de gnaiss apresentando granadas milimétricas a centimétricas em afloramento localizado nas proximidades da galeria G2; (C) Fotomicrografia de paragneiss destacando a alteração (saussuritização) dos plagioclásios; (D) Fotomicrografia de paragneiss mostrando zona de concentração de cristais de silimanita (fibrolita) e de micas (muscovita e biotita); (E) Fotomicrografia de paragneiss destacando cristal de plagioclásio fraturado e alterado (sericitização) e circundado por finas lamelas de biotita; (F) Fotomicrografia de paragneiss em porção dominada por biotitas variando de tons castanho- claro para tons mais escuros, parcialmente envolvendo cristal de granada fraturado. ....	353
Figura 11.1-139: (A) Afloramento muito alterado de biotita gnaiss 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) Gnaiss apresentando porfiroblastos centimétricos de granada; (D) Granada poiquiloblastica com formato parcial de sigmoides-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. ....	354
Figura 11.1-140: (A) Detalhe de veios e bolsões pegmatíticos em biotita-gnaiss; (B) Detalhes de contato entre porções paleo/melanossomáticas e neo/leucossomáticas em migmatito da Formação Barrigas; (C) Outros detalhes de estruturas migmatíticas; (D) Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Silimanita-Granada-Biotita gnaiss com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral. ....	355
Figura 11.1-141: (A) Afloramento em laje de intercalações de mármore com rocha calcissilicática e gnáissica; (B) Detalhe de amostra de mármore apresentando níveis ricos em granada; (C e D) Contato entre xisto e rocha Calcissilicática; (E) mármore; blocos angulosos evidenciando alto grau de fraturamento. ....	357
Figura 11.1-142: (A) Mármore bandado; (B) Detalhe de amostra de mármore com grafita apresentando granulação grossa e textura granoblástica; (C e D) Microfotografia de rocha Calcissilicática com cristais de condrodita (chn), escapolita (scp), epidoto (ep) e quartzo (qz); (E e F) Microfotografia de rocha Calcissilicática mostrando modificações texturais marcadas pela presença da vesuvianita (ves) alterada para epidoto; (G) metacarbonato bandado dobrado. ....	358
Figura 11.1-143: (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 mármore em paredões no Serrote do Canudo. .... 359

Figura 11.1-144: (A) Dissolução ao longo de fratura N-S subvertical, afetando mármore 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; (D) Afloramento de Tufas Calcárias, apresentando alta porosidade, estrutura crostiforme com formas similares a moldes de caules e folhas alongadas, e intenso processo de dissolução associado resultando na geração de cavernas. .... 360

Figura 11.1-145: Cavernas rasas em relação a superfície ou associadas a depósitos de tálus. .... 365

Figura 11.1-146: (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 Calcissilicáticas, com presença da foliação principal (Sn) definida por cristais de biotita (Biotita). .... 366

Figura 11.1-147: (A) Colofanito associado a brechas carbonáticas, onde os clastos são compostos por rochas feldspáticas, mármore (Mb), rochas Calcissilicáticas (Cc) e colofanita (Col). A matriz da brecha é composta por carbonatos bem cristalizados (Cal) ou rochas carbonáticas cinza escuras; (B) Veios de colofanitas tipo stockwork em mármore; (C) Fraturas e falhas nos mármore da Formação Alcantil com brechas preenchidas por colofanito; (D) Brecha com colofanito e megacristais de calcita (Cal1) em mármore 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). .... 367

Figura 11.1-148: (A) Colofanita 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). .... 368

Figura 11.1-149: (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 mármore 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; (E) mármore calcítico, cristais de calcita venulado com colofanita. .... 371

Figura 11.1-150: (A) Amostra de diabásio; (B) Blocos e calhaus em leito de rio intermitente; (C) Aluvião arenoso de cerca de 1 m de espessura. .... 372

- Figura 11.1-151: (A) Foliação principal em mármore bandados; (B) Foliação principal em gnaiss; (c) Foliação ortogonal a galeria com mergulho de aproximadamente 50° para fora da galeria G1; (D) Mármore da formação Alcantil, com a foliação principal levemente dobrada; (E) Afloramento rasteiro de metatexito com estrutura estromática e sheets de leucogranitoide. A foliação é sub-vertical, sublinhando um possível cisalhamento. ....373
- Figura 11.1-152: (A) Estereograma das foliações obtidas na 5ª campanha - 18 de maio a 01 de abril, foram obtidas 125 medidas. (B) - Esteograma em 3D, em vermelho a direção do Norte, enquanto em verde o plano médio das foliações, com direção de mergulho para sul/sudeste. ....374
- Figura 11.1-153: Rocha Metacarbonática com sheets leucograníticas dobrada, afloramento evidencia a charneira da dobra anticlinal aberta; B - Zona de ocorrência de metacarbonática com intercalações milimétricas de gnaiss/calcsilicática e sheets de leucogranitoide. Dois sistemas de fraturas: 1) NW (N290); 2) aproximadamente E-W (N75), ambas são subverticais; C - Afloramento em lajedo de metatexito com estrutura estromática e dobra sinforme; D - Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Sillimanita, Granada, Biotita gnaiss com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral; E e F - Afloramento metacarbonato com dobramento. ....375
- Figura 11.1-154: (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 Calcissilicáticas; (D) Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Sillimanita, Granada, Biotita gnaiss com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral. ....377
- Figura 11.1-155: (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 em lajedo de mármore, de cor branca, apresenta dois sistemas de fraturas: NW e E-W.; (E) Detalhe das lineações presentes em plano de falha normal e estrias slickensides indicando movimentação normal em plano de falha com atitude 170/70 (Notação Clar).....379
- Figura 11.1-156: Mapa local mostrando as principais estruturas existentes e levantamentos realizados para coleta de dados sobre MDE. ....380
- Figura 11.1-157: (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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 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 rúptil. Nota-se um aumento gradual no volume do minério de sul para norte, acompanhado de brechação e carstificação de mármore. ....381
- Figura 11.1-158: Mapas com a identificação das posições das feições estruturais identificadas ao longo dos perfis geoeletricos 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 SN2). *Fonte: Signal (2021)*. ....383
- Figura 11.1-159: 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....384

Figura 11.1-160: 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....	385
Figura 11.1-161: 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 SN2. ....	387
Figura 11.1-162: 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 SN2. ....	388
Figura 11.1-163: Mapa esquemático dos poços construídos em 2022 em relação as linhas geofísicas de 2021. Em tons azuis esverdeado está representado nos perfis as camadas metacarbonáticas, enquanto os tons cinza hachurados os paragneisses e em laranja Pegmatoides. ....	391

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-56: Etapas de coletas de dados primários .....	234
Quadro 11.1-57: Parâmetros de aquisição do levantamento .....	239
Quadro 11.1-58: Dados históricos e localização de epicentros dos sismos ocorridos no Estado do Ceará.....	257
Quadro 11.1-59: Ano de realização, empresa executora, materiais e métodos aplicados na coleta de dados geofísicos primários .....	291
Quadro 11.1-60: Principais características observadas durante as sondagens.....	305
Quadro 11.1-61: Descrição dos perfis de sondagens realizados pela INB das sondagens de investigação da GeoHidro (2022) .....	308
Quadro 11.1-62: Correlações entre as diferentes classificações geológicas .....	319
Quadro 11.1-63: Unidades litoestratigráficas mapeadas com seus respectivos litotipos, composição mineralógica, sedimentar e descrição das estruturas .....	325
Quadro 11.1-64: Principais litologias de cada unidade mapeada .....	326
Quadro 11.1-65: Sondagens e cargas hidráulicas calculadas na área da jazida por Alcantara e Silva (2003).....	338
Quadro 11.1-66: Análise química das amostras da área da jazida em DRX.....	343
Quadro 11.1-67: Análise química das amostras da área da jazida em FRX.....	344
Quadro 11.1-68: Análise química das amostras da área da jazida em ICP OES .....	344
Quadro 11.1-69: Métodos adotados pelo laboratório para análise dos radionuclídeos e respectivos limites de quantificação .....	347
Quadro 11.1-70: Dados analisados para as amostras de cal (bruta, lixiviada e solubilizada) .....	348
Quadro 11.1-71: Dados analisados para as amostras do fosfogesso (bruta, lixiviada e solubilizada).....	348
Quadro 11.1-72: Dados analisados para as amostras do estéril (bruta, lixiviada e solubilizada) .....	349
Quadro 11.1-73: Sulfetos mais comuns e seus produtos de oxidação .....	368

## LISTA DE MAPAS

Mapa 11.1-17: Mapa da geológico da All. ....	248
Mapa 11.1-18: Mapa geológico da AID/ADA. ....	320
Mapa 11.1-19: Cartografia Geológica na Área de Implantação do Complexo Industrial. (Escala - 1:10.000).....	322
Mapa 11.1-20: Mapa de Cavidades do Entorno do Empreendimento.....	364

### 11.1.7. Geologia

#### 11.1.7.1. 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 AI foram obtidos por meio da análise integrada e interpretação de dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os 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 nos anos 2020, 2021, 2022 e 2023 pela Tetra Mais, por meio de informações geradas por diversas empresas, como BTB Explores, Geohidro, entre outras (Quadro 11.1.-56). Para obtenção das coordenadas, os levantamentos em campo, tiveram como apoio o GPS (Global Position System).

**Quadro 11.1-56. Etapas de coletas de dados primários**

ANO	DESCRIÇÕES GEOLÓGICAS	SONDAGENS E POÇOS DE MONITORAMENTO	AMOSTRAGEM E ANÁLISES QUÍMICAS	ENSAIOS DE PERMEABILIDADE	LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS
2011	x	x	x	x	
2016					x
2020	x		x		
2021	x		x	x	x
2022		x	x		
2023	x			x	

*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. Elaboração: Tetra Mais, 2023.*

As sondagens rotoperussivas foram realizadas em fevereiro de 2011 em dez pontos distribuídos na ADA, e os perfis litológicos resultantes dessas sondagens estão disponíveis no Volume V - Anexo 11.1.7-1, os quais foram obtidos a partir do estudo conduzido pela Arcadis Logos (2014). Tais sondagens tiveram como objetivo principal a instalação de poços de monitoramento para a coleta de água subterrânea, tendo como objetivos secundários a descrição geológica de litotipos e ensaios hidráulicos para caracterização do aquífero.



Em 2022, foram realizadas dezenove novas sondagens pela Geohidro dentro da área da Fazenda Itataia com mesmo objetivo dos estudos elaborados em 2011 pela Arcadis Logos (2014). 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. No mesmo ano foram executadas 126 sondagens à percussão (SPT) e oito sondagens a trado também pela equipe da empresa Geohidro, com o intuito do reconhecimento do subsolo na área da Fazenda Itataia.

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, e as sondagens pelo método SPT, de acordo com a norma ABNT/NBR 6484/2020 - sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de Ensaio.

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 11.1.7.3.5 (Geologia da área da jazida).

Foram empregados os dados dos levantamentos geofísicos obtidos em 2002 nos estudos de Alcantara e Silva (2003), elaborados especificamente para o profundo conhecimento dos corpos mineralizados. Esses levantamentos foram conduzidos com um nível de detalhamento maior que os dados primários obtidos ao longo das campanhas de campo, face ao grande número de sondagens (250), às profundidades superiores a 450 metros (abaixo da cota 100 m) e à densidade da malha de dados. Posteriormente Veríssimo et al. (2016) também contribuíram com esses dados.

Para complementar e aprimorar essas informações, uma nova campanha de campo foi realizada em 2023 pela Geohidro, com o objetivo de aumentar a densidade e a precisão dos dados na ADA. Durante essa campanha, foram descritos e registrados 746 pontos em campo, que viabilizou a confecção de dois mapas na escala de 1:10.000.

O presente diagnóstico também considerou 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). O estudo 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

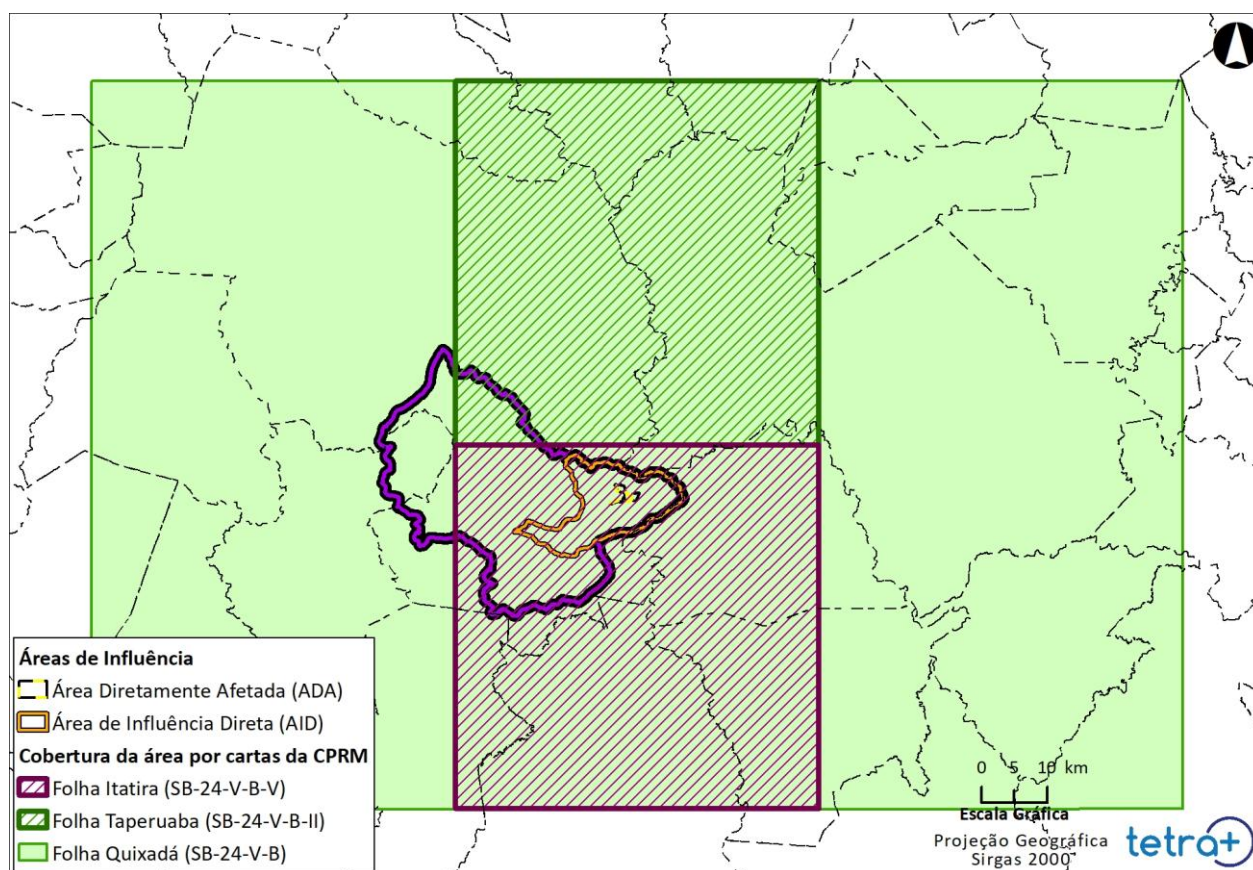
partição do fósforo e de outros elementos químicos entre os minerais portadores. Essa caracterização foi realizada por meio da homogeneização das amostras, cominuição em rolos, classificação granulométrica por peneiramento, separação mineral em líquido denso e separação magnética em separador Frantz, 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 11.1.7-2.

Em 2022, novos estudos laboratoriais foram realizados pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCT-EPUSP), com amostras de rocha bruta para determinação mineralógica e química. Além disso, a GLP laboratórios, sob gestão do Consórcio Santa Quitéria, realizou estudos para a determinação da solubilidade dos radionuclídeos, coletando nove amostras, sendo essas distribuídas em três amostras para o rejeito e os resíduos (estéril, cal limpa e pilha de fosfogesso e cal). Os ensaios seguiram as normas da ABNT NBR 10.005:2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos e ABNT NBR 10.006:2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

#### *11.1.7.1.1. 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 Taparuaba (SB.24-V-B-II) na escala 1:100.000 (Figura 11.1-97).

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 11.1-97. Cobertura da área por cartas do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM).**

*Elaboração: Tetra Mais, 2023, modificado de BTB Explorers, 2021.*

#### 11.1.7.1.2. 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 Topodata1, 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 atualização, e melhor entendimento das estruturas e relevo, em 2023, os dados foram adquiridos do Alaska Satellite Facility (ASF<sup>2</sup>), utilizando o satélite Alos Palsar, com varredura global na escala de 12,5 m por células. Os modelos foram utilizados para integrar a interpretação dos dados geológicos, e para auxiliar na interpretação estrutural com a extração de lineamentos estruturais.

1 <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>

2 <https://search.asf.alaska.edu/#/>



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 sombreado podem ser observados na Figura 11.1-98.

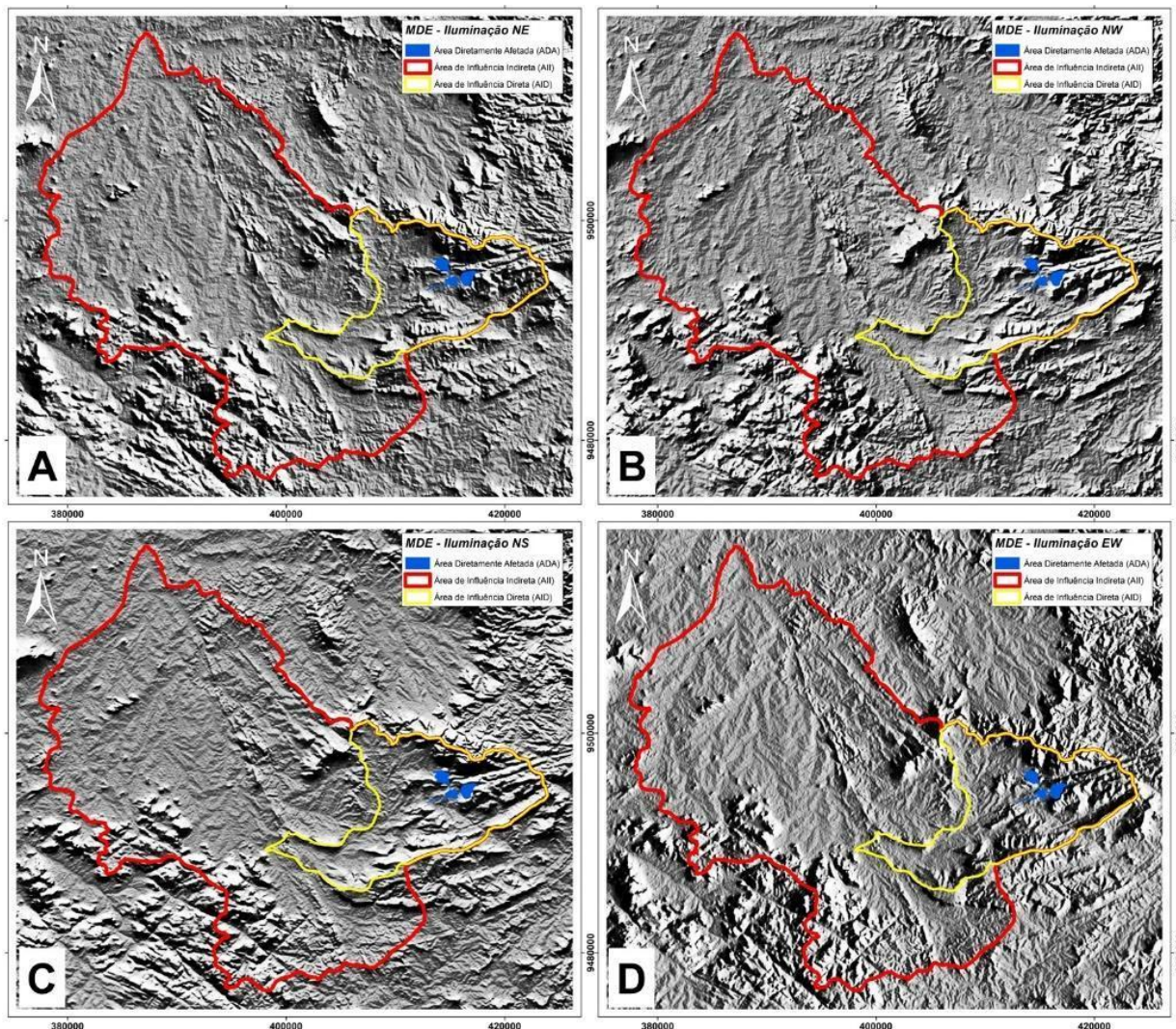
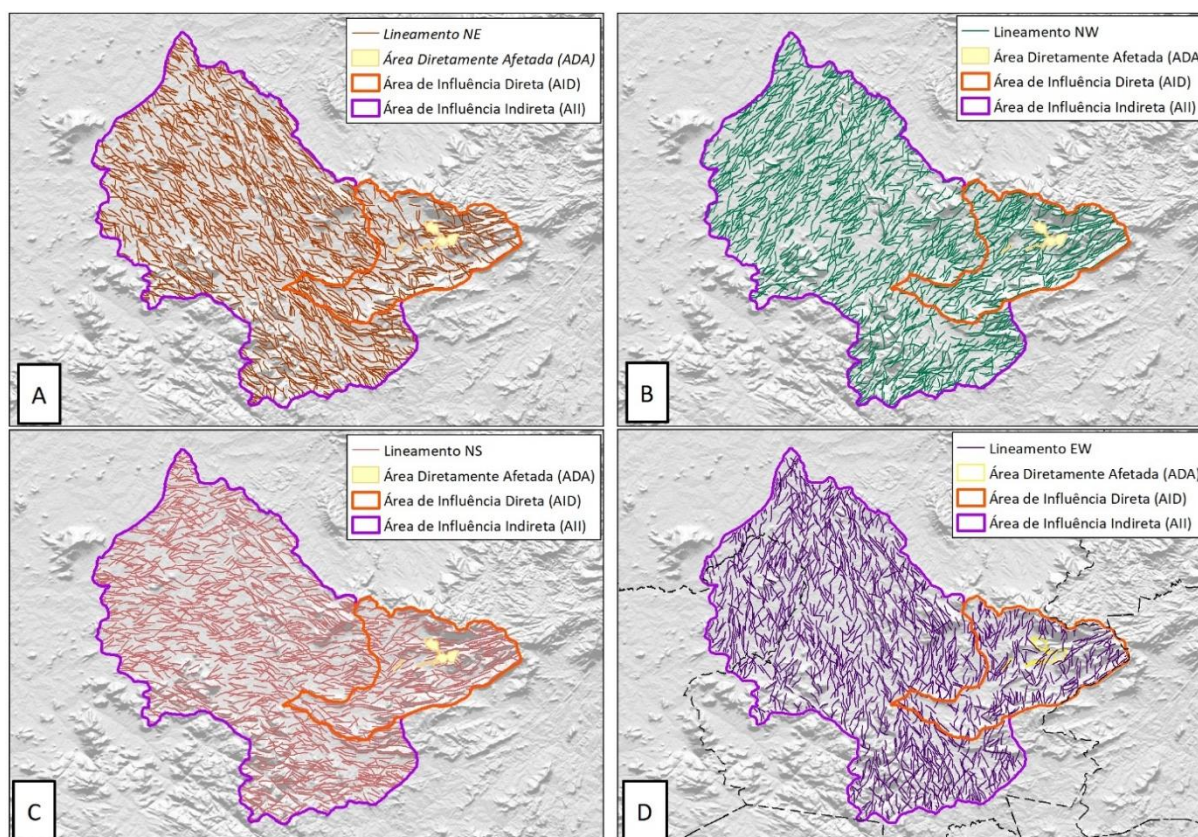


Figura 11.1-98: Imagens do Relevo Sombreado nas direções NE (A), NW (B), NS (C) e EW (D)

Elaboração: Tetra +, com fontes de Topodata e ASF, modificados de BTBExplorers (2023).

Os mapas resultantes foram submetidos a procedimentos de extração automática de lineamentos. Os lineamentos extraídos podem ser observados na Figura 11.1-99.





**Figura 11.1-99: Lineamentos extraídos a partir das imagens de relevo sombreado.**

Fonte: Topodata e ASF.

#### 11.1.7.1.3. 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 11.1-57.

**Quadro 11.1-57: Parâmetros de aquisição do levantamento**

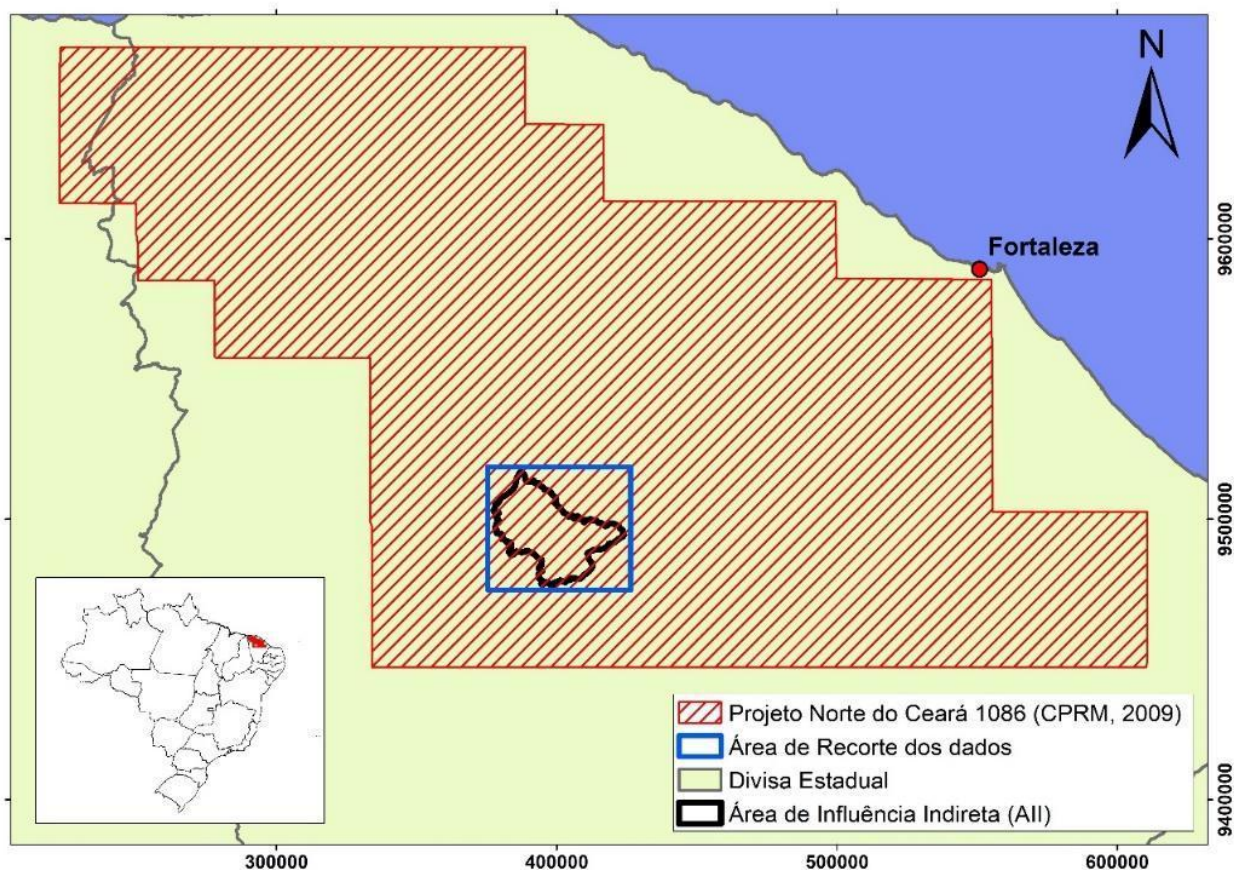
PARÂMETROS	DADOS
Direção das linhas de voo	N-S
Espaçamento entre as linhas	500 m
Direção das linhas de controle	E-W
Intervalo das medições	0,1 s
Altura média de voo	100 m
Velocidade aproximada de voo	262 a 270 km/h

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 11.1-100 mostra a localização da área de recorte em relação ao levantamento e a AII.



**Figura 11.1-100: 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 11.1-101) 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 à concentração destes elementos, que geralmente tem relação direta com a ocorrência dos litotipos que ocorrem na área.



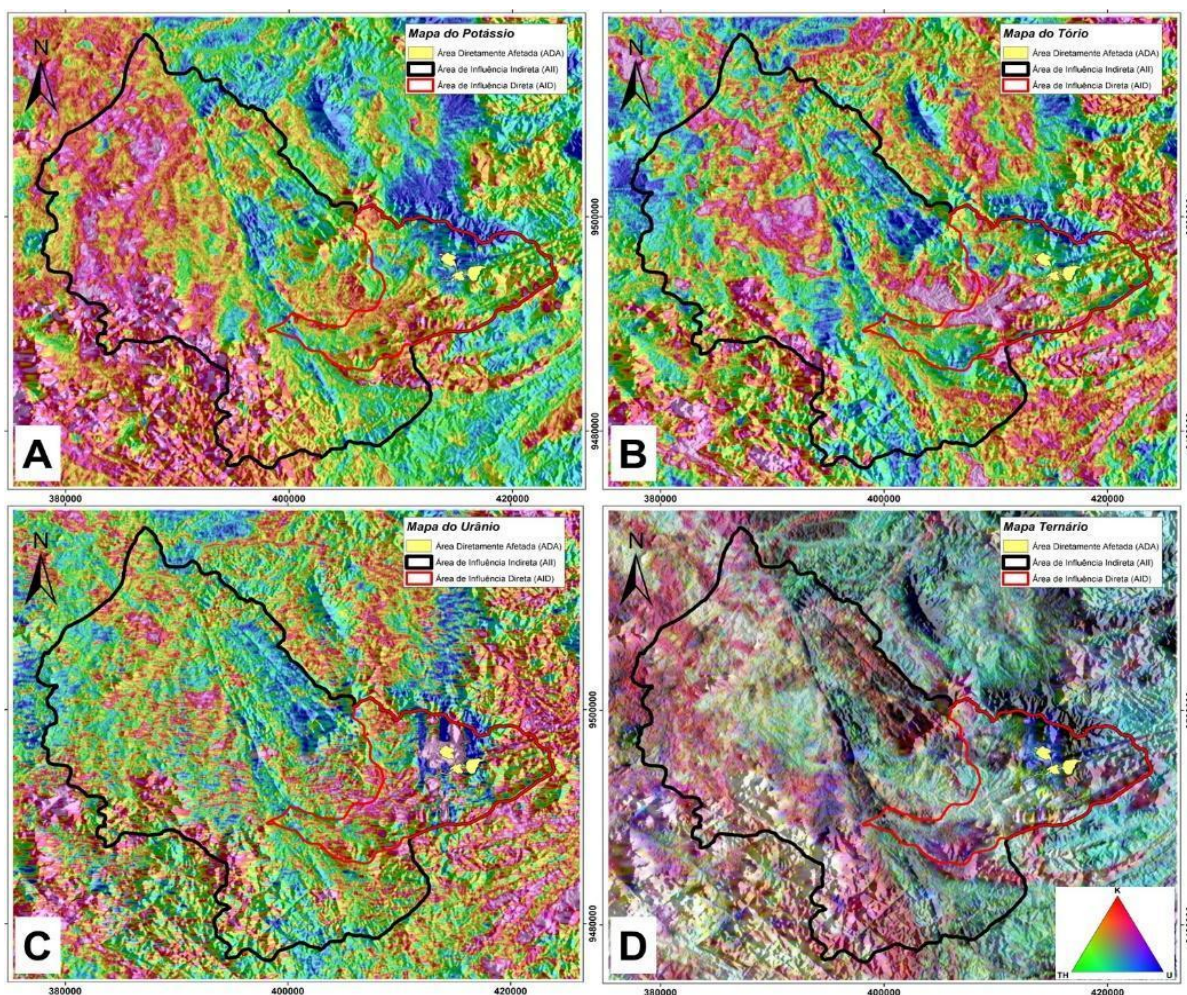
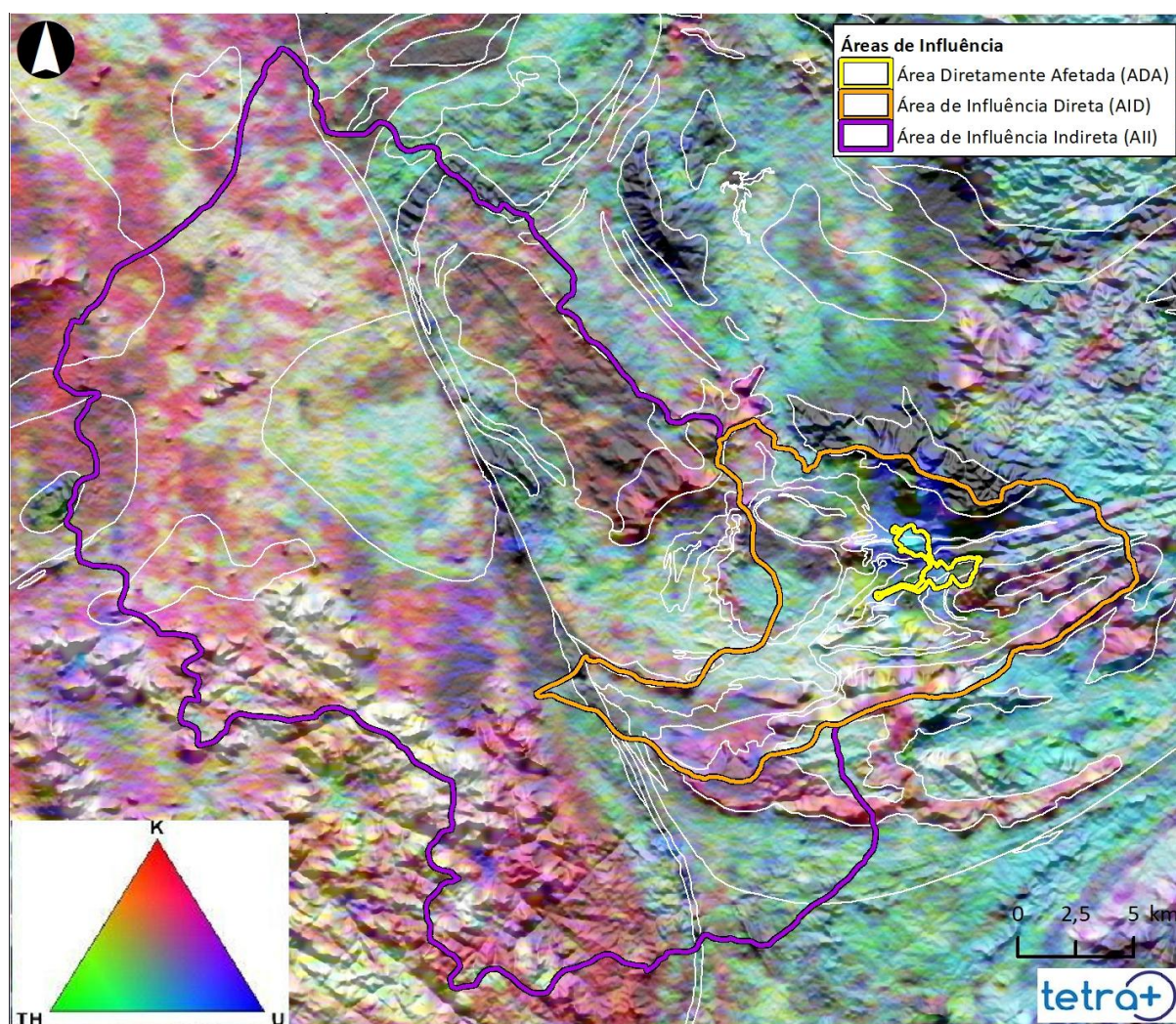


Figura 11.1-101: Mapas gamaespectrométricos: A) Mapa do potássio, B) Mapa do Tório, C) Mapa do Urânio e D) Mapa da composição ternária RGB.

Elaboração: Tetra Mais, 2023, modificado de BTB Explorers, 2020.

A Figura 11.1-102 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.





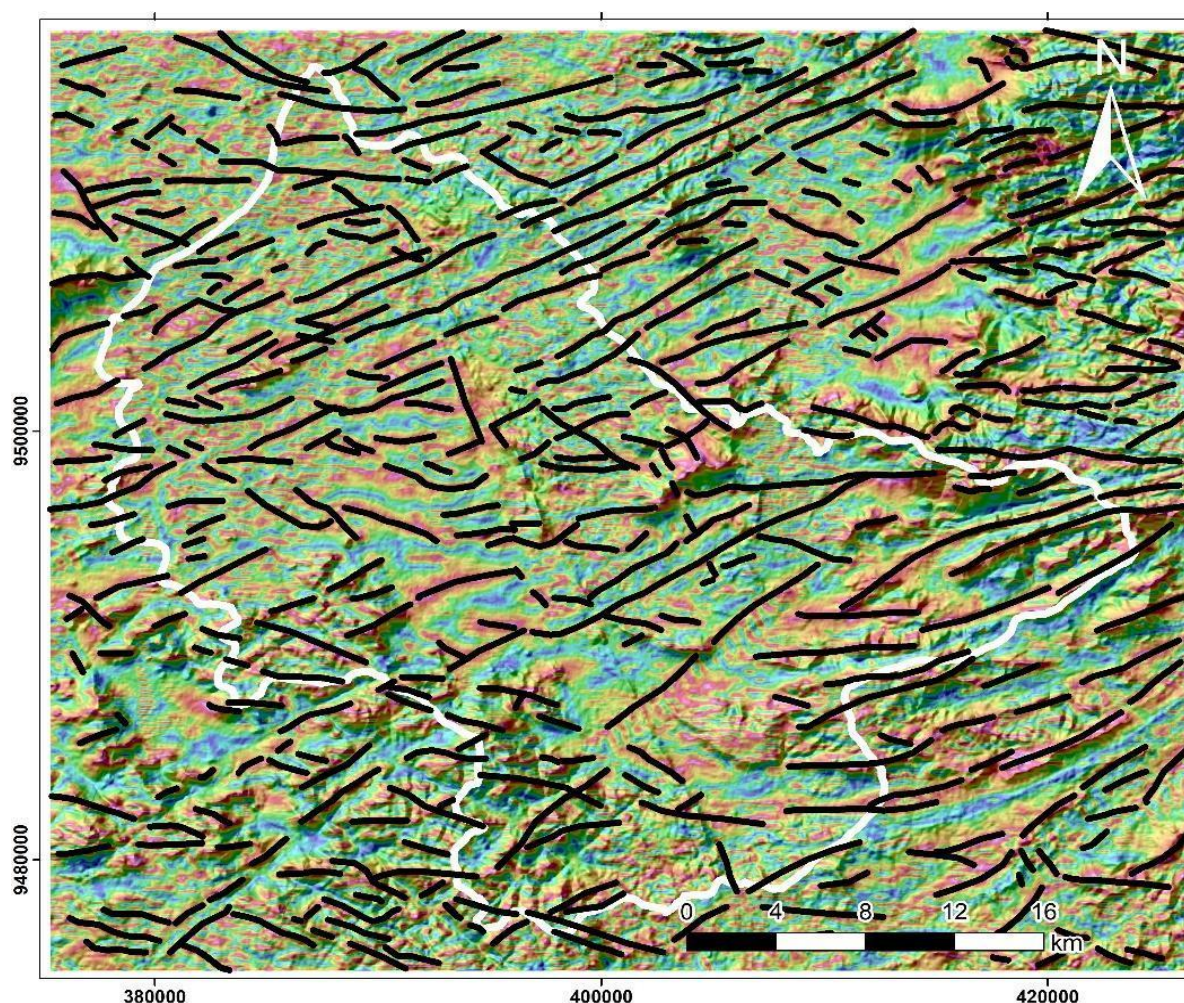
**Figura 11.1-102: Composição ternária RGB sobreposto ao MDE, com os contatos geológicos da Folha Quixadá e o Limite da AII.**

*Elaboração: Tetra Mais 2023, modificado de BTB Explorers 2020.*

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 interpretação 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 11.1-103.





**Figura 11.1-103: Mapa da Inclinação do Sinal Analítico (ISA) com os lineamentos magnético-estruturais interpretados e o Limite da AII (Branco) sobreposto ao MDE.**

*Elaboração: Tetra Mais, modificado de BTB Explorers 2021.*

#### 11.1.7.1.4. Dados primários

Para caracterização da ADA e das áreas de influência, foram considerados como dados primários os levantamentos realizados, conforme detalhamento abaixo:

- Mapa Geológico de Detalhe e Perfis da Jazida em arquivos vetoriais - INB (com dados coletados entre 1979 e 2002) e Mapa Geológico de Detalhe elaborado pela Tetra Mais (BTB Explorers) em 2023;
- Quanto às campanhas de campo realizadas, segue detalhamento.
  - 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).
- 5ª campanha - janeiro a dezembro de 2022 e 18 de maio a 01 de abril de 2023, realizado pela GeoHidro.

Na primeira e segunda campanhas 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 All e a coleta de dados para refinamento do mapa geológico (Mapa 11.1-17).

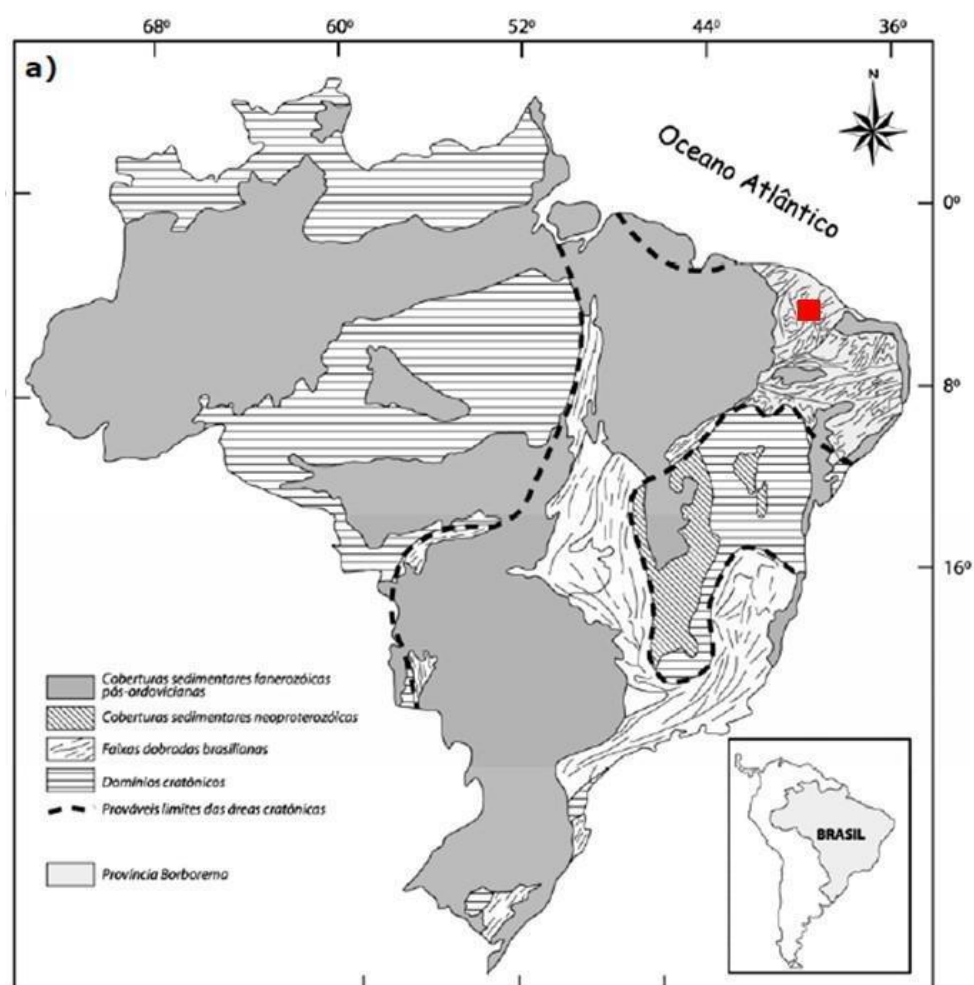
A terceira campanha consistiu também na descrição de afloramentos ao longo de uma estrada secundária que cruza a All, com o espaçamento dos pontos variando de 500 a 2.000 metros, conforme a variação litológica ou disponibilidade de afloramentos, onde foram descritos 50 afloramentos. As fotografias dos afloramentos podem ser observadas no Volume V, Anexo 11.1.7-3. Na quarta campanha de campo, foram realizados 04 ensaios de permeabilidade em diferentes unidades pedológicas.

A quinta e última etapa de campo teve como objetivo a obtenção de aprofundar os conhecimentos geológicos com sondagens e descrição de testemunhos em 2022. Posteriormente em 2023, foram realizados novos ensaios com sondagens a trado na área do empreendimento e uma campanha de mapeamento para confecção da cartografia geológica mais robusta na escala 1:10.000 em uma área do entorno da ADA. Foram descritos um total de 779 afloramentos na ADA. Além de uma nova campanha para a realização de 18 ensaios de permeabilidade para incluir as diferentes litologias e elementos de relevo.

#### 11.1.7.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All)

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 km<sup>2</sup> da Região Nordeste do país. A Província Borborema (Figura 11.1-104) configura parte de uma ampla colisão continental panafricana-brasileira do Neoproterozico, resultante da aglutinação dos crátons São Luís-Oeste Africano e São Francisco-Congo, há aproximadamente 600 milhões de anos (Ma).





**Figura 11.1-104: 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 11.1-105) 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).

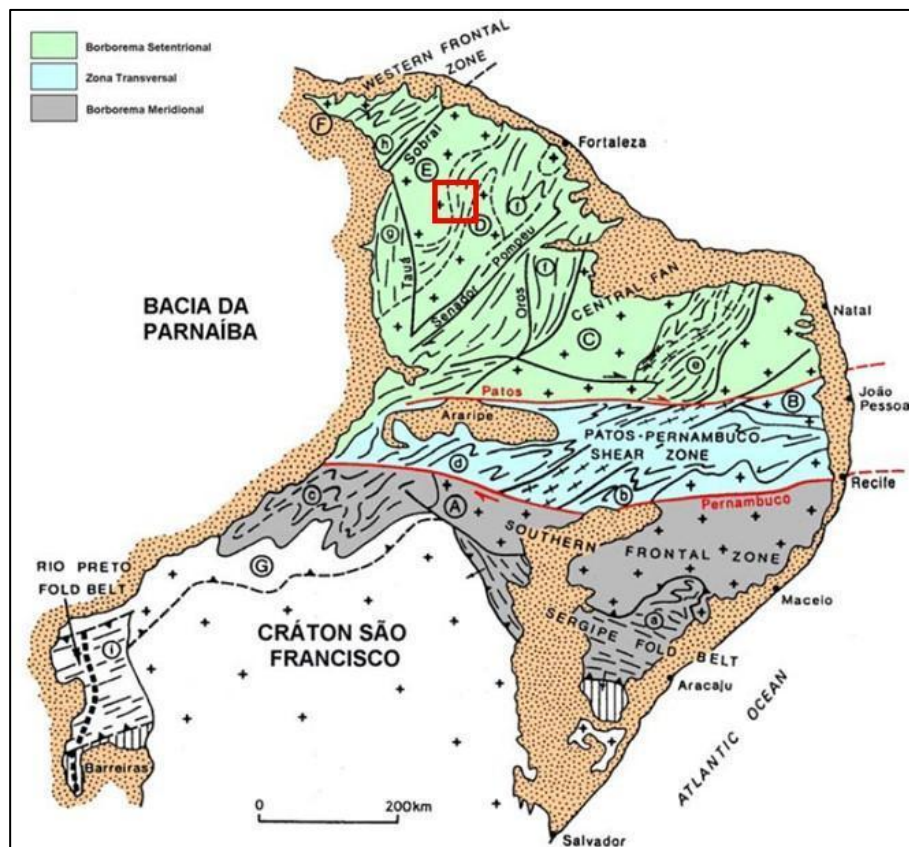
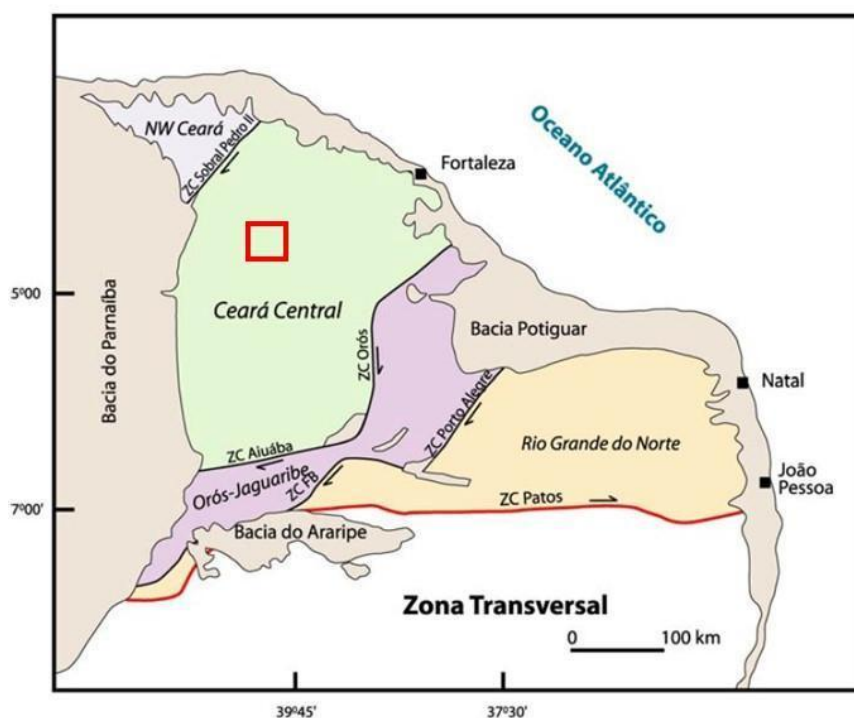


Figura 11.1-105: Subdivisão da Província Borborema.

Fonte: Trompette (1994).

O Domínio Ceará Central é limitado a Oeste pelo Lineamento Transbrasiliiano, 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 11.1-106).



**Figura 11.1-106: Domínios da Província Borborema Setentrional.**

*Fonte: Modificado de Cavalcante (1999).*

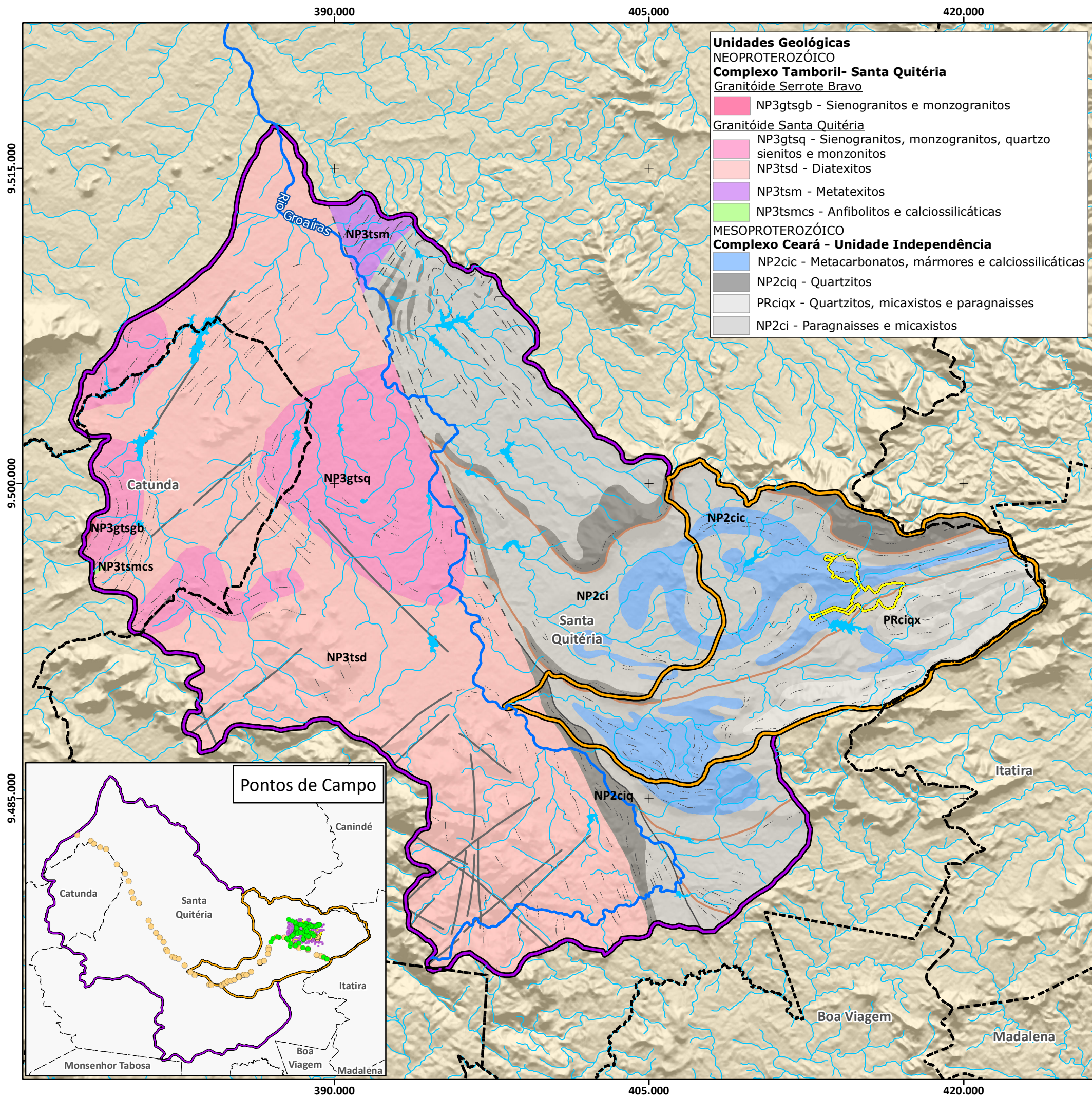
O Domínio do Ceará Central é resultado de uma de longa e complexa história geológica, que vai desde o arqueano até o Ciclo Brasileiro/ Pan Africano, início do Paleozoico. Envolve o “Maciço arqueano de Tróia” (BRITO NEVES, 1975), representado pelo Complexo Cruzeta; que por sua vez compreende seqüências 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 sequências 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 11.1-110), onde afloram o Complexo Tamboril-Santa Quitéria e o Complexo Ceará, separados pela Falha do Rio Groaíras.

Por fim, através dos dados das três primeiras etapas de campo, junto aos dados secundários, foi elaborado o mapa geológico da AII (Mapa 11.1-17).





### Macrolocalização

### Legenda

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Área de Influência Indireta (AII)

**Hidrografia**

Rio Groaíras

Cursos d'água

Massas d'água

**Pontos de Campo**

● ARCADIS logos (2011)

● Tetra Mais (2020/2021)

● Mapemaento Geológico de Detalhe

**Estruturas**

— Falha e/ou Fratura

— Falha e/ou zona de cisalhamento

- - Falha sinistral

--- Lineamento estrutural

— Zona de Cisalhamento Contracional

**Fonte:**

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.

CPRM, 2007. Mapa Geológico 1:250.000

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

- Pontos de campo (Arcadis logo, 2011; Tetra Mais, 2020/2021)

0 2 4 km

1:550.000

**Escala Gráfica**

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

**Consórcio Santa Quitéria**

**tetra+**

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Geologia na Área de Influência Indireta (AII)**

Formato	Escala	Folha
A3	1:185.000	Única
Data	Localização	
24/11/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	



#### 11.1.7.2.1. Neotectônica

A incidência de eventos sísmicos de grandes magnitudes está, geralmente, associada a zonas de interação de placas litosféricas, onde se concentram processos magmáticos e tectônicos. Entretanto, mesmo no interior de grandes placas tectônicas, como é o caso da Placa Sul-Americana, observam-se movimentações tectônicas e ocorrências de sismos, demonstrando que esta estabilidade é relativa. A atividade sísmica do território brasileiro foi, durante muito tempo, considerada desprezível, primeiramente pela inexistência de terremotos catastróficos no país e, secundariamente, por este se inserir inteiramente na Placa Sul-Americana, por sua vez considerada uma região de grande estabilidade tectônica. Sabe-se hoje, porém, que a atividade sísmica no país é significativa e só foi mais bem diagnosticada a partir da implantação de uma rede de monitoramento minimamente capaz de registrar os eventos ocorrentes no território brasileiro.

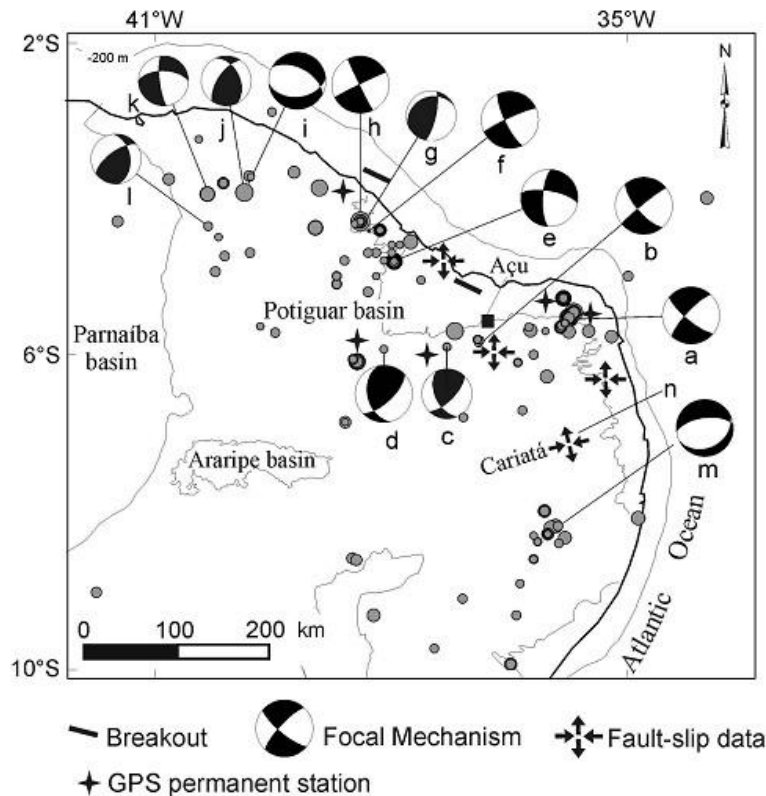
Segundo Berrocal *et. al.* (1984), a correlação entre sismos e a existência de descontinuidades deve ser feita com cautela, embora em alguns casos esta correlação seja muito sugestiva. De toda forma, admite-se que os sismos com profundidade focal da ordem de vários quilômetros devem estar associados às feições tectônicas importantes, preferencialmente falhas preexistentes, que corresponderiam a zonas de fraqueza crustal, suscetíveis à liberação de tensões acumuladas.

Zoback & Zoback (1988) mostraram que a maior parte dos sismos intraplaca parece ocorrer em zonas de fraqueza (falhas pré-existent) em resposta aos esforços atuantes na crosta. Neste sentido, vale lembrar a observação de Assumpção *et. al.* (1985), de que na parte mais sísmicamente ativa do nordeste (ao norte da latitude de 6°S) as estruturas pré-cambrianas tendem a se orientar na direção NE-SW, enquanto ao sul a tendência estrutural é E-W, portanto paralela à suposta compressão regional. De fato, esta relação geométrica entre a orientação das estruturas pré-cambrianas e a direção do esforço compressivo principal justificaria uma maior reativação das estruturas de direção NE-SW localizadas na porção norte do estado em detrimento às demais, consequentemente resultando em maior atividade na extremidade setentrional do Ceará. Bezerra *et al.* (2006) também afirmam que os sismos do nordeste brasileiro tendem a se concentrar ao norte da latitude de 7°S, relativamente próximos à costa - esta com direção WNW-ESE. Esse padrão de distribuição de sismos não mostra uma clara correlação espacial com as grandes falhas Neógenas. Em geral, a atual tensão horizontal máxima segue aproximadamente a linha de costa.

Nas bordas da Bacia Potiguar, área com diversas ocorrências de abalos sísmicos (como os “enxames” de sismos das cidades cearenses de Cascavel, Pacajus, Palhano, além de João Câmara), o campo de tensão Neógeno, conforme se observa na Figura 11.1-107, apresenta



compressão máxima com orientação E-W, e extensão máxima com orientação N-S. O campo de tensão Neógeno gerou falhas direcionais destrais com orientação NE, falhas sinistrais com orientação NW e falhas normais com orientação E-W.

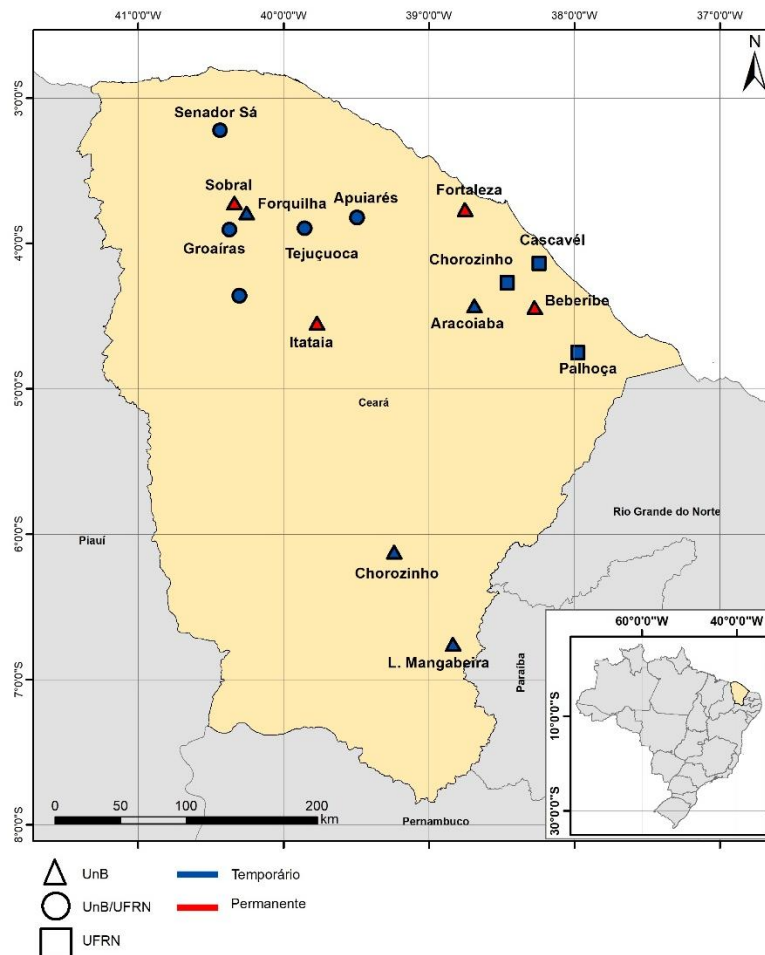


**Figura 11.1-107: Mecanismos focais e locais de estações permanentes de GPS no Nordeste do Brasil** Chave para a localização e idade da simicidade: a - João Câmara, RN (1986-87); b - Barragem Açú, RN (1990-91); c - Augusto Severo, RN (1990); d - Tabuleiro Grande, RN (1993); e - Palhano, CE (1989); f - Cascavel, CE (1994); g - Cascavel, CE (1989); h - Pacajus, CE (1980); i - Irauçuba, CE (1991); j - Irauçuba, CE (1991); k - Senador Sá, CE (1997); l - Groaíras, CE (1988); m - Hidrolândia, CE (1991); n - Caruaru, PE (1991); o - Graben de Cariatá.

Fonte: Extraído de Bezerra et al., 2006.

O monitoramento instrumental do Estado do Ceará iniciou-se em 1982, com a instalação da estação sismográfica de Itaitia. Esta estação, que opera até hoje, foi resultado de uma cooperação que se estabeleceu entre a Universidade de Brasília (UnB) e a INB. Posteriormente, foram instaladas as estações de Sobral, Araçoiaba e Beberibe e, por último a estação sismográfica de Fortaleza. Outras estações e redes sismográficas de caráter temporário foram, também, instaladas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e pela UnB, em períodos de maior atividade sísmica. Atualmente, o Estado do Ceará está sendo monitorado por quatro estações sismográficas permanentes, que operam de forma contínua: Sobral, Beberibe, Itaitia e Fortaleza, conforme mostrado na Figura

11.1-108. A estação de Fortaleza é do tipo digital de três componentes, cujos sensores estão instalados na Serra do Juá, Município de Caucaia, e os seus dados são enviados para a sede da Coordenadoria de Defesa Civil (CEDEC), em Fortaleza (Dados disponíveis em <http://www.obsis.unb.br/media/pdf/Ceara.pdf>).



**Figura 11.1-108: Localização dos sismógrafos no Estado do Ceará.**

*Elaborado por BTB Explorers (2023) Fonte Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (Obsis-UNB).*

Segundo Assumpção (1992), a Bacia Potiguar tem papel fundamental na sismicidade da região, e fatores como o contraste da densidade lateral e a carga sedimentar na plataforma continental são as causas que geram esforços distensionais na parte superior da crosta, próximo aos limites dessa bacia. Os mais importantes sismos ocorridos nesta unidade tectônica são o de Palhano, CE (picos de 4,2 e 4,5  $m_b$ , distando cerca de 190 km da AII; João Câmara, RN (picos de 5,0 e 5,1  $m_b$ , distante cerca de 450 km da AII, além de inúmeros outros registrados no município de Cascavel, CE, distante cerca de 150 km da AII (Cândido Junior, 2009).

Situado em uma região cortada por um conjunto de falhas, o Estado do Ceará apresenta sismicidade contínua e expressiva em relação ao resto do país. Segundo Ferreira (1997), a sismicidade no nordeste brasileiro é, principalmente, do tipo “enxame”, durando períodos entre meses e anos com sismos rasos (profundidades menores que 12 km). Essas características e a predominância de rochas cristalinas (embasamento granítico/gnáissico do escudo Pré-cambriano), aparentemente refletiram em um número significativo de registros, já que estes litotipos facilitam a propagação das ondas sísmicas P (longitudinais primárias) e S (cisalhantes secundárias).

Este mesmo autor ainda determinou vários mecanismos focais, tanto singulares quanto compostos, sendo que os associados a reativações de falhamentos transcorrentes são os predominantes no nordeste brasileiro. Estudos de mecanismo focal em *breakouts* em poços de petróleo (sensores de deformação mecânica inseridos dentro de poços) mostram que a compressão máxima horizontal é paralela à linha costeira norte. Este padrão foi interpretado como produto da superposição de esforços regionais (gerados principalmente por forças de empurrão na dorsal meso-oceânica e forças de colisão nas demais bordas da Placa Sul-Americana) e esforços locais gerados pela transição estrutural continente-oceano.

Berrocal *et. al.* (1984), através da correlação entre dados sísmicos históricos e instrumentais e o arcabouço tectônico brasileiro, definiram sete regiões sismotectônicas: Região Sismotectônica do Sudeste; Região Sismotectônica do Nordeste; Região Sismotectônica Paraguai-Araguaia; Região Sismotectônica Oceânica do Sudeste; Região Sismotectônica do Recôncavo Baiano; Região Sismotectônica do Norte do Maranhão e Região Sismotectônica do Amazonas. Dentre todas, apenas a Região Sismotectônica do Nordeste é significativa para a região circunscrita dentro dos limites definidos para a Área de Abrangência Sísmica (AAS).

A Região Sismotectônica do Nordeste está situada na porção de Dobramentos Brasileiros, que ocupa a região norte-oriental do nordeste brasileiro, onde estão localizados os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. Nesta região estão localizados três pontos principais de registro de atividade sísmica, sendo eles: no norte do estado do Ceará, no nordeste do estado do Rio Grande do Norte e na região ao longo do Lineamento de Pernambuco, com destaque para o evento de Pacajus - CE (epicentro foi localizado no município de Cascavel), em 20/11/1980, com magnitude Richter de 5,2, ocorrido a uma distância de aproximadamente 145 km a leste da All.

O sismo de Pacajus atingiu grau VII na Escala de Mercalli Modificada, sendo considerado um terremoto *muito forte*, no qual há danos em móveis e na estrutura de construções de alvenaria, muitas pessoas acordam, há possibilidade de ocorrer pequenos deslizamentos de

terra etc. No caso particular desse evento, 488 casas precisaram de reformas após o terremoto, e o sismo foi sentido por até 600 km de distância do epicentro. A estação sismográfica de Itataia, a 150 km do epicentro, continuou registrando réplicas deste sismo durante dois anos. Apesar de esse evento ser conhecido como terremoto de Pacajus, seu epicentro foi localizado no município de Cascavel - CE (Cândido Junior, 2009).

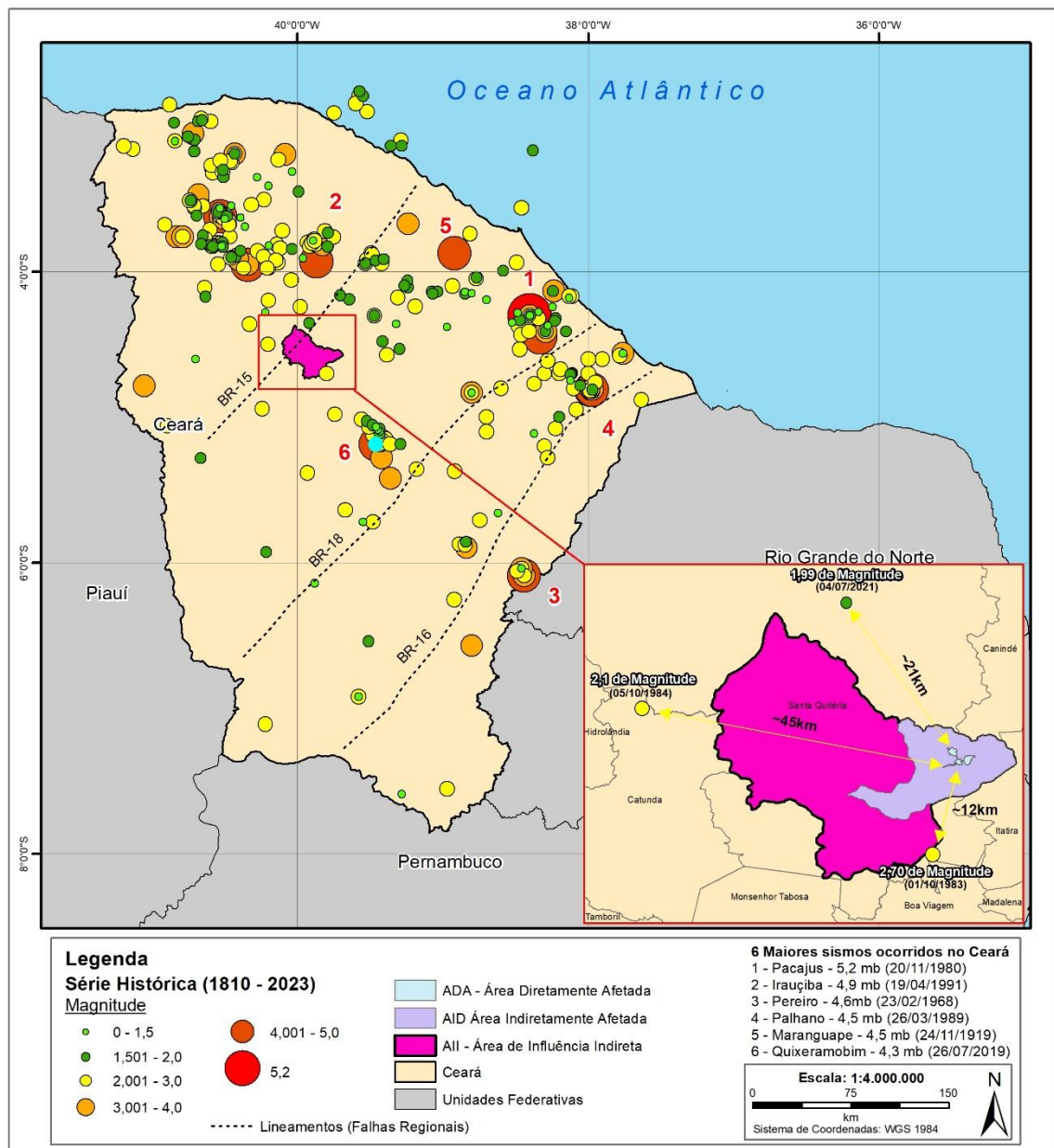
Outro trabalho de destaque nos estudos da sismicidade brasileira consiste na tese de doutoramento de Mito (1993). Este autor subdividiu o Brasil em 26 Zonas Sismogênicas realizando, assim, um trabalho complementar ao de Berrocal *et al.* (1984), incrementando a subdivisão anterior do Brasil em sete zonas sismotectônicas. Segundo Mito (1993), na região de interesse ocorrem duas zonas sismogênicas inseridas dentro da Região Sismotectônica do Nordeste de Berrocal *et al.* (1984): a Zona Sismogênica de Sobral e a Zona Sismogênica de Pacajus. A subdivisão destas províncias se dá pelo Lineamento Pedro-Sobral II (BR-15), que atravessa a All.

A Zona Sismogênica de Sobral é limitada a NW pela Sutura da Granja (NW) e a SE pelo contorno do Maciço de Santa Quitéria (correspondente ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria). A sismicidade está associada aos grandes lineamentos transcorrentes de direção NE-SW, como o Lineamento Pedro-Sobral II (BR-15). Dentro dessa zona sismogênica, há o registro de alguns tremores recentes, como o de Irauçuba, ocorrido em 19/04/1991, de magnitude 4,8  $m_b$ , hipocentro de 7 a 11 km de profundidade, que foi seguido por réplicas menores. A Falha Rio Groaíras, que atravessa a All em sua porção central, limita uma mobilidade diferencial dos blocos Santa Quitéria e Itapagé (Mito, 1993).

A Zona Sismogênica de Pacajus, situada na porção oriental do Estado do Ceará, é limitada a NW pelo Maciço de Santa Quitéria e seu limite leste é a Falha do Jaguaribe, que corresponde à divisa dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Essa zona se encontra associada aos grandes cinturões de cisalhamento proterozóicos de Quixeramobim e Senador Pompeu (ambos com movimentos de caráter destrai), além das falhas de Orós e Jaguaribe. Diversos epicentros são registrados próximos ao lineamento do Cinturão de Senador Pompeu, sugerindo movimentação neotectônica atual associada a este limite, entre os blocos tectônicos do Ceará e Rio Grande (Mito, 1993). Dentre os maiores sismos registrados nessa zona, destacam-se os sismos de Pacajus, de 5,2  $m_b$ , de Palhano, de 4,2  $m_b$  e mais diversos “enxames” de sismos nos municípios de Cascavel, Canindé, Redenção, Pacajus e Palhano.

Na Figura 11.1-109 é possível identificar o levantamento histórico para o estado do Ceará, possivelmente associadas às zonas de falhas, sendo que a maior concentração dos eventos ocorre a leste e, secundariamente, a nordeste da All, a uma distância significativa do empreendimento. Os eventos relevantes mais próximos da All consistem dos ocorridos no

município de Taparuaba, sendo que o de maior magnitude (4,9 mb) ocorreu em 19/04/1991, nesta localidade que dista cerca de 40 km dos limites da AII, mais precisamente a norte desta.



**Figura 11.1-109: Distribuição dos sismos na série histórica do Estado do Ceará.**

Elaborado por BTB Explorers, 2023.

O lineamento Pedro-Sobral II (BR-15), que constitui a parte nordeste do Lineamento Transbrasiliiano, está localizado na parte noroeste do Estado do Ceará (parte norte da Região Nordeste). Esta zona de falha provavelmente se formou durante a primeira metade do Proterozóico e foi reativada durante a Orogênese Brasileira com a acentuação do *Graben*



Jaibaras, preenchido por sedimentos do Neoproterozóico. Esta falha possui comprimento de aproximadamente 155 km e movimentação destal, sendo que sua cinemática foi determinada a partir de análises morfo-neotectônicas regionais e estudos de campo de tensões neotectônicas da porção norte da Região Nordeste (Saadi, 2002). Geomorfologicamente, o lineamento BR-15 está associado com escarpas de linha de falha e exerce forte controle estrutural no vale do rio Acaraú, que não se encontra dentro dos limites da AII.

O lineamento Jaguaribe (BR-16) está localizado na parte nordeste do estado do Ceará (parte norte da Região Nordeste), ao longo da Bacia do rio Jaguaribe. É uma zona de cisalhamento provavelmente formada durante o Proterozóico inferior e médio, reativada durante a Orogênese Brasileira e novamente no Mesozoico, quando controlou a formação de várias pequenas bacias sedimentares. A falha possui, aproximadamente, 209 km de extensão, orientação NE-SW e ocorre na borda leste da AAS. O movimento da falha é, provavelmente, lateral direito (destal), com componente normal. Esta movimentação foi diagnosticada com base em critérios de análise morfo-neotectônica regionais e estudos neotectônicos de campo de tensões da parte norte da Região Nordeste. Geomorfologicamente, o lineamento Jaguaribe controla a depressão fluvial do baixo rio Jaguaribe e pequenas escarpas e cristas (Saadi *et al.*, 2002).

A falha de Arneiroz-Senador Pompeu (BR-18) está localizada na parte central do Estado do Ceará, ao longo da bacia do rio Banabuiú. É uma zona de cisalhamento provavelmente formada durante o Proterozóico médio, reativada durante a orogênese Brasileira e novamente no Mesozoico, quando ocorreram importantes intrusões graníticas pós-tectônicas. A falha possui 386 km de extensão e apresenta movimentação destal (Saadi *et al.* 2002). O epicentro do sismo de Pacajus, considerado o de maior magnitude já registrado no Nordeste, ocorreu a cerca de 30 km a oeste da falha BR-18. No entanto, esse evento aparenta estar mais relacionado com os sismos da borda da Bacia Potiguar do que com eventos ocorridos durante reativações dessa estrutura.

A análise de dados históricos e de mapas de localização de epicentros indica que, no Estado do Ceará, existem registros de sismos que apresentam magnitude oscilando entre 1.7  $m_b$  (município de Iraucuba) até extremos de 5.2  $m_b$  (município de Pacajus). O Quadro 11.1-58 apresenta uma síntese de todos os registros históricos de eventos ocorridos, respectivamente, nos estados do Ceará e Piauí entre os anos de 1814 e 2023, baseados em uma compilação realizada por Berrocal *et al.* (1984) e a Rede Sismográfica Brasileira (RSBR).

Não há registros de sismos ocorridos dentro da AII, sendo que o tremor mais próximo já registrado foi no município de Itaitaia, a 7,5 km ao sul da região mais meridional da AII,

no dia 01/10/1983, de magnitude 2,7  $m_b$ . Ressalta-se que eventos desta magnitude têm baixíssima probabilidade de causar qualquer tipo de dano material e quase nunca são sentidos por pessoas.

**Quadro 11.1-58: Dados históricos e localização de epicentros dos sismos ocorridos no Estado do Ceará**

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
1	19/04/1810	-3,100	-40,840	0,00	Granja	C	-	-
2	1824	-7,590	-39,280	0,00	Jardim	C	-	Fratura de 30 km
3	1846	-3,100	-40,840	0,00	Granja	C	-	-
4	02/12/1852	-4,560	-37,760	0,00	Aracati	C	-	-
5	1852	-3,100	-40,840	0,00	Granja	C	-	-
6	1855	-3,100	-40,840	0,00	Granja	C	-	-
7	maio/1888	-4,190	-38,700	0,00	Acarapé	C	IV	-
8	10/02/1903	-4,380	-38,970	0,00	Baturité	C	-	-
9	12/02/1903	-4,380	-38,970	0,00	Baturité	C	-	-
10	14/02/1903	-4,380	-38,970	0,00	Baturité	C	IV	-
11	15/02/1903	-4,380	-38,970	0,00	Baturité	C	IV	-
12	16/02/1903	-4,380	-38,970	0,00	Baturité	C	IV	-
13	20/07/1903	-4,360	-39,320	0,00	Canindé	C	-	-
14	1903	-	-	-	Pereiro	D	-	-
15	12/03/1905	-	-	-	Pereiro	D	-	-
16	1909	-	-	-	Pereiro	D	-	-
17	27/08/1911	-3,100	-40,840	0,00	Granja	C	-	Dois eventos
18	ago/13	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	C	-	-
19	29/08/1918	-3,690	-40,360	0,00	Sobral	C	-	-

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
20	1918	-	-	-	Pereiro	D	-	-
21	08/05/1919	-4,360	-39,320	0,00	Canindé	C	-	-
22	04/08/1919	-4,360	-39,320	0,00	Canindé	C	-	-
23	24/11/1919	-3,870	-38,920	4,50	Maranguape	B	IV	-
24	17/02/1920	-4,360	-39,320	0,00	Canindé	C	-	-
25	21/02/1920	-4,360	-39,320	0,00	Canindé	C	-	-
26	1927	-6,040	-38,460	3,00	Pereiro	C	IV	-
27	15/04/1928	-4,560	-37,760	4,00	Aracati	C	IV	Área aproximada
28	08/06/1928	-5,420	-39,360	3,60	Lacerda	C	III-IV	-
29	1928	-	-	-	Pereiro	D	-	-
30	05/10/1929	-5,110	-38,370	0,00	Morada nova	C	-	-
31	1929	-4,560	-37,760	0,00	Aracati	C	VI	Meados do ano
32	1942	-3,100	-40,840	3,00	Granja	C	IV	-
33	18/11/1947	-5,110	-38,370	0,00	Morada nova	C	-	-
34	1958	-	-	-	Ibaretama	D	-	-
35	1964	-4,140	-38,850	0,00	Palmácia	C	-	-
36	mar/64	-6,920	-39,580		Farias britto	C	IV	-
37	13/01/1968	-6,090	-38,440	3,90	Pereiro	-	-	(UFRN)
38	13/01/1968	-6,040	-38,460	2,80	Pereiro	-	-	-
39	19/01/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	-

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
40	15/02/1968	-6,090	-38,440	4,10	Pereiro	-	-	(UFRN)
41	23/02/1968	-6,090	-38,440	4,60	Pereiro	-	-	(UFRN, IAG, ISC)
42	23/02/1968	-6,090	-38,440	3,00	Pereiro	-	-	(UFRN) Epicentro inferido
43	23/02/1968	-6,090	-38,440	3,00	Pereiro	-	-	(UFRN) Epicentro inferido
44	23/02/1968	-6,090	-38,440	3,80	Pereiro	-	-	(UFRN) Epicentro inferido
45	25/02/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	-
46	25/02/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	-
47	25/02/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	-
48	03/03/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	Vários até 6/03
49	18/03/1968	-6,040	-38,460	3,70	Pereiro	-	-	-
50	mar/68	-6,920	-39,580	3,00	Farias Brito	-	-	-
51	24/06/1968	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	C	-	Vários eventos
52	ago/68	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	Vários eventos
53	26/04/1969	-4,150	-38,800	0,00	Palmácia	C	-	Dia incerto; vários até 23/05, com rachaduras no solo
54	19/05/1969	-4,150	-38,800	0,00	Palmácia	-	-	-
55	20/05/1969	-4,150	-38,800	0,00	Palmácia	C	-	-
56	21/05/1969	-4,150	-38,800	0,00	Palmácia	C	-	-
57	23/05/1969	-4,150	-38,800	0,00	Palmácia	C	-	-
58	23/09/1971	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	C	-	-
59	16/12/1972	-6,040	-38,460	0,00	Pereiro	-	-	Vários eventos



N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
60	mar/74	-4,180	-38,130	0,00	Beberibe	-	-	Vários eventos
61	15/12/1974	-3,670	-39,240	3,30	S. Luis do Curu	-	-	(UFRN)
62	27/07/1976	-4,830	-38,800	3,00	Ibaretama	C	IV	-
63	29/07/1976	-4,830	-38,800	3,50	Ibaretama		-	Outros s 17 e 18h
64	ago/76	-4,830	-38,800	0,00	Ibaretama	C	-	Vários eventos
65	nov/76	-4,830	-38,800	0,00	Coité	C	-	Oito eventos em 20 dias
66	16/12/1976	-6,040	-38,460		Pereiro	C	-	-
67	12/03/1977	-4,830	-38,800	3,90	Ibaretama	C	VI	-
68	jul/79	-4,600	-40,700	0,00	Ipueiras	C	-	Vários eventos
69	19/11/1980	-5,200	-38,300	2,80	Morada nova	I	-	(IAG)
70	20/11/1980	-4,300	-38,400	5,20	Pacajus	A	VII	(ISC MB=5,2; IAG)
71	20/11/1980	-4,300	-38,400	2,20	Pacajus	C	-	(IAG) EPI, inferido
72	21/11/1980	-4,300	-38,400	2,40	Pacajus	C	-	(IAG) EPI, inferido
73	16/12/1980	-0,400	-38,400		Pacajus	C	V	-
74	16/12/1980	-4,300	-38,400	0,00	Brito	C	-	-
75	24/12/1980	-4,300	-38,400	2,30	Pacajus	C	-	(UnB)
76	02/01/1981	-4,300	-38,400	3,60	Pacajus	C	-	(IAG, UnB) noticiado 15:20
77	12/01/1981	-4,300	-38,400	3,80	Pacajus	C	-	(IAG, UnB)
78	12/01/1981	-4,300	-38,400	2,00	Pacajus	I	-	(UnB)
79	21/04/1981	-4,800	-38,600	2,50	Pacajus	I	-	(IAG, UnB)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
80	22/04/1981	-4,300	-38,400	2,10	Pacajus	I	-	(UnB)
81	28/04/1981	-3,730	-39,790	1,70	Irauçuba	I	-	-
82	19/08/1981	-3,730	-39,790	1,90	Irauçuba	C	IV-V	-
83	09/09/1981	-4,300	-38,400	2,60	Pacajus	I	-	(IAG, UnB)
84	10/09/1981	-3,730	-39,790	2,00	Irauçuba	-	-	(UnB)
85	11/09/1981	-4,300	-38,400	2,70	Pacajus	I	-	(UnB)
86	13/03/1982	-4,300	-38,400	2,70	Pacajus	-	-	(UnB)
87	05/09/1982	-4,300	-38,400	2,20	Pacajus	-	-	(UnB)
88	05/10/1982	-4,500	-40,200	2,10	Santa Quitéria	-	-	(UnB, IAG)
89	04/05/1983	-5,100	-38,700	2,40	Morada nova	-	-	(IAG, UnB)
90	16/09/1983	-4,320	-38,410	2,50	Pacajus	-	-	(UnB, IAG, UFRN)
91	01/10/1983	-4,700	-39,800	2,70	Itataia	-	-	(UnB, IAG, UFRN)
92	18/11/1983	-5,100	-38,700	2,80	Pacajus	-	-	(IAG, UFRN)
93	18/11/1983	-5,000	-38,700	2,30	Pacajus	-	-	(UnB, UFRN, IAG)
94	18/11/1983	-5,000	-38,700	2,60	Pacajus	-	-	(UnB, UFRN, IAG)
95	25/02/1987	-3,720	-39,810	3,00	Itapajé	-	-	(UnB, IAG) Uruburetama
96	22/02/1988	-5,000	-38,200	2,00	Morada nova	-	-	(UnB, IAG)
97	14/03/1988	-4,700	-38,000	2,20	Palhano	-	-	(UnB, IAG)
98	14/03/1988	-4,600	-37,900	2,10	Palhano	-	-	(UnB, IAG)
99	14/03/1988	-4,600	-38,000	2,10	Palhano	-	-	(IAG, UFRN, UnB)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
100	01/04/1988	-3,950	-40,340	4,10	Groaíras	-	-	(UFRN) Sobral
101	01/04/1988	-3,950	-40,340	3,90	Groaíras	-	-	(IAG) Sobral
102	14/04/1988	-4,800	-38,100	2,10	Palhano	-	-	(UnB, IAG)
103	30/04/1988	-4,700	-38,300	2,50	Palhano	-	-	(UnB, IAG)
104	01/05/1988	-4,700	-38,200	2,60	Palhano	-	-	(UnB, IAG)
105	04/10/1988	-4,820	-37,970	2,80	Palhano	-	-	(IAG)
106	18/10/1988	-4,810	-37,980	3,70	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
107	18/10/1988	-4,810	-37,980	3,90	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
108	19/10/1988	-4,810	-37,980	4,20	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
109	29/10/1988	-4,810	-37,970	4,10	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
110	29/10/1988	-4,810	-37,970	3,30	Palhano	-	-	(IAG)
111	29/10/1988	-4,810	-37,970	3,00	Palhano	-	-	(IAG)
112	30/10/1988	-4,810	-37,970	3,20	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
113	10/11/1988	-4,810	-37,980	3,30	Palhano	-	-	(IAG, UFRN)
114	10/12/1988	-4,810	-37,980	3,40	Palhano	-	-	(IAG, UFRN)
115	15/01/1989	-4,810	-37,970	3,60	Palhano	-	-	(IAG, UnB)
116	07/02/1989	-4,810	-37,970	3,10	Palhano	-	-	(IAG)
117	25/03/1989	-4,810	-37,970	3,50	Palhano	-	-	(IAG)
118	25/03/1989	-4,810	-37,970	4,10	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
119	26/03/1989	-4,810	-37,970	4,50	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
120	26/03/1989	-4,810	-37,970	3,70	Palhano	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
121	26/03/1989	-4,810	-37,970	3,90	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
122	13/05/1989	-4,810	-37,970	3,00	Palhano	-	-	(IAG)
123	13/05/1989	-4,810	-37,970	3,20	Palhano	-	-	(IAG)
124	26/05/1989	-4,810	-37,970	4,10	Palhano	-	-	(IAG, UnB, UFRN)
125	03/08/1989	-4,940	-40,240	2,80	Monsenhor Tab.	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
126	26/08/1989	-4,810	-37,970	3,80	Palhano	-	-	(IAG, UnB)
127	28/08/1989	-4,810	-37,970	3,90	Palhano	-	-	(IAG, UFRN, UnB)
128	17/10/1989	-4,810	-37,970	3,60	Palhano	-	-	(IAG, UFRN, UnB)
129	17/10/1989	-4,810	-37,970	4,20	Palhano	-	-	(IAG, UFRN)
130	17/10/1989	-4,810	-37,970	3,50	Palhano	-	-	(IAG, UFRN)
131	17/10/1989	-4,810	-37,970	3,10	Palhano	-	-	(IAG)
132	18/10/1989	-4,810	-37,970	3,00	Palhano	-	-	(IAG)
133	27/12/1989	-3,760	-40,830	3,20	Frecheirinha	-	-	(UFRN, IAG)
134	10/02/1990	-4,330	-38,470	2,00	Pacajus	-	-	(IAG, UFRN, UnB)
135	15/10/1990	-5,720	-39,480	2,50	Mombaça	-	-	(IAG, UFRN)
136	01/11/1990	-5,640	-39,670	2,10	Mombaça	-	-	(UFRN, IAG)
137	08/02/1991	-6,060	-38,490	2,80	Pereiro	-	-	(IAG, UFRN, UnB)
138	17/02/1991	-6,060	-38,490	2,10	Pereiro	-	-	(IAG, UFRN, UnB)
139	19/04/1991	-3,930	-39,870	4,90	Taparuaba	-	-	(UnB, UFRN, IAG, UNESP, IPT)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
140	27/05/1991	-4,360	-40,330	2,40	Hidrolândia	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
141	28/01/1993	-4,810	-37,970	2,00	Palhano	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
142	13/04/1993	-2,900	-39,520	2,40	Plataforma Cont.	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
143	14/04/1993	-3,250	-40,450	2,10	Senador Sá	-	-	(UFRN, UnB)
144	15/04/1993	-3,810	-40,140	2,40	Forquilha	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
145	16/04/1993	-3,810	-40,140	2,50	Forquilha	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
146	23/10/1993	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
147	24/10/1993	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
148	21/11/1993	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
149	21/02/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
150	22/02/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
151	24/02/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
152	13/06/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
153	14/06/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
154	14/06/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
155	14/06/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
156	15/06/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
157	16/06/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
158	18/06/1994	-4,410	-38,290	2,90	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG) vários
159	19/06/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)



N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
160	19/06/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
161	19/06/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
162	20/06/1994	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
163	21/06/1994	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
164	22/06/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
165	23/06/1994	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
166	23/06/1994	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
167	23/06/1994	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
168	23/06/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
169	23/06/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
170	03/07/1994	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
171	07/07/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
172	15/07/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
173	24/07/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
174	24/07/1994	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
175	24/07/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
176	24/07/1994	-4,410	-38,290	2,70	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
177	24/07/1994	-4,410	-38,290	2,90	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
178	25/07/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
179	29/07/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
180	30/07/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
181	01/08/1994	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
182	03/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
183	05/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
184	05/08/1994	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
185	05/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
186	08/08/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
187	08/08/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
188	08/08/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
189	08/08/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
190	10/08/1994	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
191	11/08/1994	-4,410	-38,290	3,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
192	11/08/1994	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
193	11/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
194	15/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
195	15/08/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
196	24/08/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
197	20/09/1994	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
198	21/09/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
199	22/09/1994	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
200	29/09/1994	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
201	02/10/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
202	02/10/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
203	23/10/1994	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
204	27/10/1994	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
205	04/11/1994	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
206	15/11/1994	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
207	13/01/1995	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
208	13/01/1995	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
209	18/01/1995	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB)
210	18/01/1995	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB)
211	18/01/1995	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN)
212	20/01/1995	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB)
213	29/03/1995	-7,110	-40,220	2,60	Aiuaba	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
214	22/04/1995	-4,410	-38,290	3,50	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
215	23/04/1995	-4,670	-38,190	2,70	Hidrolândia	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
216	10/05/1995	-3,910	-40,410	3,40	Groaíras	-	-	(UFRN, IAG)
217	12/10/1995	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
218	03/02/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
219	03/02/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
220	07/02/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
221	16/02/1997	-4,300	-39,470	2,30	Paramoti	-	-	(UFRN)
222	16/02/1997	-4,300	-39,470	2,00	Paramoti	-	-	(UFRN)
223	02/03/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
224	03/03/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
225	04/03/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
226	31/03/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
227	22/04/1997	-3,760	-40,790	3,20	Frecheirinha	-	-	(UFRN, IAG)
228	22/04/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
229	23/04/1997	-4,410	-38,290	2,70	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
230	04/06/1997	-3,760	-40,790	2,40	Frecheirinha	-	-	(UFRN)
231	09/06/1997	-3,190	-40,430	3,20	Senador Sá	-	-	(UFRN, IAG)
232	07/07/1997	-3,190	-40,430	2,40	Senador Sá	-	-	(UFRN, IAG)
233	02/08/1997	-3,190	-40,430	2,00	Senador Sá	-	-	(UFRN, UnB)
234	07/09/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
235	07/09/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
236	08/09/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
237	12/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
238	14/09/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG, UnB)
239	17/09/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
240	18/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
241	19/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
242	19/09/1997	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
243	19/09/1997	-4,410	-38,290	3,60	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
244	19/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN)
245	21/09/1997	-4,410	-38,290	3,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
246	22/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
247	22/09/1997	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
248	22/09/1997	-4,410	-38,290	3,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
249	23/09/1997	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
250	23/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
251	24/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
252	24/09/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
253	26/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
254	26/09/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN)
255	26/09/1997	-4,410	-38,290	2,70	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
256	27/09/1997	-3,190	-40,430	2,00	Senador Sá	-	-	(UFRN)
257	29/09/1997	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB)
258	05/10/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
259	09/10/1997	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)



N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
260	09/10/1997	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
261	23/10/1997	-3,940	-39,530	2,90	Apuiarés	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
262	11/12/1997	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
263	11/12/1997	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
264	12/12/1997	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
265	12/12/1997	-3,190	-40,430	3,00	Senador Sá	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
266	12/12/1997	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
267	12/12/1997	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
268	13/12/1997	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
269	16/12/1997	-4,410	-38,290	3,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
270	20/12/1997	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
271	22/01/1998	-3,870	-39,490	2,10	Tejucuoca	-	-	(UFRN, IAG)
272	02/02/1998	-3,870	-39,490	2,80	Tejucuoca	-	-	(UFRN, IAG)
273	31/03/1998	-3,940	-39,420	2,10	Apuiaries	-	-	(UFRN)
274	01/04/1998	-3,940	-39,420	2,10	Apuiaries	-	-	(UFRN, IAG)
275	22/04/1998	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
276	29/04/1998	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
277	02/06/1998	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
278	04/06/1998	-4,410	-38,290	4,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG) Fortaleza II MM
279	04/06/1998	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
280	04/06/1998	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
281	04/06/1998	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
282	09/06/1998	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
283	11/06/1998	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
284	11/06/1998	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
285	11/06/1998	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
286	02/07/1998	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
287	03/07/1998	-4,410	-38,290	2,50	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
288	10/07/1998	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
289	04/08/1998	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
290	04/08/1998	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
291	06/09/1998	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
292	18/10/1998	-4,410	-38,290	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
293	20/10/1998	-4,410	-38,290	2,40	Cascavel	-	-	(UFRN, IAG)
294	07/01/1999	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
295	31/05/1999	-4,410	-38,150	2,00	Cascavel	-	-	(UFRN)
296	31/07/1999	-4,410	-38,290	2,30	Cascavel	-	-	(UFRN)
297	13/08/1999	-3,940	-39,530	2,00	Apuiarés	-	-	(UFRN)
298	22/12/1999	-4,410	-38,290	2,20	Cascavel	-	-	(UFRN)
299	22/12/1999	-4,410	-38,290	2,80	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
300	22/12/1999	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
301	23/12/1999	-4,410	-38,290	2,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
302	22/01/2000	-4,410	-38,290	3,30	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
303	22/01/2000	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN)
304	23/01/2000	-4,410	-38,290	3,10	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
305	23/01/2000	-4,410	-38,290	3,00	Cascavel	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
306	25/02/2000	-4,410	-38,290	2,70	Cascavel	-	-	(UnB, IAG, UFRN)
307	29/06/2000	-4,410	-38,290	3,50	Cascavel	-	-	(UnB)
308	04/07/2000	-4,450	-38,330	4,10	Pitombeiras	-	-	(UnB, UFRN)
309	23/09/2000	-4,300	-38,400	3,10	Pacajus	-	-	(UnB)
310	06/10/2000	-3,190	-40,430	3,20	Senador Sá	-	-	(UFRN, UnB)
311	17/10/2000	-3,190	-40,430	3,00	Senador Sá	-	-	(UFRN, UnB)
312	10/11/2000	-4,300	-38,400	3,00	Pacajus	-	-	(UnB)
313	23/01/2001	-5,280	-39,420	3,30	Quixeramobim	-	-	(IAG, UFRN)
314	26/02/2001	-4,410	-38,290	3,70	Cascavel	-	-	(IAG, UnB) (IAG 3,5,UnB 3,8)
315	20/05/2003	-4,240	-39,980	2,50	Taparuaba	-	-	(IAG)
316	12/01/2004	-6,570	-38,800	3,20	Icó	-	-	(IAG)
317	06/02/2004	-4,980	-39,740	2,80	Guia	-	-	(IAG)
318	24/08/2004	-4,370	-38,480	3,00	Chorozinho	-	-	(UFRN, UnB, IAG)
319	14/06/2006	-4,410	-38,290	2,60	Cascavel	-	-	(UFRN)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
320	28/06/2006	-4,410	-38,290	3,10	Cascavel	-	-	(UFRN)
321	15/04/2007	-3,230	-40,130	2,90	Morrinhos	-	-	(UnB)
322	25/06/2007	-5,280	-38,280	2,10	Castanhão	-	-	(UFRN)
323	10/07/2007	-5,280	-38,280	2,30	Castanhão	-	-	(UFRN)
324	28/01/2008	-3,620	-40,530	2,50	Sobral	-	-	(UFRN)
325	02/02/2008	-3,620	-40,530	2,80	Sobral	-	-	(UFRN) vários
326	15/02/2008	-6,140	-39,880		Catarina	-	-	(Diário do Nordeste)
327	17/02/2008	-3,620	-40,530	3,70	Sobral	-	-	(UFRN, UnB)
328	04/04/2008	-3,620	-40,530	3,90	Sobral	-	-	(UFRN)
329	06/04/2008	-5,660	-38,620		Jaguaribara	-	-	(UFRN)
330	01/05/2008	-3,620	-40,530	3,10	Sobral	-	-	(UFRN)
331	21/05/2008	-3,620	-40,530	4,20	Sobral	-	-	(UFRN, UnB, IPT)
332	21/05/2008	-3,620	-40,530	3,90	Sobral	-	-	(UFRN, UnB, IPT)
333	11/09/2008	-3,620	-40,530	2,40	Sobral	-	-	(UnB, UFRN)
334	15/09/2008	-3,620	-40,530	2,40	Sobral	-	-	(UnB, UFRN)
335	19/09/2008	-3,620	-40,530	2,10	Sobral	-	-	(UnB, UFRN)
336	26/10/2008	-3,620	-40,530	2,20	Sobral	-	-	(UnB, UFRN)
337	12/10/2008	-3,620	-40,530	2,40	Sobral	-	-	(UnB, UFRN)
338	19/12/2008	-3,630	-40,510	3,50	S.da Meruoca	-	-	(UFRN)
339	09/02/2009	-3,630	-40,510	3,50	S.da Meruoca	-	-	(UFRN, UnB)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
340	31/07/2009	-3,620	-40,530	3,40	Alcantaras	-	-	(UnB)
341	21/12/2009	-3,550	-40,650	2,90	Coreauh	-	-	(UFRN)
342	31/10/2010	-3,630	-40,510	3,10	S.da Meruoca	-	-	(UFRN)
343	08/08/2011	-3,630	-40,510	3,00	S.da Meruoca	-	-	(UFRN)
344	24/01/2012	-3,604	-40,508	1,62	Alcantaras	-	-	(USP)
345	17/02/2012	-3,154	-41,130	2,35	Barroquinha	-	-	(USP)
346	26/04/2012	-4,167	-38,110	2,08	Beberibe	-	-	(USP)
347	02/05/2012	-4,101	-39,248	1,95	Paramoti	-	-	(USP)
348	02/08/2012	-3,630	-40,510	2,90	S.da Meruoca	-	-	(UFRN, UnB)
349	17/03/2013	-3,672	-40,467	2,57	Alcantaras	-	-	(USP)
350	25/11/2013	-3,758	-40,462	2,28	Coreau	-	-	(USP)
351	20/04/2014	-2,967	-40,597	2,25	Jijoca de Jericoacoara	-	-	(USP)
352	16/11/2014	-3,524	-40,681	3,61	Coreau	-	-	(USP)
353	07/02/2015	-3,576	-40,542	2,02	Alcantaras	-	-	(USP)
354	18/03/2015	-3,992	-38,583	1,73	Pacatuba	-	-	(USP)
355	26/03/2015	-4,167	-38,131	2,46	Beberibe	-	-	(USP)
356	15/04/2015	-5,357	-39,182	2,18	Quixeramobim	-	-	(USP)
357	18/04/2015	-4,879	-37,633	2,13	Jaguaruana	-	-	(USP)
358	13/05/2015	-3,588	-40,541	2,97	Alcantaras	-	-	(USP)
359	05/06/2015	-4,612	-38,280	2,67	Ocara	-	-	(USP)



N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
360	20/07/2015	-3,048	-40,717	3,27	Granja	-	-	(USP)
361	26/07/2015	-2,968	-40,682	1,80	Camocim	-	-	(USP)
362	29/07/2015	-3,350	-40,510	1,74	Senador Sa	-	-	(USP)
363	10/09/2015	-3,817	-39,905	2,27	Iraucuba	-	-	(USP)
364	10/09/2015	-3,787	-39,892	1,33	Iraucuba	-	-	(USP)
365	14/09/2015	-3,825	-39,793	1,67	Iraucuba	-	-	(USP)
366	15/09/2015	-3,798	-39,931	2,51	Iraucuba	-	-	(USP)
367	08/10/2015	-3,812	-39,909	2,52	Iraucuba	-	-	(USP)
368	08/10/2015	-7,555	-38,972	2,40	Brejo Santo	-	-	(USP)
369	09/10/2015	-5,369	-38,920	2,32	Banabuiu	-	-	(USP)
370	16/10/2015	-3,823	-40,522	1,29	Carire	-	-	(USP)
371	20/10/2015	-3,820	-40,194	1,47	Forquilha	-	-	(USP)
372	25/10/2015	-3,274	-40,578	2,04	Uruoca	-	-	(USP)
373	25/10/2015	-3,287	-40,587	2,82	Uruoca	-	-	(USP)
374	25/10/2015	-3,319	-40,581	2,27	Uruoca	-	-	(USP)
375	25/10/2015	-3,269	-40,592	2,53	Uruoca	-	-	(USP)
376	13/12/2015	-3,737	-38,811	2,39	Caucaia	-	-	(USP)
377	25/12/2015	-3,817	-39,827	3,53	Iraucuba	-	-	(USP)
378	06/01/2016	-3,776	-39,886	2,60	Iraucuba	-	-	(USP)
379	06/01/2016	-3,826	-39,916	2,40	Iraucuba	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
380	11/01/2016	-3,809	-39,877	2,35	Iraucuba	-	-	(USP)
381	18/01/2016	-3,800	-39,899	2,13	Iraucuba	-	-	(USP)
382	06/03/2016	-5,859	-38,839	1,70	Solonopole	-	-	(USP)
383	06/03/2016	-5,874	-38,885	2,63	Solonopole	-	-	(USP)
384	06/03/2016	-5,877	-38,846	2,79	Solonopole	-	-	(USP)
385	14/03/2016	-5,897	-38,837	3,43	Solonopole	-	-	(USP)
386	05/03/2017	-3,503	-40,230	2,61	Santana do Acarau	-	-	(USP)
387	10/04/2017	-3,193	-40,085	3,12	Morrinhos	-	-	(USP)
388	25/07/2017	-4,129	-38,236	3,26	Cascavel	-	-	(USP)
389	14/04/2018	-3,628	-40,390	1,27	Meruoca	-	-	(USP)
390	11/05/2018	-4,948	-38,082	2,33	Palhano	-	-	(USP)
391	24/05/2018	-3,785	-39,880	2,53	Iraucuba	-	-	(USP)
392	13/06/2018	-4,783	-38,053	1,81	Palhano	-	-	(USP)
393	10/07/2018	-5,720	-39,550	1,22	Mombaca	-	-	(USP)
394	25/07/2018	-4,151	-38,846	1,90	Palmacia	-	-	(USP)
395	18/09/2018	-3,468	-40,680	3,06	Moraujo	-	-	(USP)
396	08/10/2018	-3,546	-40,455	1,55	Meruoca	-	-	(USP)
397	18/03/2019	-5,096	-39,430	1,51	Quixeramobim	-	-	(USP)
398	18/03/2019	-5,147	-39,395	2,28	Quixeramobim	-	-	(USP)
399	18/03/2019	-5,157	-39,422	2,42	Quixeramobim	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
400	19/03/2019	-5,191	-39,432	2,32	Quixeramobim	-	-	(USP)
401	20/03/2019	-5,177	-39,422	2,91	Quixeramobim	-	-	(USP)
402	23/03/2019	-5,077	-39,435	2,00	Quixeramobim	-	-	(USP)
403	23/03/2019	-5,090	-39,450	2,08	Quixeramobim	-	-	(USP)
404	23/03/2019	-5,123	-39,478	2,48	Quixeramobim	-	-	(USP)
405	30/03/2019	-5,185	-39,362	2,93	Quixeramobim	-	-	(USP)
406	19/04/2019	-5,154	-39,427	3,44	Quixeramobim	-	-	(USP)
407	15/07/2019	-5,086	-39,447	1,43	Quixeramobim	-	-	(USP)
408	24/07/2019	-5,013	-39,559	2,77	Quixeramobim	-	-	(USP)
409	24/07/2019	-5,070	-39,508	2,67	Quixeramobim	-	-	(USP)
410	26/07/2019	-5,185	-39,462	4,37	Quixeramobim	-	-	(USP)
411	09/08/2019	-4,370	-38,275	1,47	Chorozinho	-	-	(USP)
412	14/10/2019	-4,781	-41,053	3,03	Poranga	-	-	(USP)
413	03/11/2019	-4,815	-37,985	2,62	Palhano	-	-	(USP)
414	03/11/2019	-4,762	-37,950	2,37	Palhano	-	-	(USP)
415	16/11/2019	-4,239	-38,245	0,98	Cascavel	-	-	(USP)
416	16/02/2020	-3,090	-40,706	2,00	Granja	-	-	(USP)
417	07/04/2020	-4,105	-39,239	1,65	Paramoti	-	-	(USP)
418	14/04/2020	-3,172	-40,710	1,97	Granja	-	-	(USP)
419	26/04/2020	-4,698	-38,109	1,56	Palhano	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
420	26/04/2020	-4,747	-38,119	1,29	Palhano	-	-	(USP)
421	26/04/2020	-4,320	-38,224	1,79	Beberibe	-	-	(USP)
422	27/04/2020	-4,703	-38,115	2,00	Palhano	-	-	(USP)
423	03/05/2020	-5,027	-39,523	1,77	Quixeramobim	-	-	(USP)
424	06/05/2020	-3,588	-40,518	1,81	Alcantaras	-	-	(USP)
425	06/05/2020	-3,589	-40,519	1,56	Alcantaras	-	-	(USP)
426	07/05/2020	-3,594	-40,524	1,78	Alcantaras	-	-	(USP)
427	08/05/2020	-4,705	-38,122	1,70	Palhano	-	-	(USP)
428	10/05/2020	-4,339	-38,229	1,64	Beberibe	-	-	(USP)
429	11/05/2020	-5,281	-40,664	1,63	Crateus	-	-	(USP)
430	26/05/2020	-3,904	-39,962	1,18	Iraucuba	-	-	(USP)
431	31/05/2020	-3,299	-40,511	1,63	Uruoca	-	-	(USP)
432	28/06/2020	-3,311	-40,515	2,18	Uruoca	-	-	(USP)
433	29/06/2020	-3,350	-40,278	1,34	Santana do Acaraú	-	-	(USP)
434	29/06/2020	-3,409	-40,199	1,41	Santana do Acaraú	-	-	(USP)
435	29/06/2020	-3,896	-40,434	1,92	Groairas	-	-	(USP)
436	04/07/2020	-3,069	-40,754	1,68	Granja	-	-	(USP)
437	07/07/2020	-4,320	-38,340	2,47	Chorozinho	-	-	(USP)
438	17/07/2020	-3,510	-40,734	1,92	Coreaú	-	-	(USP)
439	20/07/2020	-3,855	-40,275	2,46	Forquilha	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
440	17/08/2020	-3,762	-39,749	2,10	Iraucuba	-	-	(USP)
441	19/08/2020	-4,197	-40,199	2,01	Santa Quitéria	-	-	(USP)
442	24/08/2020	-3,897	-40,423	2,00	Groairas	-	-	(USP)
443	26/08/2020	-3,653	-40,469	2,02	Alcantaras	-	-	(USP)
444	26/08/2020	-3,923	-39,462	1,88	Apuias	-	-	(USP)
445	31/08/2020	-3,561	-40,708	2,67	Coreau	-	-	(USP)
446	31/08/2020	-3,449	-39,991	1,97	Santana de Acarau	-	-	(USP)
447	19/09/2020	-3,134	-41,196	2,69	Chaval	-	-	(USP)
448	21/09/2020	-3,974	-40,368	2,41	Groairas	-	-	(USP)
449	29/09/2020	-2,946	-40,662	2,37	Camocim	-	-	(USP)
450	29/09/2020	-2,956	-40,655	1,76	Camocim	-	-	(USP)
451	29/09/2020	-3,612	-40,693	1,90	Coreau	-	-	(USP)
452	15/10/2020	-3,545	-40,713	2,06	Coreau	-	-	(USP)
453	29/10/2020	-3,899	-40,455	1,98	Carire	-	-	(USP)
454	07/01/2021	-3,540	-40,318	2,19	Massape	-	-	(USP)
455	07/01/2021	-3,715	-40,104	2,14	Sobral	-	-	(USP)
456	15/01/2021	-5,114	-39,435	1,91	Quixeramobim	-	-	(USP)
457	26/01/2021	-3,843	-40,038	1,92	Forquilha	-	-	(USP)
458	27/01/2021	-4,350	-38,522	1,52	Chorozinho	-	-	(USP)
459	27/01/2021	-4,284	-38,485	1,49	Chorozinho	-	-	(USP)



N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
460	27/01/2021	-4,060	-39,242	1,95	Paramoti	-	-	(USP)
461	27/01/2021	-4,093	-39,262	1,65	Paramoti	-	-	(USP)
462	07/02/2021	-4,134	-38,242	1,85	Cascavel	-	-	(USP)
463	09/02/2021	-4,276	-38,341	1,47	Pacajus	-	-	(USP)
464	20/02/2021	-3,934	-38,492	2,05	Itaitinga	-	-	(USP)
465	27/02/2021	-5,053	-39,482	1,84	Madalena	-	-	(USP)
466	15/03/2021	-3,239	-40,460	2,12	Senador Sa	-	-	(USP)
467	22/04/2021	-4,533	-38,471	2,37	Ocara	-	-	(USP)
468	24/04/2021	-6,541	-39,509	1,86	Cariús	-	-	(USP)
469	26/05/2021	-2,791	-39,549	1,93	Margem Continental	-	-	(USP)
470	28/05/2021	-3,817	-40,600	1,73	Mucambo	-	-	(USP)
471	07/06/2021	-4,477	-39,415	1,74	Canindé	-	-	(USP)
472	07/06/2021	-4,058	-40,042	2,41	Tejuçuoca	-	-	(USP)
473	14/06/2021	-5,067	-39,457	1,52	Quixeramobim	-	-	(USP)
474	15/06/2021	-3,802	-40,552	2,31	Carire	-	-	(USP)
475	02/07/2021	-3,855	-40,390	1,79	Groaíras	-	-	(USP)
476	02/07/2021	-3,749	-40,650	1,92	Coreaú	-	-	(USP)
477	04/07/2021	-4,354	-39,919	1,99	Santa Quitéria	-	-	(USP)
478	06/07/2021	-3,638	-40,501	1,41	Alcantaras	-	-	(USP)
479	06/07/2021	-3,709	-40,601	2,35	Alcantaras	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
480	03/08/2021	-3,838	-40,119	2,72	Forquilha	-	-	(USP)
481	11/08/2021	-2,758	-39,573	1,87	Margem Cont.Itarema	-	-	(USP)
482	26/08/2021	-3,094	-39,286	2,61	Trairi	-	-	(USP)
483	02/09/2021	-3,133	-39,357	1,98	Trairi	-	-	(USP)
484	18/09/2021	-3,936	-40,133	2,03	Forquilha	-	-	(USP)
485	23/09/2021	-3,947	-40,546	2,54	Carire	-	-	(USP)
486	25/11/2021	-3,805	-40,529	2,50	Carire	-	-	(USP)
487	07/12/2021	-3,799	-40,516	1,56	Carire	-	-	(USP)
488	07/12/2021	-3,676	-40,911	2,68	Tiangua	-	-	(USP)
489	10/12/2021	-3,821	-40,581	2,48	Carire	-	-	(USP)
490	22/12/2021	-5,927	-40,215	1,71	Taua	-	-	(USP)
491	22/01/2022	-3,974	-40,198	2,39	Forquilha	-	-	(USP)
492	22/01/2022	-3,562	-38,459	2,51	Plataforma Continental	-	-	(USP)
493	27/01/2022	-4,189	-39,643	1,79	Tejucuoca	-	-	(USP)
494	27/01/2022	-4,160	-39,706	1,58	Tejucuoca	-	-	(USP)
495	08/02/2022	-4,528	-39,298	1,96	Caninde	-	-	(USP)
496	20/02/2022	-4,571	-39,384	2,34	Caninde	-	-	(USP)
497	16/03/2022	-5,186	-39,291	1,99	Quixeramobim	-	-	(USP)
498	17/03/2022	-4,038	-38,767	1,98	Guaiuba	-	-	(USP)
499	17/03/2022	-4,047	-38,770	2,16	Palmacia	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
500	20/03/2022	-4,177	-39,310	2,34	Paramoti	-	-	(USP)
501	29/03/2022	-3,509	-40,741	2,02	Moraujo	-	-	(USP)
502	04/04/2022	-3,312	-40,037	0,28	Morrinhos	-	-	(USP)
503	08/04/2022	-2,788	-39,575	2,27	Margem Continental	-	-	(USP)
504	08/04/2022	-2,843	-39,599	2,39	Margem Continental	-	-	(USP)
505	19/04/2022	-3,825	-40,587	2,34	Carire	-	-	(USP)
506	05/05/2022	-2,908	-39,746	2,31	Margem Continental	-	-	(USP)
507	09/05/2022	-3,133	-39,281	1,68	Margem Continental	-	-	(USP)
508	15/05/2022	-3,164	-38,380	1,61	Plataforma Continental	-	-	(USP)
509	08/07/2022	-3,896	-40,233	2,15	Forquilha	-	-	(USP)
510	03/08/2022	-3,906	-40,457	2,86	Carire	-	-	(USP)
511	12/09/2022	-3,772	-40,635	2,15	Mucambo	-	-	(USP)
512	12/10/2022	-5,059	-40,892	2,12	Ipaporanga	-	-	(USP)
513	24/10/2022	-5,710	-38,744	2,67	Jaguetama	-	-	(USP)
514	30/10/2022	-4,576	-37,783	2,05	Reg. de Aracati	-	-	(USP)
515	12/01/2023	-3,920	-40,148	2,07	Forquilha	-	-	(USP)
516	01/02/2023	-3,974	-40,207	2,24	Forquilha	-	-	(USP)
517	27/02/2023	-3,589	-40,544	1,78	Alcantaras	-	-	(USP)
518	27/02/2023	-3,808	-40,662	1,88	Mucambo	-	-	(USP)
519	01/03/2023	-3,677	-40,469	2,41	Alcantaras	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
520	11/03/2023	-3,918	-39,521	2,61	Tejucuoca	-	-	(USP)
521	17/03/2023	-3,236	-40,530	2,32	Uruoca	-	-	(USP)
522	17/03/2023	-3,565	-40,532	1,42	Alcantaras	-	-	(USP)
523	24/03/2023	-3,827	-40,516	1,57	Carire	-	-	(USP)
524	06/04/2023	-3,827	-40,581	1,87	Carire	-	-	(USP)
525	09/04/2023	-3,618	-40,486	1,62	Alcantaras	-	-	(USP)
526	23/04/2023	-4,135	-39,075	1,70	Caridade	-	-	(USP)
527	24/04/2023	-4,135	-39,034	1,83	Pacoti	-	-	(USP)
528	24/04/2023	-4,236	-39,190	2,21	Caridade	-	-	(USP)
529	25/04/2023	-3,882	-39,484	2,25	Apuiaries	-	-	(USP)
530	30/04/2023	-2,851	-40,877	2,14	Camocim	-	-	(USP)
531	01/05/2023	-4,098	-38,933	2,16	Palmacia	-	-	(USP)
532	02/05/2023	-4,152	-39,067	1,93	Caridade	-	-	(USP)
533	23/05/2023	-4,109	-40,636	2,26	Reriutaba	-	-	(USP)
534	25/05/2023	-2,975	-40,846	1,93	Camocim	-	-	(USP)
535	09/06/2023	-4,281	-40,221	1,51	Santa Quitéria	-	-	(USP)
536	27/06/2023	-4,169	-40,631	1,75	Reriutaba	-	-	(USP)
537	04/07/2023	-4,770	-38,370	2,12	Ibicuitinga	-	-	(USP)
538	12/07/2023	-6,255	-38,922	2,03	Oros	-	-	(USP)
539	27/07/2023	-4,433	-38,462	2,64	Chorozinho	-	-	(USP)

N°	Data	Latitude	Longitude	Magnitude	Localização	Categoria	Int_mm²	Observações
540	13/08/2023	-4,410	-38,408	2,47	Chorozinho	-	-	(USP)
541	24/08/2023	-5,384	-39,931	2,14	Pedra Branca	-	-	(USP)
542	25/08/2023	-3,913	-39,406	1,94	Apuiaries	-	-	(USP)
543	28/08/2023	-5,079	-38,225	2,10	Limoeiro do Norte	-	-	(USP)

Fonte: Compilado de Berrocal et al., 1984 e [http://rsbr.on.br/seiscomp\\_arclink.html](http://rsbr.on.br/seiscomp_arclink.html).



A partir da análise dos dados apresentados no Quadro 11.1.7-3, nota-se que, a partir da década de 1970, ocorreu um aumento crescente e significativo de registros de sismos. Esse incremento está associado ao aumento no número de medições e se deve, em grande parte, à instalação das quatro estações sismográficas permanentes no estado do Ceará, a partir de 1982 (municípios de Itataia, Fortaleza, Sobral e Beberibe). Outro fator que contribuiu para o aumento de dados está relacionado ao início de diversas pesquisas centradas na aquisição e à compreensão da sismicidade no território brasileiro.

Além dos sismos com fontes naturais, também há os sismos induzidos, de fontes artificiais, como: minerações, reservatórios de água, ruído cultural, fontes controladas e explosões. Desses, os sismos mais estudados são os induzidos por reservatórios de água - barragens e açudes, que podem causar terremotos através do mecanismo explicado por Camarão Júnior (Simpson, 1986 *apud* Camarão Júnior, 2001).

Embora haja registro de sismos induzidos com magnitudes superiores a 7  $m_b$  em outros lugares do mundo, próximo à região do estudo, o maior sismo aferido ocorreu na região da barragem de Açú, RN, com magnitude ( $m_b$ ) igual a 3,0 e distante mais de 300 km da All.



**Figura 11.1-110: Estação sismográfica de Itataia.**

Fonte: ARCADIS logos, 2014.

Tendo em vista o anteriormente exposto, a região de estudo pode ser considerada uma área com baixa incidência de sismos. Ressalta-se, porém que, dependendo da magnitude dos eventos ocorridos fora da All, os tremores podem ser sentidos na ADA, mesmo os ocorridos a distâncias relativamente grandes. De fato, durante entrevistas informais com moradores da região, realizadas nos meses de maio e junho de 2011, foram relatados tremores de terra

com intensidade suficiente para acordar pessoas, vibrar levemente as edificações e balançar objetos suspensos.

O estado do Ceará está situado em uma região cortada por um conjunto de falhas localizado em uma área conhecida como Região Sismotectônica do Nordeste. Esta apresenta sismicidade contínua e expressiva em relação ao resto do país, apresentando enxames de sismos rasos (profundidades menores que 12 Km) com recorrência de meses e anos, em que os eventos mais importantes ocorridos são o de Palhano, CE (picos de 4,2 e 4,5  $m_b$ , distando cerca de 190 km da AII), João Câmara, RN (picos de 5,0 e 5,1  $m_b$ , distante cerca de 450 km da AII), Pacajus, considerado o eventos mais expressivo já registrado no Nordeste (picos de 5,2  $m_b$ , distante entre 140 e 150 km), além de inúmeros outros registrados no município de Cascavel, CE, distante cerca de 150 km da AII.

A estação sismográfica de Itataia, localizada no interior da ADA, registrou durante um período aproximado de 10 anos um total de 927 tremores, em que um pouco mais de 12% atingiram magnitudes acima de 2,5, sendo que o epicentro mais próximo está localizado a 69 km de distância da estação, portanto fora da AII do meio físico. Os efeitos dos tremores mais relevantes podem ser sentidos levemente pelos moradores locais nas AID e ADA, que relatam eventuais movimentos de objetos.

Vale ressaltar, o estudo realizado em 2023 pela CPRM, com atualizações sobre a sismicidade do estado do Ceará, onde foram utilizados aerolevantamentos geofísicos e dados de sismicidades da RSBR, concluindo que 80% dos abalos da região apresentaram magnitudes abaixo dos 2,5 $m_b$ , chegando a registrar abalos de 6,6 $m_b$  na dorsal oceânica a 1.277 km ao norte de Fortaleza. O estado foi subdividido em três Zonas sísmicas, denominadas de Médio Coreaú (A), Cascavel-Belberibe (B) e Quixaramobim (C) (Figura 11.1-111), devido a densidade e presença de sismos. O estudo conclui, que a sismicidade intraplaca está relacionada ao evento extensional rúptil de abertura do oceano Atlântico e evolução do rift da Bacia Potiguar, que ainda produzem stress. Porém ele ressalta que os eventos deformacionais da formação do arcabouço estrutural cearense são os principais agentes controladores desse evento.

- D1: Dobramentos NW e foliações NE-SW;
- D2: Transcorrências neoproterozóicas dextrais de direção NE-SW;
- D3: Deformação rúptil-dúctil NW-SE de cinemática sinistral;
- D4: Deformação rúptil extensional relacionado à abertura das bacias cretáceas.

Por fim, mesmo que os eventos D4 não sejam os principais responsáveis pela criação de estruturas geológicas da região, ela é responsável pela movimentação/reativação das estruturas pré-existentes do arcabouço estrutural.

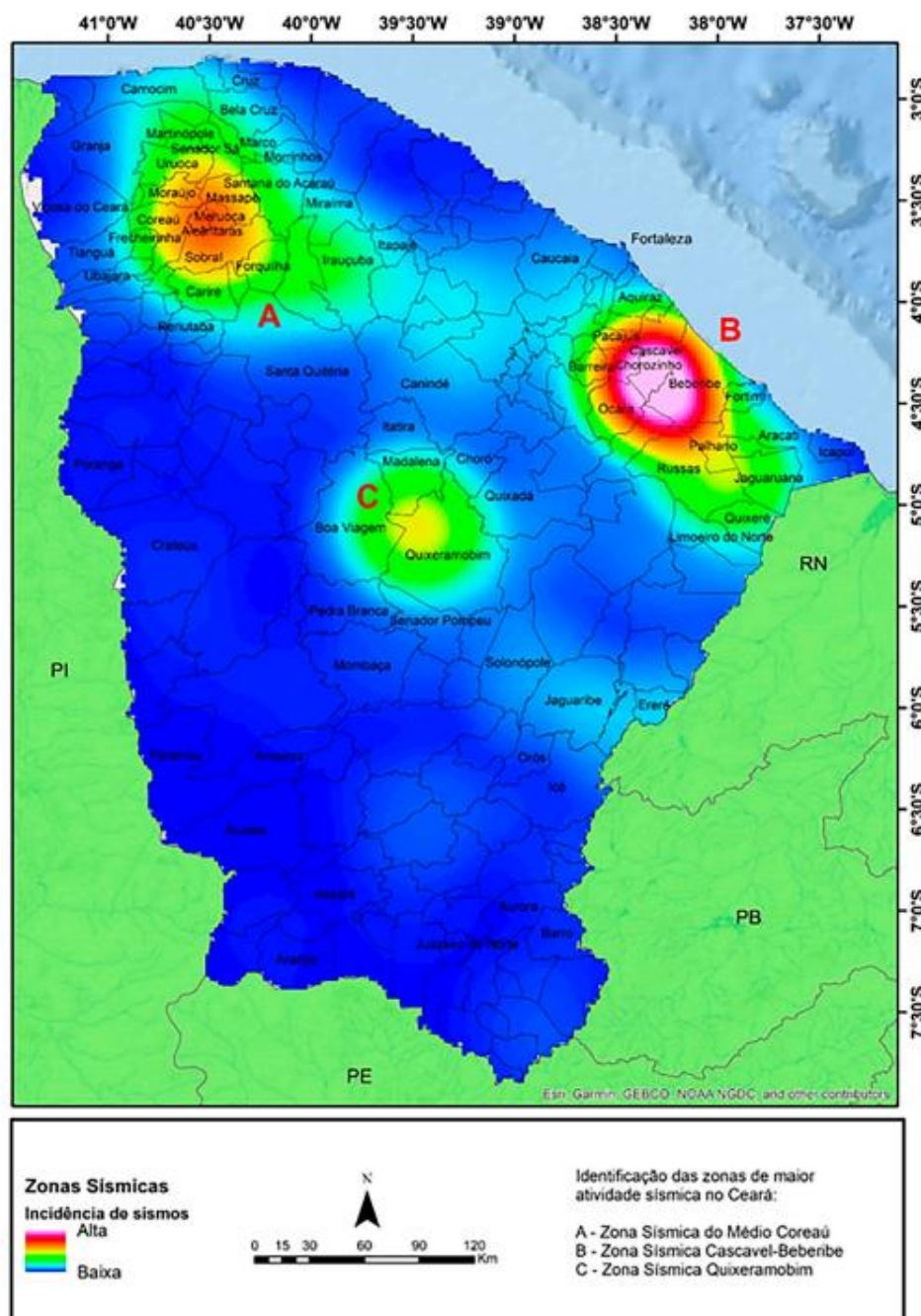


Figura 11.1-111: Mapa de densidade de pontos para os epicentros dos sismos elaborado pela CPRM(2023): A) Zona Sísmica Médio Coreau; B) Zona Sísmica Cascavel-Beberibe; C) Zona Sísmica Quixeramobim.

Fonte: CPRM 2023.

#### 11.1.7.2.2. *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 (mármore e rochas Calcissilicáticas), com a presença limitadas de rochas metavulcânicas ácidas ou básicas.

Na região de estudo ocorre apenas a Unidade Independência onde predominam paragneisses e micaxistos (biotita,  $\pm$  granada,  $\pm$  sillimanita e  $\pm$  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, Calcissilicáticas e até anfibolíticas (com ou sem granada).

Conforme apresentado no Mapa 11.1-17 os principais litotipos mapeados na área de estudo são: os quartzitos associados a micaxistos e paragneisses migmatíticos ou não (NP2ci); micaxilaneostos (PRciqx); quartzitos (NP2ciq) e os metacarbonatos, mármore calcíticos e dolomíticos associados a rochas Calcissilicáticas (NP2cic).

#### 11.1.7.2.3. *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 Calcissilicáticas.

Fetter et al. (2003) atribui sua origem a um ambiente de arco magmático continental, acima de zona de sutura (possivelmente no Lineamento Transbrasiliiano) com reativação posterior em transcorrência destrai.

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 Calcissilicáticas (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 diatexiticas. Podem ser encontrados mesossomas de protólitos tanto sedimentares quanto ígneos, podendo ser encontradas lentes de quartzitos,

rochas carbonáticas/mármore 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 Calcissilicáticas (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 peraluminosos. As 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.

#### *11.1.7.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)*

##### *11.1.7.3.1. Dados Geofísicos*

Para aquisição de dados indiretos foram realizados 3 levantamentos geofísicos na região da ADA (futura área industrial Figura 11.1-112). 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 Volume V - Anexo 11.1.7-4. Os detalhes dos levantamentos são apresentados no Quadro 11.1-59.



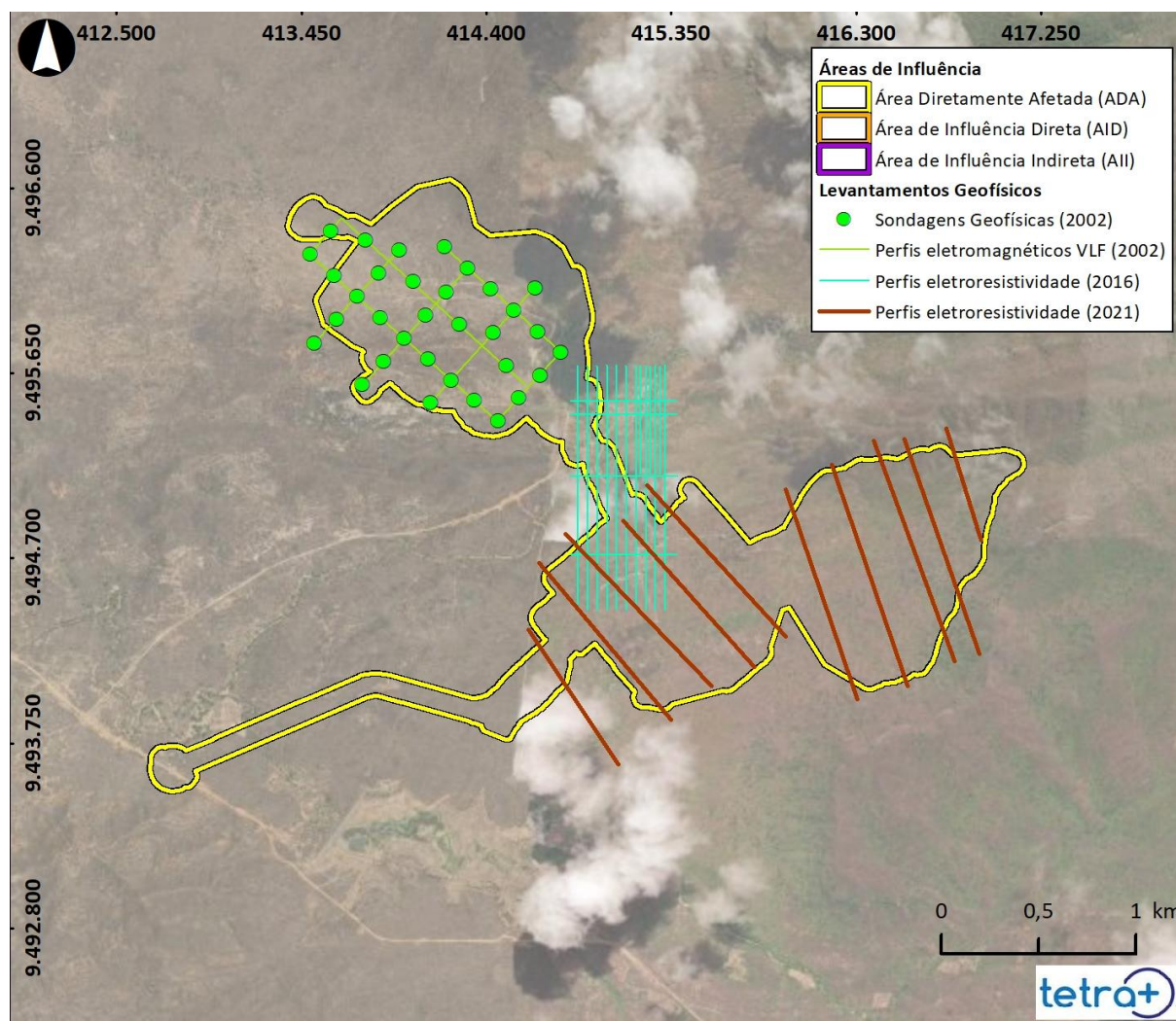


Figura 11.1-112: Localização dos levantamentos geofísicos realizados na área da futura área industrial.

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

**Quadro 11.1-59: 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 nos furos 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	Advanced Geosciences Inc. SuperSting R8 IP	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
--	---------------------	----------

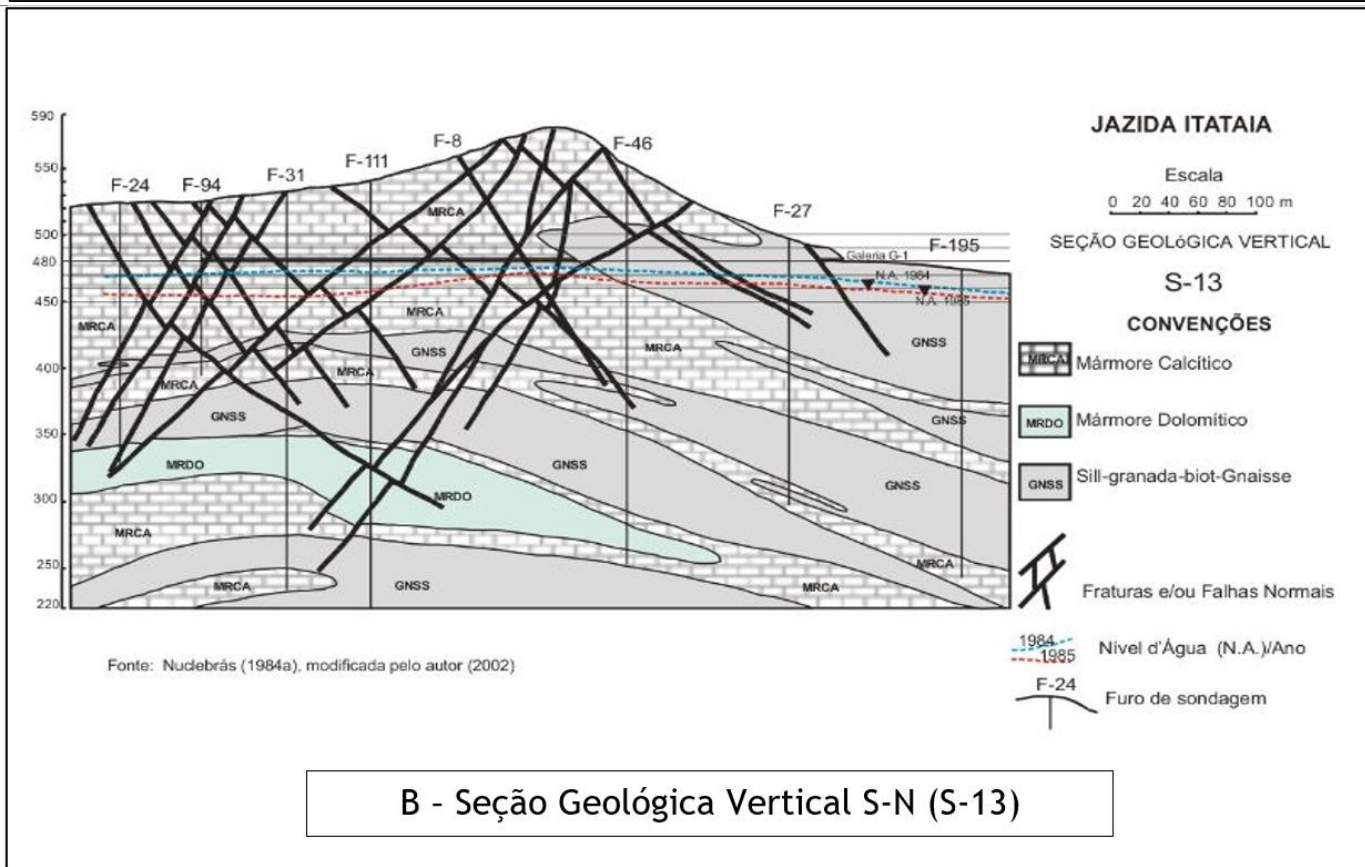
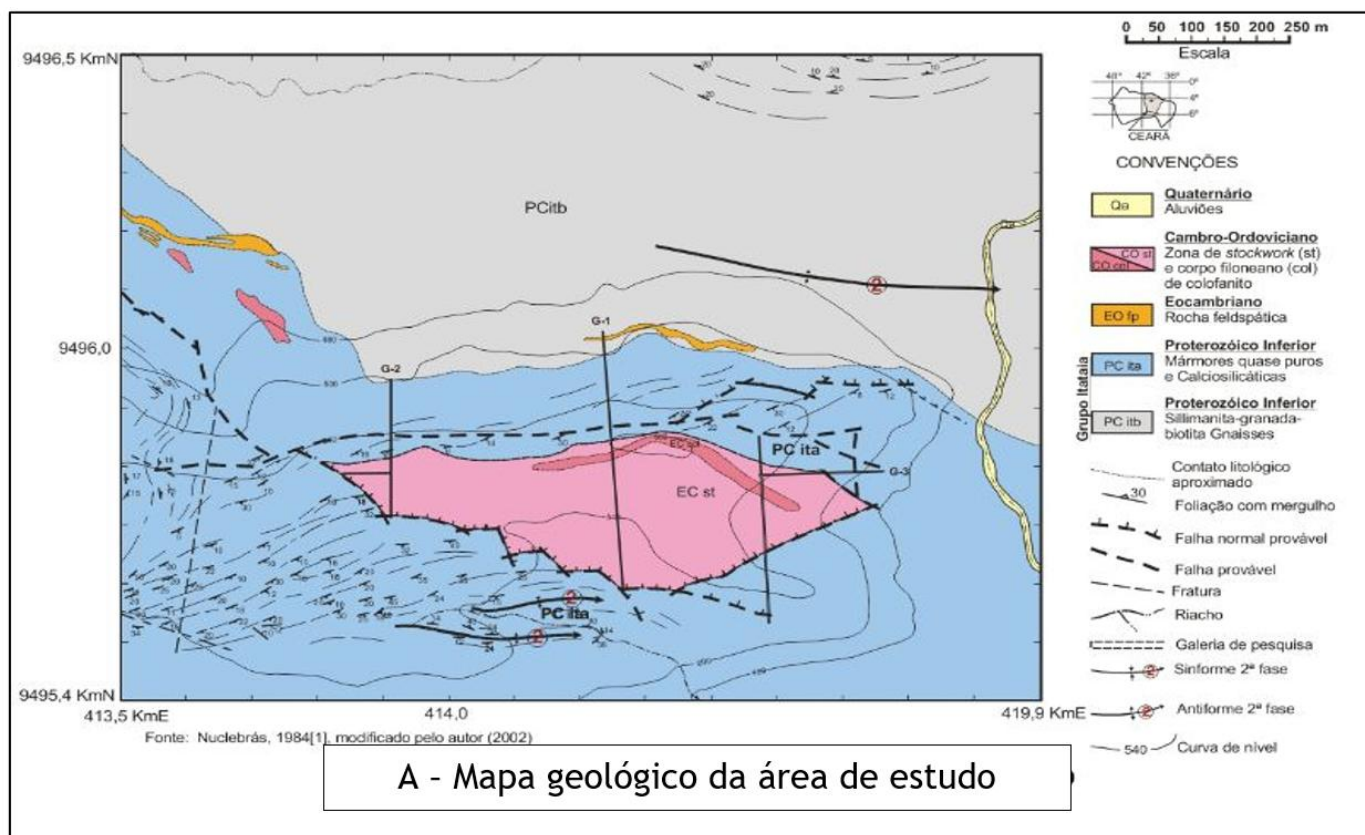
Elaboração: BTB Explorers, 2021.

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 11.1-113), 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.

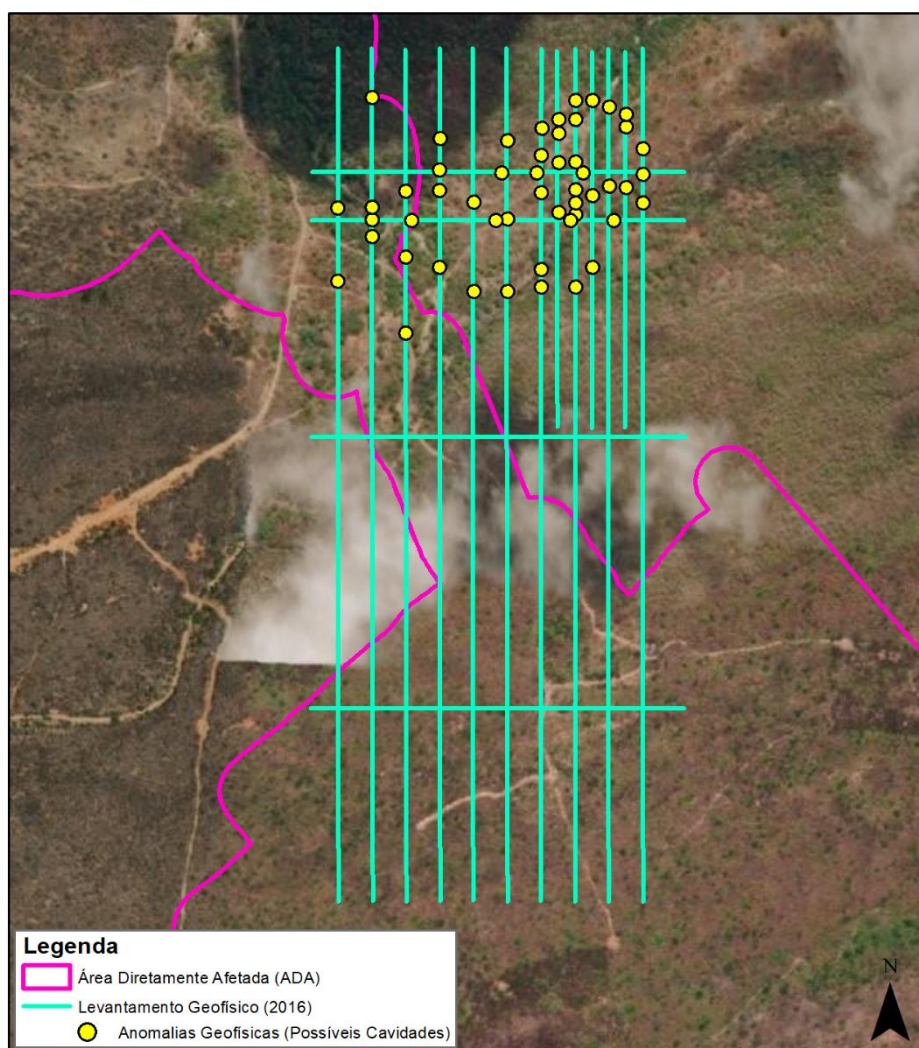
Figura 11.1-113: Resultados da pesquisa de Alcantara e Silva (2003).



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 (Figura 11.1-114).



**Figura 11.1-114: Localização das linhas do levantamento geofísico de 2016, com as pontuais áreas de possíveis cavidades. Vale-ressaltar que em sua maioria estão localizadas fora da ADA.**

*Fonte: AFC Geofísico (2016)*

Em relação aos contatos litológicos, os padrões distintos de resistividade indicam existência de diferentes litologias, com ocorrência de mármore na porção norte, próximo à área de acesso a mina e gnaisses ou mármore alterados na porção sul da área, na porção noroeste da futura unidade industrial. 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 às zonas mais compactas

e são e resistividade baixa podem coincidir com zonas de grande alteração ou ocorrência de camadas condutivas), indicadas em amarelo sobre as linhas de geofísica traçadas Figura 11.1-114. A seguir são apresentados os resultados do levantamento de 2016 da Figura 11.1-115 a Figura 11.1-117.

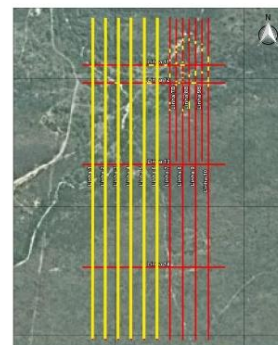
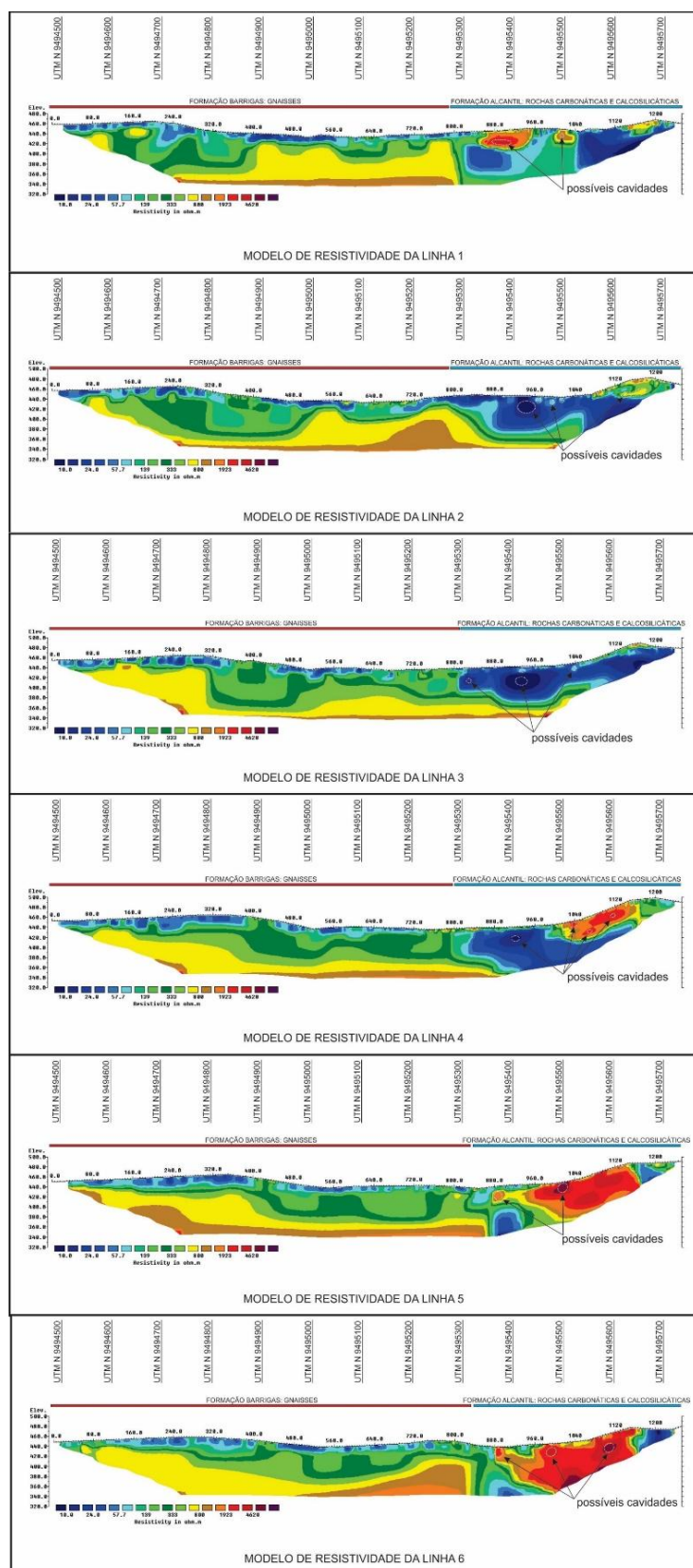


Figura 11.1-115: Modelagem 2D das Linhas 1 a 6, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).

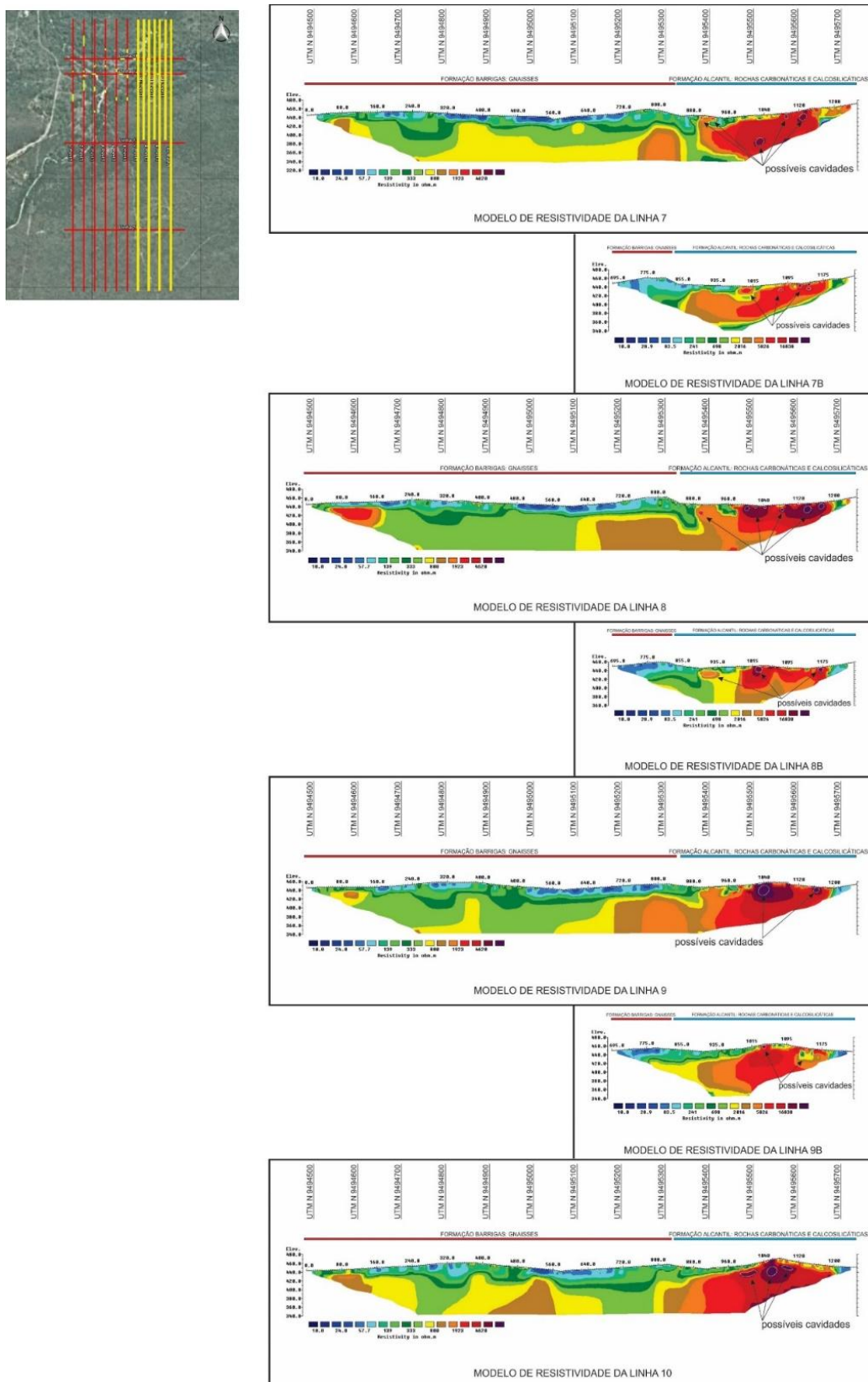


Figura 11.1-116: Modelagem 2D das Linhas 7 a 10, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).



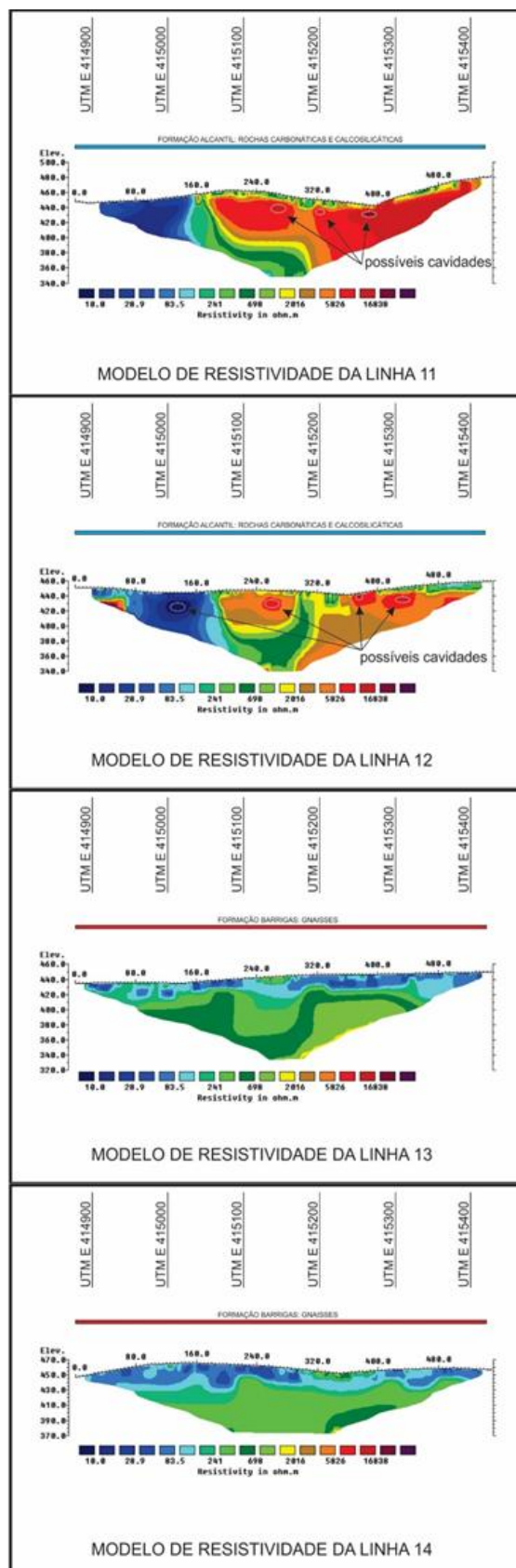
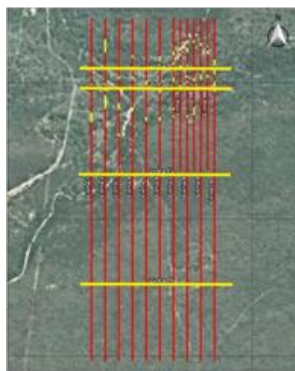
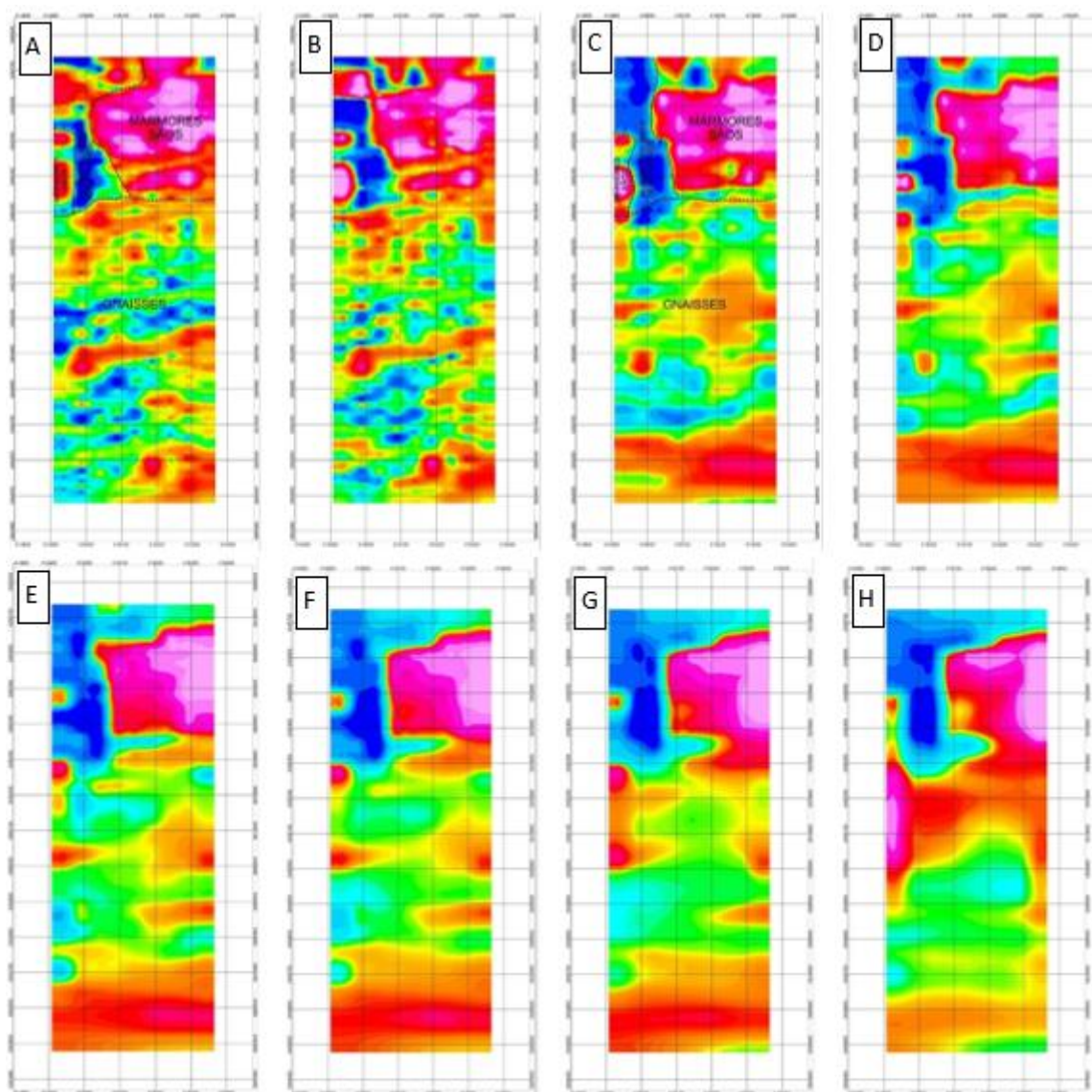


Figura 11.1-117: Modelagem 2D das Linhas 11 a 14, com anomalias que podem estar associadas a cavidades.

Fonte: AFC Geofísica (2016).



Junto as linhas de resistividade, foram gerado um modelo 3D para diferentes profundidades, a fim de investigar os contatos litológicos (Figura 11.1-118).



**Figura 11.1-118:** Valores de resistividade verdadeiras obtidas na modelagem 3D, para diferentes profundidades (A-8 m, B-14 m, C-21 m, D-29 m, E-38 m, F-49 m, G-62 m e H-76 m).

*Fonte: AFC Geofísica (2016).*

Os resultados completos das pesquisas realizadas em 2016 e 2021, são apresentados no Volum V, Anexo 11.1.7-4. Conforme pode ser observado na Figura 11.1-114 apresentada anteriormente, 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 às 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.

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 mármorees são e uma zona anômala de baixa resistividade que pode estar relacionada com uma zona de falha, rochas alteradas ou presença de grafita nas rochas.

Os resultados de Alcantara e Silva (2003) realizados em 2002, estão disponíveis na íntegra através da publicação descrita no capítulo de Referências Bibliográfica (Volume IV).

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 da Usina de Beneficiamento, localizadas na porção leste e central da ADA, respectivamente. 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 11.1-119 e Figura 11.1-120).

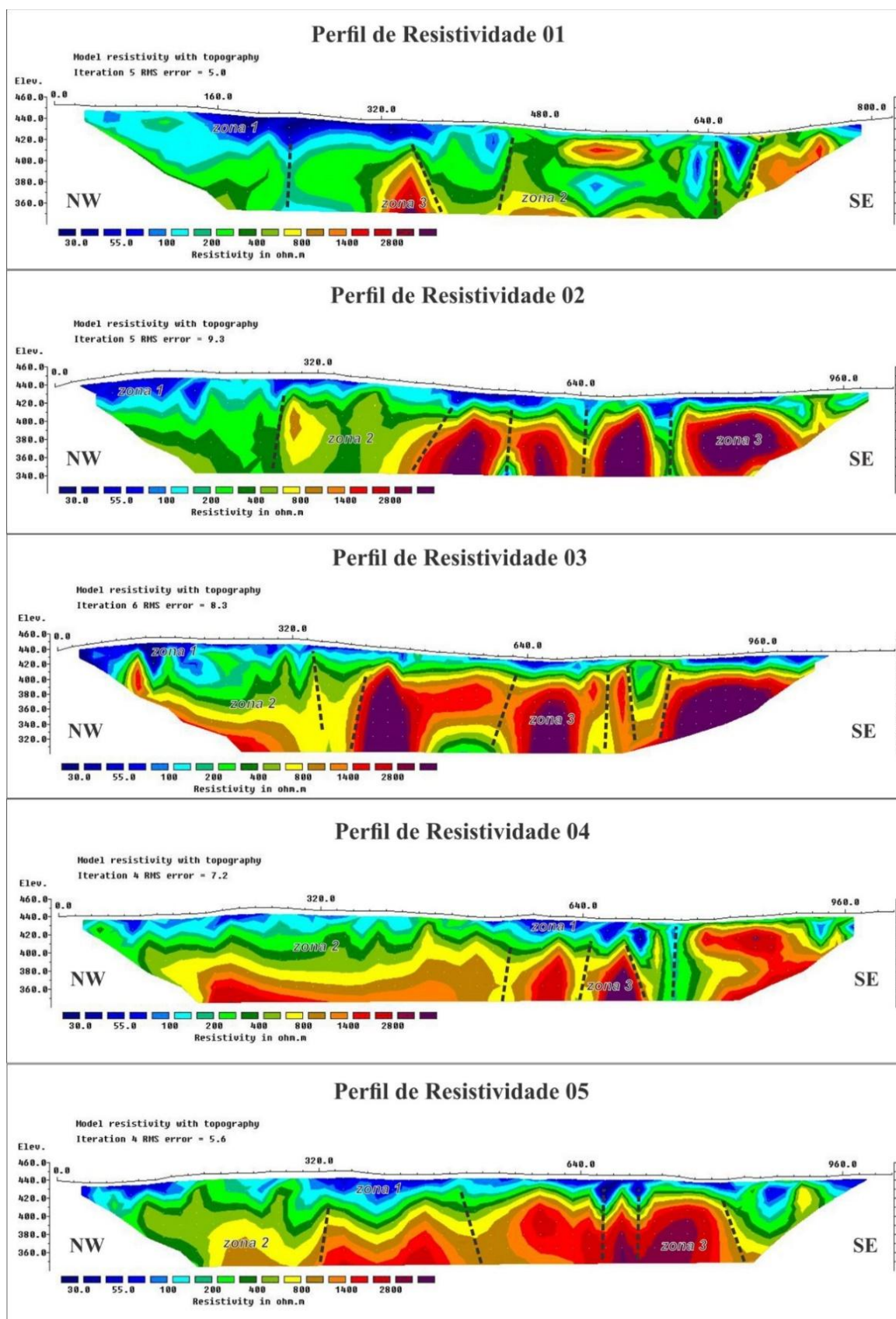


Figura 11.1-119: Resultados da pesquisa geofísica de 2021, linhas 01 a 05.

Fonte: Signal Geofísica (2021).



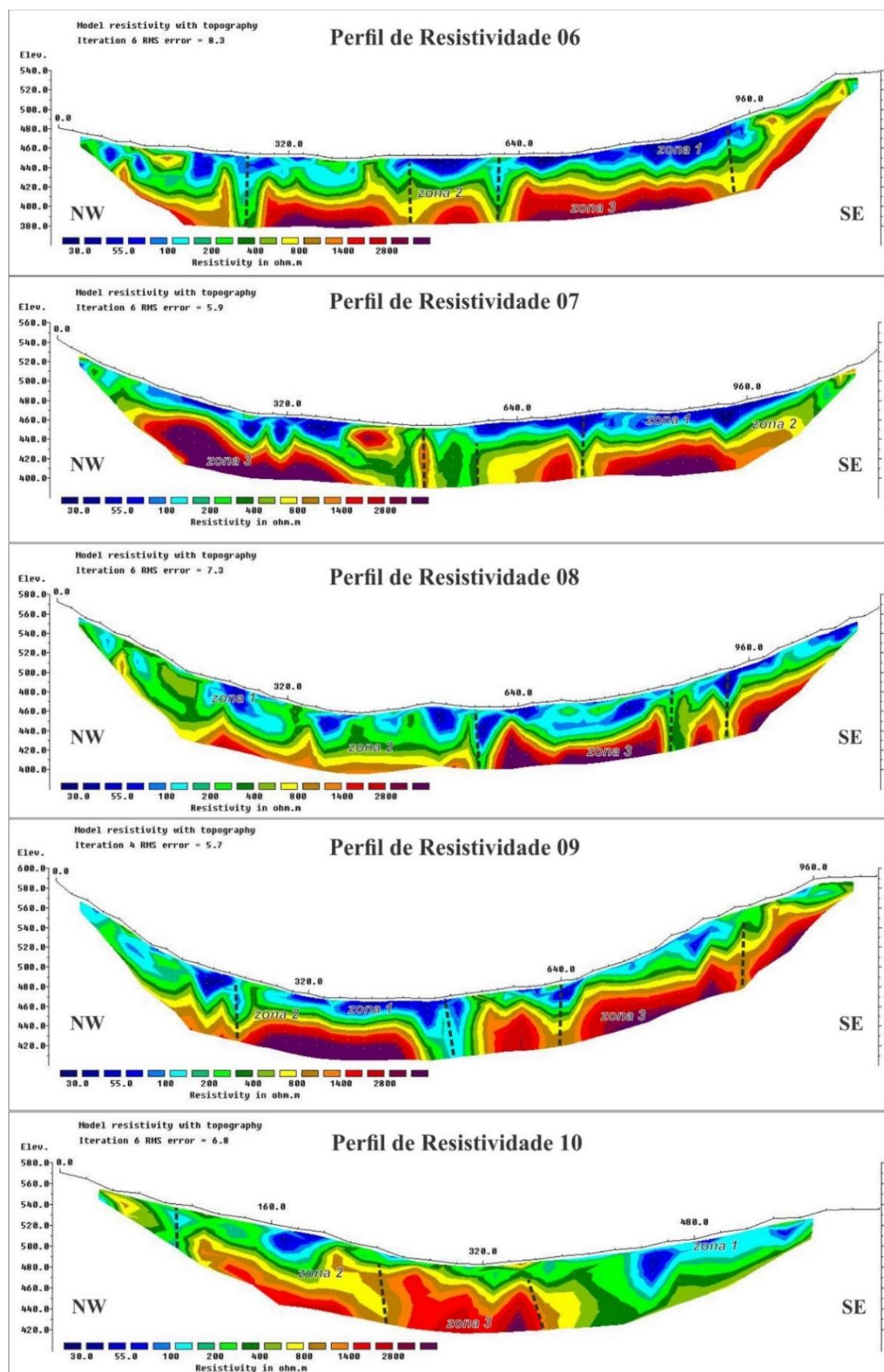
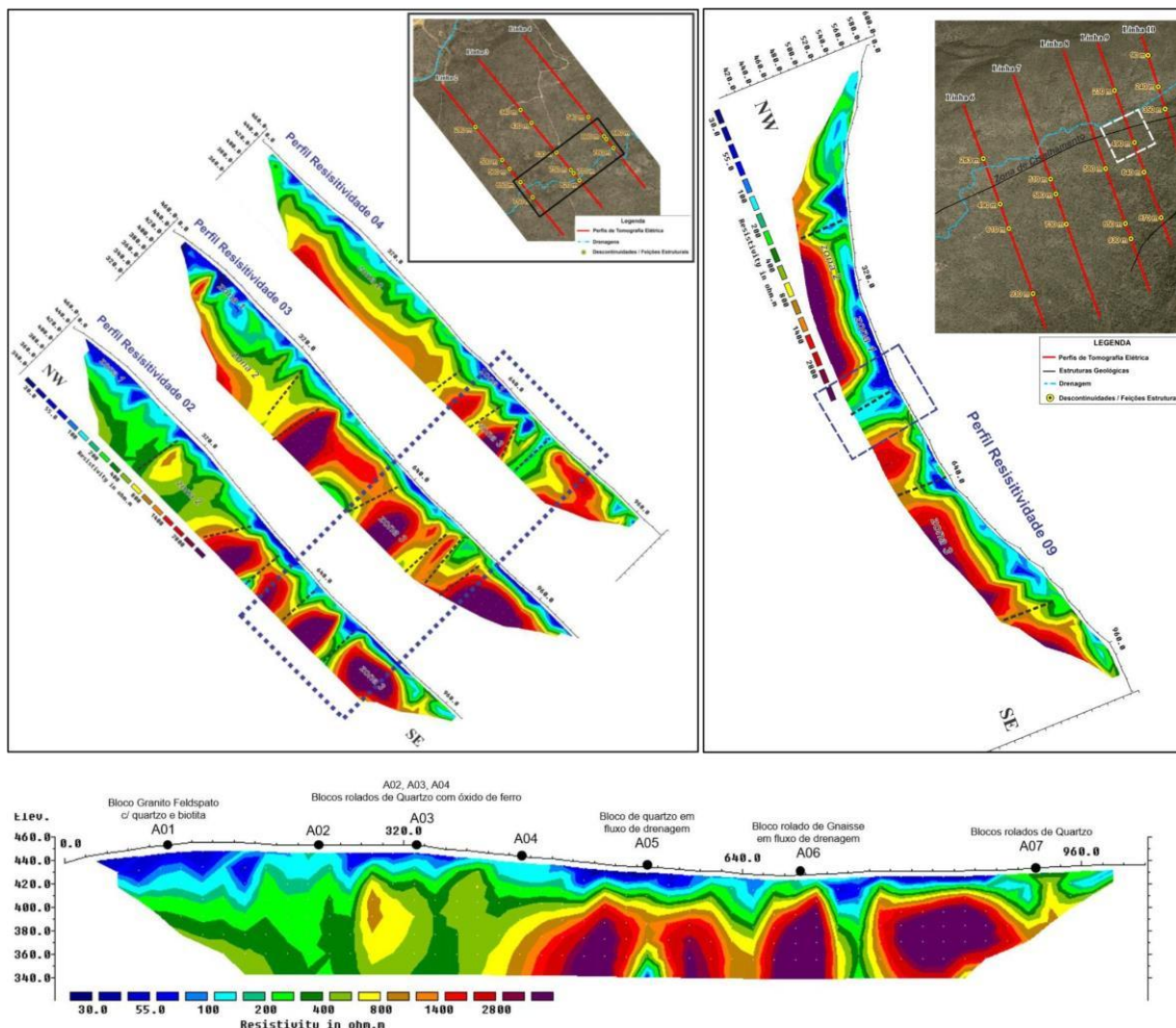


Figura 11.1-120: Resultados da pesquisa geofísica de 2021.

Fonte: Signal Geofísica (2021).

Foram identificadas possíveis zonas de cisalhamento subverticais, identificadas em mapa (Figura 11.1-121). A correção de pontos de campo com resultados das linhas permitiu a separação das zonas (detalhadas em Hidrogeologia) e dos litotipos em subsuperfície.



**Figura 11.1-121: Linhas geofísicas onde é possível visualizar as zonas de cisalhamento (traçado em preto).**

Fonte: Signal Geofísica (2021).

Os levantamentos geofísicos identificaram na área prevista para instalação da Usina de Beneficiamento 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 11.1.7-4, assim como as identificadas nos levantamentos geológicos de detalhe fornecidos pela INB na área da jazida, representam



caminhos referenciais para migração de água subterrânea e contaminantes, conforme detalhado no Modelo Hidrogeológico Conceitual através dos perfis hidrogeológicos.

#### 11.1.7.3.2. Sondagens de Reconhecimento

As sondagens de reconhecimento foram realizadas em duas etapas sendo a primeira em fevereiro de 2011 com dados compilados dos estudos disponibilizados (ARCADIS LOGOS, 2014) e a segunda, realizada pela Geohidro no ano de 2022.

O objetivo principal das sondagens foi a instalação de poços de monitoramento para a coleta de água subterrânea e identificação do substrato geológico, totalizando 21 pontos distribuídos dentro dos limites da Fazenda Itataia. Ressalta-se que, destes, 19 foram executados pela Geohidro, e outros dois já estavam instalados na área. A localização das sondagens pode ser observada na Figura 11.1-122.

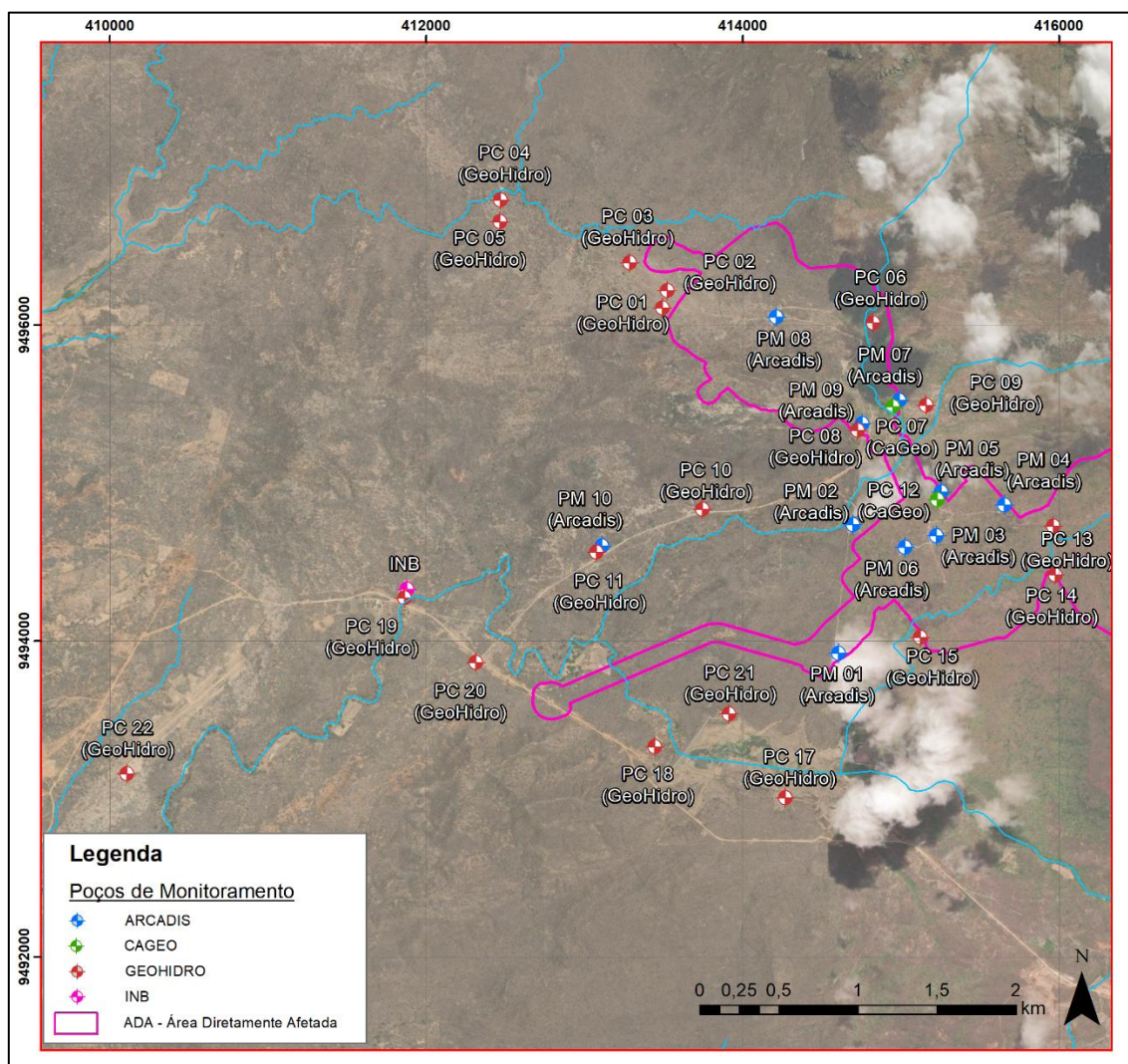


Figura 11.1-122: Localização das sondagens realizadas de 2011 até 2022 pelo projeto.

Fonte: BTB Explorers 2023.

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 e seu graus de alterações.

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.

Dezoito das vinte e nove sondagens e o poço de abastecimento INB foram perfuradas na unidade hidrogeológica MS1, de rochas representadas por Gnaisses da Formação Barrigas.

As demais sondagens foram perfuradas na unidade hidrogeológica MC1, formada de rochas metacarbonáticas e Calcissilicáticas (NP2civm) da Formação Alcantil do Grupo Itataia. As principais características observadas durante as perfurações são apresentadas no Quadro 11.1-60.

**Quadro 11.1-60: Principais características observadas durante as sondagens**

PONTO	COORDENADAS UTM (FUSO 24 S) *		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
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

PONTO	COORDENADAS UTM (FUSO 24 S) *		COTA (M)	PROF. (M)	N.A.	MANTO ALTERAÇÃO (M)	SOLO	ROCHA FORMAÇÃO
PM-10	413112	9494603	442	21,00	17,94	< 1,0	Argiloso c/pouca areia	Carbonática Fm. Alcantil
PC-01	414807	9495522	453	50,00	24,00	9	Areno argiloso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-02	414842	9495476	452	30,00	20,80	2	Areno argiloso	Calcissilicática Fm. Alcantil
PC-03	413369	9496395	496	30,00	16,00	6,5	Arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-04	414239	9496119	477	30,00	11,40	1,00	Argilo arenoso	Mármore Fm. Alcantil
PC-05	413855	9496051	476	35,00	13,40	0,70	Solo orgânico	Calcissilicática Fm. Alcantil
PC-06	413369	9496415	459	69,50	21,40	6,00	Argilo arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-08	415274	9494822	460	51,50	6,80	2	Argiloso	Mármore Fm. Alcantil
PC-09	415437	9494779	462	46,30	4,30	1,00	Areno argiloso	Mármore Fm. Alcantil
PC-10	415617	9494815	462	29,50	23,00	0,1	Argiloso	Mármore Fm. Alcantil
PC-11	415994	9494617	453	24,00	22,70	1,00	Areno argiloso	Mármore Fm. Alcantil
PC-13	416186	9494794	461	20,50	8,50	2,50	Argilo silte arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-14	415318	9494739	461	31,00	21,55	3,50	Argilo arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-15	415125	9494026	438	26,00	19,00	4,00	Argiloso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-17	415210	9494673	456	25,00	8,50	4,00	Argilo arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-18	415086	9494595	456	25,00	13,10	2,00	Argilo arenoso	Mármore Fm. Alcantil
PC-19	414995	9494551	458	24,50	7,35	2,00	Argilo arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-20	415208	9494588	454	32,00	16,40	3,50	Argilo arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-21	415239	9494571	454	30,00	16,00	1,5	Argilo arenoso/areno argiloso	Gnaiss Fm. Barrigas
PC-22	415342	9494981	454	41,00	26,00	4,50	Arenoso	Gnaiss Fm. Barrigas

Fonte ARCADIS LOGOS (2014) e Geohidro (2022). Elaboração: BTB Explores, 2023. \*SIRGAS 2000.

Para melhor compreender a disposição das camadas litológicas e seu comportamento geotécnico/grau de alteração, foram confeccionados os *perfis* esquemáticos dos furos de 2022 com a descrição realizada pela INB (Figura 11.1-123). Através desses dados é possível junto aos dados geofísicos (item 11.1.7.3.1) compreender a disposição das litologias em subsuperfície. Com o cruzamento desses dados, é possível visualizar, por exemplo, as áreas das anomalias geofísicas (possíveis cavidades) e investigar através dos furos como as rochas estão dispostas na Figura 11.1-124 e Quadro 11.1-61.



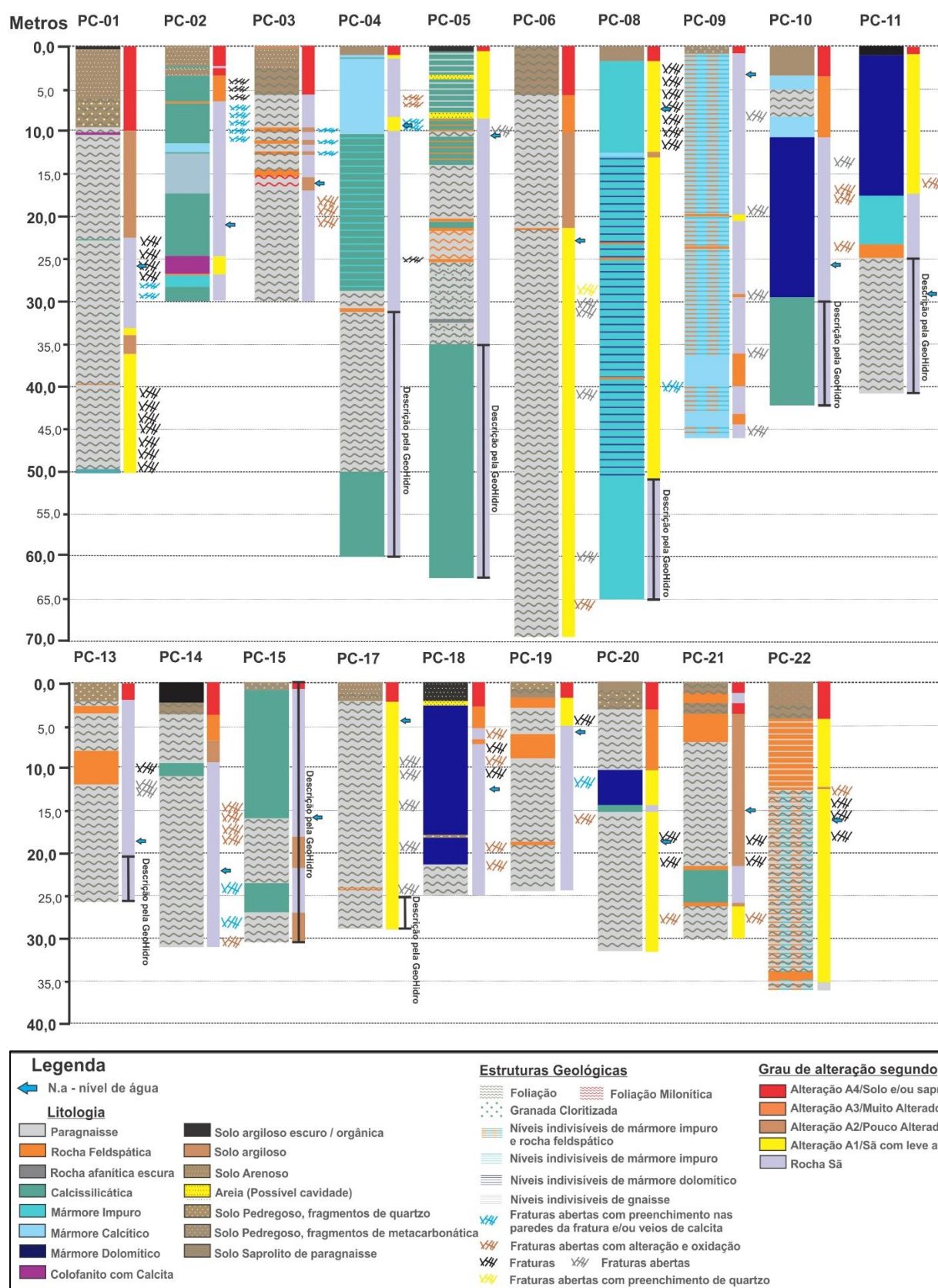


Figura 11.1-123: Perfis de sondagens dos poços de monitoramento construídos pela Geohidro em 2023.

Fonte: INB e Geohidro (2022), elaborado por BTBExplorers (2023).

**Quadro 11.1-61: Descrição dos perfis de sondagens realizados pela INB das sondagens de investigação da GeoHidro (2022)**

Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
FURO PC-01	0,00	0,20	SOLO ARGILOSO PRETO (ORGÂNICO)	
	0,20	2,00	SOLO ARENOSO ARGILOSO AMARRONZADO	
	2,00	9,00	SOLO ARENO ARGILOSO (COMPACTADO) PROVÁVEL ALTERAÇÃO DO GNAISSE. EM 6,10 metros TEM FRAGMENTOS DE QUARTZO	
	9,00	22,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE APRESENTANDO GRANADA CLORITIZADA, GRAU DE ALTERAÇÃO A2, MAS APARTIR 18,22 m OCOREEM NÍVEIS INDIVISOS A1. INTERVALO DE 11,10 A 11,25 m LEVEVENTE MINERALIZADO(COLOFANITO)	
	22,50	22,50	ROCHA CALCISILICÁTICA MUITO FRATURADA E INTEPERIZADA	
	22,50	34,30	GRANADA BIOTITA GNAISSE MAIS MACIÇO E FRATURAS SEGUNDO O PLANO DE FOLIAÇÃO (SUBHORIZONTAL)	
	34,30	36,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2	
	36,50	38,55	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	38,55	38,75	ROCHA FELDSPÁTICA PEGMATÓIDE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1, LEVEMENTE MINERALIZADA E LEVEMETE VACUOLAR COM DISSOLUÇÃO DO QUARTZO	
	38,75	40,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	40,50	40,85	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM ASPECTO FRAGMENTADO	
	40,85	49,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1 E COM MUITAS FRATURAS SEGUNDO O PLANO DE FOLIAÇÃO	
FURO PC-02	49,50	50,00	FRAGMENTAÇÃO NO FINAL DA MANOBRA, NÍVEL DE ROCHA CALCISILICÁTICA COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	FRATURA ABERTA SUBVERTICAL COM PREENCHIMENTO DE CALCITA EM 25,15 METROS  FRATURA ABERTA DE 20° EM 28,20 m C/CALCITA NA PAREDE (REAGIU C/HCL 10%)
	0,00	1,50	SOLO ARGILOSO CINZA AMARRONZADO	
	1,50	2,00	SOLO ARENOSO ARGILOSO CINZA AMARRONZADO	
	2,00	2,10	NÍVEL INDIVISO DE ROCHA CALCISILICÁTICA	
	2,10	3,50	SOLO ARENOSO ARGILOSO	
	3,50	6,50	ROCHA CALCISILICÁTICA MUITO FRATURADO E INTEPERIZADA	
	6,50	6,70	NÍVEL DE PEGMATITO	
	6,70	11,35	ROCHA CALCISILICÁTICA, FRATURADA COM VEIOS CARBONÁTICOS COM CALCITA	
	11,35	12,50	MÁRMORE CALCÍTICO	
	12,50	24,30	CALCISILICÁTICA COM NÍVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE	
	24,30	26,00	COLOFANITO MACIÇO COM CALCITA RECRISTALIZADA COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1. COLOFANITO FRAGMENTADO DE 25,15 A 25,35 METROS.	
	26,00	26,90	ROCHA FELDSPATO COM COLOFANITO, ASPECTO DE BRECHA BEM MINERALIZADO	
FURO PC-03	26,90	28,10	MÁRMORE IMPURO COM ASPECTO FOLHEADO	FRATURAS SEGUNDO O PLANO DE FOLIAÇÃO
	28,10	30,00	ROCHA CALCISILICÁTICA	
	0,00	0,30	SOLO ARGILOSO MARROM AVERMELHADO	
	0,30	2,00	SOLO ARENO ARGILOSO	
	2,00	6,50	SOLO ARENO, SOLO DA ALTREÇÃO DO GNAISSE	
	6,50	9,70	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	9,70	11,00	NÍVEL DE ROCHA FELDSPÁTICA E CALCITA EM FISSURAS. GRAU DE ALTERAÇÃO A2	
	11,00	12,60	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	12,60	12,72	NÍVEL DE ROCHA FELDSPÁTICA E CALCITA EM FISSURAS. GRAU DE ALTERAÇÃO A2	
	12,72	12,83	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	12,83	14,05	NÍVEL DE ROCHA FELDSPÁTICA E CALCITA EM FISSURAS. GRAU DE ALTERAÇÃO A2	
	14,05	14,73	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	14,73	15,50	NÍVEL DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA DENTRO DO DOMÍNIO DO GRANADA BIOTITA GNAISSE	



Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
	15,50	17,55	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM NÍVEL DE QUARTZO FELTSPÁTICO (MILONITIZADO) MAIS ALTERADO E POROSO DENTRO DO GNAISSE COM MATERIAL DE OXIDAÇÃO	
	17,55	30,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE	EM 18,34 A 18,47 m FRATURA SUBVERTICAL COM MATERIAL OXIDADO NA PAREDE DO GNAISSE EM 19,45 m FRATURA ABERTA COM 10° ALTERADA E OXIDADA EM 24,50 m FRATURA ABERTA COM 10° ALTERADA E OXIDADA
FURO PC-04	0,00	1,00	SOLO ARGILO ARENOSO AMARRONZADO COM MATÉRIA ORGÂNICA, OBS: EM 1 METRO RECUPEROU APENAS 9 CENTÍMETROS.	
	1,00	1,40	MÁRMORE CALCÍTICO COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	1,40	1,50	ROCHA CALCISILICÁTICA UM POUCO ALTERADO	
	1,50	11,40	MÁRMORE CALCÍTICO COM FRATURA EM 6 METROS COM PERDA DE ÁGUA E OXIDADO	EM 10,90 METROS FRATURA ABERTA DE 10° COM CALCITA NA PAREDE
	11,40	27,50	ROCHA CALCISILICÁTICA C/ NÍVEIS CENTÍMETRICOS (INTERCALADOS) DE MÁRMORE IMPURO INICIANDO A PARTIR DE 11,50 m	FRATURA SUBVERTICAL EM 25,77 METROS
	27,50	29,33	GNAISSE MAIS LEOCOCRÁTICO, CONSTITUÍDOS MAIS POR MINERAIS FÉLSICOS	
FURO PC-05	29,33	30,00	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA	
	0,00	0,70	SOLO CINZA ESCURO, POSSÍVEL SOLO ORGÂNICO	
	0,70	3,50	ROCHA CALCISILICÁTICA MAIS QUARTZOZA COM NÍVEL DE GNAISSE MAIS LEOCOCRÁTICO COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	3,50	3,95	MATERIAL ARENOSO, POSSÍVEL CAVIDADE	
	3,95	7,05	ROCHA CALCISILICÁTICA MAIS QUARTZOZA COM NÍVEL DE GNAISSE MAIS LEOCOCRÁTICO COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	7,05	8,12	MATERIAL ARENOSO, POSSÍVEL CAVIDADE COM FRAGMENTOS DA ROCHA ANTERIOR	
	8,12	10,33	ROCHA CALCISILICÁTICA MAIS QUARTZOZA COM NÍVEIS INDIVISOS DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA (PEGMATÍTICA)	
	10,33	11,00	GNAISSE FOLEADO COM LEITOS QUARTZO FELDSPÁTICOS DESENVOLVIDOS	
	11,00	14,12	ROCHA CALCISILICÁTICA MAIS QUARTZOZA COM NÍVEIS INDIVISO DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA (PEGMATÍTICA)	FRATURA ABERTA ALTERADA COM 10° EM 12,25 METROS
	14,12	20,15	GNAISSE FOLEADO COM LEITOS QUARTZO FELDSPÁTICA DESENVOLVIDO	
	20,15	20,72	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA PEGMATÍTICA	
	20,72	21,23	ROCHA CALCISILICÁTICA	
	21,23	22,00	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA PEGMATÍTICA	
	22,00	25,00	BIOTITA GNAISSE COM NÍVEIS QUARTZO FELDSPÁTICA	
	25,00	25,78	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA PEGMATÍTICA	
	25,78	32,70	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM PRESENÇA DE GRANADA CLORITIZADA	
	32,70	32,94	INTERCALAÇÃO (NÍVEL) DE ROCHA AFANÍTICA E ESCURA (DIABÁSIO?)	
	32,94	35,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM PRESENÇA DE GRANADA CLORITIZADA	
FURO PC-06	0,00	6,00	SOLO DE ALTERAÇÃO DO GNAISSE	
	6,00	10,50	ROCHA ALTERADA (GRANADA BIOTITA GNAISSE) COM GRAU DE ALTERAÇÃO A3	
	10,5	18	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1/A2 COM NÍVEIS DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA, TRECHOS COM FOLHAÇÃO NÃO DEFINIDAS POSSÍVEL CATACLASE.	
	18	23,24	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	23,24	23,72	NÍVEL DE QUARTZO FELDSPÁTICO (PEGMATITO)	
	23,72	69,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	DE 27,83 A 27,93 TRECHO FRATURADO COM FRATURA 10° ABERTA E QUARTZO RECRISTALIZADO EM 30,1 m FRATURA ABERTA NO GNAISSE EM 31,65 m FRATURA ABERTA NO GNAISSE 5° GRAUS EM 42,05 m FRATURA ABERTA 5° GRAUS DE 59,85 A 60,10 TRECHO FRAGMENTADO DO GRANADA BIOTITA GNAISSE EM 60,10 m TRECHO FRAGMENTADO DO GRANADA BIOTITA GNAISSE EM 60,3 m FRATURA SUBVERTICAL ABERTA EM 66,0 m FRATURA ABERTA ALTERADA

Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
				EM 66,8 m FRATURA SUBVERTICAL ABERTA
FURO PC-08	0,00	2,00	SOLO ARGILOSO AMARRONZADO COM FRAGMENTOS DE ROCHA ALETRADA DO MÁRMORE	
	2,00	12,61	MÁRMORE IMPURO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE DOLIMITICO ALETRAÇÃO A1	PREDOMINA FRATURAS COM PLANOS SEGUNDO A FLOIAÇÃO INCIPIENTE
	12,61	12,95	MÁRMORE COM LEVE ALTERAÇÃO E OXIDAÇÃO COM GRAU DE ALETRAÇÃO A1/A2	
	12,95	23,44	MÁRMORE IMPURO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE DOLIMITICO ALETRAÇÃO A1	
	23,44	23,66	QUARTZO FELSPÁTICO(PEGMATITO)	
	23,66	25,36	MÁRMORE IMPURO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE DOLIMITICO ALETRAÇÃO A1	
	25,36	25,80	QUARTZO FELSPÁTICO(PEGMATITO)	
	25,80	38,00	MÁRMORE IMPURO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE DOLIMITICO ALETRAÇÃO A1	
	38,00	38,50	QUARTZO FELSPÁTICO(PEGMATITO)	
	38,50	51,50	MÁRMORE IMPURO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE DOLIMITICO ALETRAÇÃO A1	DE 39,61 A 40 m FRATURA ABERTA COM RECRISTALIÇÃO DA CALCIA NA PAREDE _ OBS NO PERFIL DO POÇO DE MONITORAMENTO ESSA FRATURA NÃO É PRODUTIVA EM 41 METROS
FURO PC-09	0,00	0,30	SOLO ARENO ARGILOSO COM PEQUENOS FRAGMENTOS DE MÁRMORE	
	0,30	1,00	SOLO ARENOSO COM FRAGMENTOS DE MÁRMORE	
	1,00	1,16	NIVEL PEGMATÍTICO FRAGMENTADO	
	1,16	19,80	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	EM 8,55 METROS FRATURA ABERTA NO MÁRMORE CALCÍTICO
	19,80	21,00	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA(PEGMATITO) BASTANTE FRATURADO E ALTERADO NAS FRATURAS COM ARGILAS NA PAREDE, FRATURAS VARIAM COM ANGULOS DE 5 A 15 GRAUS	
	21,00	23,60	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	
	23,60	24,20	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA (PEGMATITO)	
	24,20	28,32	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	
	28,32	28,34	MÁRMORE CALCITIO COM FRATURA SUBVERTICA E ROCHA ALTERADA FORMANDO ASPECTO DE SOLO	
	28,34	36,88	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	
	36,88	37,06	MÁRMORE CALCITIO COM FRATURA SUBVERTICA E ROCHA ALTERADA FORMANDO ASPECTO DE SOLO (SE DECOMPONDO) PAREDE PUVEROL	
	37,06	39,90	MÁRMORE CALCITIO COM FRATURA SUBVERTICA E ROCHA ALTERADA FORMANDO ASPECTO DE SOLO (SE DECOMPONDO)	
	39,90	44,86	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA. GRÁFITA COM TEXTURA SACAROÍDE EM 39 METROS.	
	44,86	44,93	MÁRMORE CALCITIO COM FRATURA SUBVERTICA E ROCHA ALTERADA FORMANDO ASPECTO DE SOLO (SE DECOMPONDO) PAREDE PUVEROLENTA	
	44,93	45,37	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	
	45,37	45,73	MÁRMORE CALCITIO COM FRATURA COM 50 GRAUS SUBVERTICA E ROCHA ALTERADA FORMANDO ASPECTO DE SOLO (SE DECOMPONDO) PAREDE PUVEROLENTA	
	45,73	46,00	MÁRMORE CALCÍTICO COM NIVEIS INDIVISOS DE MÁRMORE IMPURO E DE ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICA	
FUR C	0,00	0,10	SOLO ARGILOSO ORGANICO, SOMENTE NO TOPO? DEVIDO A BAIXA RECUPERAÇÃO NÃO CONSEGUIMOS DEFINIR CONTATOS EXATOS	

Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
	0,10	3,50	SOLO DE ALTERAÇÃO DE MÁRMORE COM FRAGMENTOS DE MÁRMORES E GNAISSE NA BASE DESSE INTERVALO	
	3,50	5,00	FRAGMENTOS DE MÁRMORE COM ALTERNÂNCIA DE BIOTITA GNAISSE - OXIDADO	
	5,00	8,00	FRAGMENTOS DE BIOTITA GNAISSE ALTERAÇÃO COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2 - OXIDADO	
	8,00	11,00	FRAGMENTOS DE MÁRMORE E GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2 - OXIDADO	
	11,00	29,50	MÁRMORE DOLOMITICO PREDOMINANTE	EM 14,05 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA 50°
				EM 14,46 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA 50°
				EM 17,43 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA COM ALTERAÇÃO NA PAREDE 30°
				EM 18,15 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA COM ALTERAÇÃO NA PAREDE 35°
				EM 24,15 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA COM ALTERAÇÃO NA PAREDE 15°
				EM 24,25 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA COM ALTERAÇÃO NA PAREDE 20°
				EM 24,50 m FRATURAS NO MÁRMORE DOLOMITICO ABERTA COM ALTERAÇÃO NA PAREDE 20°
FURO PC-11	0,00	1,00	SOLO ORGÂNICO	
	1,00	17,87	MÁRMORE DOLOMITICO, COM FRATURAS E PAREDES ALTERADAS NA BASE (17,80 - 17,87)	
	17,87	23,64	MÁRMORE IMPURO, COM FOLIAÇÃO INCIPIENTE (DEVIDO A FLOGOPITA).	
	23,64	24,97	NÍVEL DE ROCHA QUARTZO-FELDSPÁTICA.	
FURO PC-13	0,00	2,50	SOLO ARGILO SILTE ARENOSO MARROM COM FRAGMENTOS DE ROCHA	
	2,50	2,65	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	2,65	3,65	QUARTZO FELDSPÁTICO	
	3,65	7,60	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	7,6	12,05	ROCHA PEGMATITICA FRATURADA	DE 3,50 ATÉ 9,00 ROCHA MAIS FRATURA
				EM 8,87 m FRATURA SUBVERTICAL NO PEGMATITO. DE 9 A 18 m MUITAS FRATURAS E FRATURAS SEGUNDO PLANO DE FOLIAÇÃO
	12,05	20,5	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM NÍVEIS DE QUARTZO FELDSPÁTICO	EM 10,10 m FRATURA ABERTA 40 GRAUS NO PEGMATITO
				EM 10,97 m 30 GRAUS NO PEGMATITO FRATURA ABERTA
				EM 11,30 m GRAUS NO PEGMATITO FRATURA ABERTA
				EM 13,10 m SUBVERTICAL NO GNAISSE ABERTA
				EM 13,70 m SUBVERTICAL NO GNAISSE ABERTA
FURO PC-14	0,00	1,00	SOLO ORGANICO ARGILO ARENOSO	
	1,00	3,50	SOLO DE ALTERAÇÃO DO GNAISSE	
	3,50	6,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2/A3	
	6,50	9,54	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2	
	9,54	11,00	ROCHA CALCISILICÁTICA	
	11,00	31,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE _GRANADA BEM DESENVOLVIDAS	EM 15,05 m FRATURA C/ 5° NO GNAISSE ALETRADA E OXIDADAS NAS PAREDES
				EM 18,25 m FRATURA COM 20° ALETRADA E OXIDADAS NAS PAREDES DO GNAISSE
				EM 24,1 FRATURA NO GNAISSE C/15° ALETRADA E OXIDADAS NAS PAREDE COM CALCITA

Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
				DE 27,94 A 27,77 m FRAURA C/5° COM PAREDE PREENCHIDA COM CALCITA
				29,40 A 31,00 m GNAISSE FRAGMENTADO C/ FRATURA DE 20° ALTERADA E OXIDADAS NA PAREDE
FURO PC-17	0,00	4,00	MANOBRAS CONFUSAS, PRINCIPALMENTE ENTRE 0,00 A 0,50 E DE 3,00 A 4,00 METROS	
	4,00	7,00	NIVEIS DE GNAISSE FRAGMENTADO	
	7,00	25,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM PEQUENOS NIVEIS INDIVISOS DE ROCHA QUARTZO FELSPATICA	EM 9,90 m FRATURA ABERTA COM 20 GRAUS LEVEMENTE ALTERADO
				EM 11,40 m FRATURA ABERTA COM 20 GRAUS LEVEMENTE ALTERADO
				EM 11,42 m FRATURA ABERTA COM 20 GRAUS LEVEMENTE ALTERADO
				EM 12,80 m FRATURA ABERTA COM 20 GRAUS LEVEMENTE ALTERADO QUARTZO FELSPATICA
				EM 13,35 m FRATURA ABERTA COM 30 GRAUS LEVEMENTE ALTERADO QUARTZO FELDSPATICA
				EM 13,40 m FRATURA ABERTA COM 30° LEVEMENTE ALTERADO NO NIVEL DE QUARTZO FELDSPATICA
				EM 15,40 m FRATURA DE 5° LEVEMENTE ALTERADA NO GNAISSE
				EM 19,90 m FRATURA DE 40° FELDSPATICA ALTERADA NA PAREDE
FURO PC-18	0,00	2,00	SOLO ARGILO ARENO, MATERIA ORGANICA CINZA AMARRONZADA	
	2,00	3,00	MATERIAL ARENOSO DA ALTERAÇÃO DO MARMORE	
	3,00	21,12	MÁRMORE DOLOMITICO	
	21,12	25,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE	DE 3,50 A 5,10 m TRECHO FRAGMENTADO A2
				DE 6,17 A 6,50 m TRECHO FRAGMENTADO A2
				EM 6,84 m FRATURA COM 25° COM PAREDE LEVENTE ALTERADA
				DE 6,72 A 8,00 m TRECHO FRAGMENTADO
				EM 8,16 m FRATURA 25 GRAUS COM PAREDES ALTERADAS E COM OXIDAÇÃO
				EM 8,30 m FRATURA 25 GRAUS COM PAREDES ALTERADAS E COM OXIDAÇÃO
				EM 9,12 m FRATURA COM 20° E PAREDES ALTERADAS
				EM 10,10 m FRATURA COM 5° E PAREDES ALTERADAS
				EM 11,54 FRATURA COM 30°
				DE 11,61 A 11,79 m INTERVALO FRAGMENTADO COM FRATURAS SUBVERTICAIS
				A 18,42 MATERIAL ARENO ARGILOSO DECOMPOSTO NO TRECJHO DA FRATUA
				EM 19,85 m 35 GRAUS PAREDES ALETRADAS MATERIAL CLORITIZADO

Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
				EM 21,25 FRATURA COM 40° E PAREDES ALETRADAS E OXIDADAS
FURO PC-19	0,00	2,00	SOLO ARGILO ARENOSO, PROVÁVEL ALTERAÇÃO DO GNAISSE	
	2,00	3,50	ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA	
	3,50	5,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE FRAGMENTADO	
	5,00	6,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM NIVEIS DE ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA	
	6,50	9,15	ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA	
	9,15	17,37	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM NIVEIS DE ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA	EM 12,30 m FRATURA COM 5° PREECHIDA COM CALCITA NO GNAISSE EM 16,75 FRATURA DE 10° COM PAREDE OXIDADA NO GNAISSE, OS 16,75 m FORAM MEDIDO NO CENTRO DESSA FRATURA
FURO PC-20	17,37	18,10	NIVEL DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA	
	18,10	24,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM NIVEIS INDIVISOS DE ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA	
	0,00	1,00	SOLO ARGILOSO MARROM	
	1,00	3,50	SOLO ARGILO ARENOSO - ALETRAÇÃO DO GNAISSE	
	3,50	6,20	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTEARAÇÃO A1/A2 _ INTERVALOS DE 4,72 A 5,10 FRAGMENTADO DO GNAISSE COM GRAU DE ALETRAÇÃO A2/A3	
	6,20	6,50	ROCHA QUATZO FELDSPÁTICA. DE 6,50 A 6,62 TRECHO FRAGMENTADO DO GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A2/A3	EM 8,10 m FRATURA NO GNAISSE COM 20° FECHADA OXIDADA  12,43 A 12,50 m NIVEL FRAGMENTADO DE CALCILICATICA DENTRO DO MÁRMORE DOLOMITO DE 14,38 A 14,43 m FRATURA HORIZONTAL SEGUNDO A FOLIAÇÃO REGIONAL
	6,50	10,37	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTEARAÇÃO A1/A2 _ INTERVALOS DE 6,95 A 57,10 FRAGMENTADO DO GNAISSE COM GRAU DE ALETRAÇÃO A2/A3	
	10,37	14,85	MÁRMORE DOLOMITICO COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	14,85	15,18	ROCHA CALCILICÁTICA	
	15,18	32,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
FURO PC-21	0,00	1,00	SOLO DE ALTERAÇÃO D GNAISSE	
	1,00	2,00	NIVEL DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA	
	2,00	3,50	SOLO DE ALTERAÇÃO DO GNAISSE	
	3,50	6,50	ROCHA QUARTZO FELDSPATICA FRAGEMETATA GRAU DE ALETRAÇÃO A1/A2	
	6,50	21,50	GRANADA BIOTITA GNAISSE	
	21,50	22,52	NIVEL DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA	DE 6,50 A 12,50 m APRESENTA GRAU DE ALTERAÇÃO A1/A2 EM 18,80 m FRATURA NO GNAISSE COM 40°
	22,52	26,00	CALCISSILICÁTICO	EM 21,40 m FRATURA NO GNAISSE COM 30°
	26,00	26,50	NIVEL DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1/A2	EM 27,67 M FRATURA NO GNAISSE COM 20° COM PAREDE ALTERADA
	26,50	30,00	GRANADA BIOTITA GNAISSE COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1	
	0,00	3,00	SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA	
FURO PC-22	3,00	4,50	SOLO DE ALTERAÇÃO DO GNAISSE	
	4,50	12,50	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA FRAGMENTADA COM NIVEL INDIVISO DE BIOTITA GNAISSE	
	12,5	38,82	BIOTITA GNAISSE COM NIVEIS INDIVIOS DE ROCHAS CALCILICATILACA E QUARTZO FELDSPATICA	PREDOMINA AS FRATURAS NO GNAISSE, ORIENTADAS SEGUNDO O PLANO DE FOLIAÇÃO DE 60° COM GRAU DE ALTERAÇÃO A1 E LOCALMENTE A2 COM PEQUENOS TRECHOS FRAGMENTADOS 12,50 A 12,65 m TRECHO FRAGMENTADO A1/A2 COM FRATURA ABERTA ALTERADA E OXIADADA



Sondagens de Reconhecimento descritos pela INB				
	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	DADOS ESTRUTURAIS
				EM 20,97 m FOLICAOA DE 60 GRAUS NO GNAISSE
				DE 22,22 A 22,36 m TRECHO FRAGMENTADO DE GNASSE A1
				EM 22,32 m FOLICAOA DE 60 GRAUS NO GNAISSE
				DE 26,95 A 27,30 m TRECHO FRAGMENTADO DE GNAISSE A1
	38,82	39,00	ROCHA QUARTZO FELDSPÁTICA FRAGMETADO E COM OXIDAÇÃO	
	39,00	41,00	BIOTITA GNAISSE COM NIVEIS INDIVIOS DE ROCHAS CALCILICATILACA E QUARTZO FELDSPATICA	

Fonte: INB, 2022.

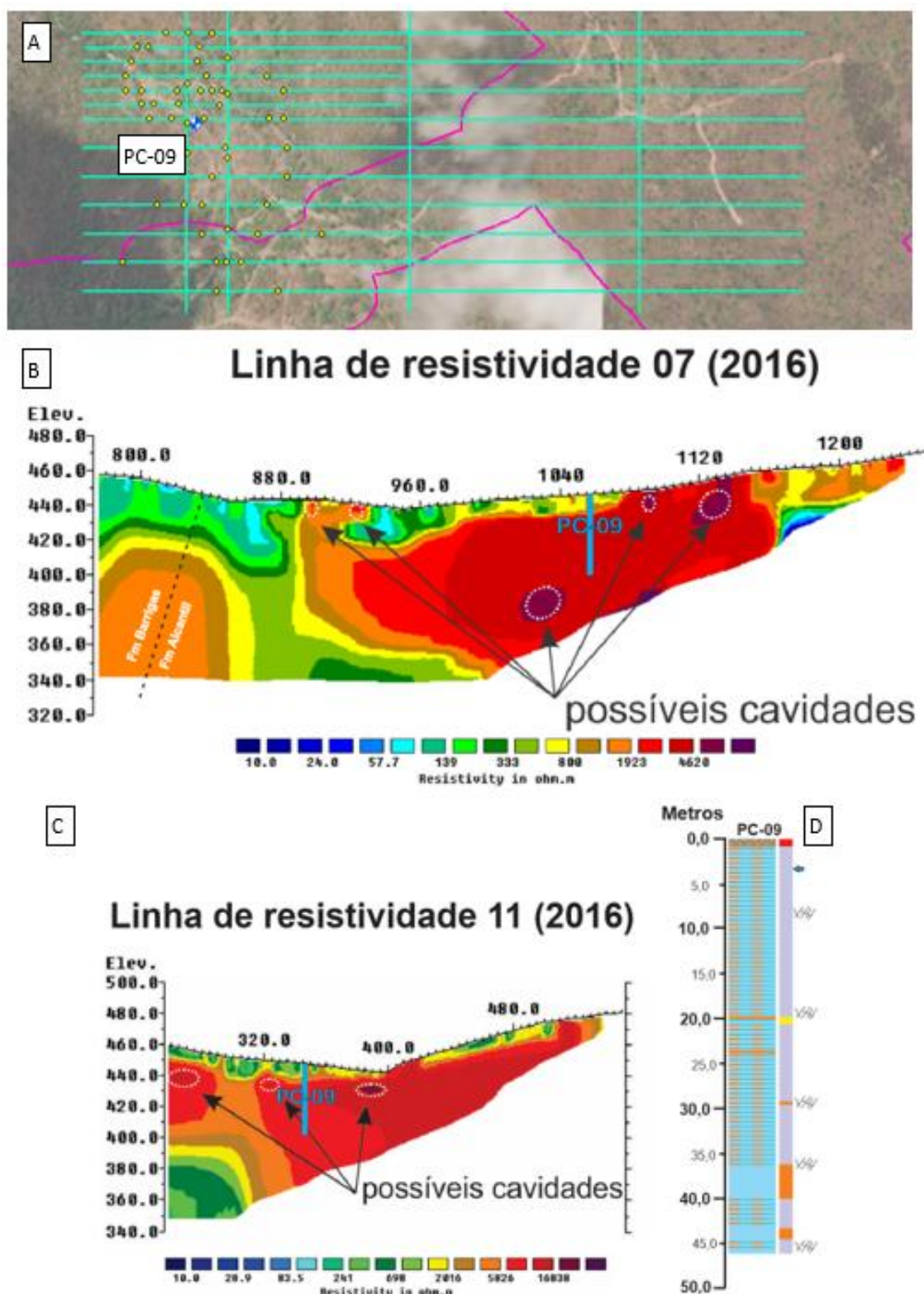


Figura 11.1-124: A - Cruzamento de dados geofísicos e sondagens de reconhecimento de 2022. B e C - Linhas de resistividade com a localização da sondagem de reconhecimento. D - Sondagem de reconhecimento D.

Fonte: Signal (2016), GeoHidro e INB (2022), elaborado por BTBExplorers (2023).

Através da integração dos dados de sondagens e geofísicos, é possível compreender de forma mais concreta o comportamento das litologias em profundidades subsuperficiais (algumas sondagens ultrapassam os 60 metros). Vale ressaltar, que nos perfis retirados das sondagens de reconhecimento, é identificado diversas camadas com alteração A2/A3 (descritos no item 11.1.6 Geotecnia) logo após espessos estratos de camadas de rocha sã, indicando que fraturas e outras descontinuidades (como foliação ou contatos litológicos) auxiliam na percolação de água, essencial para a alteração química das rochas, em camadas mais profundas.

As rochas de forma geral apresentam fraturas abertas e preenchidas em diferentes cotas, que junto as camadas de rocha alterada podem indicar perfis de resistividades divergente do padrão litológico sã, podendo gerar anomalias geofísicas durante os levantamentos.

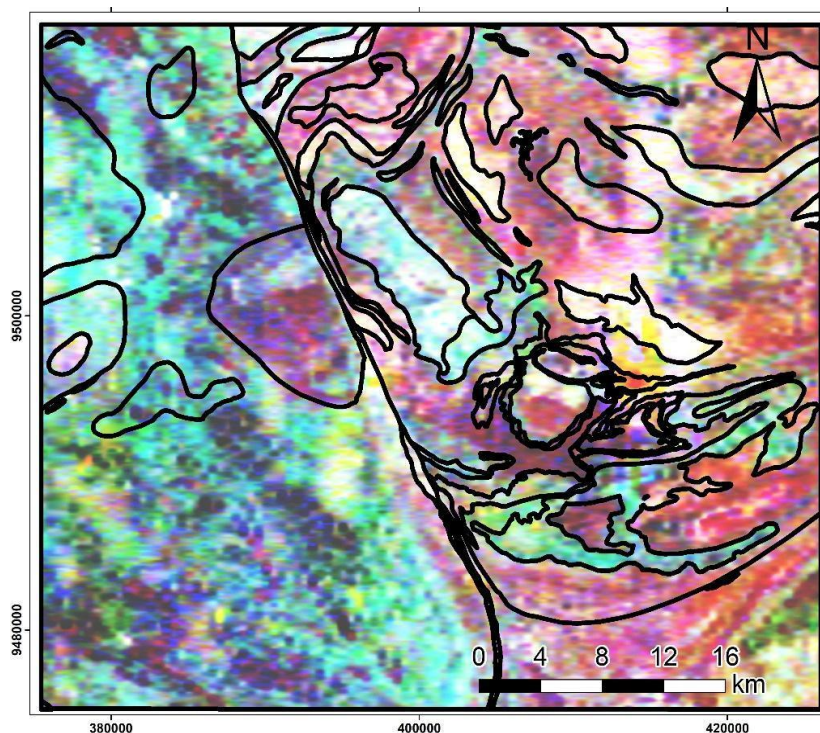
Novas sondagens serão realizadas durante a etapa de instalação do empreendimento com o intuito específico de identificar essas áreas e pesquisar sobre essas possíveis cavidades, mas até o atual momento o estudo considera satisfatório os dados para a interpretação geológica.

#### 11.1.7.3.3. *Geologia Local*

Com base nos materiais disponibilizados até o início da elaboração deste capítulo (novembro de 2023), foi realizado um trabalho de 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 Taparuaba 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 Taparuaba (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 11.1-125).



**Figura 11.1-125: Contatos resultantes da integração das Folhas Geológicas Quixadá, Taparuaba 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 a partir disso foram 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 ( $\sim N30^\circ W$ ) 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 11.1-126. A junção desses dados permitiu a confecção do mapa geológico da AID/ADA (Mapa 11.1-18).

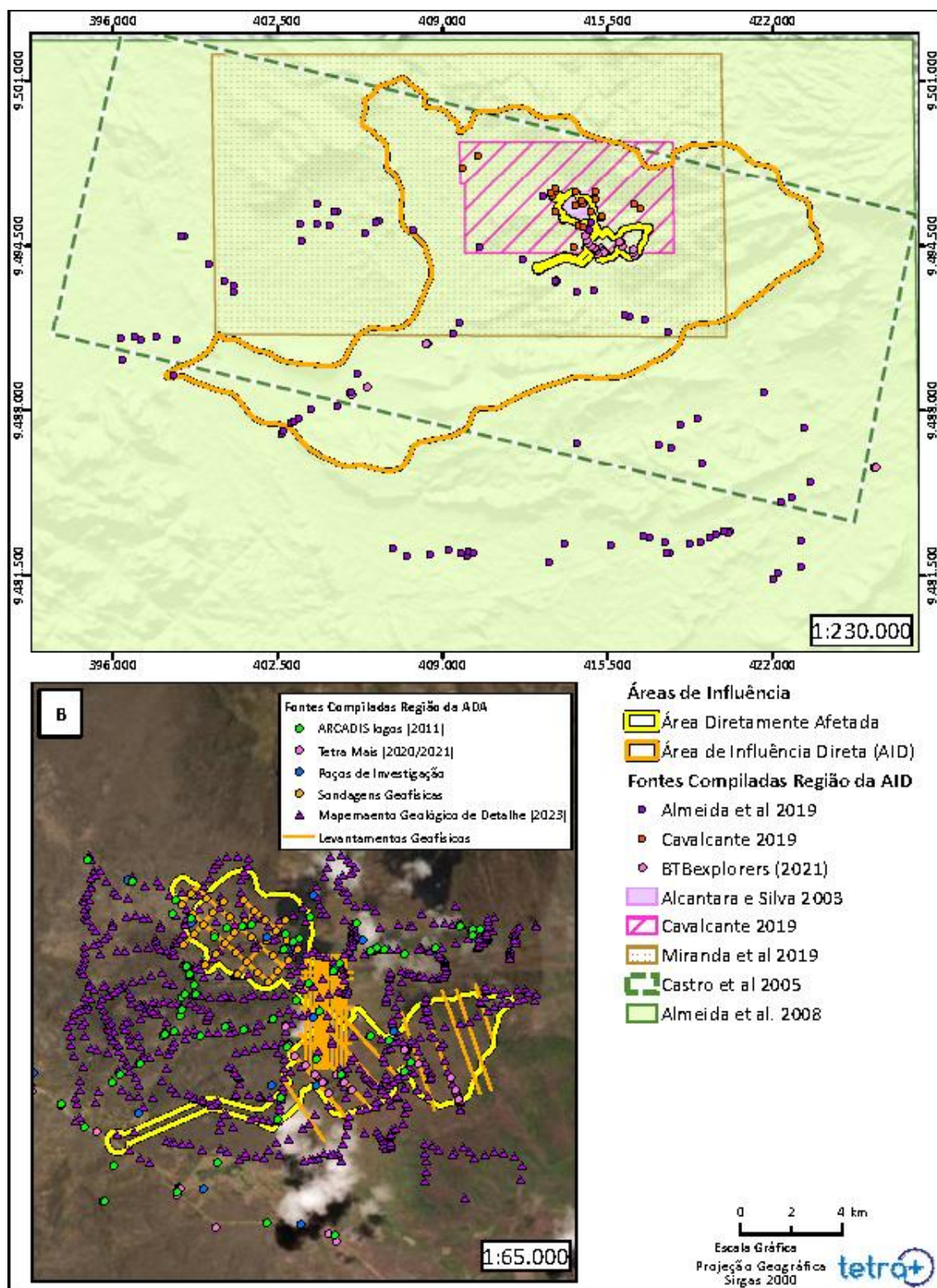


Figura 11.1-126: Fontes de dados compiladas confecção do mapa geológico - (A) Principais fontes na região da AID. (B) Principais fontes na região da ADA.

Elaboração: Tetra Mais, 2023, adaptado de BTB Explorers (2021).



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 11.1-62).

**Quadro 11.1-62: 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		

Elaboração: 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.

Unidades Geológicas

Quaternário

Aluviões e terraços aluviais e fluviais essencialmente arenosos

Jurássico

Diques Básicos

Paleozóico

Colofanito do tipo maciço (m), em níveis contínuos, preenchendo fraturas e cavidades; e do tipo disseminado formando zonas de "stockwork" (stw), onde indicados

Diques Pegmatíticos

Proterozóico inferior - Grupo Itataia

Formação Alcantil

Calcários cristalinos (mármore) puros e impuros, rochas calcossilicáticas e tactitos

Formação Barrigas

Predominância de biotita-sillimanita gnaiss, localmente cloritizado e migmatizados

Formação Laranjeiras

Quartzitos puros e micáceos, localmente ferríferos, com algum feldspato e sillimanita

Formação Serra do Céu

Migmatitos dominantes: gnaisses feldspatizados, biotita-sillimanita granada gnaisses migmatizados, anfibólio gnaisses, e metarcóseos

Proterozóico Médio - Complexo Tamboril

Migmatitos heterogêneos

Metatexitos dominantes com estruturas flebíticas, estromáticas e dobradas

Macrolocalização

MA

CE

PI

RN

PE

PB

Santa Quitéria

Legenda

Referência Locacional

--- Limite Municipal

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Hidrografia

Cursos d'água

Rio Groaíras

Estruturas Geológicas

Dobra antiformal

Dobra sinformal

Falha de empurrão

Falha normal

Falha transcorrente destal

Falha transcorrente sinistral

Falhas Indiscriminadas

Falha e/ou zona de cisalhamento

Lineamento estrutural

Zona de Cisalhamento Contraccional

Foliações

Fonte:  
BTB Explorers, 2021. Mapa Geológico.  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

0 2 4 km

1:115.000

Escala Gráfica

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum Horizontal Sirgas 2000 - Fuso 24S

Norte do Mapa

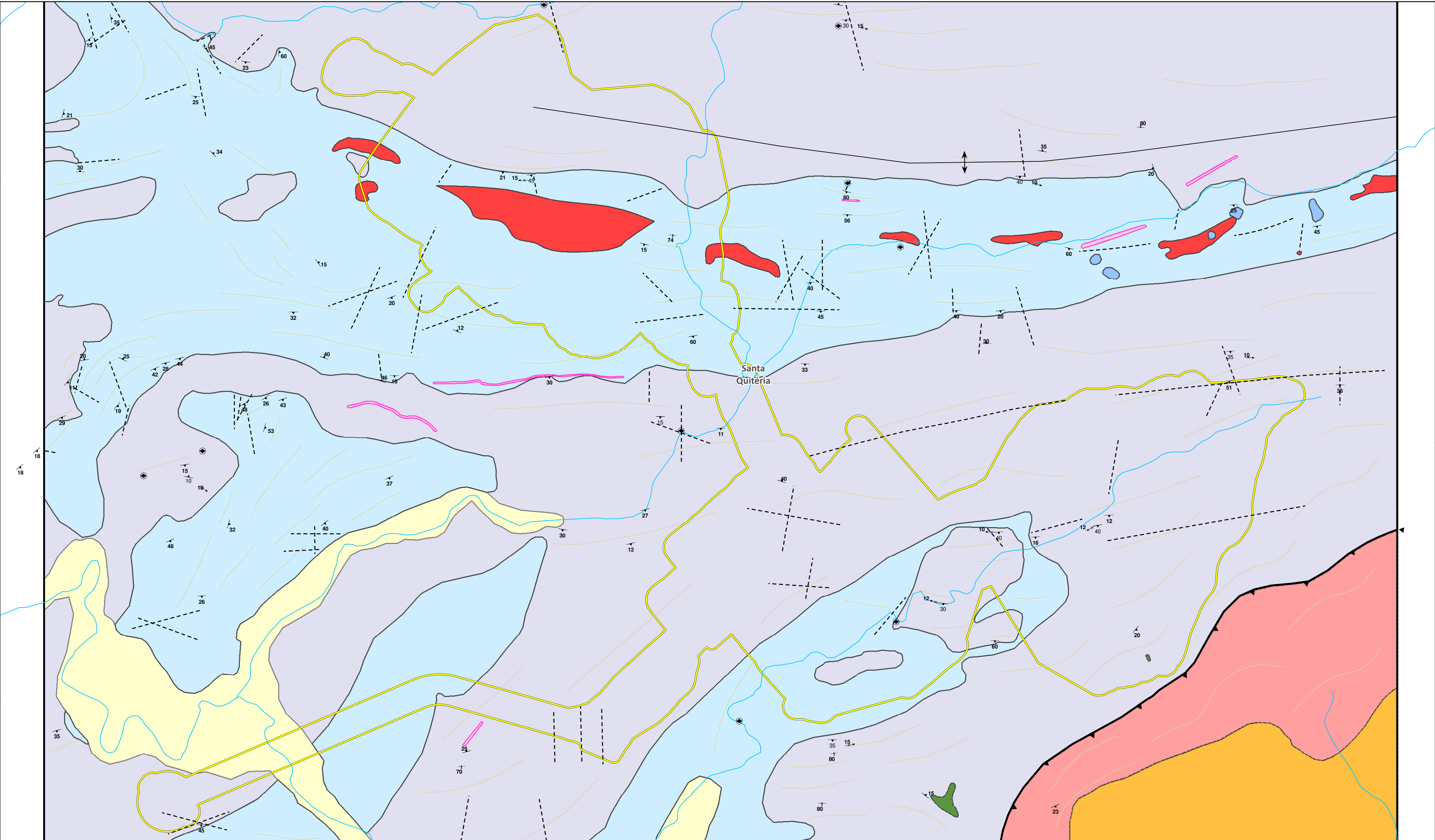
Projeto Santa Quitéria		
Título: Geologia da AID/ADA		
Formato	Escala	Folha
A3	1:115.000	Única
Data	Localização	
30/10/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	

#### 11.1.7.3.4. *Mapeamento Geológico de Detalhe*

Com o objetivo de obter um melhor detalhamento acerca da geologia local do PSQ, após a 5ª campanha de campo, foi realizada pela Geohidro em 2022 entre os dias 18 de maio a 01 de abril de 2023, um mapeamento geológico de detalhe e então gerado o mapa geológico (Mapa 11.1-19), em escala de 1:10:000.

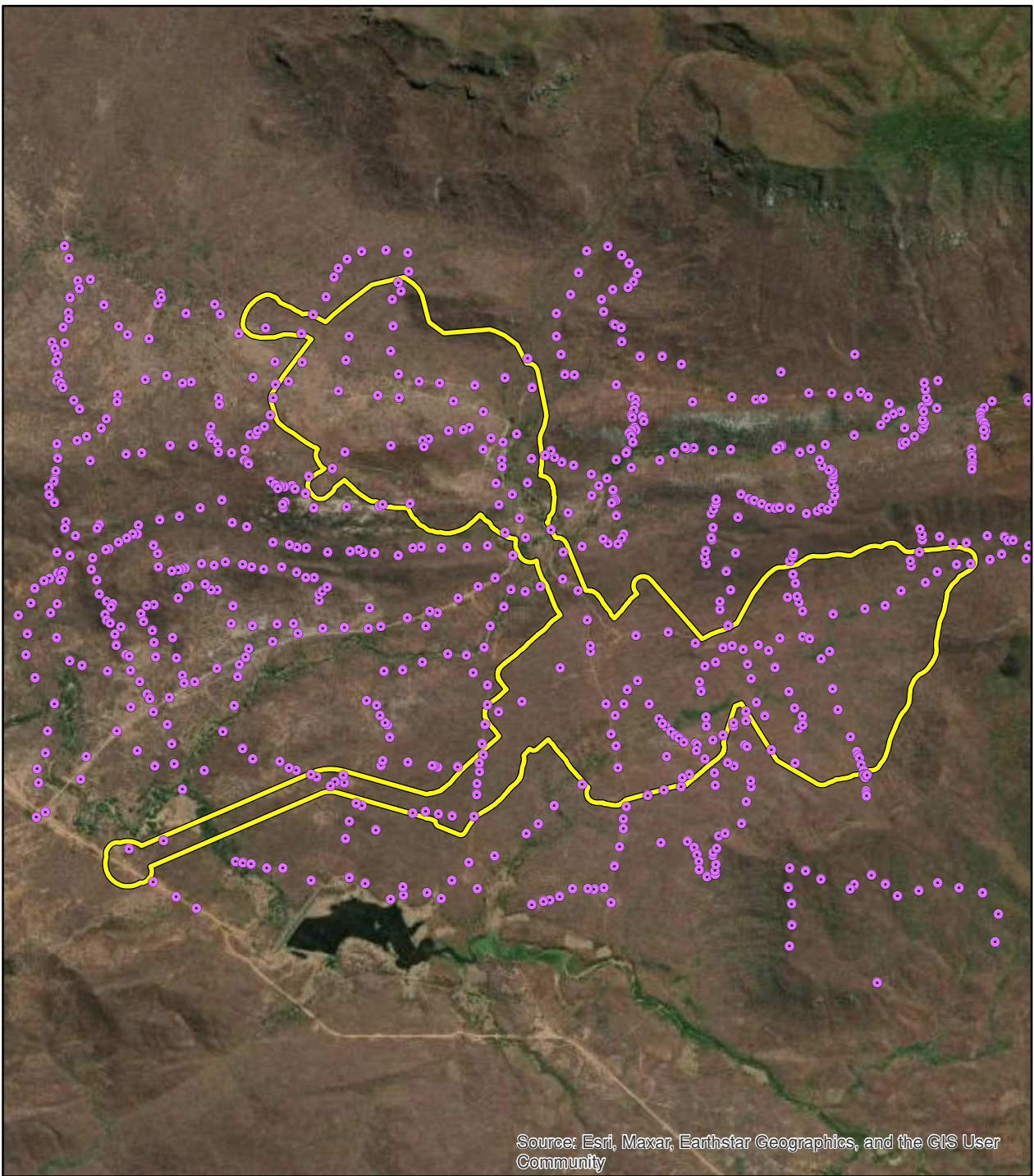
O mapa da área do futuro complexo industrial, engloba as litologias pertencentes às Formações Barrigas, Alcantil, Serra do Céu e Laranjeiras.



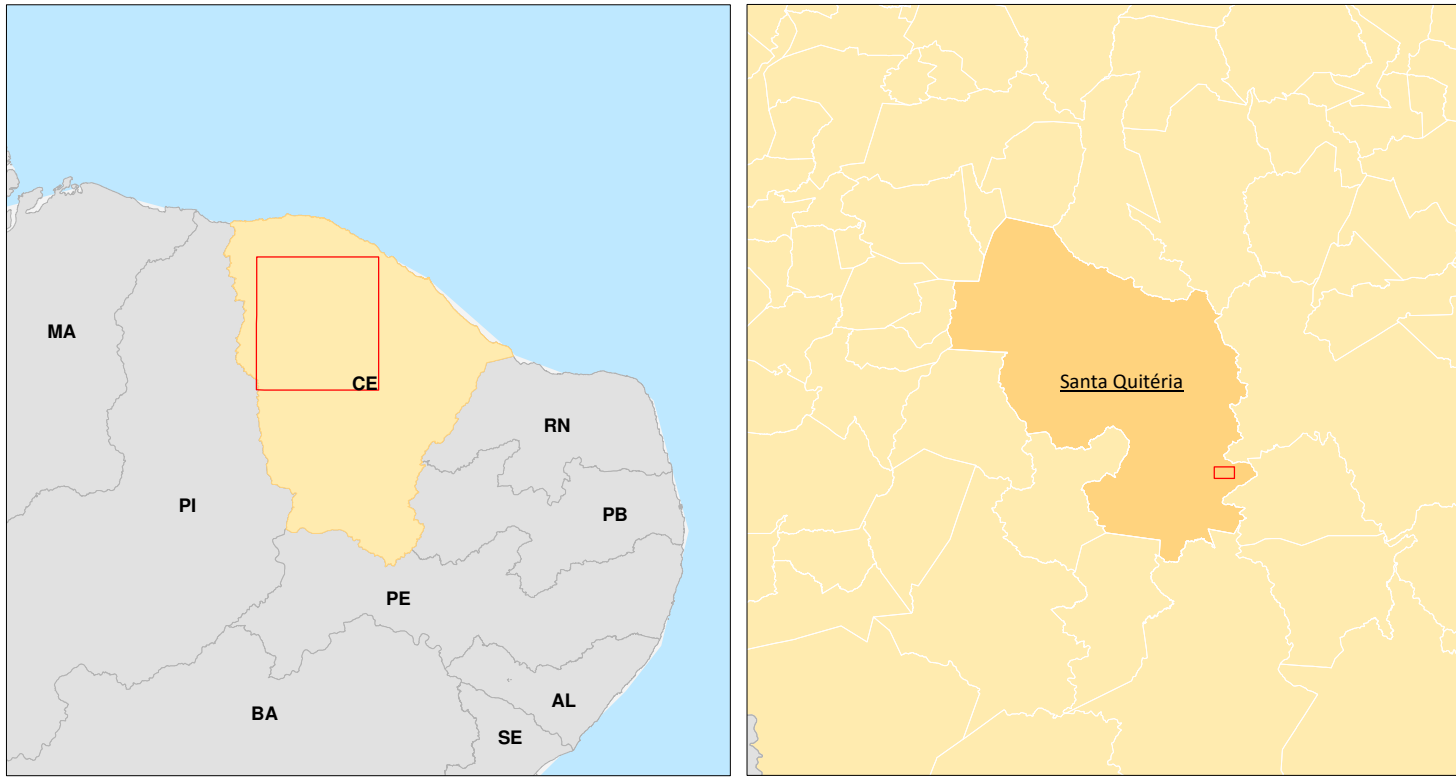


Eons	Formação /Litologia	Unidades Mapeadas	Litologias	Descrição Composicional em Campo	Descrição Estrutura em campo
Cenozoico	Sedimentos	<div></div> Cobertura Cenozoicas	Sedimentos inconsolidados e aluviões	Argila + Silte + Areia ± Cascalhos	Maciça
	Carstificação	<div></div> Tufas Calcárias	Tufas Calcárias/calcretes	Calcita	Crostiforme
Cambro - Ordoviciano	Colofanito	<div></div> Colofanito	Minerio de fosfato e urânio	Calcita + Colofana ± Biotita ± Grafita	Stockwork e Sacaroidal
Neoproterozóico Clico Brasileiro	Pegmatitos /Veios	<div></div> Pegmatoides	Veios de Quartzo	Quartzo	Maciça
			Pegmatito	Feldspatos + Quartzo	Maciça
Paleoproterozóico Ciclo Transamazônico	Alcantil	<div></div> Metacarbonáticas	Mármore Impuro	Calcita ± Biotita ± Grafita	Maciça e Bandada
			Mármore Dolomítico	Dolomita + Calcita	Maciça
			Mármore	Dolomita + Calcita + Anfibólio ± Piroxênio	Fibro-radial
			Calcissilicática	Calcita	Maciça e Bandada
	Barrigas	<div></div> Anfibolito	Anfibolito e Granada Anfibolito	Anfibólio + Plagioclásio + Granada ± Piroxênio	Bandada
			Granda-Biotita Gnaiss	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada	Gnáissica
		<div></div> Gnaiss Aluminosos	Silimanita-Granada-Biotita Gnaiss	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada + Silimanita ± Muscovita	Gnáissica
			Gnaiss Migmatizado	Feldspatos + Biotita + Quartzo ± Muscovita	Gnáissica
			Xisto	Micas + Feldspatos + Quartzo	Xistosa
			Biotita-Muscovita Xisto	Muscovita + Biotita + Feldspatos + Quartzo	Xistosa
	Laranjeiras	<div></div> Quartzitos	Muscovita Quartzito	Quartzo + Muscovita	Maciça
			Quartzito	Quartzo ± Feldspato	Maciça
	Serra do Céu	<div></div> Migmatitos	Migmatito, Metatexitos e Gnaisses Migmatizados	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Anfibólio	Estromática

Pontos Mapeados



Macrolocalização



Legenda

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

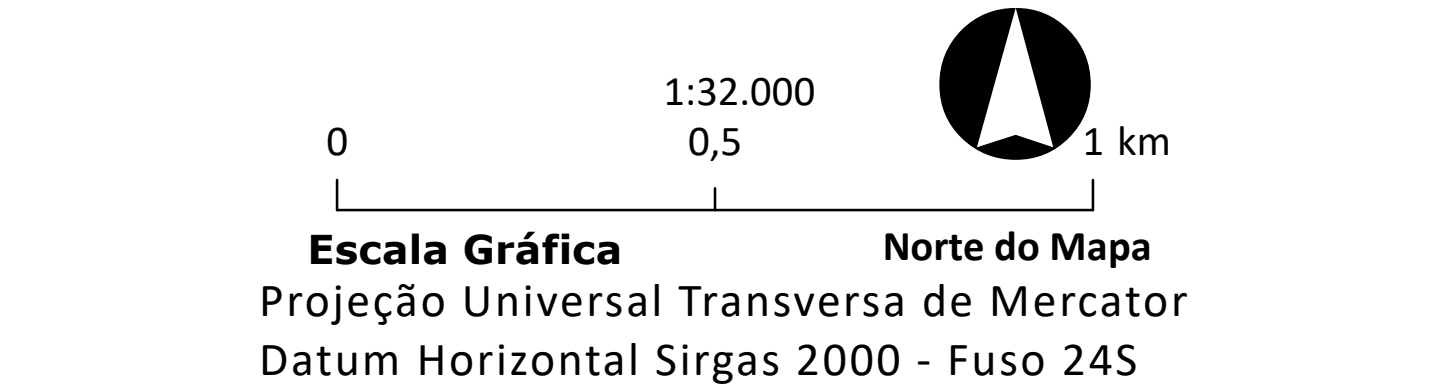
Hidrografia

Cursos d'água

Estruturas Geológicas

- Foliação
- Foliação Horizontal
- Lineação Mineral
- Traços da Foliação
- Fraturas
- Antiforme
- Cavalcamento
- Contato Definido
- Contato Aproximado

Fonte:  
BTB Explorers, 2023. Mapeamento Geológico.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Mapa Geológico de Detalhe - Itataia**

Formato	Escala	Folha
A1	1:10.000	Única
Data	Localização	
21/11/2023	Santa Quitéria / CE	
Elaborado	Aprovado	
Patrick Martins	Cristina Poggiali Almeida	



O mapeamento da área onde está prevista a implantação do complexo industrial, foi dividido em três etapas distintas:

- a) **Primeira Etapa:** Iniciou no dia 18 de maio de 2023 e se estendeu até o dia 20 de maio de 2023 e teve por objetivo principal o reconhecimento das condições de acesso, topografia, tipo e densidade de vegetação nas diversas partes e associá-las aos aspectos geomorfológicos diferentes que se encontram na área. Durante esta campanha foram descritos sessenta e seis afloramentos
- b) **Segunda Etapa:** Iniciou no dia 26 de maio de 2023 e finalizou em 03 de junho de 2023. Teve como objetivo dar continuidade às descrições dos afloramentos rochosos iniciadas na primeira campanha. Durante esta campanha foram descritos quatrocentos e oitenta afloramentos.
- c) **Terceira Etapa:** Iniciou no dia 29 de junho e primeiro de julho de 2023. Teve como objetivo principal a realização de perfis para descrição de afloramentos rochosos nas partes onde a densidade de pontos descritos estava abaixo do requerido. Durante esta campanha foram descritos cento e setenta e sete afloramentos.

Ao longo das três etapas dessa quinta campanha de campo, foram descritos ao todo 746 afloramentos.

Da área mapeada, a Formação Barrigas representa 56,33 % do total, enquanto na ADA esse valor chega a 66,91%, formado principalmente por Paragneisses aluminosos (Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada + Silimanita ± Muscovita), Anfibolitos (Anfibólio + Plagioclásio + Granada ± Piroxênio) e Pegmatoides (Feldspatos + Quartzo). Já a Formação Alcantil tem 31,37%, enquanto na ADA seu valor é de 31,72%, com os principais representante litológico os Mármore, Mármore Dolomíticos, Mármore Impuros e Calcissilicática (Calcita + Dolomita + Anfibólio ± Piroxênio ± Biotita ± Grafita).

As Formações Serra do Céu e Laranjeiras representam 3,79% e 3,22% respectivamente, ambas as unidades não estão inseridas na ADA. Suas litologias são representadas principalmente por Quartzitos (Quartzo ± Feldspato) e Muscovita Quartzitos (Quartzo + Muscovita) na Fm. Laranjeiras e Migmatito, Metatexitos e Gnaisses Migmatizados (Feldspatos + Biotita + Quartzo + Anfibólio) na Fm. Serra do Céu. Por fim, os sedimentos cenozoicos estão concentrados na região sudoeste, próximo aos rios e vales, sua área representa 3,94% e na ADA apenas 0,99%. Cada litologia mapeada e composta por uma série de características descritas a seguir:



- Paragneisse: Formados pelo metamorfismo de rochas sedimentares, ricos em quartzo e com volume superior a 20% de feldspatos. Por sua origem sedimentar é comumente associado a granada, cordierita, cianita ou silimanita, devido à grande concentração de argilo-minerais, quartzo e arcóseos em sua composição original. Comumente ocorrem com bandas mineralógicas claras e escuras paralelas ou dobradas. Na área mapeada ocorrem principalmente como Granada-Biotita Gnaiss e Granada-Silimanita-Biotita Gnaiss, podendo ocorrer migmatização e veios de feldspatos e/ou quartzo.
- Metacarbonática: Formado pelo metamorfismo de rochas sedimentares marinhas químicas e/ou bioquímicas (Calcários). Ocorrem na área mapeada, principalmente como mármore bandados com veios de quartzo-feldspáticos. Há ocorrência de colofana disseminado em vênulas e intercalado com outras rochas metamórficas (Paragneisse/Calcissilicática principalmente). Por ser uma rocha dúctil é comumente visto com dobras centimétricas a métricas, além de apresentar carstificação em algumas áreas.
- Tufo Calcário: Rochas calcárias esbranquiçadas originadas a partir da precipitação de calcários pela percolação de água subterrânea, principalmente em maciços carbonáticos e/ou ambiente fluvial. São rochas muito porosas que podem ocorrer junto a fosséis, conchas, plantas etc.
- Migmatito: Semelhante aos paragneisses, os migmatitos apresentam duas partes petrográficas distintas visíveis, semelhantes as bandas claras e escuras. Porém uma das bandas é de origem metamórfica (Paleossoma) e a outra da fusão parcial da rocha (Neossoma). O Neossoma pode ser dividido em Leucossoma (parte clara onde os minerais félsicos ficam concentrados) e Melanossoma (parte escura onde predominam os minerais máficos). Essa litologia é formada em ambientes de alta temperatura e pressão, como o caso da formação Serra do Céu.
- Quartzito: Rocha metamórfica de origem sedimentar clástica composto quase exclusivamente por quartzo, como o caso dos arenitos. Ocorrem na área mapeada exclusivamente na formação laranjeiras, como quartzitos impuros com feldspatos.
- Colofanito: Um tipo de fluoroapatita rico em Urânio, encontrado na área mapeada, principalmente disseminado, stockwork ou em vênulas nas metacarbonáticas da Formação Alcantil.

- **Pegmatitos:** Rocha intrusiva, de composição similar ao granito, composto principalmente por quartzo e feldspatos de textura grossa. Sua origem pode normalmente é associado a líquidos em altas temperaturas, enriquecidos em elementos químicos que precipitam preenchendo fraturas abertas. Esse fenômeno ocorre comumente na fase final da cristalização de corpos ígneos.
- **Anfibolito:** Formado pelo metamorfismo de rochas ígneas máficas rica em anfibólio, normalmente de cor verde escuro podendo ocorrer bandado ou maciço. Na área mapeada possivelmente sua origem é do metamorfismo de rochas piroclástica (paraderivada) ou rocha ortoderivada fundida (melassoma).

As litologias e formações da área mapeada, estão resumidas no Quadro 11.1-63 e apresentados os afloramentos característicos no Quadro 11.1-64.



**Quadro 11.1-63: Unidades litoestratigráficas mapeadas com seus respectivos litotipos, composição mineralógica, sedimentar e descrição das estruturas**

Eons	Formação /Litologia	Unidades Mapeadas	Litologias	Descrição Composicional em Campo	Descrição Estrutura em campo
Cenozoico	Sedimentos	Cobertura Cenozoicas	Sedimentos inconsolidados e aluviões	Argila + Silte + Areia ± Cascalhos	Maciça
	Carstificação	Tufas Calcárias	Tufas Calcárias/calcretes	Calcita	Crostiforme
Cambro - Ordoviciano	Colofanito	Colofanito	Minerio de fosfato e urânio	Calcita + Colofana ± Biotita ± Grafita	Stockwork e Sacaroidal
Neoproterozóico Cíclo Brasileiro	Pegmatitos /Veios	Pegmatoides	Veios de Quartzo	Quartzo	Maciça
			Pegmatito	Feldspatos + Quartzo	Maciça
Paleoproterozóico Cíclo Transamazônico	Alcantil	Metacarbonáticas	Mármore Impuro	Calcita ± Biotita ± Grafita	Maciça e Bandada
			Mármore Dolomítico	Dolomita + Calcita	Maciça
			Mármore	Dolomita + Calcita + Anfibólio ± Piroxênio	Fibro-radial
			Calcissilicática	Calcita	Maciça e Bandada
	Barrigas	Anfibolito	Anfibolito e Granada Anfibolito	Anfibólio + Plagioclásio + Granada ± Piroxênio	Bandada
		Gnaiss Aluminosos	Granda-Biotita Gnaiss	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada	Gnáissica
			Silimanita-Granada-Biotita Gnaiss	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada + Silimanita ± Muscovita	Gnáissica
			Gnaiss Migmatizado	Feldspatos + Biotita + Quartzo ± Muscovita	Gnáissica
			Xisto	Micas + Feldspatos + Quartzo	Xistosa




Eons	Formação /Litologia	Unidades Mapeadas	Litologias	Descrição Composicional em Campo	Descrição Estrutura em campo
			Biotita-Muscovita Xisto	Muscovita + Biotita + Feldspatos + Quartzo	Xistosa
			Muscovita Xisto	Muscovita + Feldspatos + Quartzo	Xistosa
	Laranjeiras	Quartzitos	Muscovita Quartzito	Quartzo + Muscovita	Maciça
			Quartzito	Quartzo ± Feldspato	Maciça
	Serra do C'eu	Migmatitos	Migmatito, Metatexitos e Gnaisses Migmatizados	Feldspatos + Biotita + Quartzo + Anfibólio	Estromática

Fonte: GeoHidro 2022.




#### Quadro 11.1-64: Principais litologias de cada unidade mapeada

Unidades Mapeada	Afloramento	Foto em campo
Paragnaisse	IM-18	Granada Silimanita Biotita Gnaiss
		
	IM-198	Granada Biotita Silimanta Gnaiss Fraturado
		
	IM-104	Formação Barrigas - Gnaiss Migmatítico








		
M ig E	Formação Alcantil - Metacarbonato bandado e dobrado	
	IM-50	
	Formação Alcantil - Mármore com veios de quartzo e feldspatos, intenso processo de carstificação por dissolução do carbonato de cálcio, zona intensamente fraturada	
	IM-116	
M ig E		Formação Serra do Céu - Migmatitos



	IM-233	
Quartzitos	Formação Laranjeiras - Quartzito, quartzito impuro contendo feldspato	
	IM-225	
Colofanito	Colofanito	
	IM-108	



	Formação Alcantil - Afloramento de mármore de cor branca-cinza. Nessa serra ocorre colofanito maciço e venulado (stockwork).	
	DC-110	
Tufos Calcários	Formação Alcantil - Afloramento de Tufos Calcários, material com alta porosidade e intenso processo de dissolução associado resultando na geração de cavernas.	
	DC-314	
A n f	Formação Barrigas - Granada Anfibolito bandado	

	IM-256	
	Formação Barrigas - Bloco centimétrico composta predominantemente por anfibólio fibro-radial (actinolita-tremolita).	
Pegmatóides	DC-90	
	Blocos métricos, aproximadamente 15 m de extensão, de pegmatitos de quartzo feldspato, associado a afloramento de mármore	
	DC-214	

Fonte: GeoHidro (2023) - Adaptado BTBExplorers (2023).



#### 11.1.7.3.5. *Geologia da Área da Jazida*

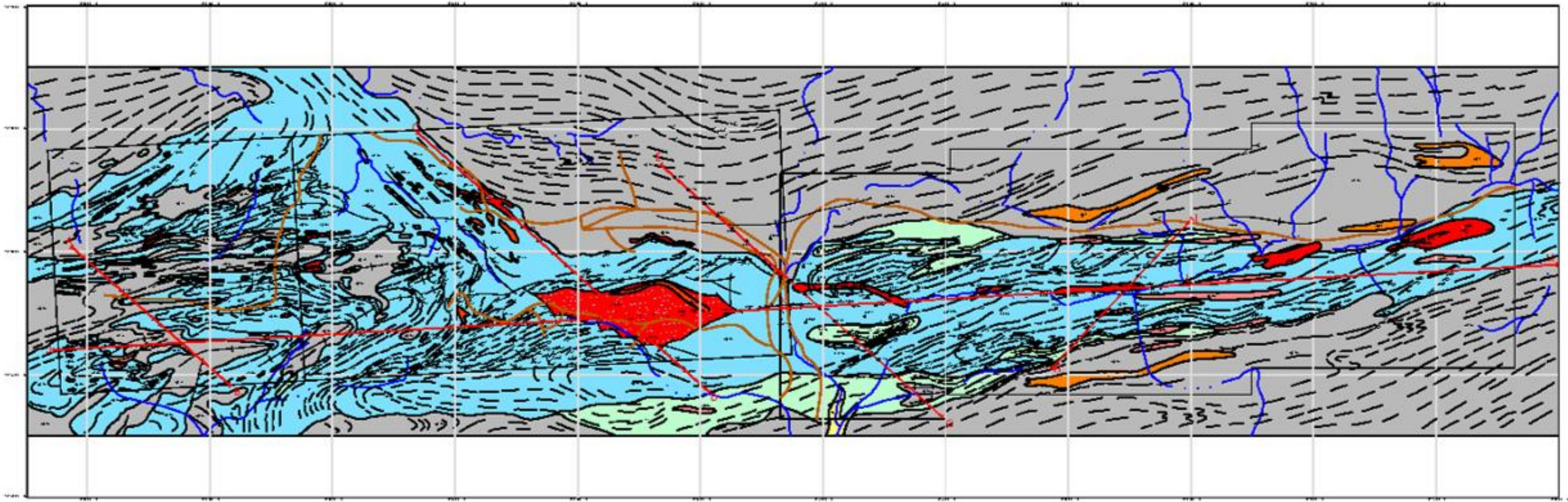
Em relação à geologia da área da Jazida, os dados primários em formato de arquivos vetoriais do mapa geológico e seções geológicas de detalhe fornecidas pela INB e apresentados na Figura 11.1-127 e perfis geológicos (Figura 11.1-128 a Figura 11.1-132), elaborados com dados coletados entre 1979 e 2002, e com base nos 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.







A Figura 11.1-127 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 (Quadro 11.1-65) obtidas através de dados disponíveis no trabalho de Alcantara e Silva (2003), que utilizou esta mesma base de dados.

















As ilustrações apresentadas da Figura 11.1-128 a Figura 11.1-132 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 no Quadro 11.1.7-10 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 11.1.11.2.8 Mapa Potenciométrico no item 11.1.11 Hidrogeologia, onde se identifica que a superfície potenciométrico tende a acompanhar a superfície do relevo.

Figura 11.1-127: Arcabouço geológico e a localização dos perfis geológicos em planta.



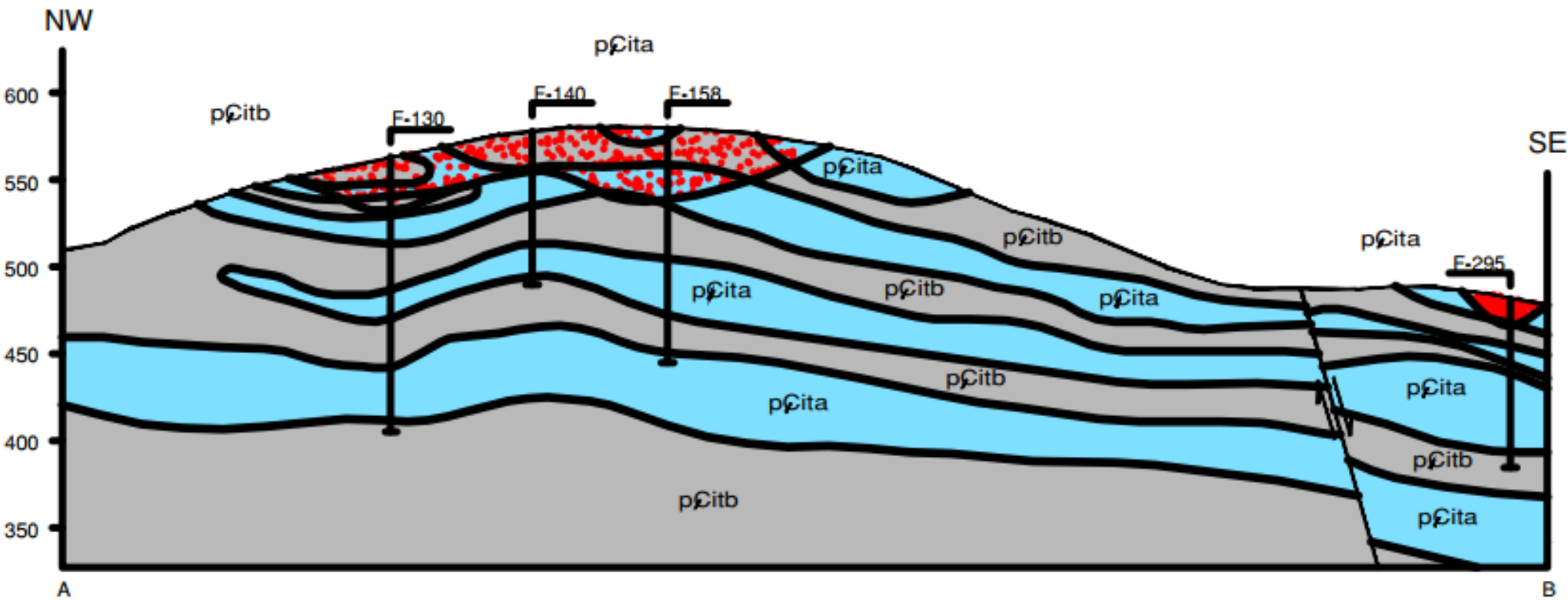
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO		ALUVIÕES
PALEOZÓICO	CÂMBRIO-ORDOVICIANO EVENTO ITATAIA		COLOFANITO URANÍFERO MACIÇO, VERMELHO, COM PONTUAÇÕES, FELDSPÁTICAS LOCAIS
	EO-CÂMBRIANO		PEGMATITO HOMOGÊNEO, GROSSEIRO, GERALMENTE SUB-CONCORDANTE
PROTEROZÓICO	INFERIOR GRUPO ITATAIA		FORMAÇÃO ALCANTIL: CALCÁRIOS CRISTALINOS PUROS A IMPUROS COM VARIAÇÕES CALCOSSILICÁTICAS NA BASE (cs) ONDE INDICADOS.
			FORMAÇÃO BARRIGAS: BIOTITA-SILLIMANITA-GRANADA GNAISSES, LOCALMENTE CLORITIZADOS E MIGMATIZADOS
			FORMAÇÃO LARANJEIRAS: QUARTZITO A MUSCOVITA E SILLIMANITA, COMPACTO ALGO FERUGINOSO.

	
ZONA MINERALIZADA - ROCHA C/ COLOFANITO	FALHA TRANSCORRENTE
	
CONTATO DEFINIDO	FALHA NORMAL
	
CONTATO APROXIMADO	FALHA INDISCRIMINADA
	$\phi = 85$
ATITUDE DE SUPERFÍCIE S <sub>0</sub>	FURO DE SONDAGEM
	A <sub>1</sub> - A <sub>1</sub> '
EIXO DE MICROCLINA INDISTINGUÍVEL	SEÇÃO GEOLÓGICA
	
TRAÇOS DE FOLIAÇÃO	ÁREA DE PESQUISA
	
DOBRA SINFORME	ESTRADA CARROÇÁVEL
	
DOBRA ANTIFORME	RIO OU RIACHO
	
ÁREA AVALIADA	CASA, SÍTIO, FAZENDA

Fonte INB, 2022.



Figura 11.1-128: Perfil Geológico A - B: intercalações de Rochas da Formação Barrigas.



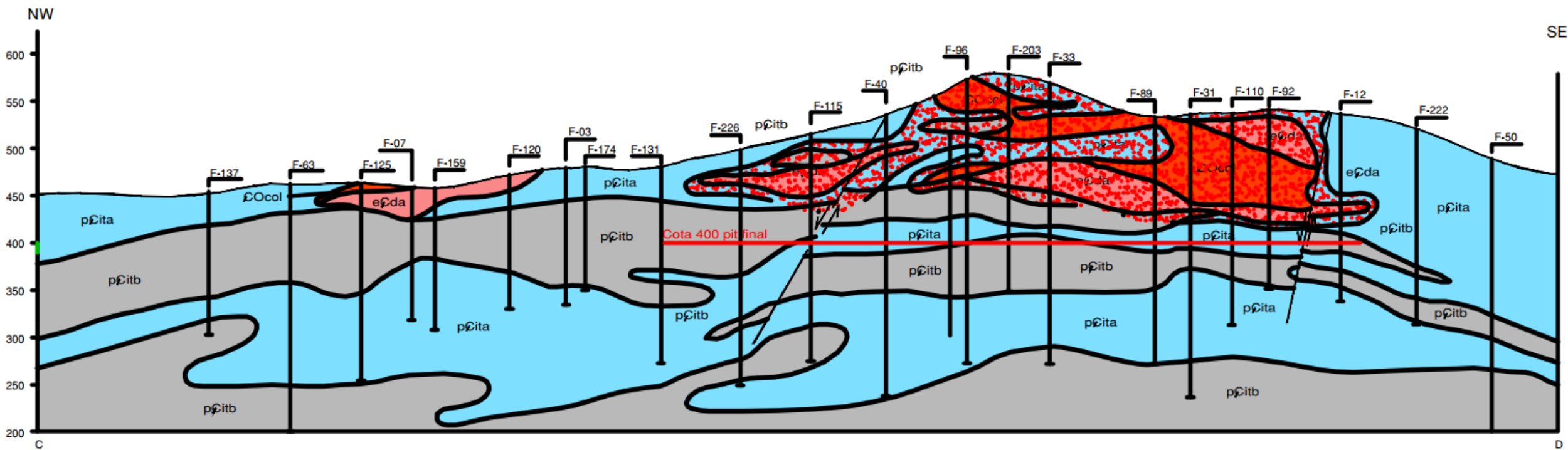
CENOZOICO	QUATERNÁRIO		ALUVIÕES
	PALEOZOICO		COLOFANITO URANÍFERO MACIÇO, VERMELHO, COM PONTUAÇÕES, FELDSPÁTICAS LOCAIS
PROTEROZOICO	CAMBRIANO		EGDA PEGMATITO HOMOGÊNEO, GROSSEIRO, GERALMENTE SUB-CONCORDANTE
	GRUPO ITATAIA		FORMAÇÃO ALCANTIL: CALCÁRIOS CRISTALINOS PUROS A IMPUROS COM VARIAÇÕES CALCOSSILICÁTICAS NA BASE (cs) ONDE INDICADOS.
			FORMAÇÃO BARRIGAS: BIOTITA-SILLIMANITA-GRANADA GNAISSES, LOCALMENTE CLORITIZADOS E MIGMATIZADOS
INFERIOR			FORMAÇÃO LARANJEIRAS: QUARTZITO A MUSCOVITA E SILLIMANITA, COMPACTO ALGO FERUGINOSO.

	ZONA MINERALIZADA - ROCHA C/ COLOFANITO		FALHA TRANSCORRENTE
	CONTATO DEFINIDO		FALHA NORMAL
	CONTATO APROXIMADO		FALHA INDISCRIMINADA
	ÂNGULO DE SUPERFÍCIE S <sub>0</sub>		QF - 85 FURO DE SONDAGEM
	EIXO DE MICRODOBRAS INDISTINGUÍVEIS		SEÇÃO GEOOLÓGICA
	TRAÇOS DE FOLIAÇÃO		ÁREA DE PESQUISA
	DOBRAS SINFORMES		ESTRADA CARROÇÁVEL
	DOBRAS ANTIFORMES		RIO OU RIACHO
	ÁREA AVALIADA		CASA, SÍTIO, FAZENDA

Elaboração: Tetra Mais 2021, adaptado de INB (2002).



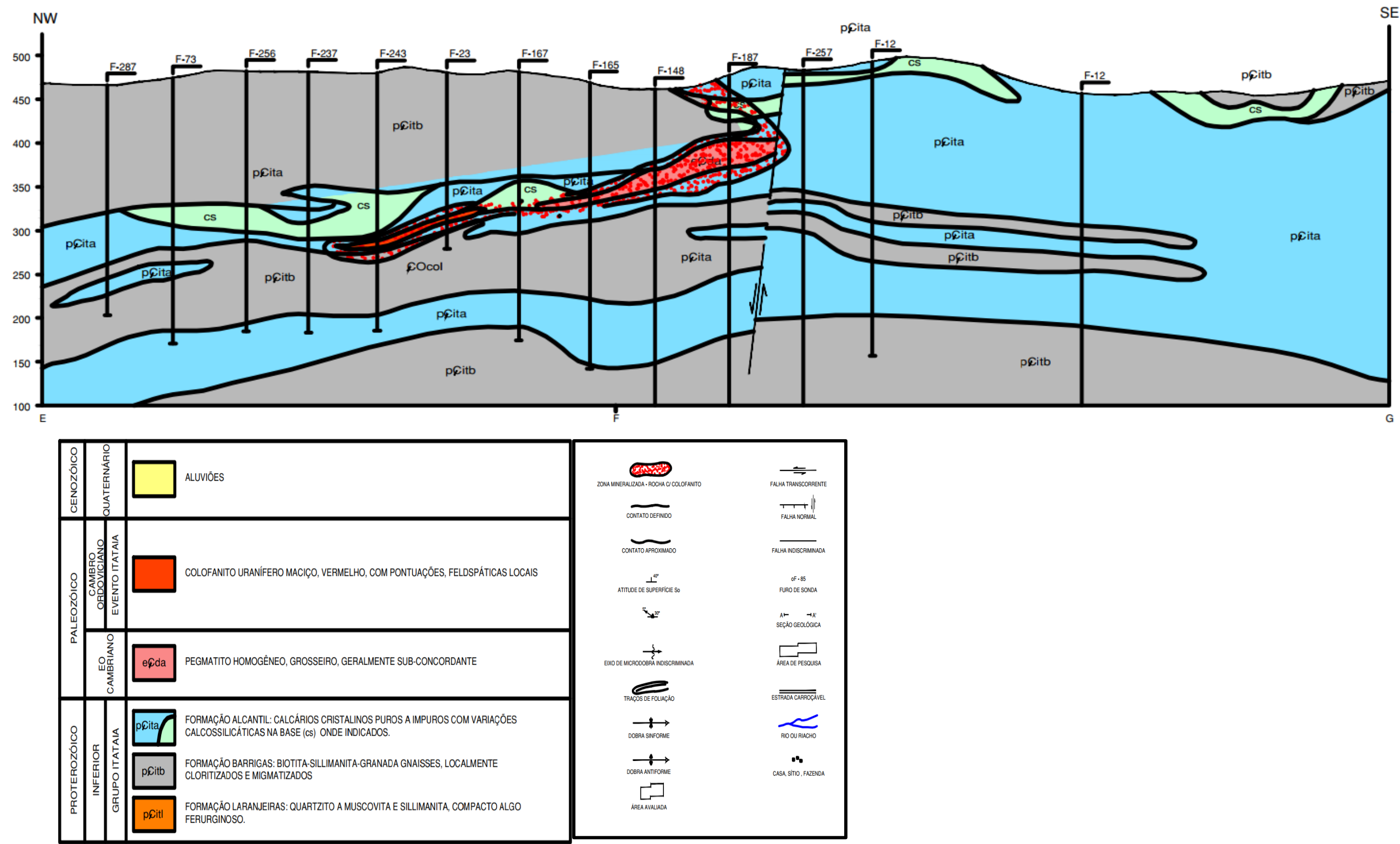
Figura 11.1-129: Perfil Geológico A - B: intercalações de Rochas da Formação Barrigas Perfil Geológico CD.



CENÓZICO	QUATERNÁRIO	<div></div> ALUVIÕES	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>
	CAMBRIANO	<div></div> COLOFANITO URANÍFERO MACIÇO, VERMELHO, COM PONTUAÇÕES, FELDSPÁTICAS LOCAIS		
	EO CAMBRIANO	<div></div> PEGMATITO HOMOGÊNEO, GROSSEIRO, GERALMENTE SUB-CONCORDANTE		
PROTEROZÓICO	GRUPO ITATAIA	<div></div> FORMAÇÃO ALCANTIL: CALCÁRIOS CRISTALINOS PUROS A IMPUROS COM VARIAÇÕES CALCOSSILICÁTICAS NA BASE (cs) ONDE INDICADOS.	<div></div> <div></div>	<div></div> <div></div>
		<div></div> FORMAÇÃO BARRIGAS: BIOTITA-SILLIMANITA-GRANADA GNAISSES, LOCALMENTE CLORITIZADOS E MIGMATIZADOS		
		<div></div> FORMAÇÃO LARANJEIRAS: QUARTZITO A MUSCOVITA E SILLIMANITA, COMPACTO ALGO FERUGINOSO.		

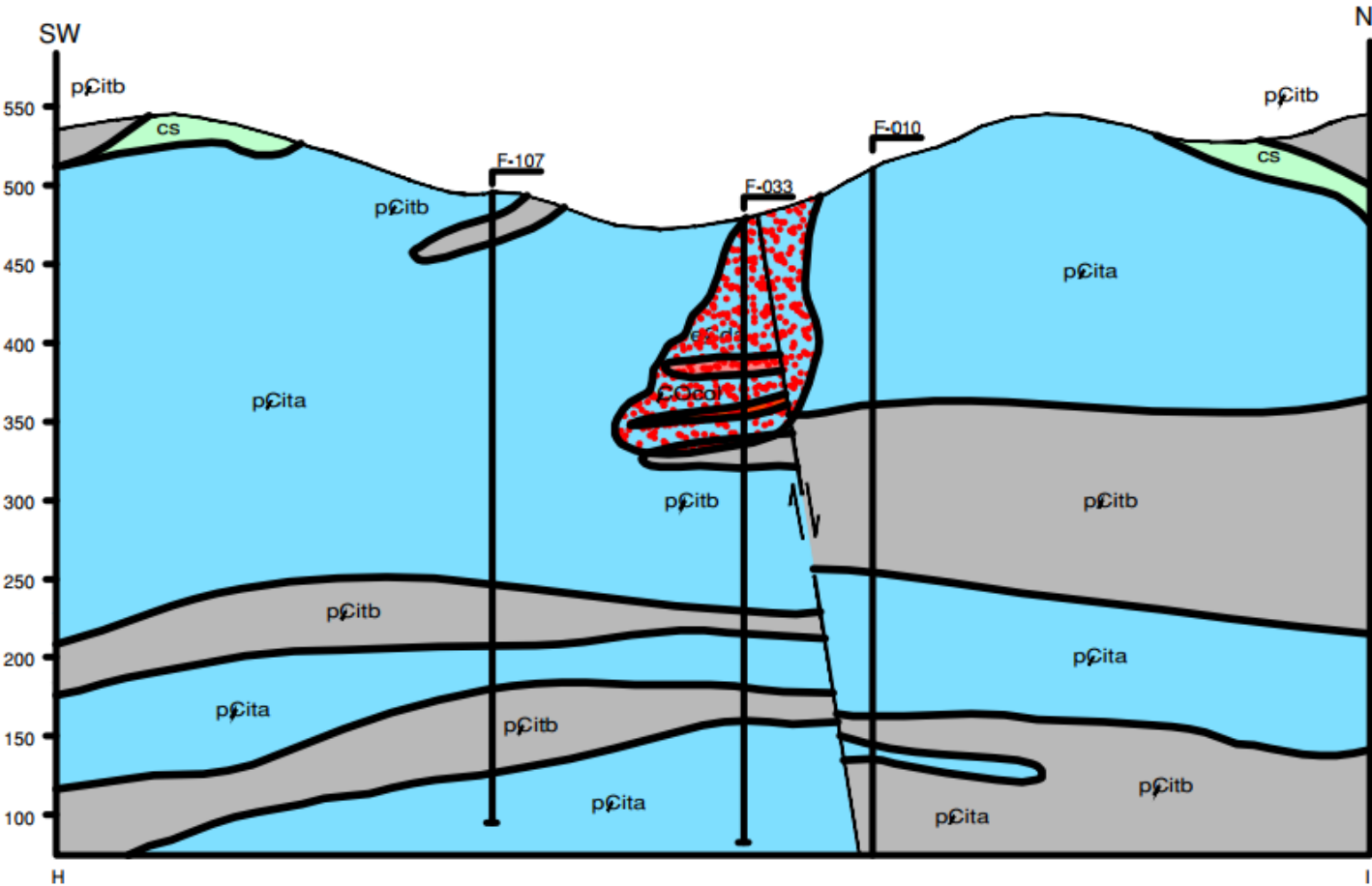
Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

Figura 11.1-130: Perfil Geológico EFG.



Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

Figura 11.1-131: Perfil Geológico HI.



CENOZÓICO	QUATERNÁRIO		ALUVIÕES		COLOFANTO URANÍFERO MACIÇO, VERMELHO, COM PONTUAÇÕES, FELDSPÁTICAS LOCAIS
PALEOZÓICO	CAMBRO ORDOVICIANO		PEGMATITO HOMOGÊNEO, GROSSEIRO, GERALMENTE SUB-CONCORDANTE		FORMAÇÃO ALCANTIL: CALCÁRIOS CRISTALINOS PUROS A IMPUROS COM VARIAÇÕES CALCOSSILICÁTICAS NA BASE (cs) ONDE INDICADOS.
PROTEROZÓICO	GRUPO ITATAIA		FORMAÇÃO BARRIGAS: BIOTITA-SILLIMANITA-GRANADA GNAISSES, LOCALMENTE CLORITIZADOS E MIGMATIZADOS		FORMAÇÃO LARANJEIRAS: QUARTZITO A MUSCOVITA E SILLIMANITA, COMPACTO ALGO FERUGINOSO.

ZONA MINERALIZADA - ROCHA O' COLOFANTO

CONTATO DEFINIDO

CONTATO APROXIMADO

ÂNGULO DE SUPERFÍCIE 50°

EIXO DE MICRODOBRAS INDISTINGUÍVEIS

TRAÇOS DE FOLIAÇÃO

DOBRAS SINFORMES

DOBRAS ANTIFORMES

ÁREA AVALIADA

FALHA TRANSCORRENTE

FALHA NORMAL

FALHA INDISTINGUÍVEL

FURTO DE SONDAGEM

SEÇÃO GEOLÓGICA

ÁREA DE PESQUISA

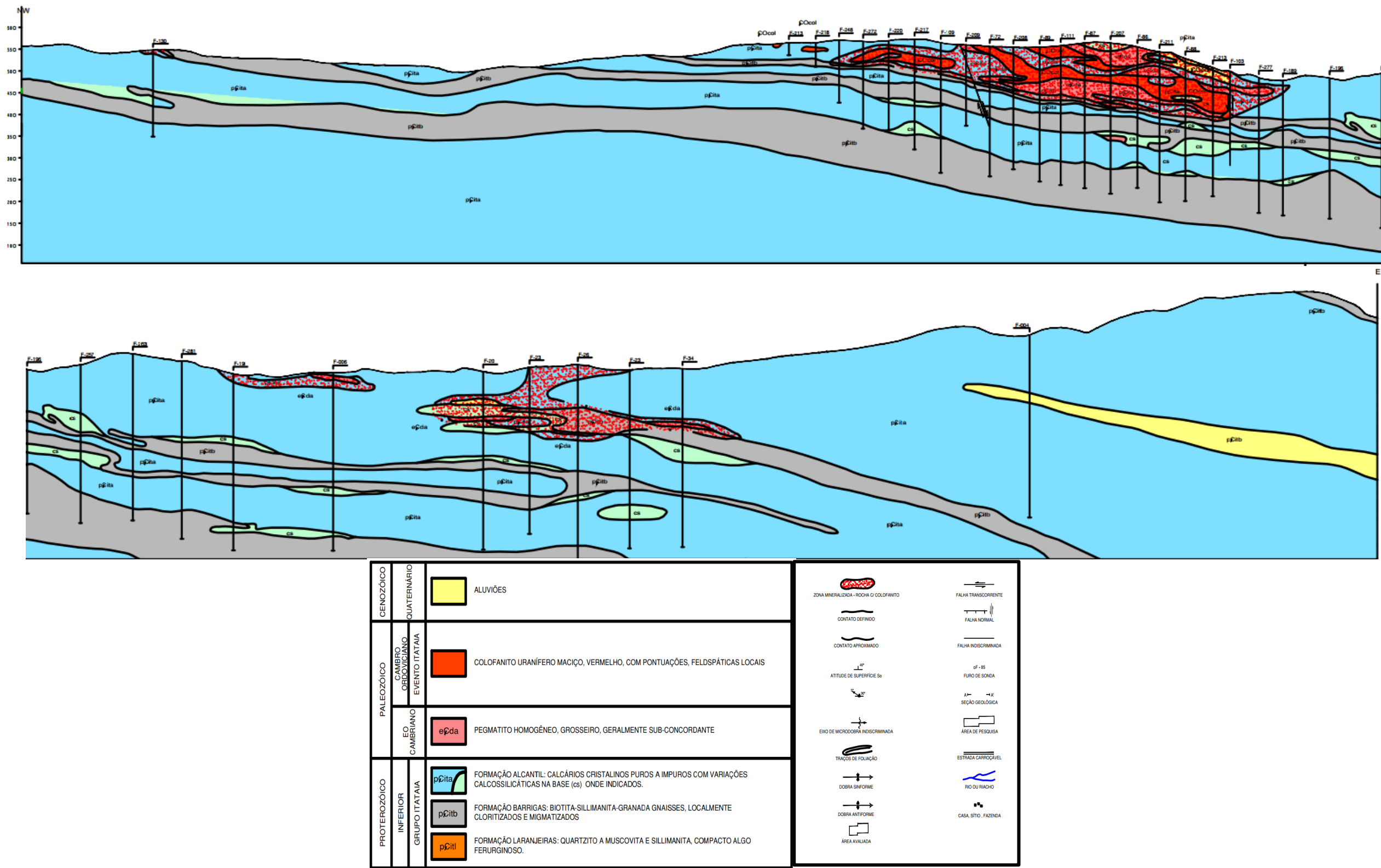
ESTRADA CARROÇÁVEL

RIO OU RIACHO

CASA, SÍTIO, FAZENDA

Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

Figura 11.1-132: Perfil Geológico JKLM, devido ao tamanho o perfil foi dividido em duas partes a partir do furo 196.



Elaboração Tetra Mais 2021, adaptado de INB.

Quadro 11.1-65: 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				
	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				
	12				
H-I	10				
	1				
	2				



Perfil	Sondagem	Cota Sondagem	Cota N.A.	N.A.	Ano
J-K-L-M	3				
	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				
	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 11.1-132 a Figura 11.1-136), 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 11.1-132) e espessuras que variam de cerca de 20 m 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 11.1-132).

O minério de colofanito ocorre predominantemente associado à 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 11.1-132); e quando ocorre de forma dissipada está, ou próximo da superfície (Figura 11.1-131 e Figura 11.1-132) ou do minério maciço (Figura 11.1-129) e não possui geometria e rocha hospedeira bem definidas.

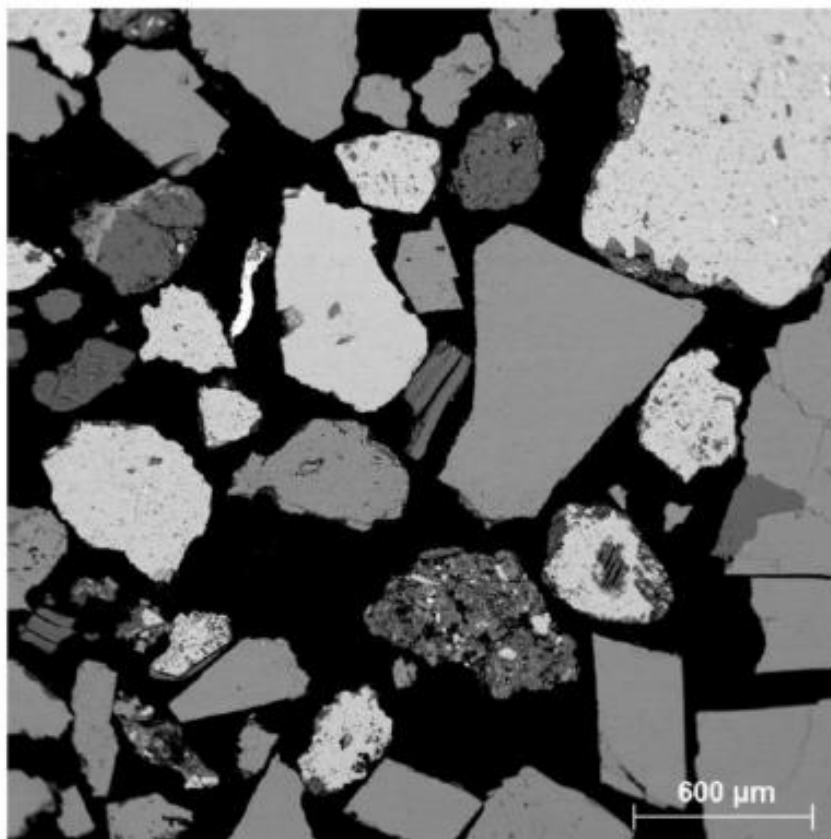
A caracterização mineralógica do minério da Jazida Itataia, realizada pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCTEPUSP, 2019), foi realizada com o objetivo de determinar a composição mineralógica das amostras por fração granulométrica, a forma 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 11.1.7-5.

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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (11,2%) e SiO<sub>2</sub> (11,1%). Secundariamente, apresenta Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,33%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,49%), MgO (0,96%), e teores inferiores a 0,1% de CeO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZrO<sub>2</sub>, ThO<sub>2</sub> e U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

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, gipsita, óxido de MnBa, barita e fase com urânio (0,9%).

A Figura 11.1-133, apresenta as características da associação mineral identificada por microscopia eletrônica de varredura (MEV).



**Figura 11.1-133: 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 11.1-134 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 11.1-135 apresenta o difratograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15<sup>a</sup>, mica e plagioclásio.

[illegible]

**Figura 11.1-135: Imagem do processamento pelo sistema MEV/MLA, evidenciando a composição mineralógica e as características de associação dos minerais presentes. Difratograma da amostra tal qual, com a presença de apatita, calcita, quartzo, argilo mineral 12-15<sup>a</sup>, mica e plagioclásio.**

Fonte: LCT-EPUSP (2019).

Em 2022 foram realizados novos ensaios laboratoriais para a complementação e investigação da composição química das rochas, para sanar possíveis questionamentos sobre a presença de sulfetos nos minerais presentes nas litologias que irão compor a pilha de estéril da mina de Santa Quitéria e o potencial de provocar a lixiviação ácida a partir da exposição do estéril da mina durante a fase de operação. O Consórcio Santa Quitéria realizou os seguintes ensaios analíticos:

- Difratometria de Raios-X (DRX);
- Espectrofotometria por Fluorescência de Raios X (FRX); e
- Plasma por Acoplamento Indutivo (ICP).

As amostras analisadas de rochas estéreis (rocha calciossilicática, gnaiss, mármore calcítico e dolomítico) foram coletadas de afloramentos na área entorno da Jazida (corpo principal de minério). Desta forma, a partir dos resultados da DRX foi possível identificar os minerais presentes nessas amostras de rochas, sendo este um método qualitativo. Já a FRX é um método quantitativo que possibilita a determinação da composição química de uma amostra. Em relação ao ICP as análises tiveram o objetivo de promover o alcance de examinar simultaneamente os vários elementos para quando os níveis destes forem tão baixos quanto 1-10 partes por bilhão (ppb).

O DRX analisou através da amostra em pó, com o equipamento Empyrean com detector sensível à posição. A quantificação das estruturas cristalinas utilizou o método de Rietveld, com o uso de banco de dados PDF2 do ICDD - International Centre for Diffraction Data e ICSD - Inorganic Crystal Structure Database, obtendo os gráficos da Figura 11.1-140 onde cada cor corresponde as fases identificadas.

O FRX foi realizado com amostra prensada, na calibração STD-1 (Standardless), com o equipamento da marca Malvern Panalytical, modelo Zetium, relativa à análise sem padrões dos elementos químicos compreendidos entre o flúor e o urânio. Os valores foram atualizados a 100%, com a realização de perda ao fogo (PF) a 1.020°C por 2h, com o intuito de remover elementos voláteis.

Por fim, o foram analisados em ICP OES com preparo por digestão multiácida e dentro do equipamento da marca Thermo Scientific, modelo iCap 6300 Duo.

Os resultados obtidos através das análises de DRX, FRX e ICP serão apresentados no Quadro 11.1-66 ao Quadro 11.1-68 a seguir.



Quadro 11.1-66: Análise química das amostras da área da jazida em DRX

Difratometria de Raios X (DRX)				
Amostras:		Amostra 01 (DRX 136/23) <small>*ID:PWTY-ZXRV-TOEH-MCDB</small>	Amostra 02 (DRX 276-23) <small>*ID:QRTX-SPWW-UUGJ-SZEB</small>	Amostra 03 (DRX 282-23) <small>*ID:RSTY-DEWX-HUGJ-YGEB</small>
Data:		08/02/2023	02/05/2023	27/04/2023
Mineral	Fórmula Química	(%) Estimada	(%) Estimada	(%) Estimada
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	35	33	32
Calcita	$\text{CaCO}_3$	29	31	32
Diopsídio	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	12	12	13
Anorthita	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	9	9	9
Quartz	$\text{SiO}_2$	8	8	8
Muscovita	$\text{KAl}_{2,20}(\text{Si}_3\text{Al})_{0,875}\text{O}_{10}(\text{OH})_{1,72}\text{O}_{0,28}$	7	7	6
Anfíbólio	$\text{Al}_{3,2}\text{Ca}_{3,4}\text{Fe}_{4,02}\text{K}_{0,6}\text{Mg}_6\text{NaSi}_{12,8}\text{O}_{44}(\text{OH})_4$	pp	pp	pp
pp = possível presença (teor inferior a 1%) *autenticado em: <a href="http://www.lct.poli.usp.br">www.lct.poli.usp.br</a>				

Fonte: Fonte: LCT-EPUSP (2023).

Quadro 11.1-67: Análise química das amostras da área da jazida em FRX

Elementos Químicos	Fluorescência de raios X (FRX)		
	Amostra 01 (REQ:0034-23) <small>*ID:PVTY-MKRR-ATFH-AYHB</small>	Amostra 02 (REQ:0230-23) <small>*ID:NBTQ-XVVP-KEYJ-QPHB</small>	Amostra 03 (REQ:0231-23) <small>*ID:SETS-IFVP-XIJJ-GGHB</small>
	07/02/2023	27/04/2023	27/04/2023
Na <sub>2</sub> O (%)	0,37	0,20	0,20
MgO (%)	9,57	9,69	9,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	4,30	4,36	4,37
SiO <sub>2</sub> (%)	32,20	31,50	32,40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,05	0,06	0,06
SO <sub>3</sub> (%)	<0,01	<0,01	<0,01
Cl (%)	0,03	0,03	0,03
K <sub>2</sub> O (%)	0,65	0,71	0,68
CaO (%)	27,40	27,69	27,20
TiO <sub>2</sub> (%)	0,23	0,28	0,26
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0,02	0,01	<0,01
MnO (%)	0,06	0,04	0,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	3,04	3,01	3,06
NiO (%)	<0,01	<0,01	<0,01
CuO (%)	<0,01	<0,01	<0,01
ZnO (%)	<0,01	<0,01	<0,01
Rb <sub>2</sub> O (%)	<0,01	<0,01	<0,01
SrO (%)	0,07	0,07	0,06
BaO (%)	0,02	0,01	0,02
PF (%)	22,00	22,50	21,90
0,01% - Limite de quantificação FRX *autenticado em: <a href="http://www.lct.poli.usp.br">www.lct.poli.usp.br</a>			

Fonte: LCT-EPUSP (2023).

**Quadro 11.1-68: Análise química das amostras da área da jazida em ICP OES**

Espectrômetro de emissão óptica (ICP OES)			
	N° LCT	Amostra	S (mg/kg) <sup>8</sup>
Amostra 01 (REQ: 0025-23)	540	Rocha Bruta	52
Amostra 02 (REQ:0091-23)	540	Rocha Bruta	52
Amostra 03 (REQ: 0092-23)	540	Rocha Bruta	50

Fonte: Fonte: LCT-EPUSP (2023).

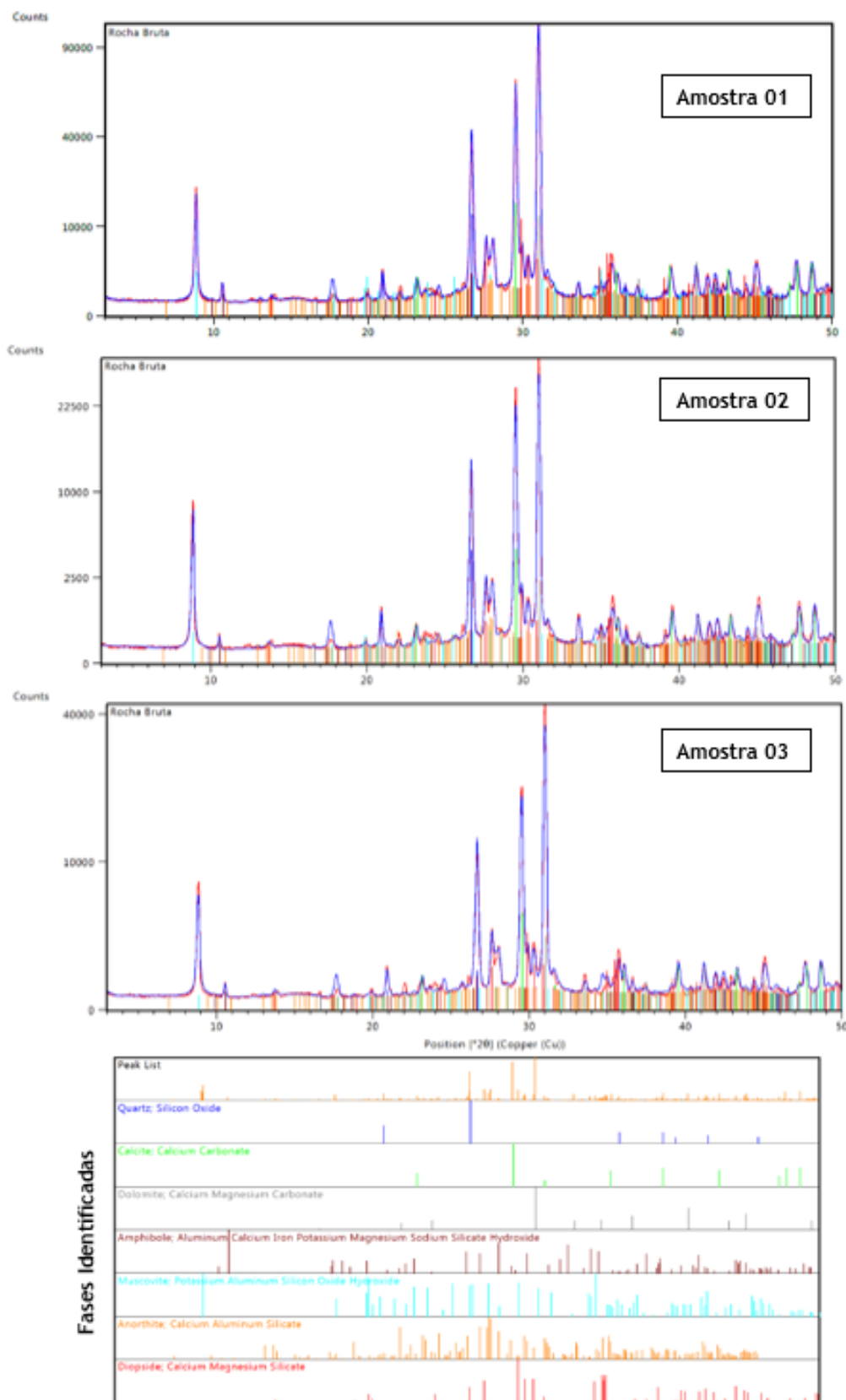


Figura 11.1-136: Difratograma obtido pelas análises do DRX (cada cor representa um elemento químico).

Fonte: Fonte: LCT-EPUSP (2023).

De forma geral, as rochas da área da jazida são compostas principalmente por minerais carbonáticos, em especial a Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) com média de 35% e Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) com média de 30%.

Em relação aos elementos químicos os principais são óxido de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com média de 32% e o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) com média de 27,5%. Em menor quantidade o óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) próximo aos 10%, que aparece principalmente nos minerais de Dolomita e Diopsídio ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  cerca de 12% das rochas analisadas). Os demais minerais compõem em torno de 9 a 7% da rocha, que são a Anorthita ( $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ), Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e Muscovita ( $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})_2(\text{OH})_2$ ). Por fim, traços de Anfíbolio ( $\text{Al}_3,2\text{Ca}_3,4\text{Fe}_4,02\text{K}_0,6\text{Mg}_6\text{NaSi}_{12,8}\text{O}_{44}(\text{OH})_4$ ) foram registrados nas três amostras.

Não foi registrado pelos métodos a presença de minerais de enxofre ou elementos químicos relacionados, assim como as etapas de campo não foram descritos nenhum afloramento com a presença de sulfatos como pirita, calcopirita etc.

Adicionalmente, durante os meses de setembro e novembro de 2022 foram coletadas pelo Consórcio Santa Quitéria novas amostras para ensaios e análises para a determinação da solubilidade dos radionuclídeos em amostras de estéril e resíduos sólidos que serão gerados da extração do minério da jazida. Assim foram definidos os locais alvos para esse estudo:

- Rejeitos: Coletado quatro fragmentos de rochas das litologias identificadas na área da mina (Mármore calcítico, mármore dolomítico, paragnaisse e Calcissilicática), para assim realizar uma análise representativa da pilha de estéril da operação.
- Resíduos: Coletado amostras de cal limpa e da pilha de fosfogesso e cal (fosfogesso, cal, rejeito de britagem e precipitado de impurezas).

No total foram coletadas três amostras compostas de cada tipo de resíduos, analisadas em triplicata, totalizando nove análises, três de cada uma das amostras representativas (estéril, cal limpa e pilha de fosfogesso e cal). Para o preparo de cada amostra foram utilizadas as normas da ABNT NBR 10.007:2004, com a trituração, homogeneização e quarteramento para obter uma amostra representativa. Os ensaios foram realizados de acordo com as normas ABNT NBR 10.005:2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, e ABNT NBR 10.006:2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. As amostras brutas, bem como os extratos obtidos, foram analisadas para determinação dos radionuclídeos presente nos resíduos sólidos a

serem gerados do PSQ e seu comportamento quando em contato com a água (processos de lixiviação e solubilização) e, assim, estimar o seu alcance no meio ambiente. Todas as amostras foram submetidas ao mesmo método que obteve resultados na mesma ordem de grandeza para todos os elementos, indicando boa reprodutividade dos resultados. As maiores variações foram obtidas no urânio total devido à instabilidade do elemento.

Os resultados obtidos utilizaram os métodos e normas do Quadro 11.1-69, e sugerem que não há uma liberação substancial de radionuclídeos a partir dos resíduos sólidos durante a lixiviação. Portanto, não se espera a liberação significativa de radionuclídeos para o meio ambiente a partir das pilhas de estéril e fosfogesso e cal, conforme exposto no relatório “Resultados dos ensaios de determinação da solubilidade e lixiviação dos radionuclídeos em resíduos sólidos do Projeto Santa Quitéria (PSQ)”, datado em 12 de dezembro de 2022 e elaborado por ERM Brasil Ltda.

**Quadro 11.1-69: Métodos adotados pelo laboratório para análise dos radionuclídeos e respectivos limites de quantificação**

Métodos adotados e limites de quantificação para resíduo sólido				
Parâmetro	Método	Norma/ Procedimento	LQ (Bq/Kg)	LQ (µg/Kg)
Urânio Total (U)	Espectrofotometria UV/VIS	PT-5.40-00	12,2	0,5
Rádio-226 (226Ra)	Separação Radioquímica	EPA Method 903.0, 1980	5,9	-
Rádio-228 (228Ra)	Separação Radioquímica	EPA Method 904.0, 1980	5,14	-
Chumbo-210 (210Pb)	Separação Radioquímica	EPA Method 909.0, 1982	10	-
Tório-230 (230Th)	Separação Radioquímica	EPA Method 910.0, 1982	10	-
Tório-232 (232Th)	Separação Radioquímica	EPA Method 910.0, 1982	10	-
Normas e limites para Água Residual - Extratos Lixiviado e Solubilizado				
Parâmetro	Método	Norma/ Procedimento	LQ (Bq/Kg)	LQ (µg/Kg)
Urânio Total (U)	Espectrofotometria UV/VIS	PT-5.40-00	0,70	-
Rádio-226 (226Ra)	Separação Radioquímica	EPA Method 903.0, 1980	0,44	-
Rádio-228 (228Ra)	Separação Radioquímica	EPA Method 904.0, 1980	0,32	-
Chumbo-210 (210Pb)	Separação Radioquímica	EPA Method 909.0, 1982	0,16	-
Tório-230 (230Th)	Separação Radioquímica	EPA Method 910.0, 1982	1,0	-
Tório-232 (232Th)	Separação Radioquímica	EPA Method 910.0, 1982	1,0	-

Fonte: Galvani (2022). \*LQ - Limite de Quantificação.



A seguir serão apresentados os resultados das análises no Quadro 11.1-70 ao Quadro 11.1-72.

**Quadro 11.1-70: Dados analisados para as amostras de cal (bruta, lixiviada e solubilizada)**

Parâmetro	Unidade	*LQ	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Resultados das análises nas amostras de cal (bruta)					
Urânio total	Bq/kg	12,2	109	134,3	106,59
226Ra	Bq/kg	5,9	768	924	781
228Ra	Bq/kg	5,14	254	249	244
210Pb	Bq/kg	10	625	630	603
230Th	Bq/kg	10	<10	<10	<10
232Th	Bq/kg	10	<10	<10	<10
Resultados das análises nas amostras de cal - extrato lixiviado					
Urânio total	Bq/L	0,7	1,51	< 0,7	1,09
226Ra	Bq/L	0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44
228Ra	Bq/L	0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Resultados das análises nas amostras de cal - extrato solubilizado					
Urânio total	Bq/L	0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
226Ra	Bq/L	0,44	< 0,44	0,69	0,93
228Ra	Bq/L	0,32	< 0,32	< 0,32	0,5
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Fonte: Galvani (2022). \*LQ - Limite de Quantificação.

**Quadro 11.1-71: Dados analisados para as amostras do fosfogesso (bruta, lixiviada e solubilizada)**

Parâmetro	Unidade	*LQ	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Resultados das análises nas amostras de fosfogesso (bruta)					
Urânio total	Bq/kg	12,2	812,98	805,73	921,36
226Ra	Bq/kg	5,9	111.030	130.830	112.750
228Ra	Bq/kg	5,14	25.651	19.649	20.648
210Pb	Bq/kg	10	11.987	11.815	11.725
230Th	Bq/kg	10	< 10	11,41	< 10
232Th	Bq/kg	10	16,93	17,3	17,22
Resultados das análises nas amostras de fosfogesso - extrato lixiviado					
Urânio total	Bq/L	0,7	1,5	1,55	< 0,7
226Ra	Bq/L	0,44	1,41	1,49	1,73
228Ra	Bq/L	0,32	0,86	0,71	0,9
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Resultados das análises nas amostras de fosfogesso - extrato solubilizado					
Urânio total	Bq/L	0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7

226Ra	Bq/L	0,44	< 0,44	2,78	2,6
228Ra	Bq/L	0,32	< 0,32	1,09	1,09
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Fonte: Galvani (2022). \*LQ - Limite de Quantificação.

**Quadro 11.1-72: Dados analisados para as amostras do estéril (bruta, lixiviada e solubilizada)**

Parâmetro	Unidade	*LQ	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Resultados das análises nas amostras de estéril (rocha bruta)					
Urânio total	Bq/kg	12,2	50,20	53,17	34,60
226Ra	Bq/kg	5,9	81,07	80,43	80,30
228Ra	Bq/kg	5,14	365,15	354,12	322,18
210Pb	Bq/kg	10	13,75	< 10,0	15,19
230Th	Bq/kg	10	< 10,0	< 10,0	< 10
232Th	Bq/kg	10	34,09	38,55	32,05
Resultados das análises nas amostras de estéril - extrato lixiviado					
Urânio total	Bq/L	0,7	< 0,70	< 0,70	< 0,70
226Ra	Bq/L	0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44
228Ra	Bq/L	0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Resultados das análises nas amostras de estéril - extrato solubilizado					
Urânio total	Bq/L	0,7	< 0,70	< 0,70	< 0,70
226Ra	Bq/L	0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44
228Ra	Bq/L	0,32	< 0,32	< 0,32	< 0,32
210Pb	Bq/L	0,16	< 0,16	< 0,16	< 0,16
230Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0
232Th	Bq/L	1	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Fonte: Galvani (2022). \*LQ - Limite de Quantificação.

Em 2023, o Consórcio Santa Quitéria realizou novos ensaios de lixiviação conforme apresentado no Relatório Técnico de Teste de Lixiviação nos Resíduos Sólidos do Minério de Santa Quitéria, por Pallú (2023) - Anexo 9.3-4.

O principal objetivo desses novos ensaios foi a identificação dos constituintes do minério lavrado, do material estéril da lavra e do gesso hemidrato proveniente da produção do ácido fosfórico, misturado com cal, finos de britagem e precipitado de impurezas, utilizando o minério concentrado originários na região da jazida de Itataia.

Na realização desses estudos foi aplicada a metodologia EPA-1314 (Constituintes em Materiais Sólidos Utilizando uma Coluna de Percolação Ascendente) também no minério, estéril e material da pilha de fosfogesso e cal.

Os resultados apresentados através das curvas de liberação de massa cumulativa entre as amostras analisadas estiveram restritos as seguintes COPCs:

- Minério (SQ-01): cromo, fluoreto, tório, urânio e vanádio;
- Material estéril (SQ-02): cromo, fluoreto, urânio e vanádio; e
- Fosfogesso e cal (SQ-03): cromo e fluoreto.

É importante ressaltar que não foram apresentadas curvas de liberação para as COPCs em que os valores estiveram abaixo dos limites de detecção do método;

Em comparação com a norma ABNT NBR 10.004:2004, as concentrações em mg/L obtidas para os elementos arsênio, cádmio, chumbo, cromo, fluoreto nas amostras analisadas estiveram abaixo dos limites máximos no lixiviado conforme o Anexo F da ABNT NBR 10.004:2004;

Quando comparado as concentrações obtidas entre as amostras analisadas para o urânio e tório as maiores concentrações foram encontradas para as amostras de minério, que possuem a assinatura geoquímica desses elementos em sua composição. As concentrações máximas encontradas foram de 0,32 mg/L (urânio) e 0,011 mg/L (tório). O relatório das análises e apresentação dos respectivos resultados, encontra-se disponível no Anexo 9.3-1 e 9.3-2.

Desta forma, a partir dos resultados obtidos, observa-se que apenas a amostra de lixiviado do minério tal qual encontra-se hoje na natureza apresentou resultados para concentração de urânio superior aos limites permitidos na água para os usos preponderantes conforme previstos na Resolução CONAMA 396/08.

Vale ressaltar que, as amostras foram todas moídas, conforme recomendado pelos procedimentos aplicados, e desta forma há um aumento de exposição em potencial da área superficial específica do material a ser lixiviado, diferente de sua ocorrência natural. Desta forma, os ensaios apresentam em seu contexto um cenário conservador em relação ao operacional previsto para o PSQ.

#### 11.1.7.3.6. Litotipos

Conforme apresentado no Mapa 11.1-18 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 formação representa 3,36% da área mapeada com 6 afloramentos descritos no mapeamento do dia 18 de maio a 01 de julho de 2023.

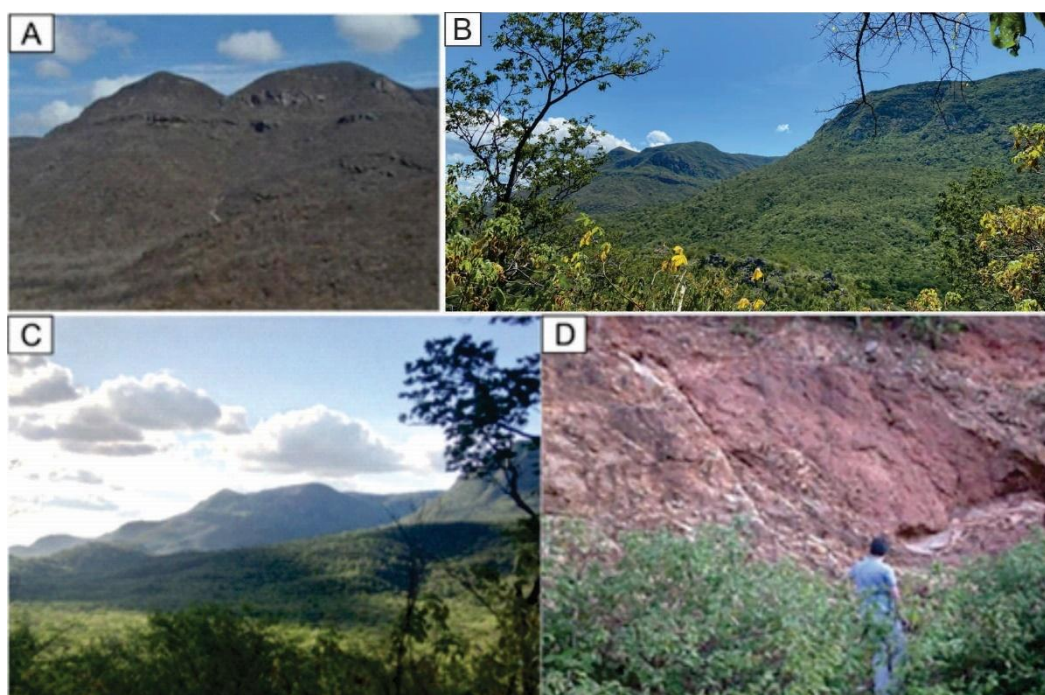
Essa unidade ocorre, principalmente, nas escarpas das Serras da Mata Fome, do Céu e topo da Serra das Laranjeiras. O contato superior entre o topo da Formação Serra do Céu e a base da Formação Laranjeiras é facilmente reconhecido devido a diferenças reológicas, sendo que esta última compõe faixas aflorantes contínuas na porção superior das serras, cujo mergulho aparente apresenta suave caimento para leste (Mapa 11.1-18).

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 do dia 18 de maio a 01 de julho de 2023, foram descritas 13 ocorrências das rochas desta unidade, porém fora dos limites da ADA 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 11.1-137 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 11.1-137: (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 futuro empreendimento a Lagoa do Mato.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021), Geohidro(2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*

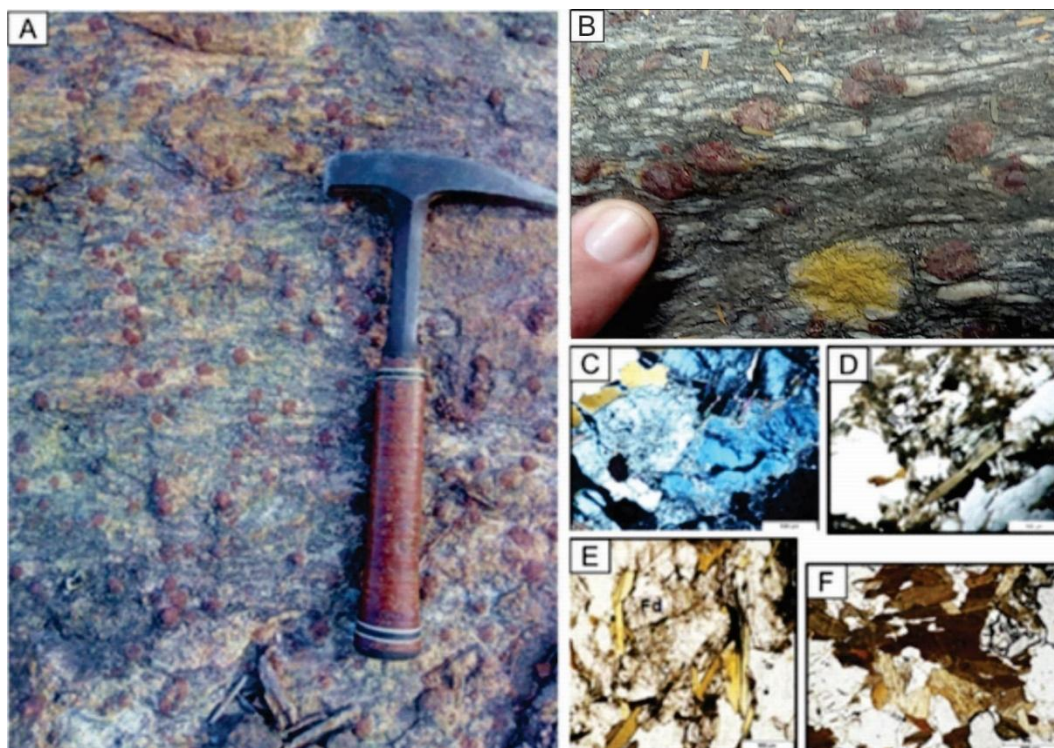
A Formação Barrigas é representada por gnaisses pelíticos aluminosos. Apresenta cerca de 100 m de espessura e é constituída por biotita-silimanita-gnaisses e biotita-plagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada, localmente apresentando migmatização em diferentes graus, comumente cloritizadas, processo este resultado de retrometamorfismo de fácies anfibolito para xisto verde (SILVA, 2003).

Constitui a unidade litoestratigráfica de maior expressão em área, cerca 56,33%, enquanto na ADA esse valor chega a 66,91%, da ADA e um total de 189 afloramentos descritos. É predominantemente constituída por biotita-silimanita-gnaisses (Figura 11.1-141 B) e biotitaplagioclásio-gnaisses com porfiroblastos de granada (Figura 11.1-141 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 e na porção topograficamente rebaixada da encosta da vertente sul da Serra do Céu. 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 destes locais.



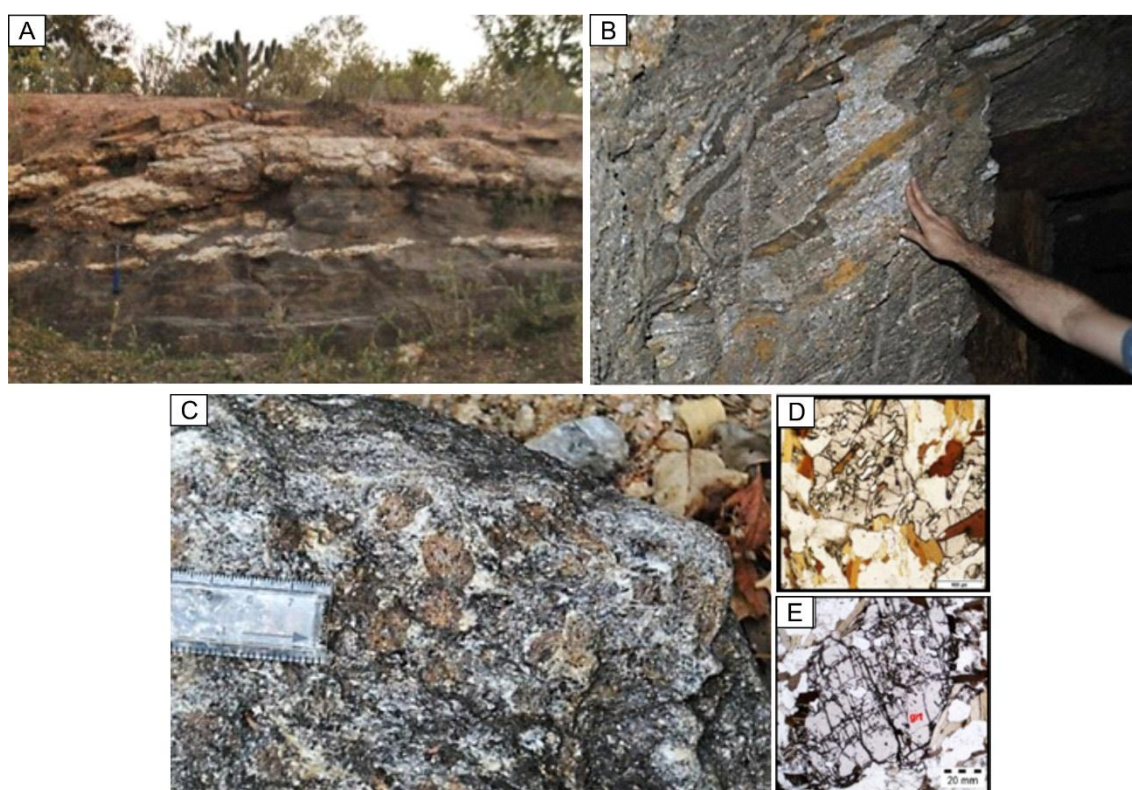
**Figura 11.1-138:** (A) Quartzo-biotita-granada-gnaiss; (B) Detalhe de gnaiss apresentando granadas milimétricas a centimétricas em afloramento localizado nas proximidades da galeria G2; (C) Fotomicrografia de paragneiss destacando as alteração (saussuritização) dos plagioclásios; (D) Fotomicrografia de paragneiss mostrando zona de concentração de cristais de silimanita (fibrolita) e de micas (muscovita e biotita); (E) Fotomicrografia de paragneiss destacando cristal de plagioclásio fraturado e alterado (sericitização) e circundado por finas lamelas de biotita; (F) Fotomicrografia de paragneiss 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), Geohidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.

Localmente, na Formação Barrigas, incidem biotita-gnaiss 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 11.1-139).

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 11.1-139).

Em alguns pontos também foram identificados afloramentos de biotita-silimanita gnaisses de granulação fina-média com porfiroblastos centimétricos de granada (Figura 11.1-139), apresentando auréola circundante constituída por micas orientadas perpendicularmente ao bandamento do gnaisse. Em geral, nota-se uma orientação preferencial dos eixos de alongação dos cristais paralela ao bandamento preferencial da rocha.



**Figura 11.1-139: (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.**

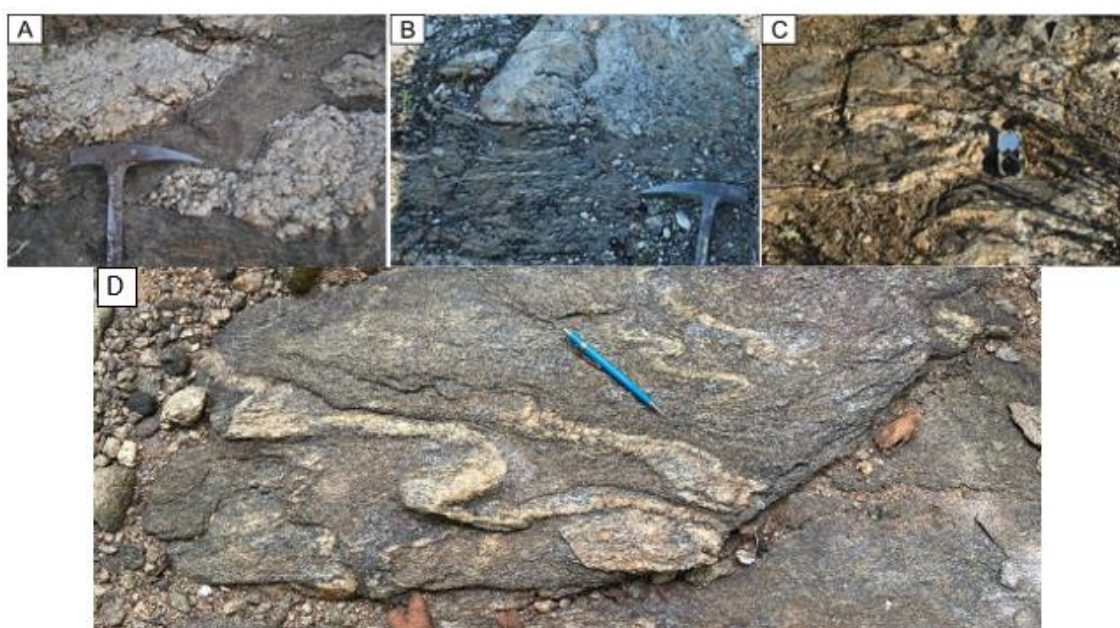
*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Cavalcante (2019). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.*

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 da Mata Fome, 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 11.1-140).



**Figura 11.1-140: (A) Detalhe de veios e bolsões pegmatíticos em biotita-gnaiss; (B) Detalhes de contato entre porções paleo/melanossomáticas e neo/leucossomáticas em migmatito da Formação Barrigas; (C) Outros detalhes de estruturas migmatíticas; (D) Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Sillimanita-Granada-Biotita gnaiss com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Geohidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*

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 11.1-141). 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 mármore 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, 31,37%, enquanto na ADA seu valor é de 31,72% totalizando 189 afloramentos. 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 mármore 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 11.1-142).

Em sua porção basal predominam rochas Calcissilicáticas (diopsiditos e escapolitas-diopsiditos) que gradam para mármore 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).

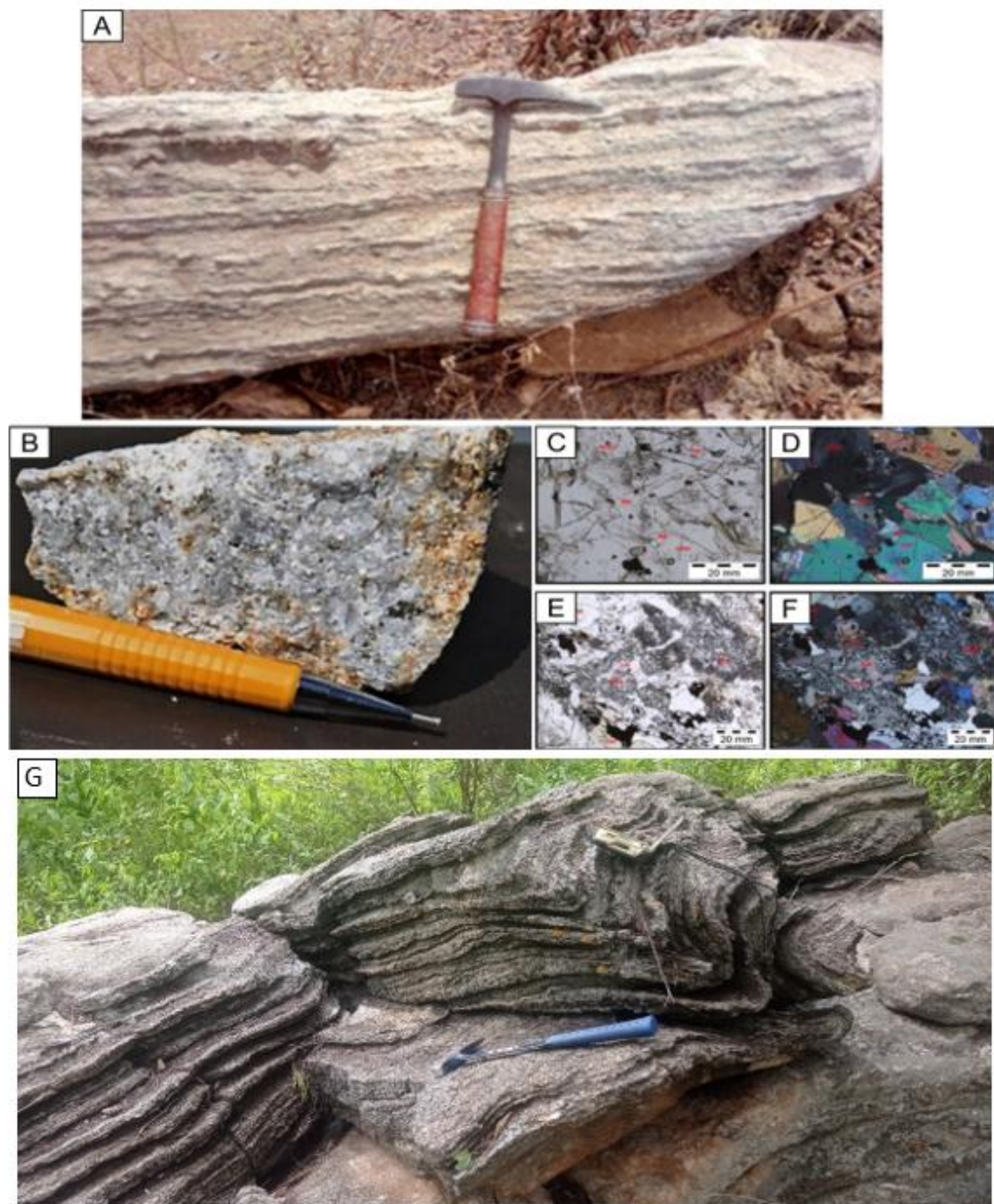




**Figura 11.1-141: (A) Afloramento em laje de intercalações de mármore com rocha calciossilicática e gnáissica; (B) Detalhe de amostra de mármore apresentando níveis ricos em granada; (C e D) Contato entre xisto e rocha Calcissilicática; (E) mármore; blocos angulosos evidenciando alto grau de fraturamento.**

*Fontes: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021), Geohidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*





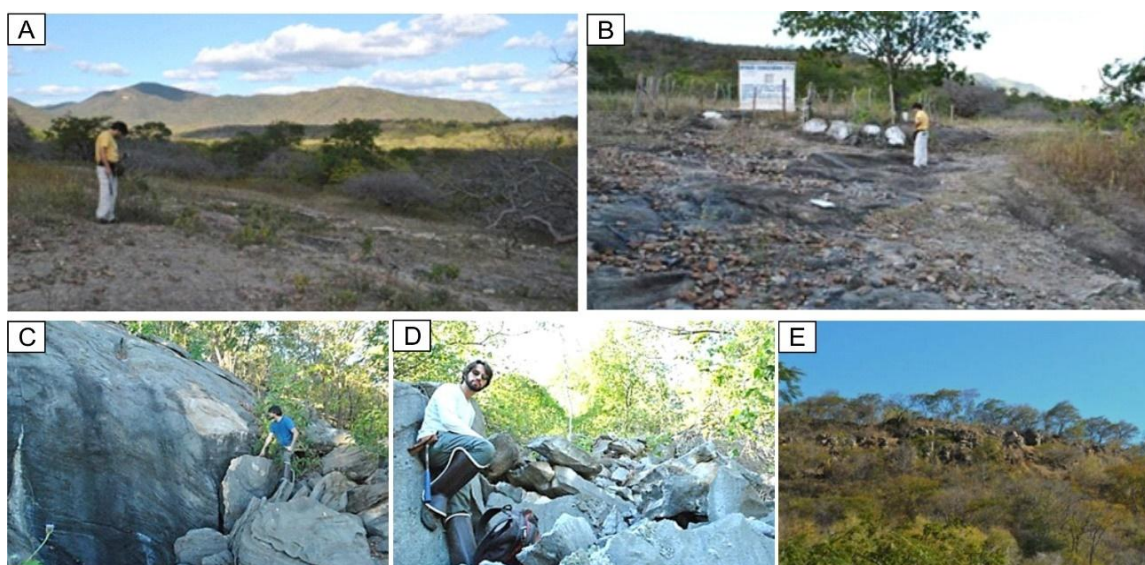
**Figura 11.1-142: (A) Mármore bandado; (B) Detalhe de amostra de mármore com grafita apresentando granulação grossa e textura granoblástica; (C e D) Microfotografia de rocha Calcissilicática com cristais de condrodita (chn), escapolita (scp), epidoto (ep) e quartzo (qz); (E e F) Microfotografia de rocha Calcissilicática mostrando modificações texturais marcadas pela presença da vesuvianita (ves) alterada para epidoto; (G) metacarbonato bandado dobrado.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Cavalcante (2019), BTBexplorers (2021, 2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*

Localmente, os mármore da Formação Alcantil afloram em grandes lajes (Figura 11.1-147), porém predominam afloramentos restritos, embora sejam geralmente mais

frequentes que os da Formação Barrigas. De forma subordinada, e exclusivamente no Serrote da Igreja (Figura 11.1-147), 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 11.1-143). 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 11.1-143).



**Figura 11.1-143: (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 mármore 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 11.1-144). Em alguns locais, foi observada uma nítida correlação entre a intensidade de dissolução e o nível de pureza dos mármore. A Figura 11.1-144 ilustra um afloramento de mármore onde ocorrem intercalações de níveis puros de mármore e níveis contendo concentrações perceptíveis de minerais não carbonáticos.





**Figura 11.1-144:** (A) Dissolução ao longo de fratura N-S subvertical, afetando mármore 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; (D) Afloramento de Tufas Calcárias, apresentando alta porosidade, estrutura crostiforme com formas similares a moldes de caules e folhas alongadas, e intenso processo de dissolução associado resultando na geração de cavernas.

*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Geohidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*

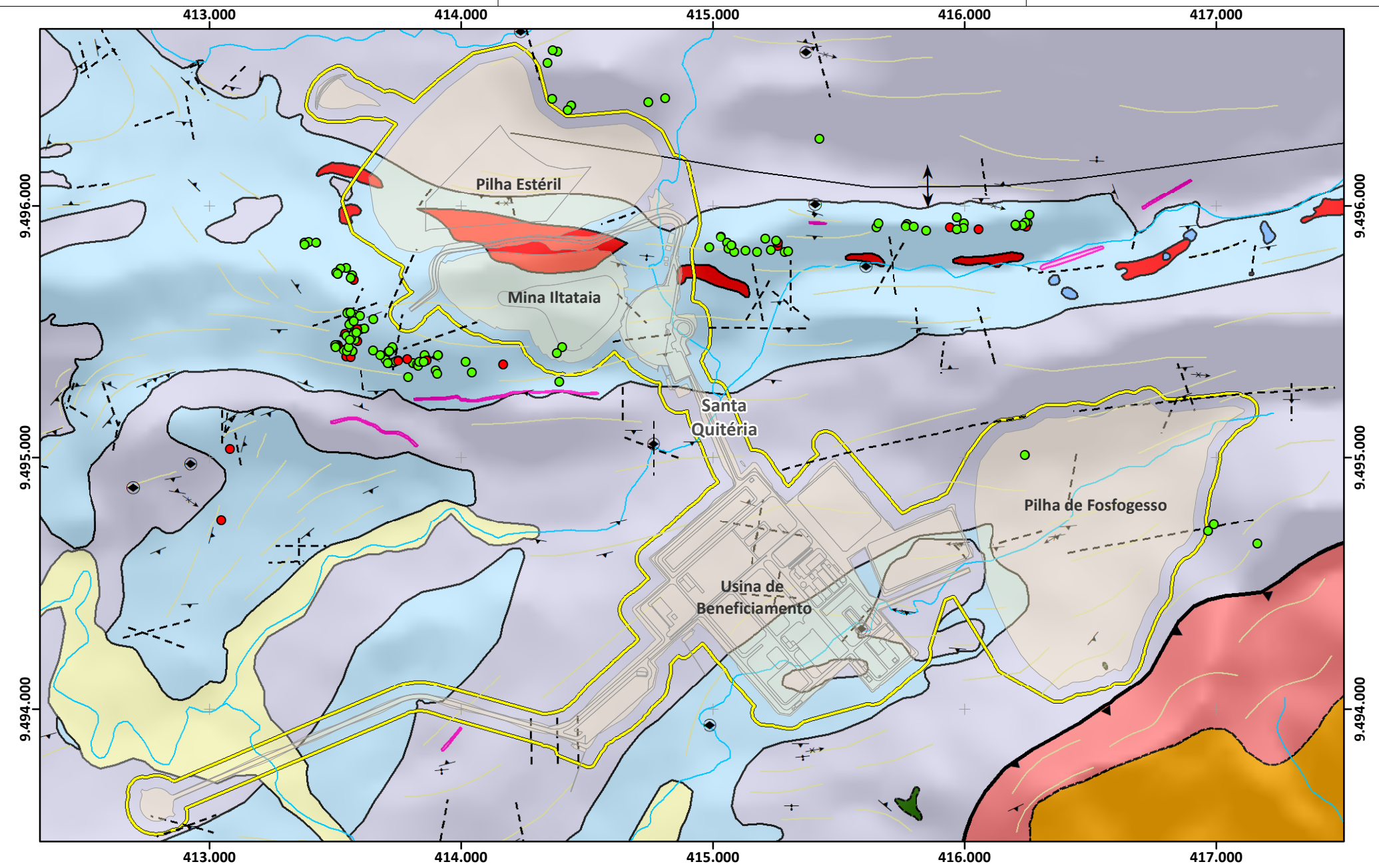
Vale ressaltar que foram realizados estudos espeleológicos do entorno da ADA, considerando um buffer de 250 metros, pela ARCADIS LOGOS (2014) e atualizados em 2021 e 2023. Como o primeiro levantamento foi realizado em 2014, fez-se necessário uma revisão e novas etapas de campo para conformidade com a Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente (IN MMA n.º 02/2017). No Art. 12 do IN MMA n.º 02/2017, consta que algumas cavidades naturais subterrâneas com menos de cinco metros de desenvolvimento linear serão classificadas com baixo grau de relevância, ressaltando que deverá apresentar a inexistência de zona afótica, relevância histórico-cultural ou religiosa; presença de depósitos químicos,

clásticos ou biogênicos de significativo valor científico, cênico ou ecológico; função hidrológica expressiva para o sistema cárstico.

Nos estudos de espeleologia realizados pela empresa Carste, foram levantadas 124 cavidades, sendo dessas 20 com relevância máxima e o restante de relevância não-máxima. Para ser considerado relevância máxima, a cavidade deve atender um dos 11 atributos descritos no Art 3 do IN MMA n° 02/2017, listado abaixo:

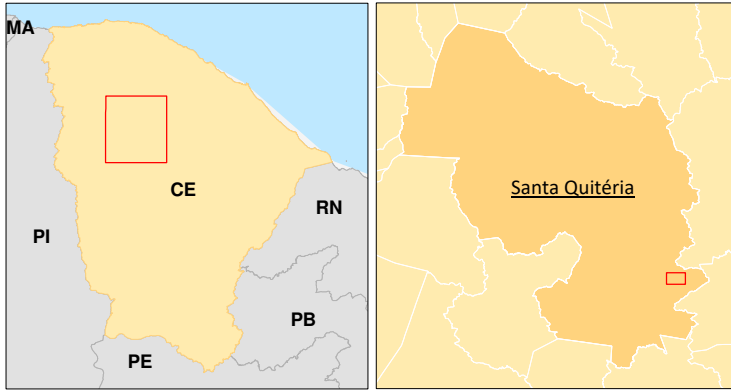
- Gênese única ou rara;
- Morfologia única;
- Dimensões notáveis em extensão, área ou volume
- Espeleotemas únicos;
- Isolamento geográfico;
- Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais;
- Hábitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relíctos;
- Hábitat de troglóbio raro;
- Interações ecológicas únicas;
- Cavidade testemunho;
- Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa.

Nenhuma cavidade de relevância máxima, encontra-se dentro da ADA (conforme a mapa a seguir). Estão concentradas principalmente nas áreas cársticas e em terços médio e superior dos morros residuais que formam os Isenlbergs da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo, principalmente nas litologias de Metacarbonáticas da Formação Alcantil, e em pequenas quantidades nos paragnaisses com intercalação de calciossilicáticas. De forma geral as cavidades não apresentam grandes profundidades e interconexões, ficando restrito a superfície conforme representação na Figura 11.1-145. Em relação às cavidades esse EIA, comporta um capítulo à parte sobre o patrimônio espeleológico, onde o tema será densamente abordado.



Era	Formação	Unidade Litoestratigráfica	Descrição
Cenozoico	Cobertura Cenozoicas	<div></div> Coberturas Sedimentares	Sedimentos inconsolidados e aluviões.
	Formação Alcantil	<div></div> Tufas Calcárias	Apresentam estrutura crostiforme, com forma de moldes de caules e de folhas alongadas, e alta porosidade.
	Formação Alcantil	<div></div> Colofanitos	Minério fósforo-uranífero ocorrendo nas seguintes tipologias: 1) Maciço; 2) Disseminado; 3) Vênulas (stockwork).
Paleozóico	Formação Alcantil	<div></div> Leucogranitoide	Diques pegmatoides.
	Formação Alcantil	<div></div> Metacarbonáticos	Mármore puros a impuros marcados por feições cársticas, calcíticos a dolomíticos, com tonalidades branca a acizentada e intercalações de níveis centimétricos-milimétricos de calcissilicáticas ou ricos em micas. Localmente ocorrem rochas calcissilicáticas e escarnitos.
Proterozóico	Formação Barrigas	<div></div> Anfibolitos	Anfibolitos e Grt anfibolitos
	Formação Barrigas	<div></div> Gnaisses Aluminosos	Sil, Grt, Bt Gnaiss, Grt, Bt Gnaiss, Mu Xisto e possíveis ocorrências de leptinitos (?), estas rochas são encaixantes de sheets e diques de leucogranitoides e local-mente estão migmatizadas. Ocorrem ainda lentes de calcissilicáticas e escarnitos.
	Formação Laranjeiras	<div></div> Quartzitos	Quartzitos puros a micáceos, frequentemente com feldspatos.
	Formação Serra do Céu	<div></div> Migmatitos	Metatexitos e Grt-Bt Gnaiss migmatizados.

Macrolocalização



Legenda

Layout do Empreendimento

Layout do Empreendimento

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Hidrografia

Rio Groaíras

Cursos d'água

Cavidades (Relevância)

Relevância Máxima

Relevância Não-Máxima

Estruturas Geológicas

Foliação

Foliação Horizontal

Lineação Mineral

Traços da Foliação

Fraturas

Antiforme

Cavalcamento

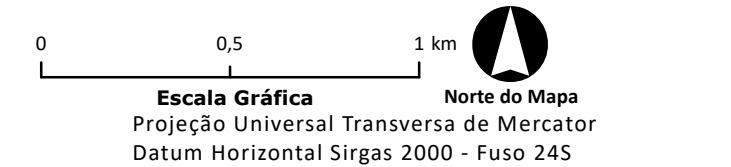
Contato Definido

Contato Aproximado

Fonte:

BTB Explorers, 2023. Mapeamento Geológico.

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

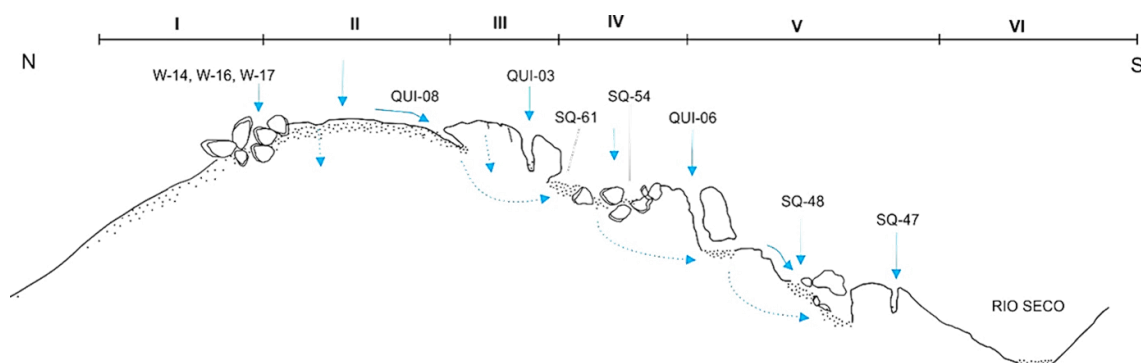
Título: **Mapa de Cavidades do Entorno do Empreendimento**

Formato	Escala	Folha
A3	1:20.000	Única

Data	Localização
04/07/2025	Santa Quitéria / CE

Elaborado	Aprovado
Clareana S. M. Soto	Cristina Poggiali Almeida





**Figura 11.1-145: Cavernas rasas em relação a superfície ou associadas a depósitos de tálus.**

*Elaborado por Carste (2023).*

Vale ressaltar que será disposto principalmente em áreas de rochas paragneissicas, nos quais apresentam em média 150 Mpa (20 a 40 Mpa para os mármore da região) de resistência a compressão pelo método de Hoek-Brown apresentada UCS (ultimate compressive strength), enquanto os estudos teóricos apontam (Potamos, 2023), a estrutura que irá oferecer maior tensão são pilhas de estéril e fosfogesso, não devendo ultrapassar os 2 Mpa. Assim, caso na hipótese de existência de feições cársticas, a pressão incremental pelo carregamento das estruturas pode ser considerada pequena, comparativamente à resistência das rochas locais. Em caso de existência de feições cársticas subsuperficiais o Volume I desse EIA, apresenta possíveis métodos de tratamento com soluções de engenharia.

Nas áreas mais rebaixadas da Depressão Sertaneja como, por exemplo, na porção centro-sul da AID, os mármore 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 mármore 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 11.1-146) 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 metassomático de alta temperatura.

Segundo os autores, a segunda fase (Figura 11.1-147) corresponde a fluorapatitas com hábito fibro-radiado ou coloforme, substituindo o carbonato de cálcio em mármore ou rochas Calcissilicáticas (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 11.1-148) consiste em 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.

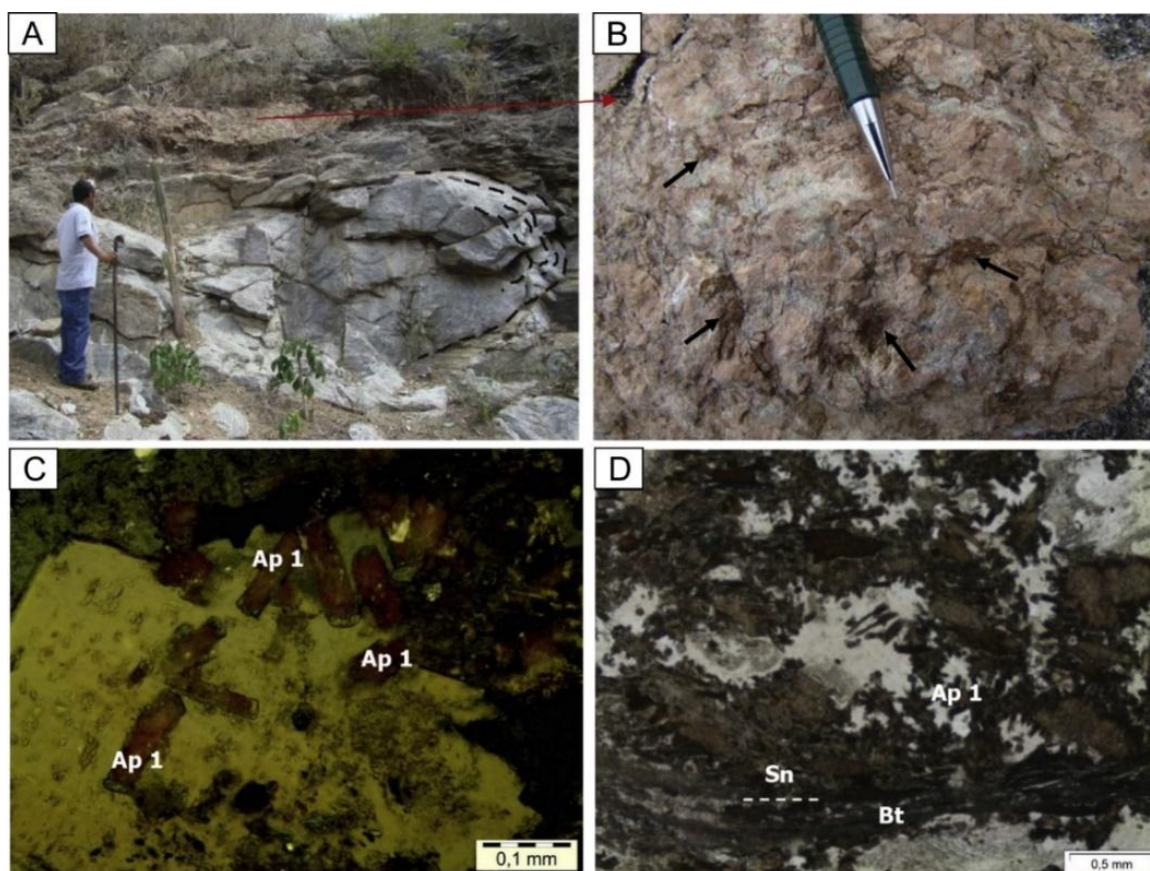


Figura 11.1-146: (A e B) Minério preenchendo vazios formados devido a lixiviação de quartzo; (C) Cristais de apatita bem formados; (D) Cristais de apatita não deformados (Ap1) preenchendo vazios em rochas Calcissilicáticas, com presença da foliação principal (Sn) definida por cristais de biotita (Biotita).

Fonte: Veríssimo et al. (2016). Adaptado por: Tetra Mais, 2021.

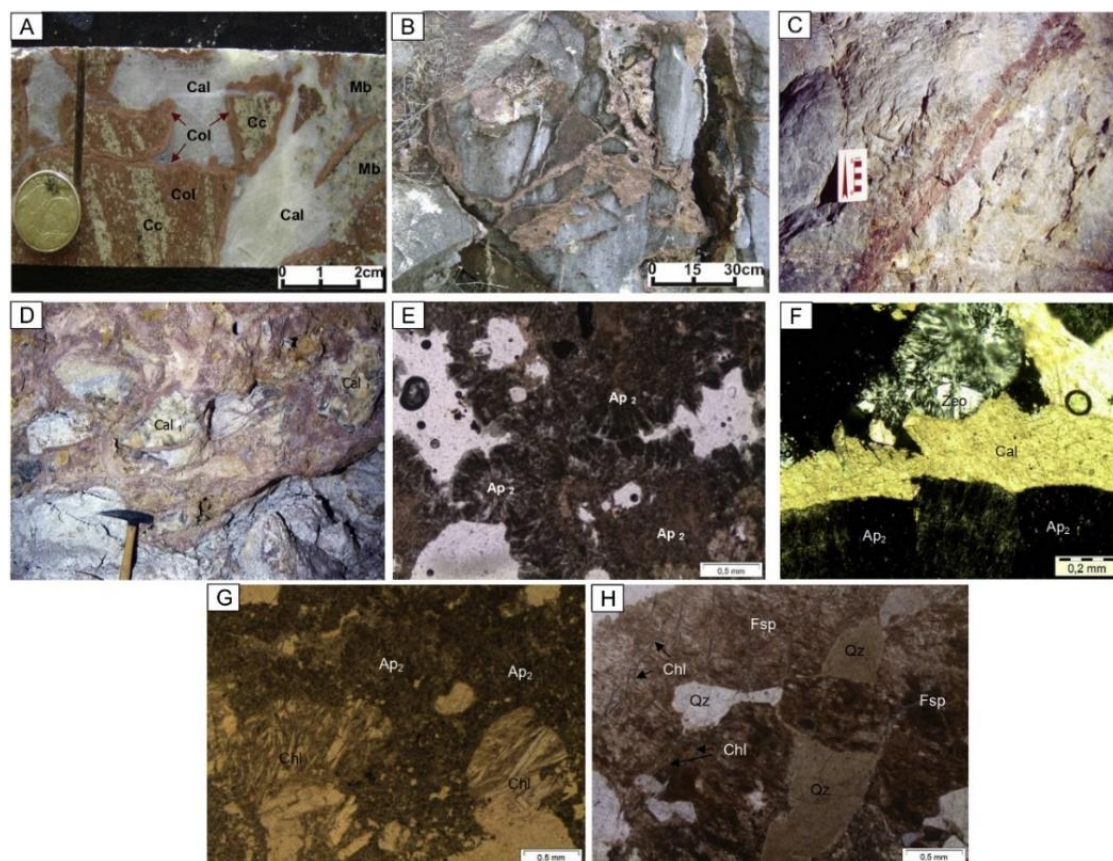
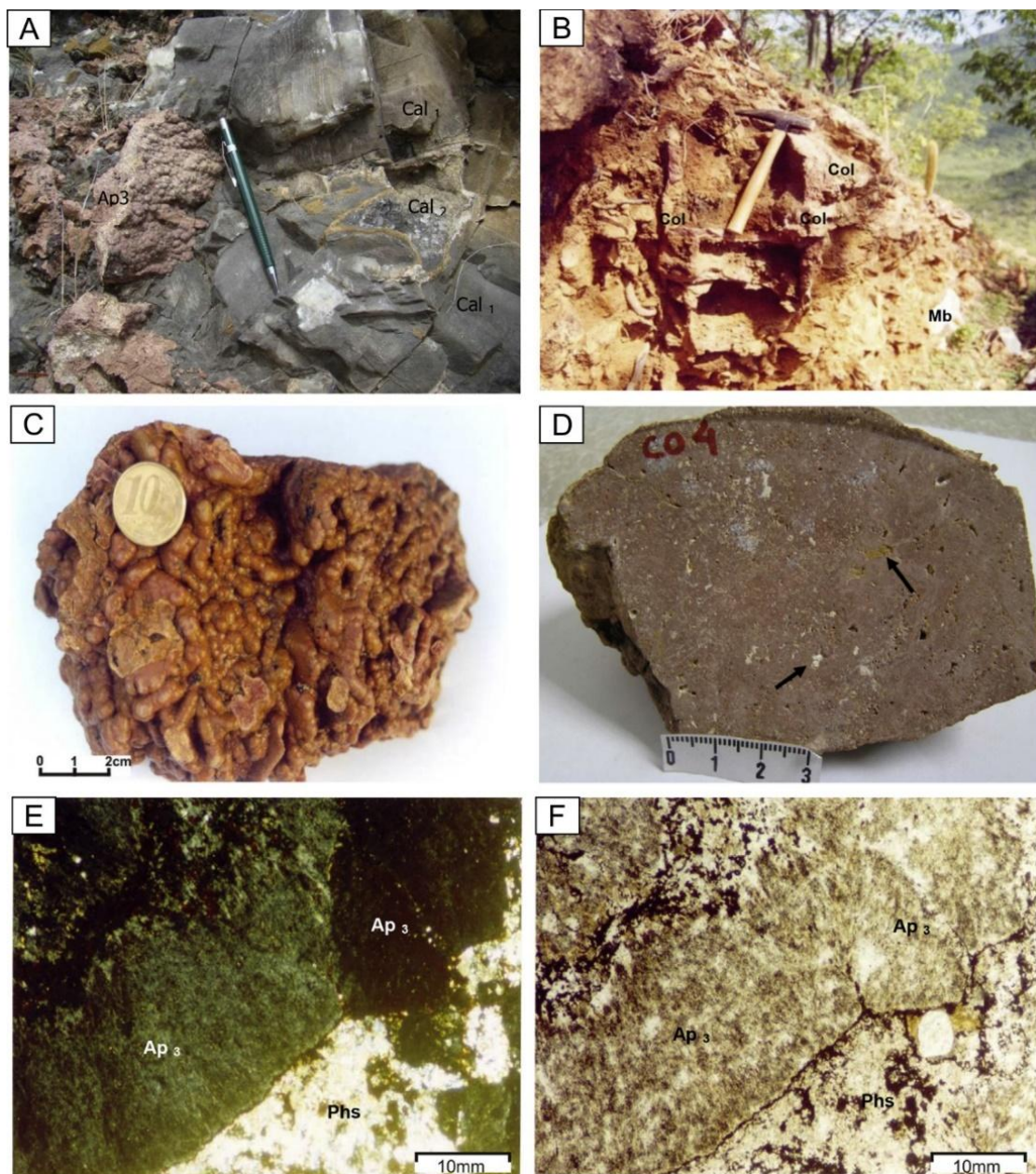


Figura 11.1-147: (A) Colofanito associado a brechas carbonáticas, onde os clastos são compostos por rochas feldspáticas, mármore (Mb), rochas Calcissilicáticas (Cc) e colofanita (Col). A matriz da brecha é composta por carbonatos bem cristalizados (Cal) ou rochas carbonáticas cinza escuras; (B) Veios de colofanitas tipo stockwork em mármore; (C) Fraturas e falhas nos mármore da Formação Alcântil com brechas preenchidas por colofanito; (D) Brecha com colofanito e megacristais de calcita (Cal1) em mármore carstificados da Formação Alcântil; (E) Apatita coloforme (Ap2) preenchendo vazios com cristais de calcita (Cal) em mármore da Formação Alcântil; (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 11.1-148:** (A) Colofanita residual (Ap<sub>3</sub>) com textura botrioidal cobrindo e preenchendo vazios em cristais de calcita hidrotermais (Cal<sub>1</sub>) e cristais menores de calcita preenchendo vazios gerados pela dissolução de megacristais (Cal<sub>2</sub>); (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 (Ap<sub>3</sub>) 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 mármorees 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 11.1-148). 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 opacos, identificados através de análise calcográfica, ocorrem grafita, magnetita, pirita, arsenopirita e limonita. Apresenta-se também preenchendo fraturas e foliações, e principalmente nos mármorees, preenchendo os interstícios de antigas cavidades (Figura 11.1-144) (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 Quadro 11.1-73, (HUTCHINSON, 1992).



Quadro 11.1-73: Sulfetos mais comuns e seus produtos de oxidação

Mineral	Espécies aquosas após oxidação completa <sup>1</sup>	Possíveis Minerais secundários formados a pH neutro e após completa oxidação <sup>2</sup>
Pirita $\text{FeS}_2$	$\text{Fe}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Marcassita $\text{FeS}_2$	$\text{Fe}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Pirrotita $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	$\text{Fe}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos; Gipsita
Calcopirita $\text{CuFeS}_2$	$\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos, Hidróxidos de cobre e Carbonatos; Gipsita
Calcocita $\text{Cu}_2\text{S}$	$\text{Cu}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de cobre e Carbonatos; Gipsita
Bornita $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$	$\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos, Hidróxidos de cobre e Carbonatos; Gipsita
Arsenopirita $\text{FeAsS}$	$\text{Fe}^{3+}, \text{AsO}_4^{3-}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de ferro e sulfatos, Arsenatos de ferro e Cálcio; Gipsita
Molibdenita $\text{MoS}_2$	$\text{MoO}_4^{2-}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de Fe e Sulfatos, Molibdatos, óxidos de molibdênio; Gipsita
Esfalerita $\text{ZnS}$	$\text{Zn}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de zinco e carbonatos. Gipsita
Galena $\text{PbS}$	$\text{Pb}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de chumbo, Carbonatos, sulfatos; Gipsita
Cobalita $\text{CoAsS}$	$\text{Co}^{2+}, \text{AsO}_4^{3-}, \text{SO}_4^{2-}, \text{H}^+$	Hidróxidos de cobalto, Carbonatos; Arsenatos de ferro e Cálcio; Gipsita

<sup>1</sup> Espécies intermediárias tais como o íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  podem também ocorrer (Stumm.Morgan, 1981; Goldhader, 1983);

<sup>2</sup> Outros minerais podem ser formados associados ou em alternativas aos listados em função do ambiente.

Fonte: Hutchinson, 1992.

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 águas lixiviadas nestas áreas podem ter seu pH variando de neutro para alcalino.

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 Serrote da Igreja.

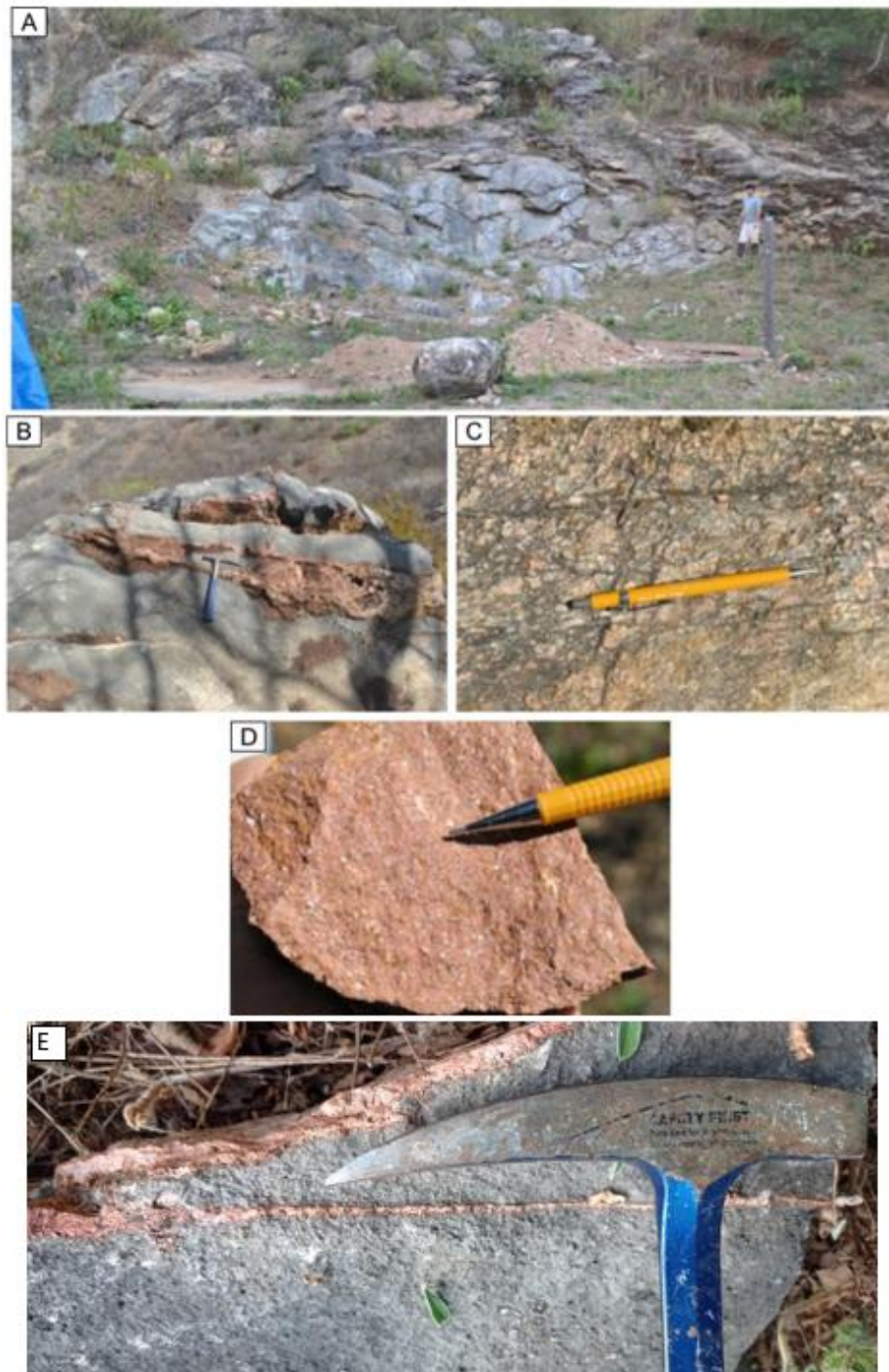
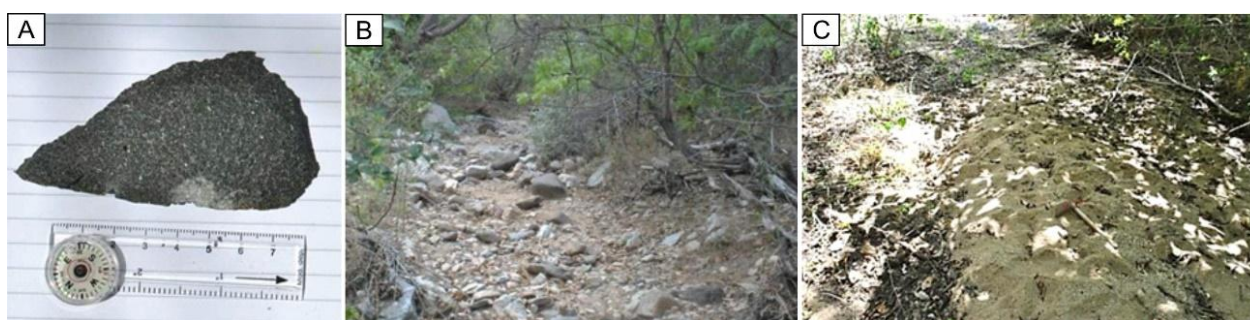


Figura 11.1-149: (A) Afloramento existente na entrada da galeria G2, com detalhe para o colofanito rosado na porção superior da foto; (B) Detalhe de colofanito preenchendo fraturas dos mármore da Formação Alcantil; (C) Detalhe de amostra de brecha de colofanito afetada por cisalhamento, observada na galeria G2; (D) Detalhe de amostra de colofanito observado no Serrote da Igreja; (E) mármore calcítico, cristais de calcita venulado com colofonita.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), Geohidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.

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 11.1-150).

Os depósitos quaternários aluvionares se encontram restritos aos vales das principais drenagens intermitentes que cortam a AID e ADA (representando menos de 1% da ADA e totalizando 3,77% da área mapeada), com destaque para o riacho das Guaribas, riacho Cunha Moti 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 11.1-150).



**Figura 11.1-150: (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.*

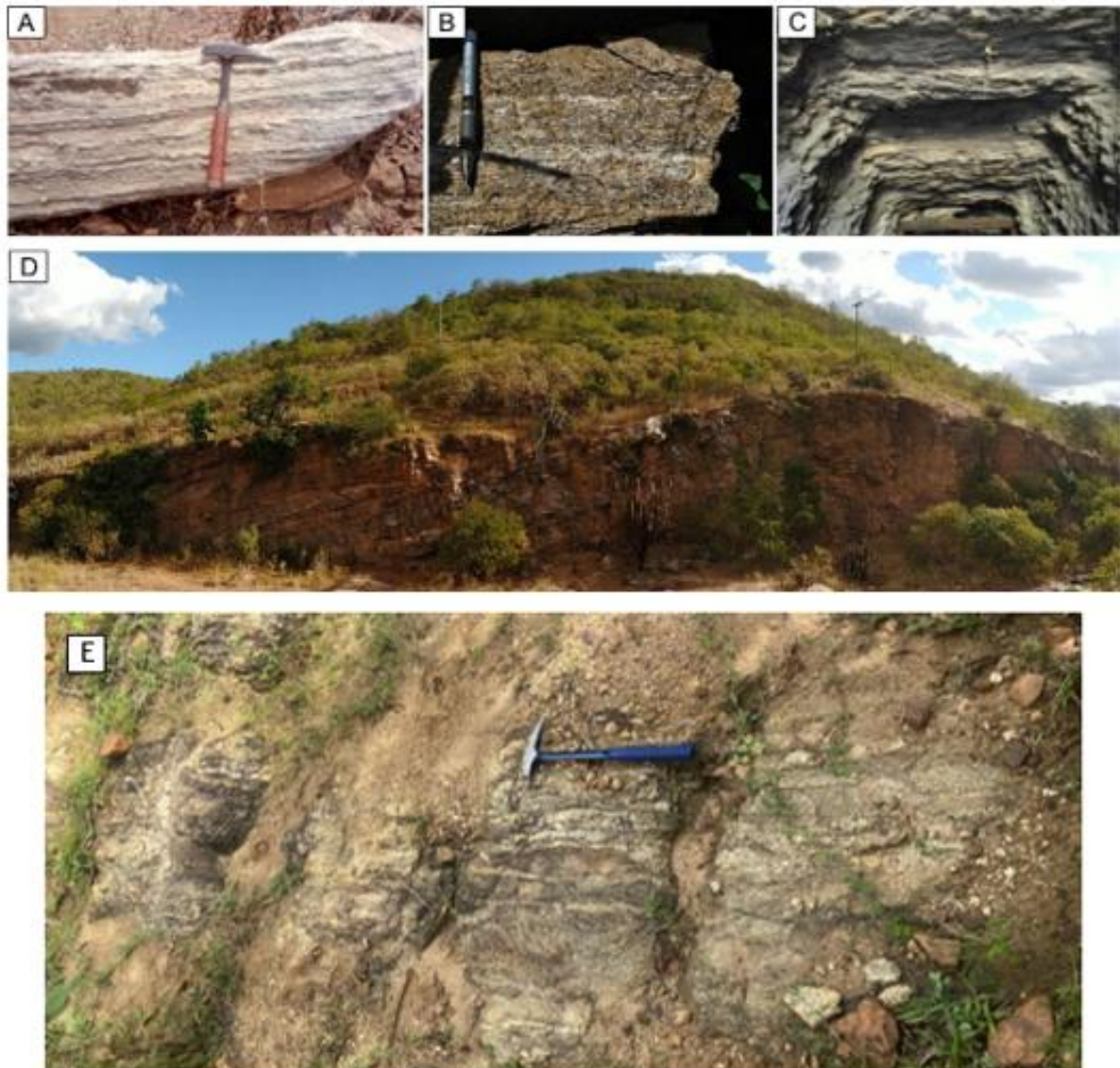
#### 11.1.7.3.7. Estrutural

Do ponto de vista estrutural, a AID e a ADA apresentam evolução tectônica complexa, ilustrada por diferentes estruturas de caráter dúctil e rúptil, onde na área do futuro empreendimento predominam as zonas dúcteis, representado por maciços rochosos pouco fraturado com dobramentos de diversos tamanhos.

O contato basal das sequencias supracrustais é geralmente marcado por rochas miloníticas de fácies anfibolito baixo, que indicam que o final da mise en place das nappes formadas se deu em condições metamórficas retrógradas (Almeida et al., 2008). Essa feição é apontada por Castro et 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.



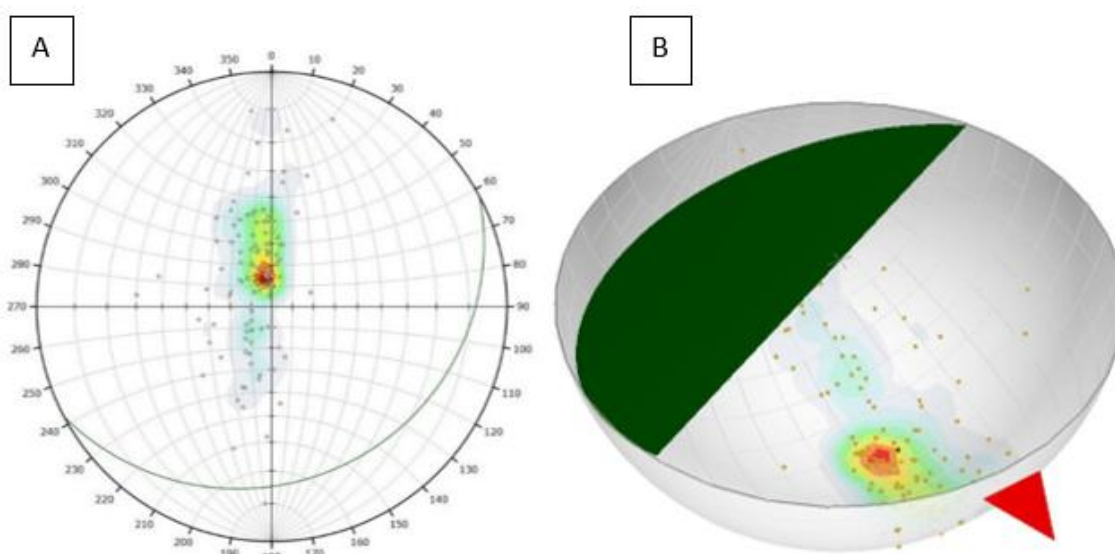
A foliação regional (Figura 11.1-151) é normalmente paralela aos contatos litológicos (S0) (Almeida et al., 2008). Regionalmente, as foliações apresentam predominância de baixos ângulos de mergulho (aproximadamente 20°) e rumo predominante para sul e sudeste, com pequenas variações para noroeste e nordeste. Localmente, podem apresentar mudanças severas nas orientações e mergulhos, devido aos diversos padrões de dobramento superimpostos às rochas.



**Figura 11.1-151:** (A) Foliação principal em mármore bandados; (B) Foliação principal em gnaiss; (c) Foliação ortogonal a galeria com mergulho de aproximadamente 50° para fora da galeria G1; (D) Mármore da formação Alcantil, com a foliação principal levemente dobrada; (E) Afloramento rasteiro de metatexito com estrutura estromática e sheets de leucogranitoide. A foliação é sub-vertical, sublinhando um possível cisalhamento.

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021), GeoHidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.

Junto as descrições litológicas realizadas na quinta etapa de campo, foram obtidos dados estruturas de 124 afloramentos, com a direção e mergulho das foliações. Assim foram gerados dois estereogramas (Figura 11.1-152), que indicam o mergulho de baixo ângulo (aproximadamente  $20^\circ$ ), preferencial para sul e sudeste. Essa foliação é descrita paralelamente aos contatos geológicos (S0) (Almeida et al., 2008). Além da foliação, foram descritas três famílias de falhas e fraturas com direções médias NW (335), E-W (89 - 271) e NE (56).



**Figura 11.1-152: (A) Estereograma das foliações obtidas na 5ª campanha - 18 de maio a 01 de abril, foram obtidas 125 medidas. (B) - Esteograma em 3D, em vermelho a direção do Norte, enquanto em verde o plano médio das foliações, com direção de mergulho para sul/sudeste.**

*Fonte: GeoHidro (2023) adaptado BTB Explorers (2023).*

Além das estruturas rúpteis, as dúcteis foram descritas durante as etapas de campo, principalmente na forma de dobras anticlinais, recumbentes e sinformes (Figura 11.1-153), além de dobras migmatíticas e em migmatitos dentro de gnaisses, mas as dobras ocorrem principalmente nas rochas metacarbonáticas.





Figura 11.1-153: Rocha Metacarbonática com sheets leucograníticas dobrada, afloramento evidencia a charneira da dobra anticlinal aberta; B - Zona de ocorrência de metacarbonática com intercalações milimétricas de gnaiss/calcssilicática e sheets de leucogranitoide. Dois sistemas de fraturas: 1) NW (N290); 2) aproximadamente E-W (N75), ambas são subverticais; C - Afloramento em lajedo de metatexito com estrutura estromática e dobra sinforme; D - Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Sillimanita, Granada, Biotita gnaiss com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral; E e F - Afloramento metacarbonato com dobramento.

Fonte: GeoHidro (2023).



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 mármore, 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.

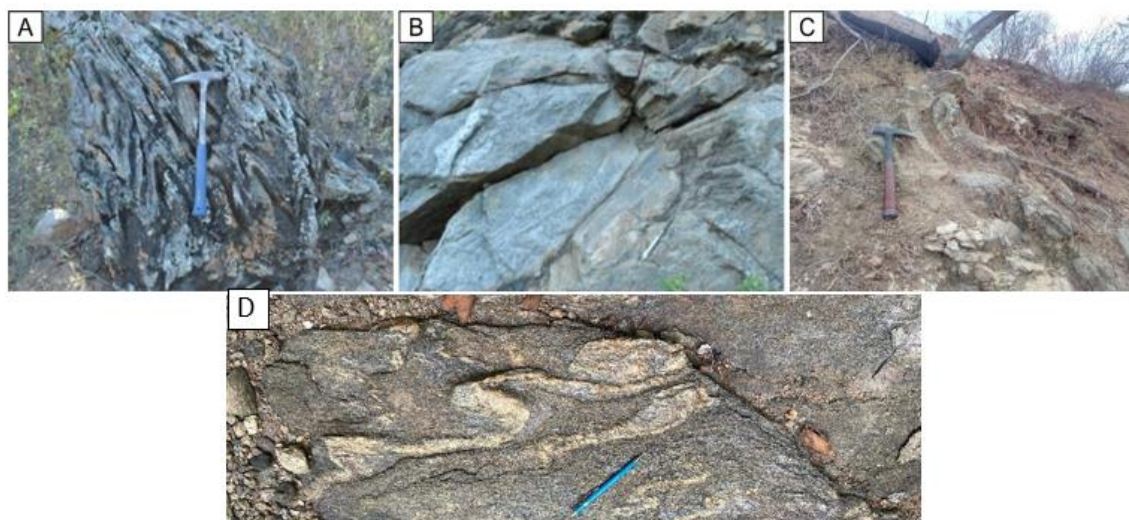
Caracteristicamente com planos-axiais subverticais, a segunda fase de deformação é caracterizada por dobras decimétricas a decamétricas, com eixo orientado segundo E-W, coaxial ao primeiro evento. Mais especificamente a NE da Falha do Rio Groairas, as inflexões das lineações de estiramento (NE-SW para WNW-ESSE) provavelmente acompanham formação de dobras abertas quilométricas com eixos encurvados e tenham sido adquiridas na fase final de mise en 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 (anfíbolito) 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 paragneisses da Formação Barrigas, levando à intercalação tectônica de gnaisses e quartzitos, enquanto o contato entre a Formação Barrigas e os mármore da Formação Alcantil é gradacional, marcado pela ocorrência de mármore impuros e rochas calciossilicáticas. Por vezes, mineralizações ocorrem na zona de crista de dobras isoclinais com planos de foliação mergulhando para o norte.

A Figura 11.1-154 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 11.1-154: (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 Calcissilicáticas; (D) Afloramento em lajedo, extensão de aproximada de 30m, de Sillimanita, Granada, Biotita gnaïsse com dobras pitgmáticas e de arrasto indicando cinemática dextral.**

*Fonte: ARCADIS LOGOS (2014), BTB Explorers (2021) e GeoHidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.*

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-Cambrianos 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 depósito 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 mármore, são observadas descontinuidades com maior abertura, derivadas da ação de processos cársticos de dissolução.

Durante o mapeamento, foram encontradas fraturas (Figura 11.1-156) isoladas com direções discordantes e, algumas vezes, mergulhos sub-horizontais, que significam pequenas variações locais e não pertencem a nenhum grupo. No domínio dos mármore, foram observados veios de quartzo decimétricos dispostos em 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 11.1-155), e mergulhos em torno de 50° a 60°, respectivamente, para norte e sul.



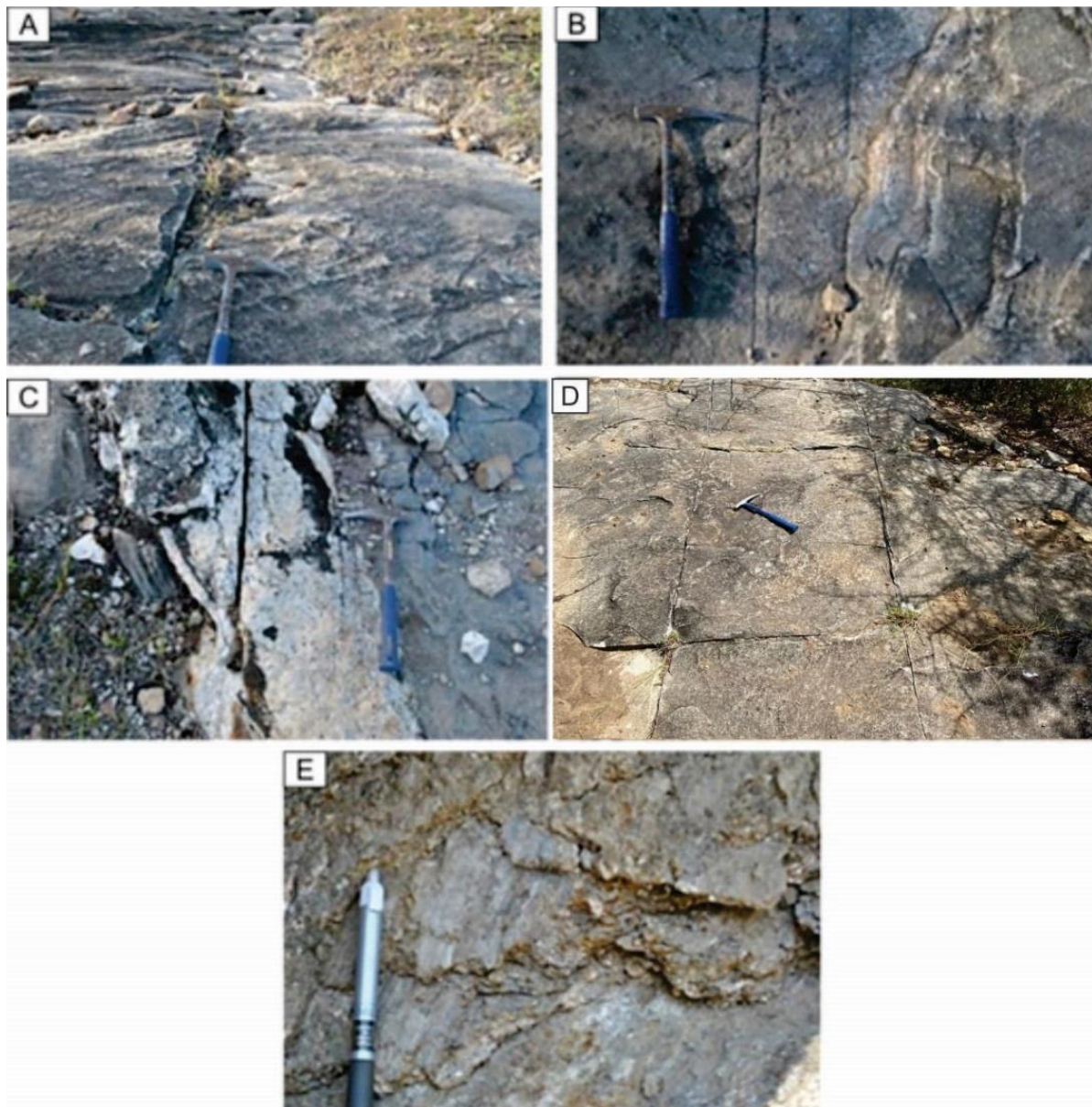
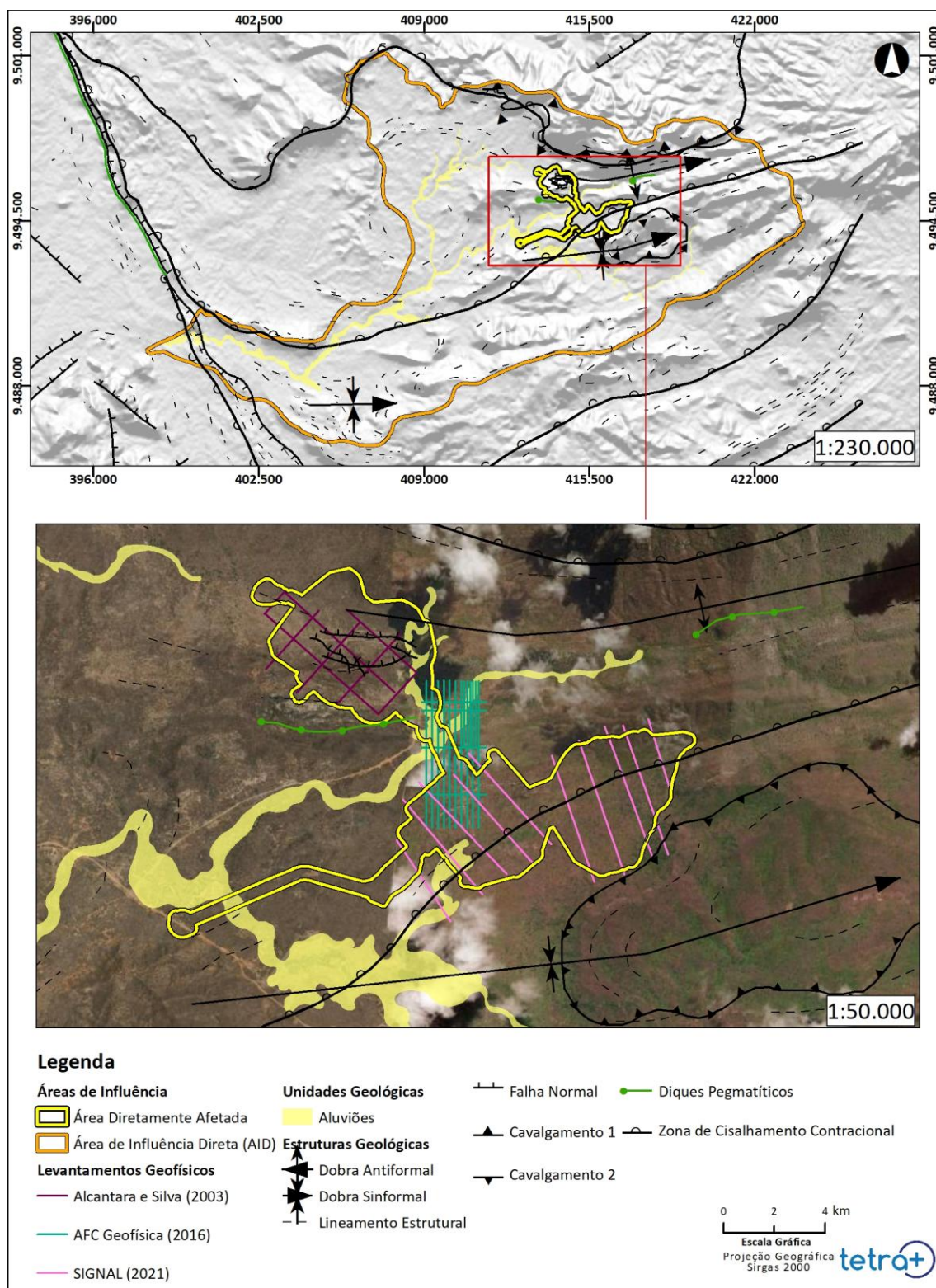


Figura 11.1-155: (A) Detalhe de família de fraturas com direções 295/80, 294/75, 290/72 e 292/70 (Notação Clar), apresentando 3 cm de abertura e preenchidas por solo; (B) Detalhe de família de juntas com direção 295/80; 294/75; 290/72 e 292/70, apresentando abertura da ordem de 3 cm; (C) Fratura no quartzito 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 em lajedo de mármore, de cor branca, apresenta dois sistemas de fraturas: NW e E-W.; (E) Detalhe das lineações presentes em plano de falha normal e estrias slickensides indicando movimentação normal em plano de falha com atitude 170/70 (Notação Clar).

Fonte: ARCADIS LOGOS (2014) e GeoHidro (2023). Adaptado por: Tetra Mais, 2023.

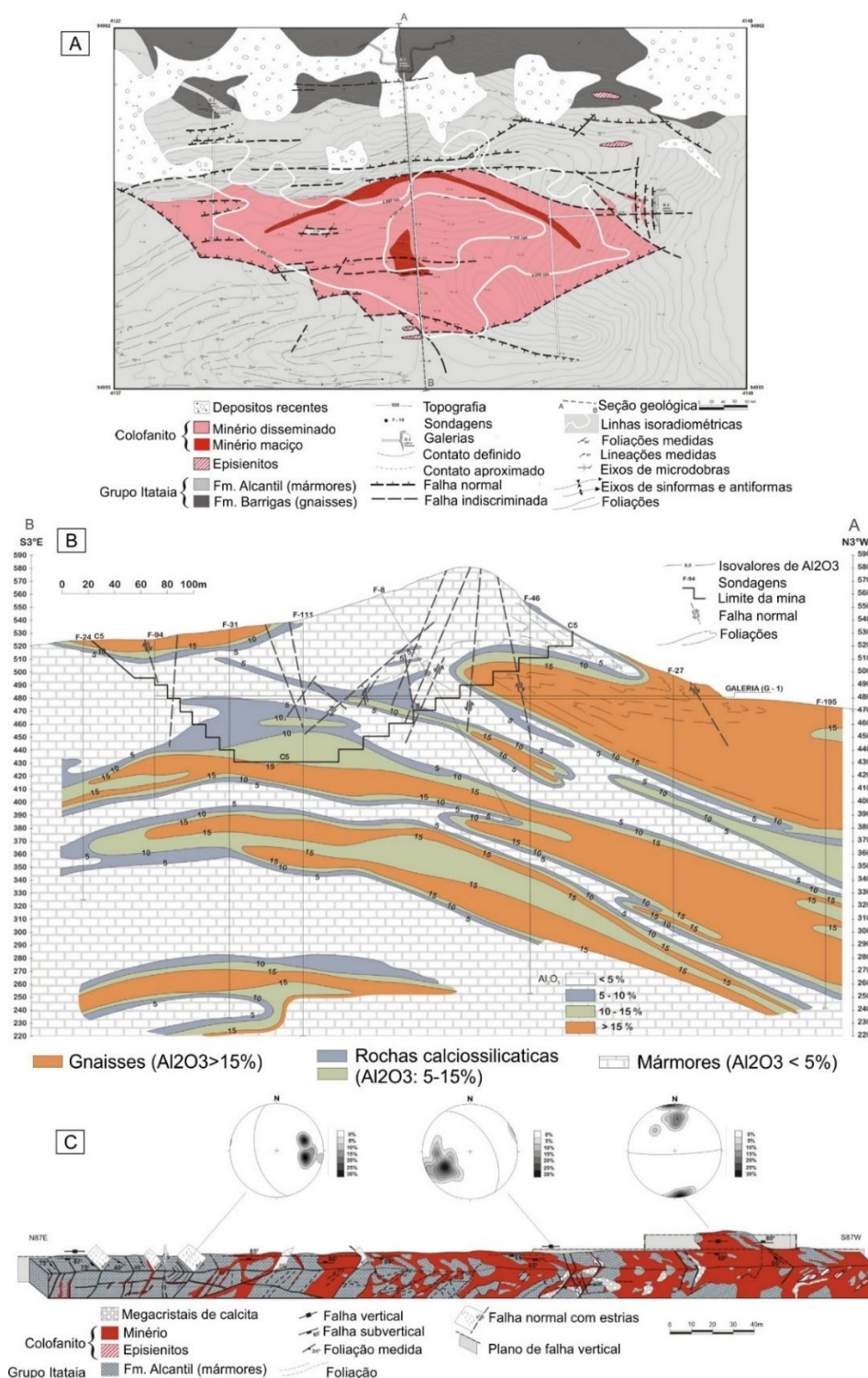
Entretanto, como apontado na Figura 11.1-156, as grandes estruturas existentes na ADA estão em regiões planas, o que diminui a existência de afloramentos e dificulta a definição das zonas de falhas e cisalhamentos. As falhas E-W controlam a formação de um vale que se estende regionalmente (VERÍSSIMO et al., 2016). Portanto, levantamentos geofísicos foram fundamentais para definir feições estruturais na região.





**Figura 11.1-156: Mapa local mostrando as principais estruturas existentes e levantamentos realizados para coleta de dados sobre MDE.**

Fonte: BTB Explorers (2021). Elaboração: Tetra Mais, 2023



**Figura 11.1-157: (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  $Al_2O_3$ . 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 rúptil. Nota-se um aumento gradual no volume do minério de sul para norte, acompanhado de brechiação e carstificação de mármore.**

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 11.1-158) 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 mármore da Formação Alcantil são as principais rochas hospedeiras das mineralizações de interesse, mas essa também ocorre em gnaisses e rochas Calcissilicáticas principalmente em fraturas NW-SE e nos planos de foliação (Veríssimo et al., 2016).

Os trabalhos realizados em 2016, pela AFC Geofísica notaram a existência de possíveis cavidades naturais nos mármore orientados em faixas E-W, onde será instalado parte do complexo Minero-industrial, mais especificamente a via de acesso a jazida e britador. 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.

Os levantamentos realizados pela Signal em 2021 (Figura 11.1-158 a Figura 11.1-160), 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 interpretação geoestrutural, foi possível identificar 3 (três) zonas geoeletricas distintas, permitindo caracterizar os contornos e contatos em:

- zona 1 (muito condutiva), com valores menores que 100 ohm.m;
- zona 2 (condutiva ou pouco resistiva), com valores entre 100 e 1.400 ohm.m;
- 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 geoeletricos 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.

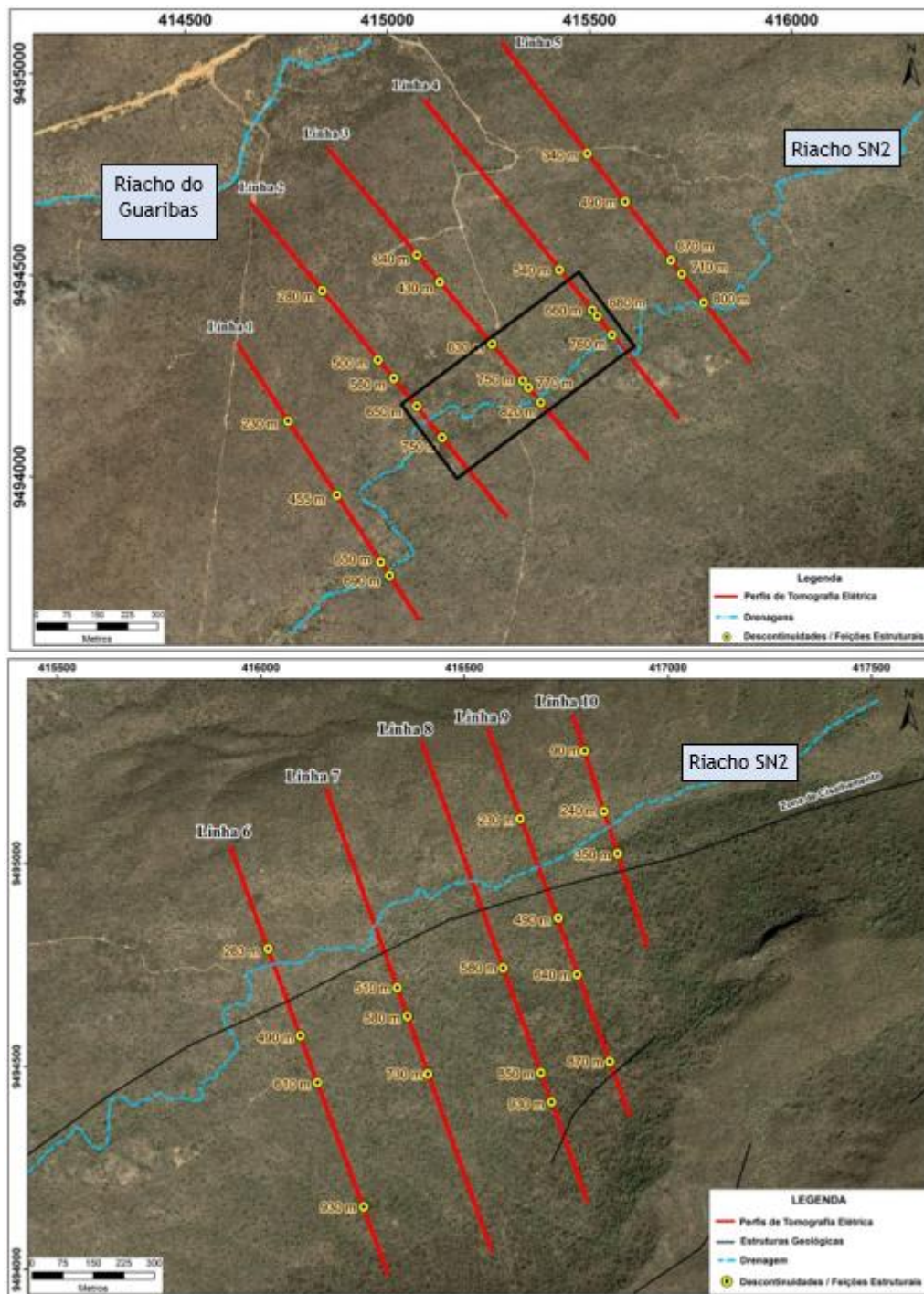


Figura 11.1-158: Mapas com a identificação das posições das feições estruturais identificadas ao longo dos perfis geoeletricos da área de estudo. Destacar as correlações estruturais entre os perfis 02, 03 e 04 (retângulo em cor preta) e dos perfis com a interseção com a drenagem (riacho SN2). Fonte: Signal (2021).

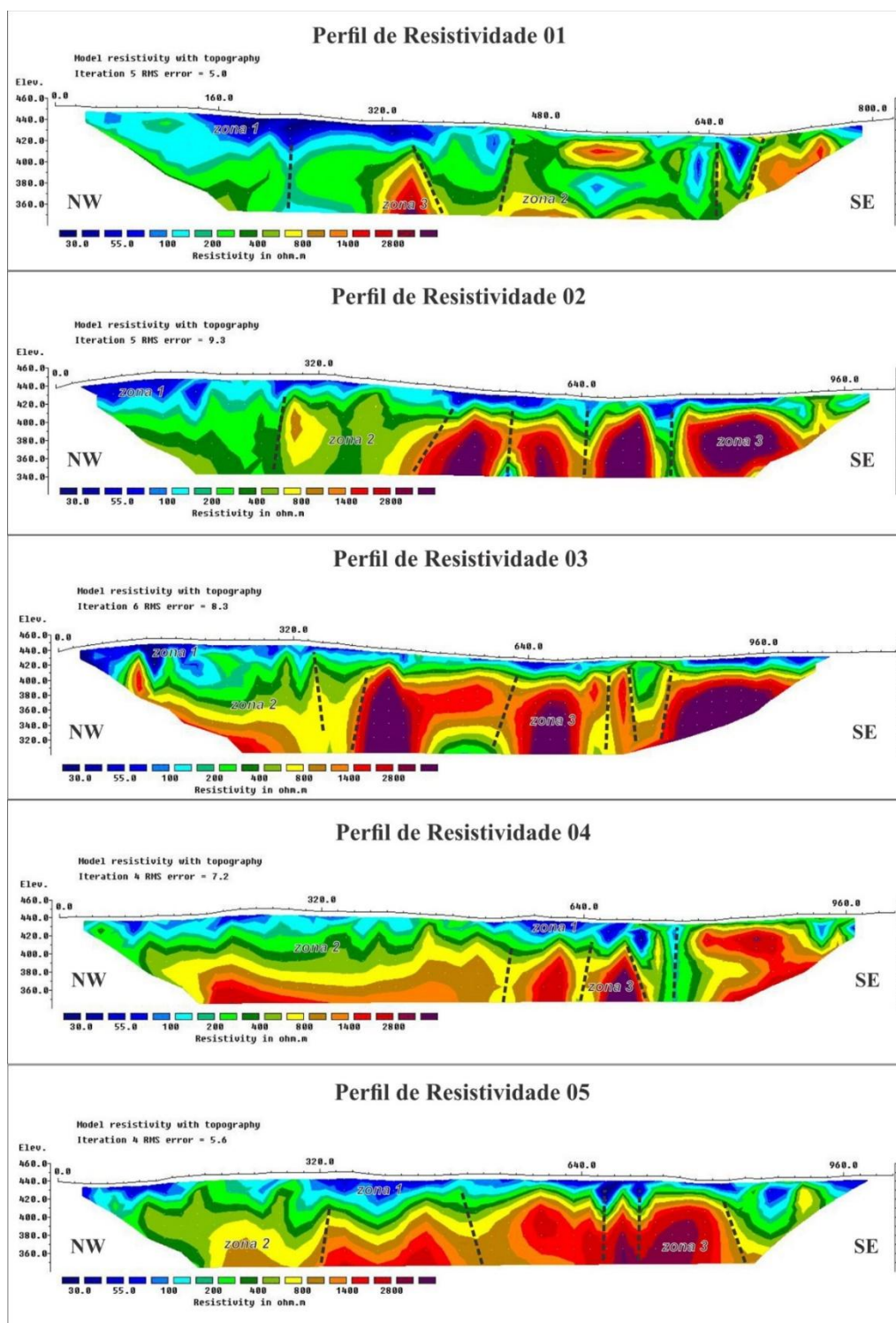


Figura 11.1-159: Seções de resistividade modeladas para os perfis 01 a 05 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de discontinuidades/feições identificadas.

Fonte: Signal (2021).



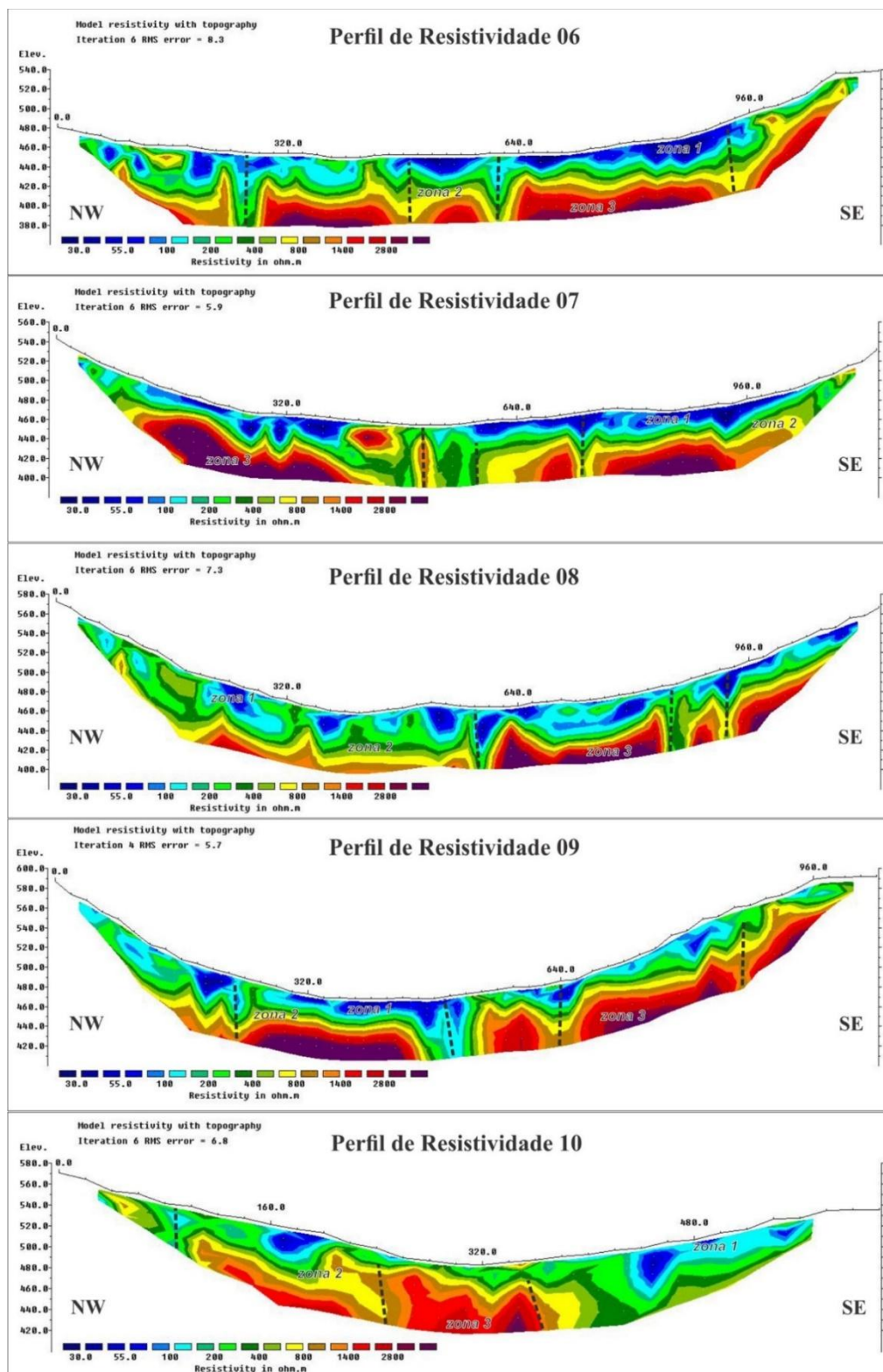


Figura 11.1-160: Seções de resistividade modeladas para os perfis 06 a 10 com suas respectivas características: comprimento da seção, escala de resistividade, cota/elevação. O traçado em cor preta significa presença de discontinuidades/feições identificadas.

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 geoeletricos 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 invernososa no momento da aquisição;

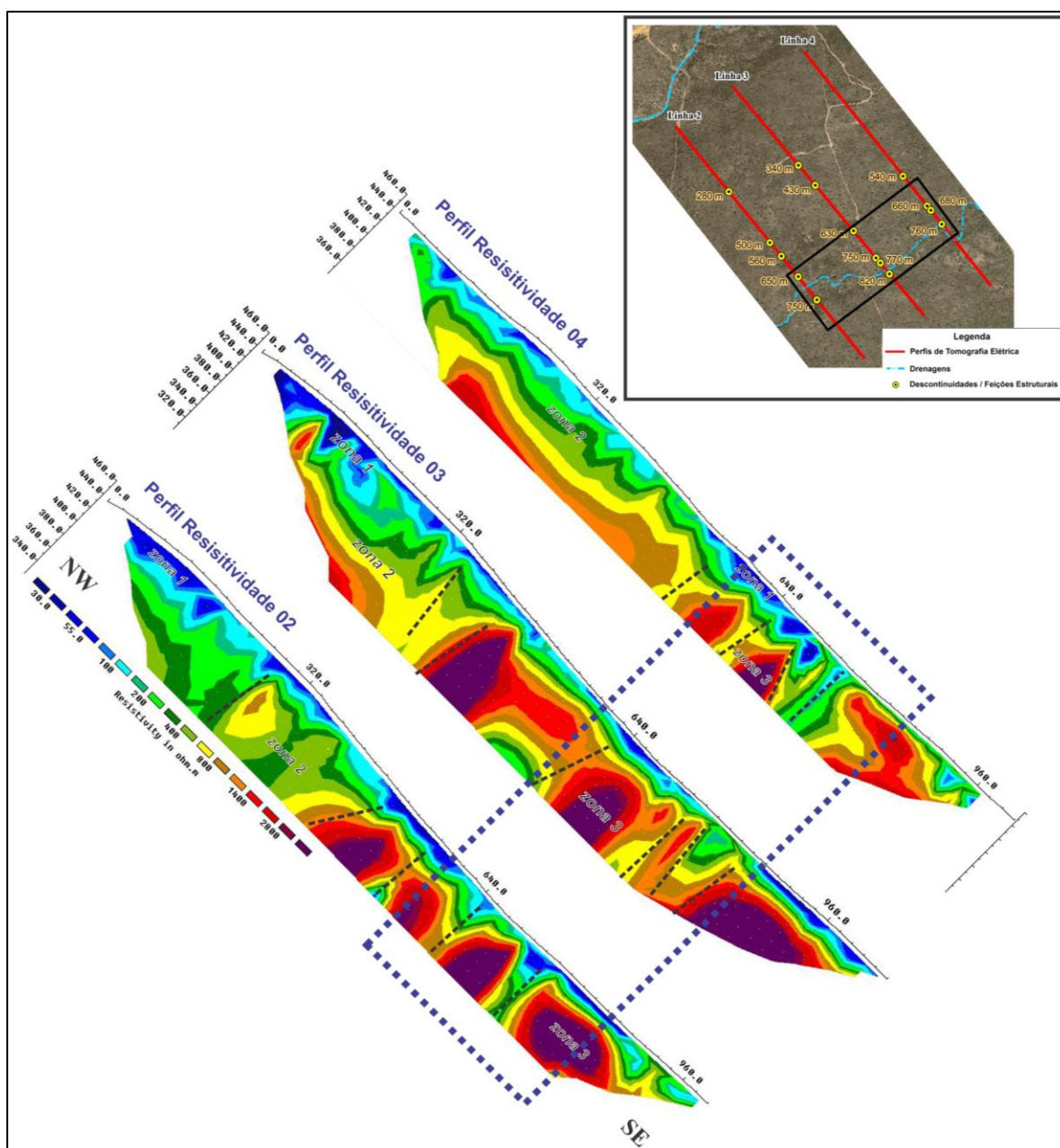
iii) do detalhe de que todos os perfis cruzaram uma região caracterizada pela presença de “vale ou drenagem” encaixada em lineamentos e feições lineares existente na área (Riacho Guaribas).

A Figura 11.1-115 e Figura 11.1-116 (descritos no item 11.1.7.3.1 Dados Geofísicos) 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 11.1-159) 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 (SN2). Esta região dos perfis é caracterizada pela elevada intensidade de faturamento (Figura 11.1-161)

Em alguns trechos do riacho SN2 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 ( $\sim 90^\circ$ ) 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 11.1-161:** 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 SN2.

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 11.1-162 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 11.1-162.

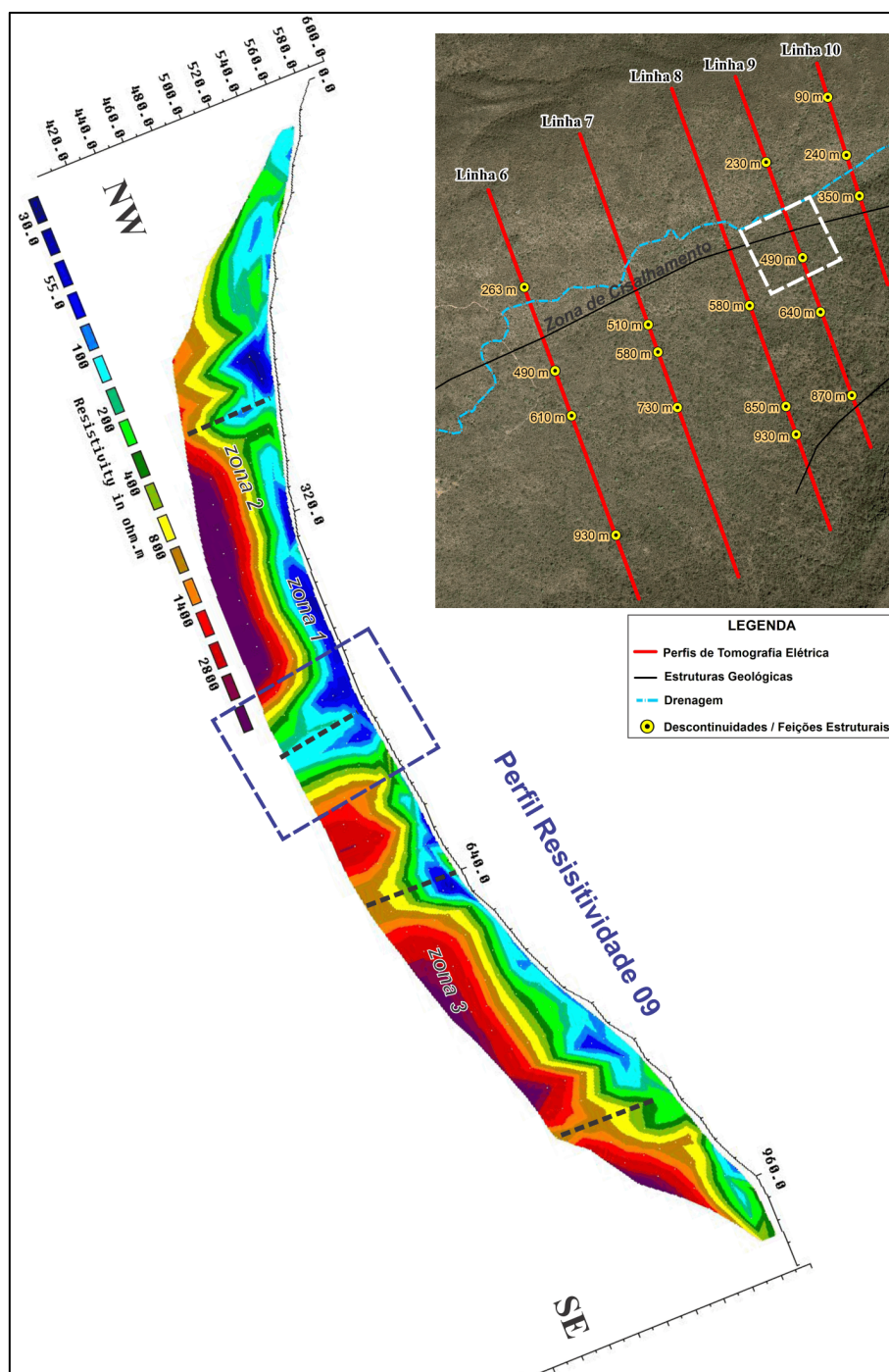


Figura 11.1-162: Correlação entre as descontinuidades estruturais presente na modelagem do perfil 09 (retângulo tracejado na cor azul). Destaque para este intervalo (traçado em cor branca) bastante fraturado visto no perfil, associado a presença da Zona de Cisalhamento e riacho SN2.

Fonte: Signal (2021).

#### 11.1.7.4. Considerações Finais

De forma geral, os conhecimentos em relação ao meio físico foram adensados, refletindo diretamente nos dados geológicos obtidos entre 2022 e 2023. Com a realização do mapeamento 1:10.000 e a construção da nova rede de poços de monitoramento é possível visualizar de maneira detalhada as litologias do entorno da ADA.

Para ampliar os conhecimentos geológicos e aprofundar, consequentemente, os estudos de geotecnia, hidrogeologia, pedologia etc., foi realizado um mapeamento de detalhe na escala de 1:10.000. Da área mapeada (17,8 km<sup>2</sup>), a Formação Barrigas representa 56,33 % do total, enquanto na ADA esse valor chega a 66,91%. Já a Formação Alcantil tem 31,37%, enquanto na ADA seu valor é de 31,72%. As Formações Serra do Céu e Laranjeiras representam 3,79% e 3,22% respectivamente, ambas as unidades não estão inseridas na ADA. Por fim, os sedimentos cenozoicos estão concentrados na região sudoeste, próximo aos rios e vales, sua área representa 3,94% e na ADA apenas 0,99%.

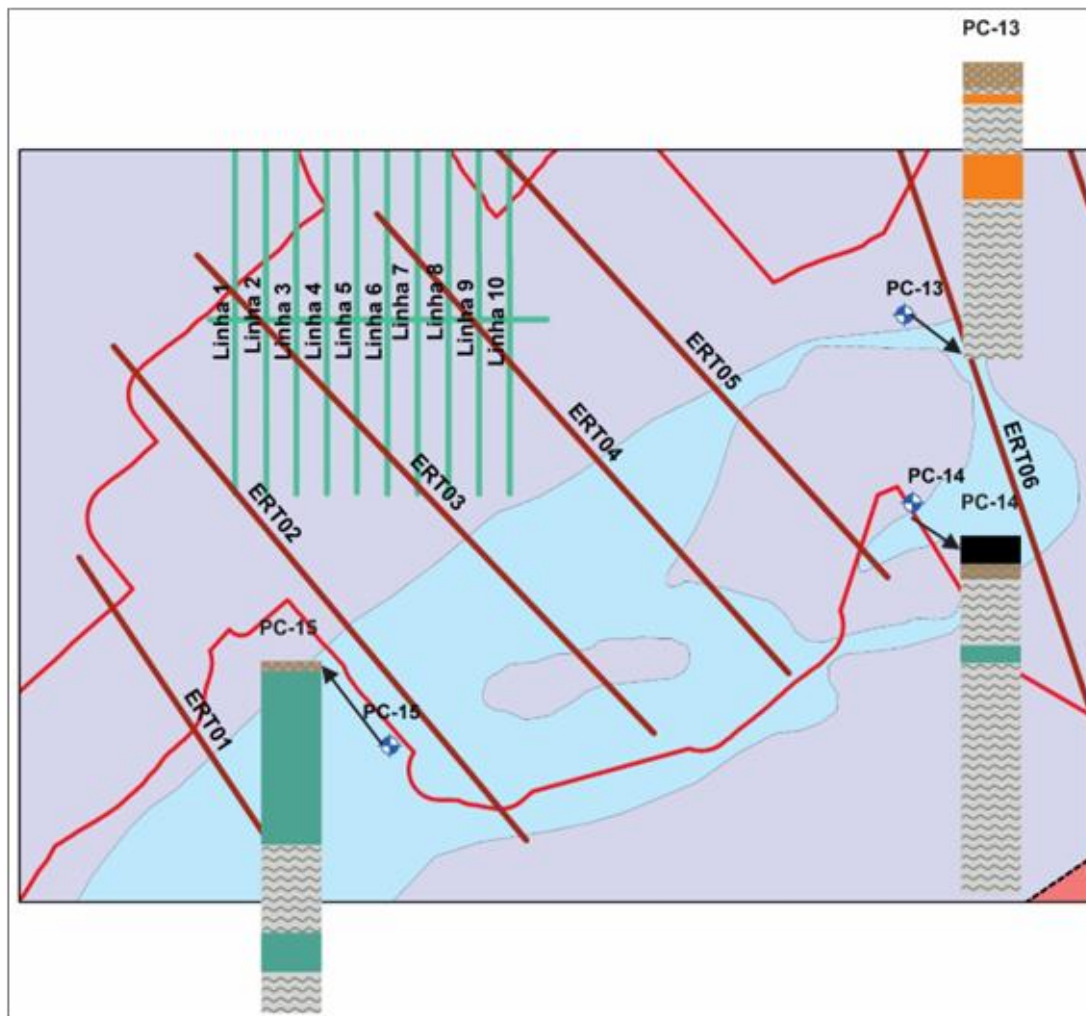
A Fm Barrigas é formada principalmente por granada-biotita gnaiss, silimanita-granada-biotita gnaiss, porções migmatizadas, xistos com presença de biotita e muscovita, além de anfíbolitos dispersos. Já a Fm Alcantil, apresenta essencialmente metacarbonáticas (mármore puros, impuros, dolomíticos e calcissilicáticas), devido a sua composição não ser de origem clástica e sim química, essa formação é susceptível a alteração e formação de áreas cársticas. Por esse motivo, durante o cambriano/ordoviciano houve um primeiro processo de carstificação dessas rochas que junto a fluidos quentes preencheu algumas porções com um fluido rico em fosfato e urânio, resultando na origem ao minério de colofanito. Por fim, hoje a região conta com algumas zonas cársticas, formando algumas áreas com presença de calcretes e tufas calcárias, que foram estão descritos no mapa de detalhe 1:10.000. O tema referente às cavidades é apresentado no capítulo Patrimônio Espeleológico, e resumido aqui no

Uma das principais informações obtidas e a questão da interdigitação entre a Fm. Alcantil e Fm. Barrigas, que podem ocorrer de forma centimétrica a métrica conforme a Figura 11.1-123. Além disso a Figura 11.1-123 possibilitou entender o comportamento estrutural e geotécnico em profundidades médias de 30 metros. Essa informação auxiliada aos dados geofísicos possibilita identificar quais pontos há possibilidade da existência de cavidades, como nos levantamentos realizados em 2016, que aponta para diversas anomalias ao norte da área do complexo industrial.

Com a construção dos poços de monitoramento, como no caso do PC-09, é possível identificar que a profundidades superiores a 40 metros a rocha apresenta intenso fraturamento além de grau de alteração A3 (muito alterado) em diversos extratos,

intercalado com rochas muito sã. No caso do PC-09 esse tipo de padrão pode gerar essas anomalias, indicando possíveis canais de percolação de água, essencial para a alteração química das rochas. Outro fator que pode gerar essas anomalias e a interdigitação das camadas, que por sua vez respondem de maneira diferente a resistividade geofísica. O caso das linhas ERT01 e 02 e ERT05 e 06 apresentam possíveis cavidades, porém há 3 poços na região (PC-13, PC-14 e PC-15), que indicam que a camada da FM Alcantil, presente sobre parte da pilha de fosfogesso e complexo industrial, adelga de SW para NE (Figura 11.1-163), assim as anomalias mais profundas referente das linhas de 2021, possivelmente reflitam a presença da FM Barrigas em maiores profundidades.





**Figura 11.1-163: Mapa esquemático dos poços construídos em 2022 em relação às linhas geofísicas de 2021. Em tons azuis esverdeado está representado nos perfis as camadas metacarbonáticas, enquanto os tons cinza hachurados os paragneisses e em laranja Pegmatoides.**

*Elaborado por BTBExplorers (2023).*

Em todos os furos, apenas o furo PC-05 (extremo NW do mapa 1:10.000 e fora da ADA) identificou possíveis cavidades, conforme o Quadro 11.1-59, com bolsões com material arenoso entre as rochas metacarbonáticas.

Para sanar questões sobre a presença de sulfetos nos minerais que compõem as demais rochas e que possam provocar a lixiviação ácida foram realizadas novas análises químicas ((Anexo 9-3-4), coletando amostras de rochas que iram compor o estéril da mina, a fim de identificar possíveis minerais sulfetados. Tanto em campo como em análises laboratoriais (Anexo 11.1.7-2 e 11.1.7-5 e Anexo 9-3-4) não foram encontrados indícios da presença de sulfetos, isso ocorre, principalmente pela composição das rochas ser predominantemente alcalinas:

- Paragnaisses: Feldspatos + Biotita + Quartzo + Granada + Silimanita ± Muscovita)
- Anfibolitos: (Anfibólio + Plagioclásio + Granada ± Piroxênio)
- Pegmatoides: (Feldspatos + Quartzo)
- Mármore, Mármore Dolomítico, Mármore Impuro e Calcissilicática: (Calcita ± Dolomita + Anfibólio ± Piroxênio ± Biotita ± Grafita).
- Quartzitos e Muscovita Quartzitos: (Quartzo + Muscovita ± Feldspato)
- Migmatito, Metatexitos e Gnaisses Migmatizados: (Feldspatos + Biotita + Quartzo + Anfibólio).



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](http://www.tetramais.com.br)

## ANEXO VIII

---

## HIDROGEOLOGIA



A large collage of four images arranged in a diamond pattern. The top-left image shows a lush green forested hillside under a cloudy sky. The top-right image shows an industrial mining or construction site with large machinery and piles of material. The bottom-left image shows a rocky cave entrance with a bright blue light source inside. The bottom-right image shows a large electrical transmission tower with power lines, overlaid with a grid of yellow and orange lines.

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Hidrogeologia

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

NÚMERO: 20_605_Vol.IIA_rev00_hidrogeol	ELABORADO POR: Tetra +	APROVADO POR: Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	DATA: Setembro/2025
---	---------------------------	---	------------------------

## SUMÁRIO

### 11.1.11. Hidrogeologia

11.1.11.1.	Considerações Metodológicas .....	535
11.1.11.2.	Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All) .....	539
11.1.11.2.1.	Unidades Aquíferas.....	539
11.1.11.2.2.	Dados de Poços Cadastrados na Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Cogerh) e SIAGAS (CPRM) .....	542
11.1.11.2.3.	Unidades Aquíferas.....	548
11.1.11.2.4.	Poços de Monitoramento .....	549
11.1.11.2.5.	Ensaio para Obtenção da Condutividade Hidráulica e Transmissividade .....	559
11.1.11.2.6.	Ensaio de Perda D'água em Poços de Monitoramento - Zona Vadosa .....	566
11.1.11.2.7.	Níveis D'água Sazonais nos Poços de Monitoramento .....	568
11.1.11.2.8.	Mapa Potenciométrico .....	574
11.1.11.2.9.	Áreas de Recarga e Descarga.....	584
11.1.11.2.10.	Análise da Vulnerabilidade dos Aquíferos .....	590
11.1.11.3.	Modelo Hidrogeológico Conceitual - ADA.....	596
11.1.11.3.1.	Clima e Hidrografia .....	596
11.1.11.3.2.	Meio Poroso - Coberturas Superficiais.....	599
11.1.11.3.3.	Meio fraturado.....	601
11.1.11.3.4.	Meio Cárstico.....	602
11.1.11.3.5.	Escoamento e direção de fluxo .....	604
11.1.11.3.6.	Nível d'água x Sazonalidades .....	605
11.1.11.3.7.	Interceptação do nível d'água pela cava.....	606
11.1.11.3.8.	Compartimentação estrutural e litológica.....	606
11.1.11.3.9.	Vulnerabilidade e Áreas de Recarga e Descargas .....	608
11.1.11.3.10.	Favorabilidade a inundações .....	609
11.1.11.3.11.	Resumo do Modelo Hidrogeológico .....	609
11.1.11.4.	Considerações Finais .....	614

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-256:	Situação dos poços cadastrados no SIAGAS até o dia 15/11/2023. No eixo Y, há a contagem de poços e em X o estado atual dos poços. ....	546
Figura 11.1-257:	Localização dos poços cadastrados no SIAGAS e COGERH (15/11/2023). ....	547
Figura 11.1-258:	Perfil ilustrativo das litologias de cada um dos poços e nível de alteração. Os poços foram perfurados em 2022 e descritos pela INB para maior detalhamento.....	558
Figura 11.1-259:	Curvas de variação do nível d'água nos <i>slugs tests</i> . ....	560
Figura 11.1-260:	Curvas de variação nos ensaios de perda d'água em poços. ....	567
Figura 11.1-601:	Variação do N.A. de abril a agosto de 2011. ....	570
Figura 11.1-262:	Variação do índice pluviométrico entre abril e julho de 2011.....	571
Figura 11.1-263:	Precipitação total anual da série histórica de 29 anos (1994-2023). ....	573



Figura 11.1-264: Mapa potenciométrico.....	577
Figura 11.1-265: Mapa topográfico.....	577
Figura 11.1-266: (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 $Al_2O_3$ . 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. ....	578
Figura 11.1-267: Em rosa estão delimitados, aproximadamente, os divisores de água no entorno da ADA. Marcado com uma estrela branca, está o encontro da bacia hidrográfica do Mulungu com o Rio Groíaras, principal ponto de descarga do aquífero.....	589
Figura 11.1-268: Fluxograma do funcionamento do sistema GOD. ....	591
Figura 11.1-269: Perfis de Sondagem dos Poços de Monitoramento.....	611
Figura 11.1-270: Modelo Hidrogeológico Conceitual.....	615
Figura 11.1-271: Modelamento leapfrog de direção de fluxo de partículas nos pontos de interesse da ADA.....	617
Figura 11.1-272: Infográfico da interação dos estudos.....	619

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-1: Unidades Hidrogeológicas. ....	540
Quadro 11.1-2: Relação dos poços de captação de água subterrânea localizados dentro dos limites da AII. ....	544
Quadro 11.1-3: Características dos poços de monitoramento instalados em 2011. ....	552
Quadro 11.1-4: Características dos poços de monitoramento instalados em 2022. ....	553
Quadro 11.1-5: Manto de alteração, fraturas e entradas de água. ....	555
Quadro 11.1-6: Condutividade Hidráulica e Transmissividade - <i>Slug Test</i> em Poços. ....	560
Quadro 11.1-7: Parâmetros hidrodinâmicos dos poços de monitoramento. ....	561
Quadro 11.1-8: Tempo e intervalo de medição em minutos do teste de bombeamento. ....	562
Quadro 11.1-9: Tempo e intervalo de medição em minutos do <i>Slug Test</i> . ....	562
Quadro 11.1-10: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - Dupla Porosidade.....	563
Quadro 11.1-11: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - Simplificação de Cooper/Jacob. ....	563
Quadro 11.1-12: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - <i>Slug Test</i> .....	564
Quadro 11.1-13: Resultados das Transmissividades e Condutividade por unidades. ....	565
Quadro 11.1-14: Condutividade hidráulica a partir do ensaio de perda d'água em poços. ....	567
Quadro 11.1-15: Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo, nos poços de monitoramento instalados em 2011. ....	568
Quadro 11.1-16: Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo, nos poços de monitoramento levantados em 2022 e 2023. ....	572
Quadro 11.1-17: Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos de 2011/2020 e 2021.....	574
Quadro 11.1-18: Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos de 2022 e 2023. ....	575
Quadro 11.1-19: Critérios técnicos para definição das zonas favoráveis a recarga. ....	584
Quadro 11.1-20: Sistema de valorização dos parâmetros físicos do empreendimento (adaptação do sistema GOD). ....	592
Quadro 11.1-21: Características do meio poroso na AID/ADA. ....	599
Quadro 11.1-22: Características do meio fraturado na AID/ADA. ....	602



Quadro 11.1-23: Características principais do meio cárstico na AID/ADA. ....	604
Quadro 11.1-24: Poços do mais próximos do entorno da área da cava. ....	606
Quadro 11.1-25: Resumo das principais informações do Modelo Hidrogeológico. ....	610

## LISTA DE MAPAS

Mapa 11.1-25: Unidades Aquíferas da Ail. ....	541
Mapa 11.1-26: Unidades Aquíferas na AID e ADA. ....	550
Mapa 11.1-27: Mapa Potenciométrico e de Direções de Fluxo da Água Subterrânea na AID. ....	582
Mapa 11.1-28: Mapas Potenciométricos com os dados das quatro campanhas de 2022 a 2023. ....	583
Mapa 11.1-29: Zona de recarga da AID. A) Mapa de solos e localização dos ensaios de permeabilidade e sondagens para ensaios realizados na AID. B) Mapa Geomorfológico do empreendimento sotoposto as áreas de ocorrência de cavernas, cavidades mapeadas e solos mais profundos que 5 metros. C) Mapa de densidade das principais estruturas geológicas da AID extraídos através da geofísica e MDT na escala de 1:60.000. A densidade é calculada através da interpolação dos dados do tamanho dos segmentos de retas dos lineamentos, assim as zonas mais escuras, apresentam maior potencial de recarga. D) Mapa de declividade segundo EMBRAPA. E) Integração dos mapas A, B, C e D. Foram desconsideradas as declividades superiores a 20% devido à baixa ou nula influência na infiltração das águas pluviométricas, servindo principalmente como zona de escoamento. Às áreas das vertentes dos córregos (buffer de 20 metros), foram reunidas aos sedimentos quaternários mapeados, como áreas preferenciais para recarga devida a baixa declividade, solos arenosos e forte controle estrutural. Por fim a região conta com diversas rochas metacarbonáticas (área propícia a existência de cavidades), foi utilizado o mapeamento do ICMBio para área propícia para cavidades como fator de mapeamento das possíveis áreas cársticas.....	587
Mapa 11.1-30: Zona de recarga da ADA. Foi utilizado a base de dados construída para os mapas da AID, porém com o maior detalhamento do entorno da ADA, o dado do ICMBio foi substituído por um Buffer das cavidades mapeadas pela equipe da Carste, além da utilização dos dados de sondagem rotativas e SPT para investigação das áreas com solos mais profundos que 5 metros (áreas em marrom). Essas áreas podem apresentar menor grau de recarga devido a barreira criada dos sedimentos até o aquífero fraturado. ....	588
Mapa 11.1-31: Mapa de Vulnerabilidade do Aquífero na AID.....	593
Mapa 11.1-32: Mapa de Vulnerabilidade do Aquífero na ADA. ....	594
Mapa 11.1-33: Direção do fluxo das águas superficiais e do sentido das vertentes das encostas, sotopostos ao mapa dos domínios morfoestruturais da área da ADA. ....	598
Mapa 11.1-34: Cavidades mapeadas pela Carste. Das 124 cavidades, 89% estão sobre substrato de rochas carbonáticas e 11% sobre rochas paragneissicas. ....	603

### 11.1.11. Hidrogeologia

#### 11.1.11.1. Considerações Metodológicas

As informações apresentadas são compostas de dados primários obtidos em trabalhos de campo e por dados secundários existentes na literatura técnico-científica, estudos ambientais pretéritos, em bancos de dados governamentais e sistemas de informações. A caracterização do ambiente hidrogeológico do PSQ foi realizada sobre uma base geral de informação geográfica constituída por um mosaico ortorretificado, com a integração de dados geológico e estruturais, geomorfológicos e topográficos, geotécnicos, pedológicos, hidrográficos e dados de clima para geração de cartas temáticas

A caracterização da All 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) e a companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), em 15/11/2023.

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. Em 2022, para a ampliação da rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea foi realizada uma nova campanha pela GeoHidro, onde foram utilizados 21 poços para os estudos, nos quais dois já pertenciam ao levantamento de 2011 e 19 poços novos construídos.

Os primeiros 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.

Em 2022, com a nova rede de monitoramento instalada, foram realizados um total de 765 metros de sondagem com descrição das litologias pela INB, além dos testes de bombeamento com ensaios de recuperação usando dupla porosidade através da metodologia de Warren & Root e Moench com Simplificação de Coopee&Jacob, *slug test* com a obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos com os métodos de Hvorslev e Bouwer & Rice. Foi utilizado nos levantamentos de 2022 o programa *AquiferTest Pro* (v9.0) ©. Os métodos estão descritos no Relatório da Construção de Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas na Área do Projeto Santa Quitéria entregue pela GeoHidro 2022 (Anexo IV).

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 0,5 mm. 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.

Durante os anos de 2022 e 2023, foi realizado quatro campanhas para a medição dos níveis estáticos da nova rede de monitoramento, a primeira entre os meses de setembro e outubro de 2022, a segunda entre dezembro de 2022 a janeiro de 2023, a terceira campanha durante os meses de março e abril de 2023 e a quarta no mês de julho de 2023. 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 para as áreas de recarga, adotou critérios técnicos, as diferenças geomorfológicas, geologia estrutural, geotecnia, pedologia, clima 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 à 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 áreas Mineiro Industrial e da Unidade de Urânio, integrou dados primários das sondagens de reconhecimento e dos poços de monitoramento rasos (< 25,0 metros instalados em 2011 e 2022), levantamentos geofísicos (2016 e 2021), e etapas de mapeamento de campo ao longo de 2011, 2020, 2021 e 2023.

Para a área da Jazida o MHC-ADA, utilizaram-se os dados secundários das seções geológicas de detalhe fornecidas pelo INB (1979), 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 100 m).

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).

Os poços instalados em 2022 chegaram a uma média de 40,5 metros de perfuração (relativamente mais profundos que os anteriores), sendo possível a medição no nível estático em todos os pontos. Porém, devido às condições climáticas severas nos anos de 2020 a 2021, apenas 3 dos 10 poços de monitoramento instalados em 2011, 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. Os poços de 2011 e 2022, estão concentrados na área da fazenda Itataia e principalmente no entorno do complexo Mínero-industrial. Por estes motivos, para elaboração do mapa potenciométrico da AID, não foi possível utilizar apenas os dados dos poços para sua confecção. Assim, 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, hidrografia e clima. 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 Geomorfologia (11.1.4), Pedologia (11.1.5), Geotecnia (11.1.6), Geologia (11.1.7) e Espeleologia (11.1.13).

### 11.1.11.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All)

#### 11.1.11.2.1. Unidades Aquíferas

Na área de estudo a ocorrência da água subterrânea está condicionada aos meios, fissural e cárstico, uma vez que, durante as campanhas de campo realizadas em novembro/2020 e junho/2021, setembro e outubro/2022, março a abril/2023 e julho de 2023 para composição do PMRA-PO, 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 que não promove o armazenamento de água.

No **meio poroso**, a migração 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 a migração da água pelo meio poroso.

O **aquífero fraturado** é anisotrópico, com a condutividade hidráulica diretamente relacionada às estruturas representantes da porosidade secundária, tais como falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente em toda a unidade, com parâmetros como altitude, 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 pelas rochas metacarbonática e suas discontinuidades geradas por dissolução em fraturas, falhas e contatos. Os principais fatores condicionantes ao armazenamento e da transmissividade da água subterrânea estão relacionados, principalmente, às configurações geométricas das cavidades, e à 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 All, 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 All ocorrem quatro unidades hidrogeológicas (Quadro 11.1-1), representadas por quatro tipos rochosos, as quais são correlacionadas principalmente ao Domínio 4 de

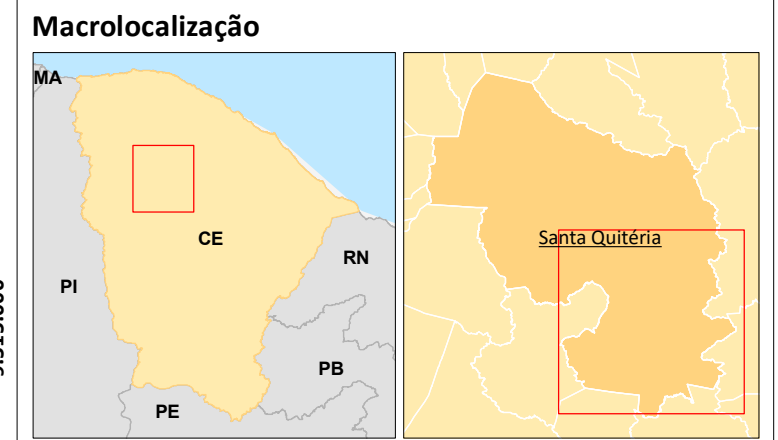
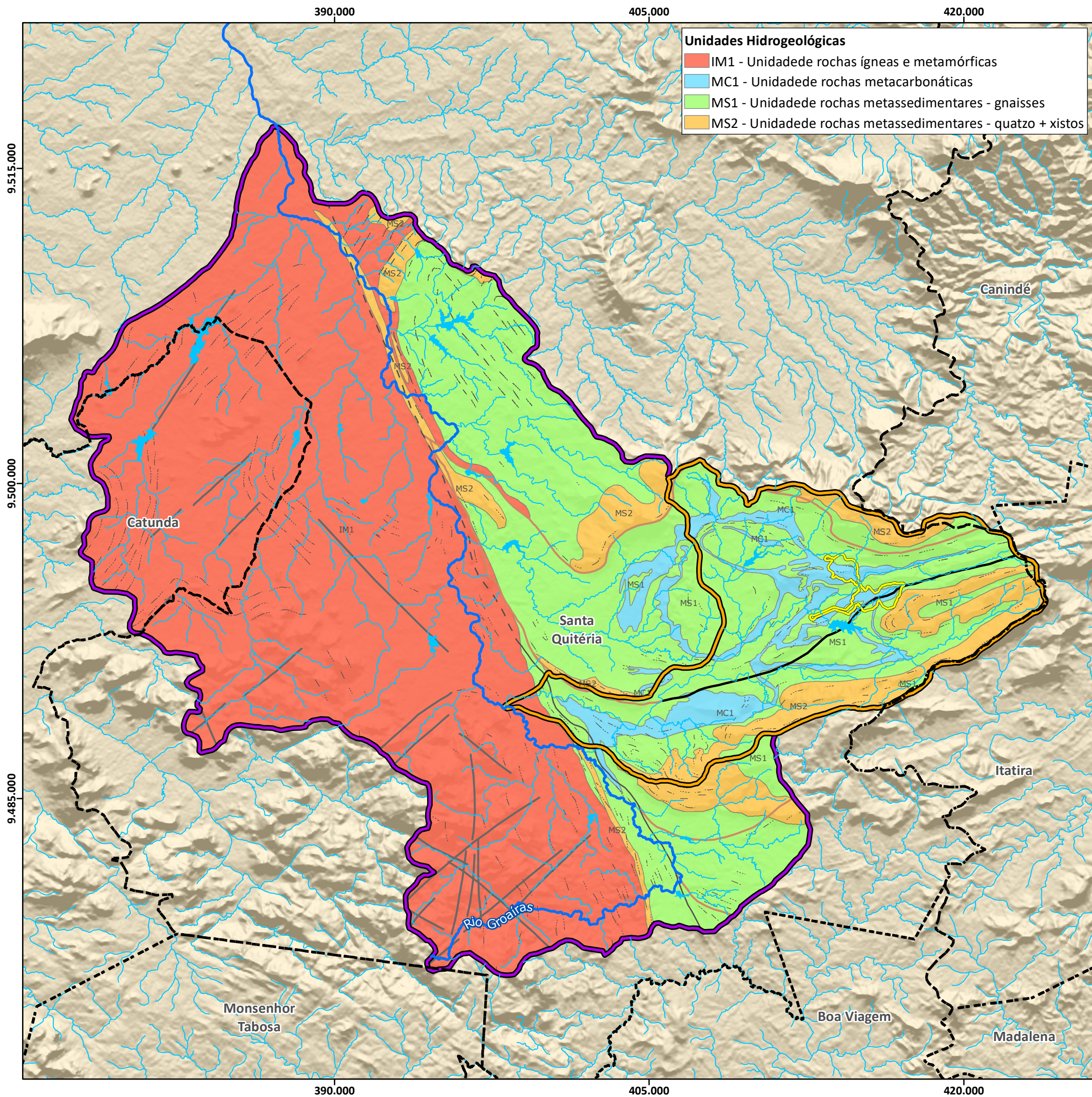
Metassedimentos/Metavulcânicas e ao Domínio Cristalino (Domínio 6) do Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2001), ilustrado no Mapa 11.1-25.

**Quadro 11.1-1: 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, 2023. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.*





### Legenda

#### Referência Locacional

- - - Limite Municipal

#### Áreas de Influência

- Área Diretamente Afetada (ADA)
- Área de Influência Direta (AID)
- Área de Influência Indireta (AII)

#### Hidrografia

- Rio Groaíras
- Cursos d'água
- Massas d'água

#### Estruturas

- Falha e/ou Fratura
- Falha e/ou zona de cisalhamento
- - Falha sinistral
- Lineamento estrutural
- Zona de Cisalhamento Contracional
- Falha geofísica

**Fonte:**  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
BTB Explorers, 2021. Estruturas.  
CPRM, 2014. Mapa Hidrogeológico.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.

0 2 4 km

Norte do Mapa

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

Projeto: **Projeto Santa Quitéria**

Título: **Unidades Aquíferas na Área de Influência Indireta (AII)**

Formato	A3	Escala	1:185.000	Folha	Única
Data	30/10/2023	Localização	Santa Quitéria / CE		
Elaborado	Jéssica Costa	Aprovado	Cristina Poggiali Almeida		



Conforme apresentado no Mapa 11.1-25, a Falha Groaíras, que atravessa a All 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 All, 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 All 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 discontinuidades 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 à 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.

#### *11.1.11.2.2. Dados de Poços Cadastrados na Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Cogerh) e SIAGAS (CPRM)*

A consulta realizada na Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e no Sistema de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM em novembro de 2023, indicou que na área dos municípios de Santa Quitéria e Catunda, existem 58 poços pela COGERH e 558 poços pelo

SIAGAS. Considerando a área da AI, os poços ficaram restritos a 6 poços pela COGERH, todos no município de Santa Quitéria e 34 poços pelo SIAGAS, sendo 29 em Santa Quitéria e 5 em Catunda. Dentre todos os poços, apenas 2 coincidem as coordenadas, podendo ser interpretado que se trata do mesmo poço (Quadro 11.1-2).

**Quadro 11.1-2: Relação dos poços de captação de água subterrânea locados dentro dos limites da AI.**

Dados do COGERH										
Requerente/Localização	Município	Situação da outorga	Tipo de Uso	n° Processo do	Profundidade	Nível Dinâmico	Nível Estático	SIRGAS 2000 (X)	SIRGAS 2000 (Y)	Volume outorgado (m³)
Daniel Guerra Alves	Santa Quitéria	Concedida	Dessedentação Animal	05959545/2023	n.i	n.i	n.i	391547	9489377	1095
Daniel Guerra Alves	Santa Quitéria	Concedida	Dessedentação Animal	05959596/2023	n.i	n.i	n.i	391756	9489485	1095
Daniel Guerra Alves	Santa Quitéria	Concedida	Dessedentação Animal	05959502/2023	n.i	n.i	n.i	391501	9489149	1095
Daniel Guerra Alves	Santa Quitéria	Concedida	Dessedentação Animal	05959588/2023	n.i	n.i	n.i	391545	9489429	1095
Associação Comunitária Nossa Senhora Aparecida	Santa Quitéria	Expirada	Abastecimento Humano	7584590/2014	n.i	n.i	n.i	409347	9493661	4623
Associação Comunitária Dos Pequenos Produtores Rurais Do Assentamento A. Tatajuba	Santa Quitéria	Expirada	Abastecimento Humano	7587158/2014	n.i	n.i	n.i	406329	9480940	13359
Dados do SIAGAS										
Requerente/Localização	Município	Situação do poço	Tipo de Uso	n° Processo do	Profundidade	Nível Dinâmico	Nível Estático	SIRGAS 2000 (X)	SIRGAS 2000 (Y)	Vazão Estabilizada (m³/h)
Morrinhos	Santa Quitéria	n.i	Abastecimento urbano	n.i	60,00	45,30	13,00	384881	9493953	1,30
Fazenda Belém	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	n.i	n.i	n.i	385903	9494607	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	n.i	n.i	n.i	385639	9494229	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Abandonado	n.i	n.i	72,00	n.i	n.i	394770	9493300	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	42,00	n.i	n.i	392470	9495725	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	n.i	n.i	n.i	401148	9489671	n.i
Fazenda Zipu - Dist, Rdo, Martins	Santa Quitéria	Equipado	Abastecimento múltiplo	n.i	19,00	n.i	n.i	404115	9495559	n.i
Raimundo Martins - Dist,	Santa Quitéria	Abandonado	n.i	n.i	65,00	n.i	n.i	394897	9493320	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Equipado	Abastecimento múltiplo	n.i	60,00	n.i	n.i	405770	9480457	n.i
Alegre / Tatajuba	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	60,00	49,40	11,15	406834	9481805	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Abandonado	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	402984	9479542	n.i
Raimundo Martins	Santa Quitéria	Abandonado	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	403013	9479431	n.i
Fazenda Ubatimba	Santa Quitéria	Abandonado	Abastecimento múltiplo	n.i	n.i	n.i	n.i	388733	9498402	n.i
Fazenda Belmar	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	n.i	n.i	n.i	387538	9497370	n.i
Fazenda Morrinhos Assentamento	Santa Quitéria	Fechado	Abastecimento múltiplo	n.i	59,70	46,00	5,00	408470	9495071	0,85

Assentamento Queimadas	Santa Quitéria	Equipado	Abastecimento múltiplo	n.i	60,00	n.i	n.i	410322	9494477	n.i
Entre Morros	Santa Quitéria	Não instalado	Abastecimento urbano	n.i	72,00	54,00	28,00	402024	9485807	4,00
Oitica	Santa Quitéria	Seco	Abastecimento urbano	n.i	60,00	n.i	n.i	396545	9481838	n.i
Cipó	Santa Quitéria	n.i	Abastecimento múltiplo	n.i	36,00	16,50	4,80	402164	9487050	9,20
Assentamento Alegre Tatajuba	Santa Quitéria	Bombeando	Abastecimento múltiplo	n.i	92,00	46,20	4,40	406361	9480941	7,83
Assentamento Queimados	Santa Quitéria	Bombeando	Abastecimento múltiplo	n.i	80,00	47,31	5,10	409307	9493519	1,13
Boa Vista dos Mirandas	Santa Quitéria	Seco	Sem uso	n.i	92,00	0,00	n.i	384895	9507413	n.i
Irapuá	Santa Quitéria	Não instalado	n.i	n.i	92,00	71,80	5,50	399261	9495293	0,80
Herval 2ª Op	Santa Quitéria	Seco	n.i	n.i	88,00	n.i	n.i	382585	9494006	n.i
Alegre Tatajuba	Santa Quitéria	Bombeando	Abastecimento múltiplo	n.i	92,00	46,20	4,40	406329	9480940	7,83
n.i	Santa Quitéria	Bombeando	n.i	n.i	80,00	47,31	5,10	409347	9493561	1,13
n.i	Santa Quitéria	Seco	n.i	n.i	108,00	n.i	0,00	396179	9489316	0,00
Faz, Xique-xique	Santa Quitéria	Bombeando	Abastecimento doméstico	n.i	70,00	38,20	6,70	398641	9488489	1,65
Faz, Boa vista	Santa Quitéria	Bombeando	Abastecimento doméstico	n.i	70,00	41,00	10,95	383933	9508080	2,09
HERVAL	Catunda	Equipado	Abastecimento múltiplo	n.i	0,00	0,00	n.i	382510	9494902	n.i
Herval	Catunda	Não instalado	Abastecimento múltiplo	n.i	72,00	54,40	5,00	382148	9494510	1,40
Fazenda Realeza	Catunda	Parado	Abastecimento múltiplo	n.i	80,00	65,00	30,00	381485	9497223	2,50
Herval 1ª Op	Catunda	Seco	n.i	n.i	88,00	n.i	n.i	382553	9494973	n.i
Herval	Catunda	Seco	n.i	n.i	88,00	n.i	n.i	382709	9495041	n.i
Mesmo Poço				n.i	Dados Não Informado					

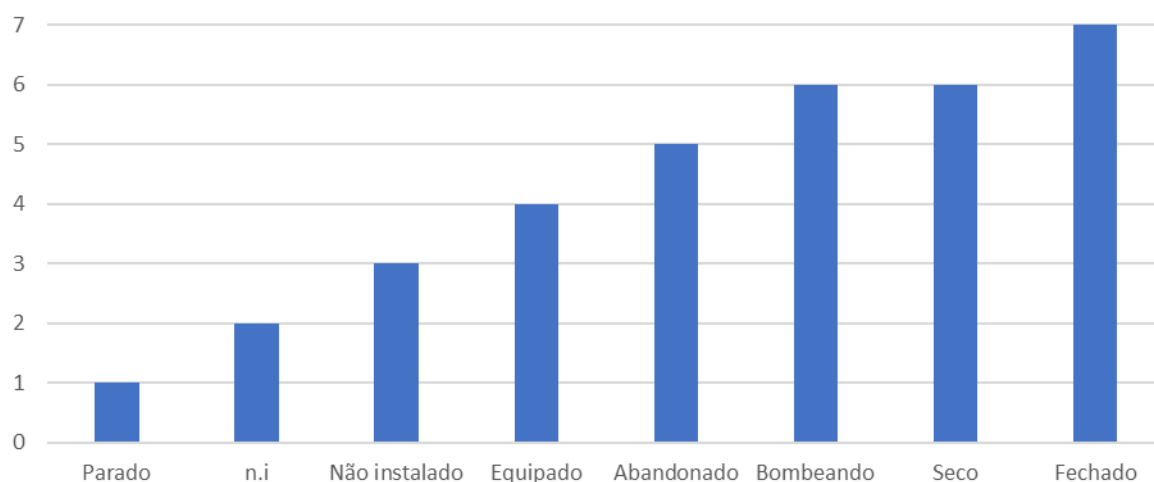
Fonte: SIAGAS-CPRM e COGERH (acessado em 15/11/2023).



Dos 6 poços da COGERH, 4 estão com a situação da outorga concedida, para uso dessedentação animal e 2 poços estão com a outorga expirada e com o uso destinada para abastecimento humano.

Em relação aos poços obtidos através do SIAGAS, a situação está resumida na Figura 11.1-256. Os dados dentro do sistema SIAGAS possui maior detalhamento em relação à construção e estado dos poços, auxiliando na compreensão do aquífero em seu entorno. De forma geral os poços têm média de profundidade de 70 metros de profundidade, sendo o mais raso com 19 metros (cerca de 3,2 km a oeste da AID) e o mais profundo com 108 m (cerca de 1,9 km ao sul da AID, próximo a voz do rio Mulungu).

As médias de nível dinâmico (n.d) e nível estático (n.e) são de 47,76 m e 9,94 m respectivamente, sendo o n.d de maior e menor profundidade com 71,80 m (região central da All, ao lado do riacho Arapuã) e 16,50 m (ao sul da AID, dentro do vale do rio Groaíras), respectivamente. O n.e de maior e menor profundidade, possui 4,4 m (são dois poços no extremo sul da All, próximo ao rio Groaíras) e 30 m (poço mais a oeste da All, entre o riacho do Feijão e o riacho das Pintas), respectivamente.



**Figura 11.1-256: Situação dos poços cadastrados no SIAGAS até o dia 15/11/2023. No eixo Y, há a contagem de poços e em X o estado atual dos poços.**

*Fonte: SIAGAS (2023), n.i = dado não informado.*

Dos 34 poços informados dentro da All, apenas 14 apresentam vazões. O poço com maior vazão (9,2 m<sup>3</sup>/h) é o mesmo anteriormente citado com o nível dinâmico mais superficial, esse poço está localizado a 200 metros do rio Groaíras, que está situado sobre a falha geológica deste rio e que divide as unidades hidrogeológicas IM1 (unidades constituídas por rochas ígneas e metamórficas) das unidades MC1, MS1 e MS2 (unidades constituídas por rochas metacarbonáticas e metassedimentares). Os outros poços com maiores vazões (7,83

e 4 m<sup>3</sup>/h) também estão localizados sobre ou muito próximos a essa descontinuidade geológica.

De forma geral quase todos os poços estão sobre ou localizados a distâncias próximas dos rios e riachos da região (Figura 11.1-257). Ao observar os padrões de drenagem da região, muitas apresentam padrões comuns a cursos d'água encaixados sobre descontinuidades geológicas, sejam elas contatos litológicos ou falhas e fraturas. Esse é um importante indicativo para o padrão de recarga dos aquíferos, onde o fator estrutural (devido à baixa porosidade das rochas) é predominante. Assim, muitas das vezes as drenagens são indicativos da presença de descontinuidades e, por sua vez, com potencial de recarga e abastecimento de água.

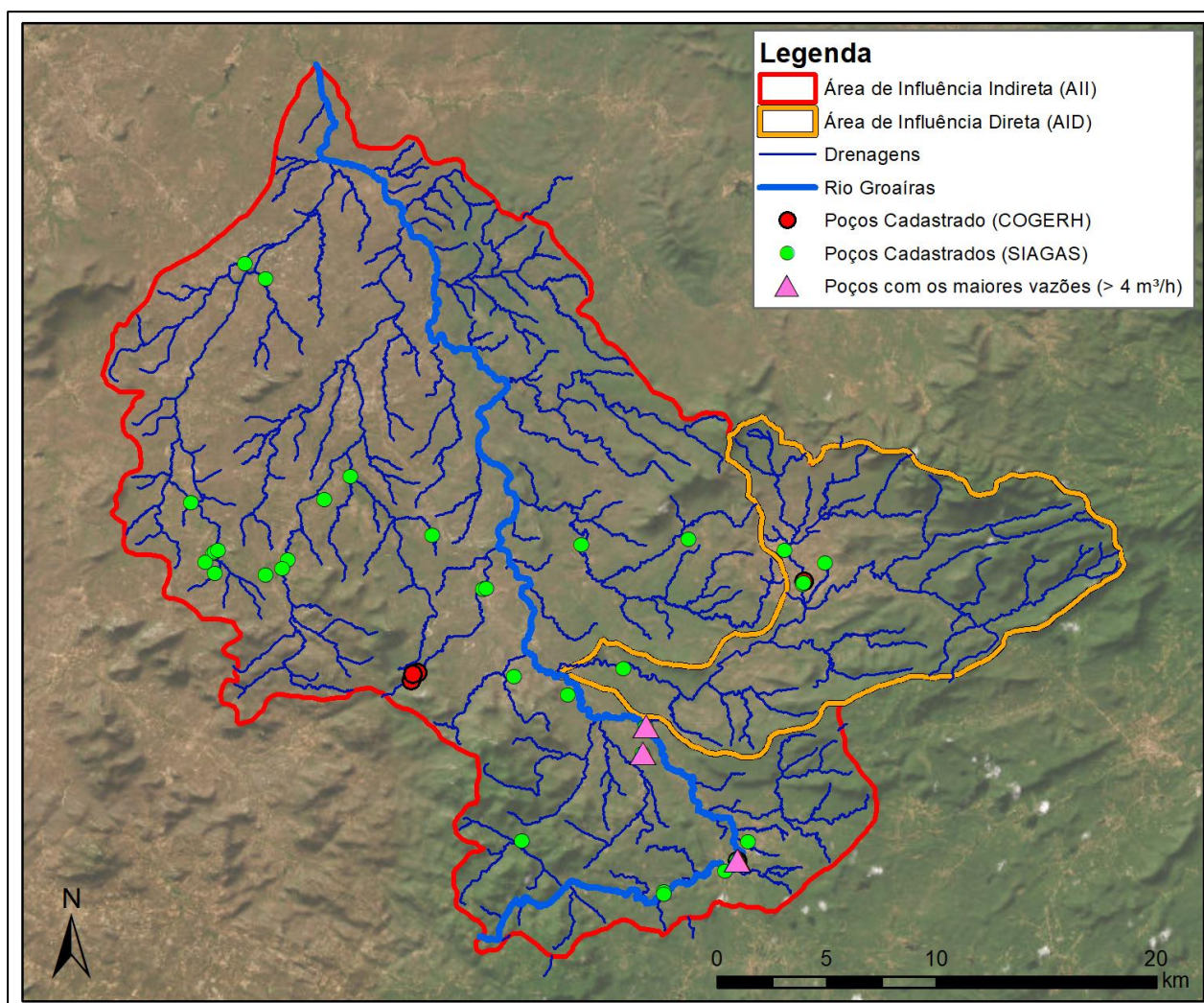


Figura 11.1-257: Localização dos poços cadastrados no SIAGAS e COGERH (15/11/2023).

Fonte: SIAGAS-CPRM e COGERH (acessado em 15/11/2023).

#### 11.1.11.2.3. Unidades Aquíferas

As unidades aquíferas presentes na AID são as mesmas unidades IM1, MC1, MS1 e MS2 (Mapa 11.1-26), encontradas na AII. A unidade IM1, está representada apenas por uma porção de 2,588 km<sup>2</sup> no canto oeste da AID, e representa apenas 1,44% 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 altitude, frequência, amplitude, abertura, rugosidade, material de preenchimento, diretamente relacionados à 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 discontinuidades geradas por dissolução em fraturas, falhas e contatos. Os principais fatores condicionantes ao armazenamento e da transmissividade da água subterrânea estão relacionados principalmente às 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 à 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 dos mármore da unidade MC1, apresentam permeabilidade superior à dos mármore 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.

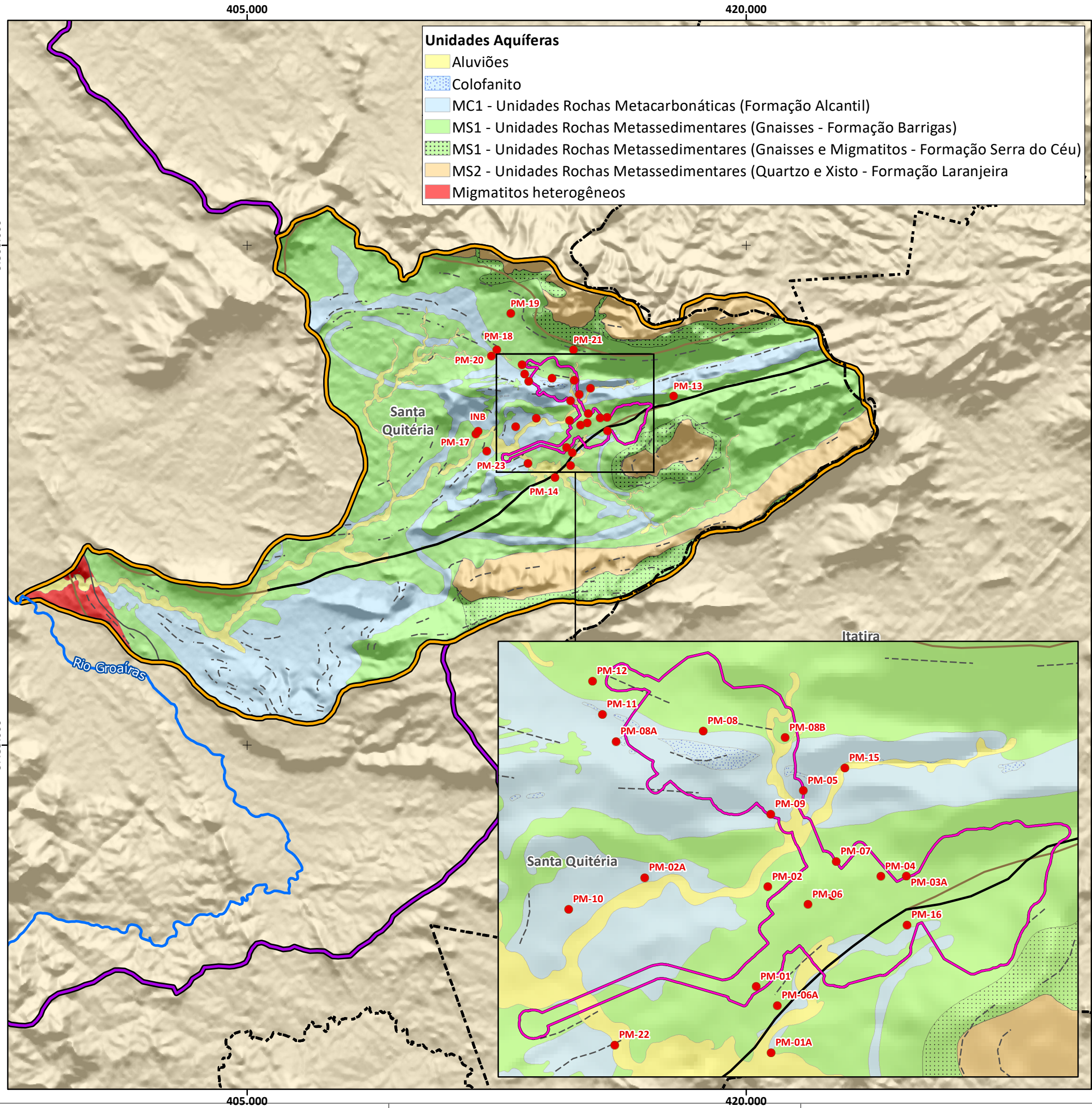
#### *11.1.11.2.4. Poços de Monitoramento*

Para a obtenção de dados primários sobre os aquíferos existentes no local, foram instalados 29 poços de monitoramento, sendo 10 em fevereiro de 2011, pela empresa CAGEO e acompanhadas pela equipe contratada da ARCADIS LOGOS (2014) e 19 em 2022 pela empresa GeoHidro, distribuídos de forma a interceptar as águas subterrâneas provindas das duas principais unidades aquíferas presentes na ADA.

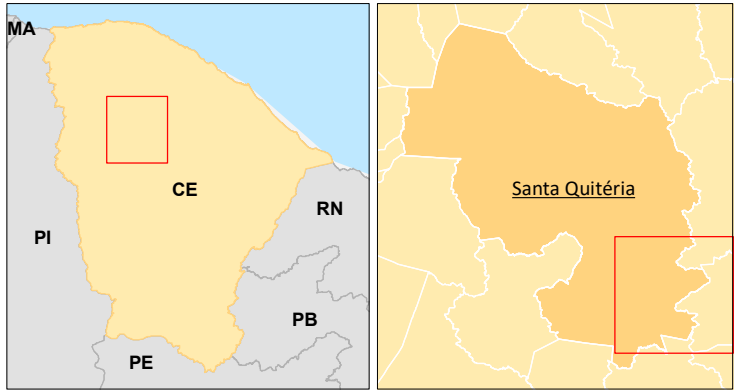
Os poços de monitoramento atendem aos requisitos das normas técnicas ABNT NBR 15495-1 e NBR 15495-2 - Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares. e ABNT NBR 12212 - Projeto de Poços para Captação de Água Subterrânea, que apresenta critérios para instalação de poços tubulares profundos com objetivo específico de abastecimento.

Os poços PMs-07, 09 e 10 de 2011 foram instalados na unidade aquífera MC1 (Formação Alcantil), e os PMs 01, 02, 03, 04, 05, 06 e 08 na Unidade MS1 (Formação Barrigas). Cabe destacar que os poços PMs-01, 04, 06 e 08 não atingiram o aquífero. Já os poços PMs-02,04,05,06,08,09,10,11 e 18, de 2022, foram instalados na unidade aquífera MC1 (Formação Alcantil), enquanto os PMs-01, 03, 06, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21 e 22 na Unidade MS1 (Formação Barrigas). Dos 22 testes realizados em 2022/23, dois poços foram instalados em 2011 pela CAGEO (PMs-07 e 12 de 2022 correspondem aos PMs- 07 e 05 respectivamente). A localização dos poços de monitoramento é apresentada no Mapa 11.1-26. Os perfis construtivos são apresentados no Capítulo V - Anexos.





### Macrolocalização



### Legenda

#### Referência Locacional

--- Limite Municipal

#### Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Área de Influência Indireta (AII)

#### Hidrografia

Rio Groaíras

#### Estruturas

Falha e/ou zona de cisalhamento

Lineamento estrutural

Zona de Cisalhamento Contraccional

Falha geofísica

#### Monitoramento

Poços de Monitoramento

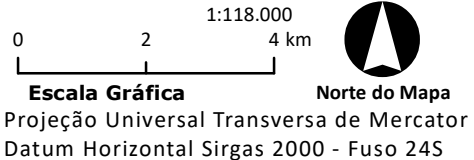
#### Fonte:

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.

BTB Explorers, 2021. Estruturas.

CPRM, 2014. Mapa Hidrogeológico.

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto:

**Projeto Santa Quitéria**

Título:

**Unidades Aquíferas das Áreas de Influência (AID/ADA)**

Formato

A3

Escala

1:118.000

Folha

Única

Data

24/11/2023

Localização

Santa Quitéria / CE

Elaborado

Jéssica Costa

Aprovado

Cristina Poggiali Almeida

As principais características observadas durante as perfurações são apresentadas no Quadro 11.1-3 e Quadro 11.1-4. No Quadro 11.1-5 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 do Capítulo V - Anexos.

**Quadro 11.1-3: Características dos poços de monitoramento instalados em 2011.**

Poço	Coordenadas UTM *		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	Gnaiss Barrigas MS1
PM02	414700	9494739	444,00	20,88	423,12	seco	seco	6,0	Argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
PM03	415227	9494667	454,00	20,71	433,29	19,5	434,50	8,0	Argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
PM04	415654	9494864	460,00	20,82	439,18	seco	seco	18,0	Argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
PM05	415257	9494945	449,00	20,60	428,40	16,29	432,71	9,0	Argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
PM06	415029	9494595	457,00	24,91	432,09	22,88	434,12	14,0	Areno Argiloso	Gnaiss Barrigas MS1
PM07	414991	9495523	449,00	15,57	433,43	8,41	440,59	11,0	Ausente	Metacarbonática



Poço	Coordenadas UTM *		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	Gnaiss 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

N.a = nível d'água

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

**Quadro 11.1-4: Características dos poços de monitoramento instalados em 2022.**

Poço	Coordenadas UTM *		Cota da Boca (m)	Prof. (m)	N.E. (m)	Carga Hidráulica	Selo Cimento	Solo	Rocha
1	413.496	9.496.109	465,71	49,00	25,38	440,33	9,20	Solo orgânico no topo e solo areno argiloso	Gnaiss Barrigas MS1
2	413.539	9.496.232	459,81	31,50	21,32	438,49	9,00	Areno argiloso	Metacarbonática Alcantil MC1
3	413.289	9.496.394	453,79	29,50	15,94	437,85	3,30	Areno argiloso	Gnaiss Barrigas MS1



Poço	Coordenadas UTM *		Cota da Boca (m)	Prof. (m)	N.E. (m)	Carga Hidráulica	Selo Cimento	Solo	Rocha
4	412.472	9.496.785	439,84	56,00	11,33	428,51	8,15	Argilo arenoso com matéria orgânica	Metacarbonática Alcantil MC1
5	412.468	9.496.653	440,88	60,00	12,18	428,70	9,00	Solo orgânico	Metacarbonática Alcantil MC1
6	414.827	9.496.014	467,50	65,50	23,16	444,34	4,00	Solo de alteração de gnaiss	Gnaiss Barrigas MS1
8	414.730	9.495.337	444,98	65,00	6,96	438,02	6,00	Areno argiloso com fragmentos de mármore	Metacarbonática Alcantil MC1
9	415.164	9.495.490	447,82	45,00	4,01	443,81	4,00	Areno argiloso com fragmentos de mármore	Metacarbonática Alcantil MC1
10	413.748	9.494.834	430,48	42,00	29,24	401,24	5,00	Solo orgânico no topo e solo de alteração de mármore	Metacarbonática Alcantil MC1
11	413.080	9.494.561	429,34	40,00	36,26	393,08	2,00	Solo orgânico	Metacarbonática Alcantil MC1
13	415.966	9.494.728	454,72	23,50	17,72	437,00	3,00	Argilo/Silte arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
14	415.979	9.494.423	456,97	31,50	22,64	434,33	3,00	Solo orgânico	Gnaiss Barrigas MS1
15	415.126	9.494.026	438,18	29,50	18,36	419,82	3,00	Solo orgânico	Gnaiss Barrigas MS1
17	414.275	9.493.008	424,28	26,50	9,22	415,06	12,80	Argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
18	413.445	9.493.329	418,66	25,00	13,87	404,79	4,00	Argilo arenoso com matéria orgânica	Metacarbonática Alcantil MC1
19	411.864	9.494.272	397,89	25,50	7,08	390,81	7,00	argilo arenoso	Gnaiss Barrigas MS1
20	412.316	9.493.864	410,96	33,00	19,56	391,40	4,40	argiloso	Gnaiss Barrigas MS1
21	413.916	9.493.536	430,29	29,50	17,63	412,66	9,00	Solo de alteração de gnaiss	Gnaiss Barrigas MS1
22	410.111	9.493.159	401,49	41,00	26,79	374,70	8,50	Solo de alteração de gnaiss	Gnaiss Barrigas MS1

N.e = nível estático.

Elaboração: BTB Explorers, 202. Adaptado de: GeoHidro, 2022.

**Quadro 11.1-5: Manto de alteração, fraturas e entradas de água.**

Poço	Manto (m)	Solo	Perfuração na rocha (m)	Fraturamento	Entradas de Água	Unidades
Perfurações realizadas em 2011						
PM01	4	Argilo arenoso	16,89	muito fraturado no topo tende a maciço na base	não interceptadas poço seco	MS1
PM02	6	Argilo arenoso	14,88	pouco fraturada	não interceptadas poço seco	
PM03	8	Argilo arenoso	12,71	medianamente a muito fraturado	recuperação extremamente lenta	
PM04	18	Argilo arenoso	2,82	medianamente fraturado	não interceptadas poço seco	
PM05	9	Argilo arenoso	11,6	medianamente fraturado	recuperação extremamente lenta	
PM06	14	Areno Argiloso	10,91	medianamente fraturado	C/ água em 2011. Seco 2020 e 2021	
PM08	3	Areno Siltoso	17,67	muito fraturado	não interceptadas poço seco	MC1
PM07	0	Ausente	15,57	interceptou uma fratura com registro de perda de água	Rápida recuperação	
PM09	<1,0	Argiloso areia c/pouca	20,02	pouco fraturado	Rápida recuperação	
PM10	<1,0	Argiloso areia c/pouca	20	pouco fraturado	Rápida recuperação	
Perfurações realizadas em 2022						

Poço	Manto (m)	Solo	Perfuração na rocha (m)	Fraturamento	Entradas de Água	Unidades
PM02	3,5	Areno argiloso	32,00	Pouco fraturado	---	MC1
PM04	1,0	Argilo arenoso com matéria orgânica	57,00	Mediamente fraturado	---	
PM05	0,7	Solo orgânico	60,00	Pouco fraturado	---	
PM08	2,0	Areno argiloso com fragmentos de mármore	60,00	Pouco fraturado	---	
PM09	1,0	Areno argiloso com fragmentos de mármore	45,00	Pouco fraturado	---	
PM10	3,5	Solo orgânico no topo e solo de alteração de mármore	42,00	Maciço no topo com muitas fraturas a partir de 11 metros	---	
PM11	1,0	Solo orgânico	42,00	Sem fraturas	---	
PM18	2,0	Argilo arenoso com matéria orgânica	25,00	Maciço no topo com muitas fraturas a partir dos 21 metros	---	MS1
PM01	9,0	Solo orgânico no topo e solo areno argiloso	55,00	Muito fraturado entre 25 e 28 metros com preenchimento de calcita	---	
PM03	6,5	Areno argiloso	30,00	Maciço no topo com fraturas ao aprofundar	---	
PM06	10,5	Solo de alteração de gnaiss	60,00	Maciço no topo com muitas fraturas a partir dos 23 metros	---	
PM13	2,5	Argilo/Silte arenoso	24,00	Mediamente fraturado	---	
PM14	3,5	Solo orgânico	32,00	Maciço no topo com fraturas a partir de 11 metros	---	
PM15	1,0	Solo orgânico	30,00	Sem descrição	---	
PM17	4,0	Argilo arenoso	27,00	Muito fraturado entre 25 e 28 metros com preenchimento de calcita	---	
PM19	2,0	argilo arenoso	26,00	Mediamente fraturado, maciço no topo e base	---	
PM20	3,5	argiloso	33,00	Mediamente fraturado, maciço no topo com rocha alterada na base	---	

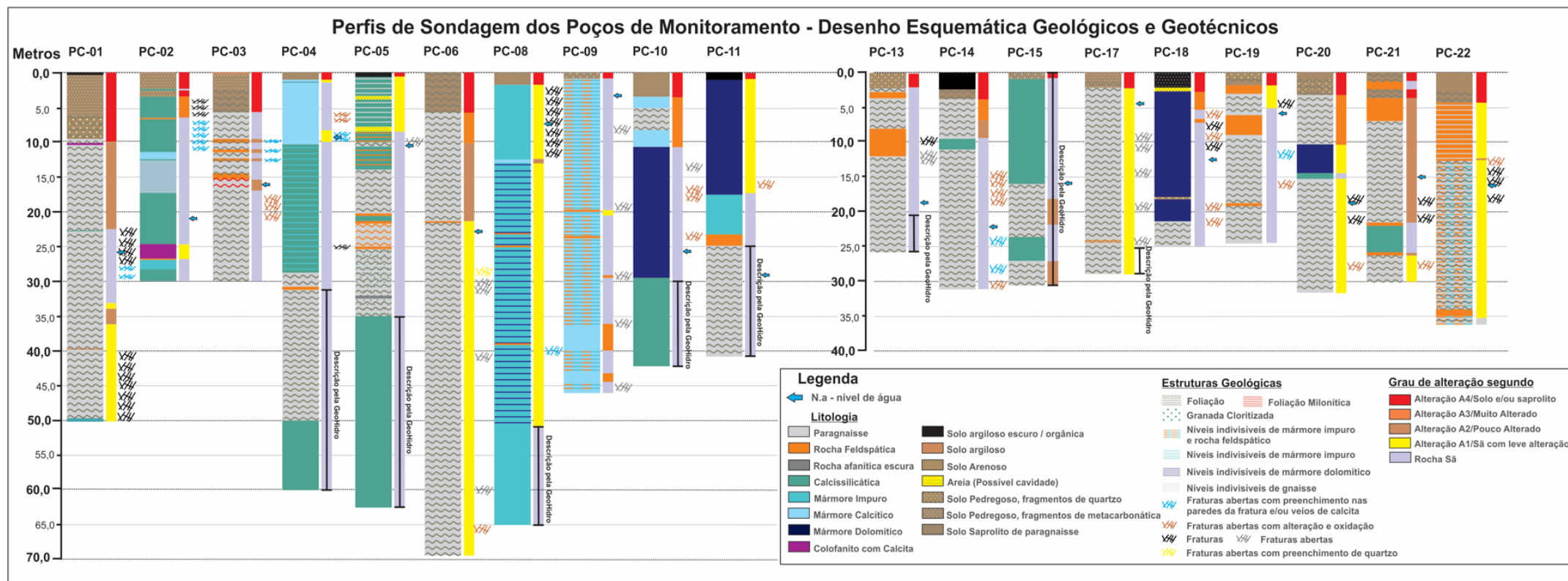
Poço	Manto (m)	Solo	Perfuração na rocha (m)	Fraturamento	Entradas de Água	Unidades
PM21	3,5	Solo de alteração de gnaiss	30,00	Mediamente fraturado	---	
PM22	4,5	Solo de alteração de gnaiss	60,00	Muito fraturado e maciço na base	---	

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Fonte: ARCADIS LOGOS (2014) e GeoHidro (2022).

Com os testemunhos obtidos dos poços construídos da rede de monitoramento de 2022, foi confeccionada a Figura 11.1-258. Nela é possível identificar interdigitação entre as unidades MS1 e MC1, padrões de alteração e nível de fraturamento.



Figura 11.1-258: Perfil ilustrativo das litologias de cada um dos poços e nível de alteração. Os poços foram perfurados em 2022 e descritos pela INB para maior detalhamento.



Fonte: GeoHidro (2022) elaborado por BTB Explorers (2023).

#### 11.1.11.2.5. Ensaios para Obtenção da Condutividade Hidráulica e Transmissividade

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 de 2011 que apresentavam água, e em 2022 foram realizados em 10 dos 21 poços o mesmo ensaio. A localização dos pontos de ensaio, é apresentada no Mapa 11.1-26.

Os quatro ensaios de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014) do tipo *slug test* (FREEZE & CHERRY, 1979) foram realizados 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.

Já para os ensaios de 2022, foram utilizados os modelos de Warren & Root (1963) e Moench (1984). Esses modelos foram os mesmos aplicados nesta pesquisa com o auxílio do programa *AquiferTest Pro* (v9.0)©. Nesse levantamento, foi empregado um tarugo com diâmetro de 2'' por 2 metros de comprimento, com exceção do PT.12 em que foi empregado um tarugo com diâmetro de 3,5'' por 0,80 metros de comprimento. Esses ensaios quando são realizados em aquíferos de baixa condutividade, condição mais usual do aquífero fissural, as medidas de variação do nível da água podem ser aferidas por meio de medidores de nível eletrônicos sonoros. Entretanto, quando se tratar de aquíferos de alta condutividade hidráulica elétrica, essas médias deverão ser executadas através de transdutores de pressão. Os métodos de Hvorslev e Bouwer & Rice foram aplicados para os ensaios de 2022 com o auxílio do programa *AquiferTest Pro* (v9.0)©.

A unidade aquífera MS1, teve a condutividade hidráulica caracterizada através do ensaio no PM-06 de 2011 e os PMs-03,12,13,14,17 e 20 de 2022; e a unidade Metacarbonáticas MC1 através dos ensaios nos PMs 07, 09 e 10 de 2011 e nos PMs-03,04,05,07 e 11 de 2022.

A Figura 11.1-259 apresenta as curvas de variação do nível d'água, e o Quadro 11.1-6 os resultados da condutividade e transmissividade hidráulica dos ensaios dos poços de 2011.

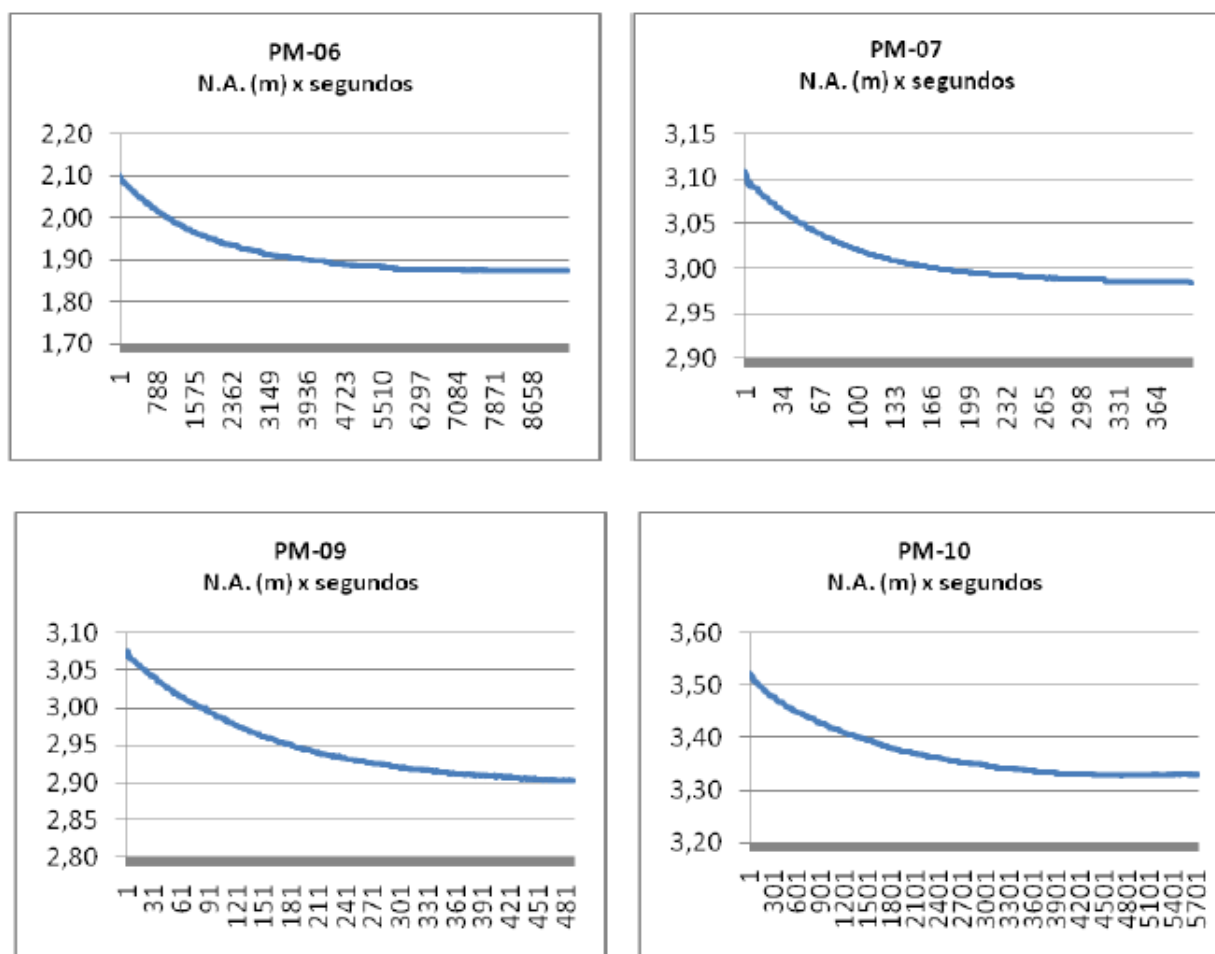


Figura 11.1-259 : Curvas de variação do nível d'água nos *slugs tests*.

Fonte: ARCADIS LOGOS, 2014.

#### Quadro 11.1-6: Condutividade Hidráulica e Transmissividade - *Slug Test* em Poços.

Poço	Unidade	Condutividade (m/s)	Condutividade (cm/s)	Coluna d'água (m)	Transmissividade (m <sup>2</sup> /s)
PM06 (2011)	MS1	9,62 <sup>E-09</sup>	9,62 <sup>E-07</sup>	2,021	1,944 <sup>E-08</sup>
PM07 (2011)	MC1	3,45 <sup>E-08</sup>	3,45 <sup>E-06</sup>	7,159	2,469 <sup>E-07</sup>
PM09 (2011)	MC1	3,60 <sup>E-08</sup>	3,60 <sup>E-06</sup>	12,485	4,494 <sup>E-07</sup>
PM10 (2011)	MC1	3,11 <sup>E-09</sup>	3,11 <sup>E-07</sup>	3,063	9,525 <sup>E-09</sup>

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

Em 2022, a GeoHidro executou nos 21 poços da rede de monitoramento os testes de bombeamento com recuperação e ensaios *slug test* descritos no Quadro 11.1-7. Após a etapa de campo foram aplicados cálculos para a obtenção dos parâmetros de condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T) através do Método de Warren & Root e Moench, Simplificação de Cooper/Jacob, além da utilização dos métodos de Hvorslev e Bouwer/Rice para os dados obtidos pelo *Slug Test*, de tal forma que as estimativas fossem apresentadas como uma medida da máxima aproximação da realidade.

**Quadro 11.1-7: Parâmetros hidrodinâmicos dos poços de monitoramento.**

POÇOS DE MONITORAMENTO					
POÇO	TESTE	PROFUNDIDADE (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)
1	Teste de bombeamento	49,00	25,38	35,74	0,837
2	Teste de bombeamento	31,50	21,32	22,68	2,000
3	<i>Slug test</i>	29,50	15,94		
4	<i>Slug test</i>	56,00	11,33		
5	<i>Slug test</i>	60,00	12,18		
6	Teste de bombeamento	65,50	23,16	32,84	0,240
7	<i>Slug test</i>	14,73	12,19		
8	Teste de bombeamento	65,00	6,96	19,51	2,278
9	Teste de bombeamento	45,00	4,01	9,39	4,285
10	Teste de bombeamento	42,00	29,24	35,29	0,380
11	<i>Slug test</i>	40,00	36,26		
12	<i>Slug test</i>	20,40	19,03		
13	<i>Slug test</i>	23,50	17,72		
14	<i>Slug test</i>	31,50	22,64		
15	Teste de bombeamento	29,50	18,36	20,47	0,390
17	<i>Slug test</i>	26,50	9,22		
18	Teste de bombeamento	25,00	13,87	14,43	1,000
19	Teste de bombeamento	25,50	7,08	19,71	1,010
20	<i>Slug test</i>	33,00	19,56		
21	Teste de bombeamento	29,50	17,63	26,52	0,553
22	Teste de bombeamento	41,00	26,79	29,80	0,800

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: GeoHidro, 2022.

Os testes de bombeamento para a obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos condutividade hidráulica e transmissividade exigem a manutenção constante das taxas de vazão durante toda sua execução, permitindo variação máxima de 10%. Por essa razão, foram realizados pré-testes de bombeamento nos poços calibrando-se o sistema bombeador/registro e assim, estabelecer uma vazão que pudesse variar o mínimo possível



com relação a vazão do teste, e verificou-se que somente 11 dos 21 poços de monitoramento, conforme o Quadro 11.1-7, atenderam a esta condição da vazão constante.

A aferição do nível dinâmico foi executada de forma manual, fazendo uso de medidor de nível de água eletrônico de fita com sinal sonoro. Essas medidas foram obtidas usando um padrão de tempo pré-estabelecido, conforme o Quadro 11.1-8. As medidas de vazão foram obtidas por meio do método volumétrico.

**Quadro 11.1-8: Tempo e intervalo de medição em minutos do teste de bombeamento.**

Tempo (min.)	Intervalo (min.)
1 - 6	1
8 - 10	2
10 - 30	5
30 - 80	10
80 - 120	20
120 - 180	30
180 - 960	60
960 - 1440	120

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: GeoHidro, 2022.

Quanto as medidas da recuperação após o bombeamento, as leituras do nível d'água tiveram uma duração de 1/3 do tempo do bombeamento ou, no mínimo, até que a recuperação atingisse 90% do rebaixamento total.

Para os ensaios de *Slug Test*, as medidas do nível da água imediatamente após sua elevação nos poços de monitoramento, após a introdução do *slug* (tarugo) de dimensões conhecidas foram também obtidas da forma manual com o mesmo medidor empregado nos testes de bombeamento. Os tempos para o ensaio estão descritos no Quadro 11.1-9 a seguir:

**Quadro 11.1-9: Tempo e intervalo de medição em minutos do *Slug Test*.**

Tempo (min.)	Intervalo (min.)
0 - 10	0,5
10 - 20	1
20 - 30	2
30 - 80	5
80 - 120	10
120 - 180	30
180 - 480	60

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: GeoHidro, 2022.

Por fim, após a realização dos testes em campo, a Geohidro elaborou um relatório para a caracterização dos parâmetros hidráulicos dos poços de monitoramento e por consequência dos aquíferos, com a obtenção da condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T). Primeiro foram aplicadas as fórmulas ao modelo de dupla porosidade (intergranular/fraturado) a meios rochosos, onde ainda persista porosidade intergranular

primária residual, associada à porosidade secundária, com elevada ocorrência de planos de fraturas através dos Método de Warren & Root e Moench, Simplificação de Cooper/Jacob com ajuste das curvas de rebaixamento produzidas durante o bombeamento e durante a recuperação após o bombeamento, finalizando com os ensaios de campo, conhecidos com *slug test*, com o emprego dos métodos de Hvorslev e Bouwer/Rice.

No relatório da GeoHidro é apresentado que a espessura saturada considerada seguiu a seguinte relação: se  $1/3$  da espessura é superior ao comprimento dos filtros, o valor de  $L$  foi considerado o comprimento da seção filtrante, caso contrário  $L$  foi considerado igual a  $1/3$  da espessura saturada. Esta relação foi empregada para todos os métodos. Os resultados estão apresentados no Quadro 11.1-10 ao Quadro 11.1-12.

**Quadro 11.1-10: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - Dupla Porosidade.**

ID	Q (m <sup>3</sup> /h)	NE (m)	ND (m)	Sw (m)	Filtro (m)	Esp. (m)	Warren-Root		Moench	
							T (m <sup>2</sup> /s)	K (m/s)	T (m <sup>2</sup> /s)	K (m/s)
PM01	0,84	25,38	35,85	10,47	04,00	23,62	$1,34 \times 10^{-5}$	$3,35 \times 10^{-5}$	$1,34 \times 10^{-5}$	$3,35 \times 10^{-5}$
PM02	2,00	21,32	22,68	1,36	04,00	07,98	$8,27 \times 10^{-5}$	$3,11 \times 10^{-5}$	$8,27 \times 10^{-5}$	$3,11 \times 10^{-5}$
PM06	0,24	23,16	32,84	9,68	02,00	42,34	$2,68 \times 10^{-6}$	$1,34 \times 10^{-6}$	$2,68 \times 10^{-6}$	$1,34 \times 10^{-6}$
PM08	2,28	6,96	19,51	12,55	08,00	58,04	$9,84 \times 10^{-5}$	$1,23 \times 10^{-5}$	$4,06 \times 10^{-5}$	$5,08 \times 10^{-6}$
PM09	4,29	4,01	9,39	5,38	06,00	40,99	$3,57 \times 10^{-4}$	$5,94 \times 10^{-5}$	$2,93 \times 10^{-4}$	$4,89 \times 10^{-5}$
PM10	0,37	29,24	35,29	6,05	04,00	03,04	$1,09 \times 10^{-5}$	$3,59 \times 10^{-6}$	$1,31 \times 10^{-5}$	$4,31 \times 10^{-6}$
PM15	0,39	18,36	20,47	2,11	04,00	11,14	$3,62 \times 10^{-5}$	$9,06 \times 10^{-6}$	$3,62 \times 10^{-5}$	$9,06 \times 10^{-6}$
PM18	1,00	13,87	14,43	0,56	04,00	11,13	$3,04 \times 10^{-4}$	$7,61 \times 10^{-5}$	$3,04 \times 10^{-4}$	$7,61 \times 10^{-5}$
PM19	1,12	7,08	19,71	12,63	04,00	18,42	$2,21 \times 10^{-5}$	$5,54 \times 10^{-6}$	$2,30 \times 10^{-5}$	$5,76 \times 10^{-6}$
PM21	0,55	17,63	26,52	8,89	02,00	11,87	$7,71 \times 10^{-6}$	$3,85 \times 10^{-6}$	$7,67 \times 10^{-6}$	$3,84 \times 10^{-6}$
PM22	0,80	26,79	29,80	3,01	04,00	14,21	$7,62 \times 10^{-5}$	$1,90 \times 10^{-5}$	$4,35 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-5}$
Média							$9,19 \times 10^{-5}$	$2,32 \times 10^{-5}$	$7,82 \times 10^{-5}$	$2,09 \times 10^{-5}$

ID=Identificação do poço; Q=Vazão; NE= Nível estático; ND=Nível dinâmico; Sw=Rebaixamento; Esp. Saturada= Espessura saturada; T=Transmissividade; K=Condutividade hidráulica.

Elaboração: BTB Explorers 2023 adaptado de GeoHidro, 2022.

**Quadro 11.1-11: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - Simplificação de Cooper/Jacob.**

	Q (m <sup>3</sup> /h)	T (m <sup>2</sup> /s)		T (m <sup>2</sup> /s) Valor médio	Espessura saturada (m)	k (m/s)
		Cooper&Jacob	Recuperação			
Poço-01	0,837	1,51E-05	1,59E-05	1,55E-05	4	3,87E-06
Poço-02	2,000	2,76E-04	8,00E-04	5,38E-04	2,66	2,02E-04
Poço-06	0,240	3,83E-06	2,53E-05	1,46E-05	2	7,28E-06
Poço-08	2,278	3,99E-05	6,43E-05	5,21E-05	8	6,51E-06

Poço-09	4,285	4,40E-04	8,12E-05	2,61E-04	6	4,34E-05
Poço-10	0,380	1,48E-05	1,94E-05	1,71E-04	3,04	5,63E-05
Poço-15	0,385	4,30E-05	3,84E-05	4,07E-05	4	1,02E-05
Poço-18	1,000	5,36E-04	8,73E-04	7,04E-04	4,21	1,67E-04
Poço-19	1,010	2,11E-05	1,53E-05	1,82E-05	3,47	5,24E-06
Poço-21	0,553	9,66E-06	4,98E-06	7,32E-06	2	3,66E-06
Poço-22	0,800	7,61E-05	3,20E-04	1,98E-04	4	4,95E-05
Média						5,05E-05

Elaboração: BTB Explorers 2023 adaptado de GeoHidro, 2022.

#### Quadro 11.1-12: Parâmetros hidrodinâmicos determinados - *Slug Test*.

ID	NE (m)	ND (m)	Sw (m)	Filtro (m)	Esp. (m)	Hvorslev	Bouwer-Rice
						K (m/s)	K (m/s)
PM03	16,44	15,94	-0,05	02,00	13,06	$2,03 \times 10^{-6}$	$1,56 \times 10^{-6}$
PM04	11,83	11,34	-0,04	12,00	44,17	$1,77 \times 10^{-7}$	$1,38 \times 10^{-7}$
PM05	12,68	12,21	-0,02	06,00	45,32	$1,27 \times 10^{-7}$	$9,79 \times 10^{-8}$
PM07	12,82	12,67	-0,03	-	01,91	$5,98 \times 10^{-7}$	$4,38 \times 10^{-7}$
PM11	36,76	36,26	-0,26	02,00	01,08	$3,18 \times 10^{-9}$	$2,38 \times 10^{-9}$
PM12	19,53	19,26	-0,25	-	00,29	$1,27 \times 10^{-8}$	$8,98 \times 10^{-9}$
PM13	17,72	17,23	-0,04	02,00	05,78	$3,97 \times 10^{-7}$	$3,02 \times 10^{-7}$
PM14	22,64	22,24	-0,04	02,00	08,86	$2,71 \times 10^{-7}$	$2,38 \times 10^{-7}$
PM17	9,72	9,28	-0,01	04,00	16,78	$1,52 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-6}$
PM20	20,06	19,58	-0,08	06,00	12,94	$4,55 \times 10^{-8}$	$3,51 \times 10^{-8}$
Média						$5,18 \times 10^{-7}$	$3,99 \times 10^{-7}$

ID=Identificação do poço; Q=Vazão; NE= Nível estático; ND=Nível dinâmico; Sw=Rebaixamento; Esp. Saturada= Espessura saturada; T=Transmissividade; K=Condutividade hidráulica. \*Os dados de ND são referentes ao nível deslocado logo após a inserção do tarugo no interior do poço.

Elaboração: BTB Explorers 2023 adaptado de GeoHidro, 2022.

Os dados da condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T) obtidos, calculados através dos métodos aplicados, com suas determinações, apresentados nos quadros acima, constam nos Anexos VI (Warren&Root), VII (Moench), VIII (Cooper&Jacob), IX (Hvorslev) e X (Bouwer&Rice) do Relatório da Construção de Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas na Área do Projeto Santa Quitéria, elaborado pela GeoHidro.

No ano de 2011, o poço PM-06 foi o único a ser submetido a ensaios de permeabilidade na zona saturada das rochas Gnáissicas da Formação Barrigas. Foi registrado nesse poço a menor condutividade hidráulica dentre os poços ensaiados, com valor na ordem de  $9,62 \times 10^{-9}$  m/s. Para o ano de 2022, os poços PMs - 01,03,06,13,14,17,19,20,21 e 22 foram instalados sobre as rochas dessa mesma formação, apresentando valores de condutividade

média, variando a depender do método, de  $10^{-5}$  (Warren&Root, Moench e Cooper&Jacob) a  $10^{-7}$  (Hvorslev e Bouwer&Rice), sendo o valor mais baixo registrado no PM-12 (antigo PM-05 de 2011), com condutividade de  $8,98 \times 10^{-9}$  pelo método de Bouwer-Rice, seguido do PM-20 com (K) de  $3,51 \times 10^{-8}$ , pelo mesmo método.

Com relação às unidades MC1, os três poços de 2011, apresentaram valores de (K) na ordem de  $10^{-8}$ , com exceção do PM-10 (com valores próximos ao do PM-06 de 2011)  $3,11 \times 10^{-9}$ . No caso dos poços de 2022, destaca-se o poço PM-11, que apresentou o maior valor de condutividade hidráulica pelo método de Hvorslev, com valor (K) na ordem de  $3,18 \times 10^{-9}$ . Os demais poços avaliados nessa campanha apresentaram valores na faixa de  $10^{-7}$ .

Ambas as unidades apresentaram valores semelhantes conforme o Quadro 11.1-13 a seguir.

**Quadro 11.1-13: Resultados das Transmissividades e Condutividade por unidades.**

	Warren-Root		Moench		Cooper/Jacob		Hvorslev	Bouwer-Rice	Unidades
	Teste de Bombeamento e Recuperação						Slug Test		
	T (m²/s)	K (m/s)	T (m²/s)	K (m/s)	T (m²/s)	K (m/s)	K (m/s)	K (m/s)	
PM01	1,34E-05	3,35E-05	1,34E-05	3,35E-05	1,55E-05	3,87E-06	----	----	MS1
PM03	----	----	----	----	----	----	2,03E-06	1,56E-06	
PM06	2,68E-06	1,34E-06	2,68E-06	1,34E-06	1,46E-05	7,28E-06	----	----	
PM13	----	----	----	----	----	----	3,97E-07	3,02E-07	
PM14	----	----	----	----	----	----	2,71E-07	2,38E-07	
PM12	----	----	----	----	----	----	1,27E-08	8,98E-09	
PM17	----	----	----	----	----	----	1,52E-06	1,17E-06	
PM19	2,21E-05	5,54E-06	2,30E-05	5,76E-06	1,82E-05	5,24E-06	----	----	
PM20	----	----	----	----	----	----	4,55E-08	3,51E-08	
PM21	7,71E-06	3,85E-06	7,67E-06	3,84E-06	7,32E-06	3,66E-06	----	----	
PM22	7,62E-05	1,90E-05	4,35E-05	1,09E-05	1,98E-04	4,95E-05	----	----	
média	2,64E-05	1,20E-05	2,11E-05	1,07E-05	4,91E-05	1,33E-05	7,13E-07	5,52E-07	
PM02	8,27E-05	3,11E-05	8,27E-05	3,11E-05	5,38E-04	2,02E-04	----	----	MC1
PM04	----	----	----	----	----	----	1,77E-07	1,38E-07	
PM05	----	----	----	----	----	----	1,27E-07	9,79E-08	
PM07	----	----	----	----	----	----	5,98E-07	4,38E-07	
PM08	9,84E-05	1,23E-05	4,06E-05	5,08E-06	5,21E-05	6,51E-06	----	----	
PM09	3,57E-04	5,94E-05	2,93E-04	4,89E-05	2,61E-04	4,34E-05	----	----	
PM10	1,09E-05	3,59E-06	1,31E-05	4,31E-06	1,71E-04	5,63E-05	----	----	
PM11	----	----	----	----	----	----	3,18E-09	2,38E-09	
PM15	3,62E-05	9,06E-06	3,62E-05	9,06E-06	4,07E-05	1,02E-05	----	----	
PM18	3,04E-04	7,61E-05	3,04E-04	7,61E-05	7,04E-04	1,67E-04	----	----	
média	1,71E-04	3,65E-05	1,47E-04	3,31E-05	3,45E-04	9,50E-05	9,05E-07	6,76E-07	

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: GeoHidro, 2022.

Com relação à transmissividade, nos ensaios de 2011 o poço PM-10 apresentou o menor valor dentre os 4 poços avaliados, seguido pelo PM-06, com ordens de grandeza,



respectivamente, de  $10^{-9}$  e  $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s. Os poços PM-07 e PM-09 também apresentaram valores maiores, com ordem de grandeza de  $10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s.

Já para os ensaios de 2022 a transmissividade (T) apresentou valores médios de  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s nas rochas MS1 e  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s nas rochas MC1. O poço que apresentou o maior valor foi o PM-22 pelo método de Cooper/Jacob de  $1,98 \times 10^{-4}$ .

#### 11.1.11.2.6. Ensaios de Perda D'água em Poços de Monitoramento - Zona Vadosa

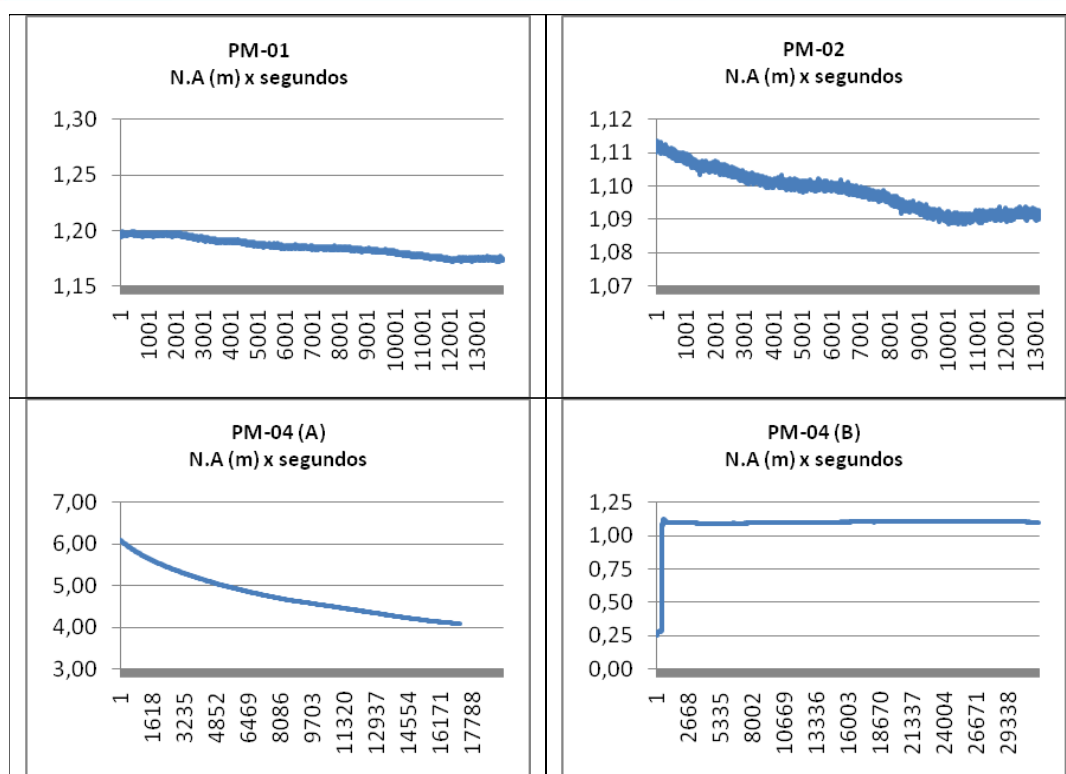
Em 2011 foram realizados ensaios de perda d'água apresentados neste item, os quais viabilizaram a identificação das propriedades hidrodinâmicas da zona vadosa na unidade MS1. Os três poços instalados nas rochas metacarbonáticas da unidade MC1 (PM-06, PM-09 e PM-10), apresentaram coluna d'água em 2011 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 (11.1.5) e Geotecnia (11.1.6).

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 11.1-260 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-04A (2,0 m) e PM-04B (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 11.1-260: 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. O Quadro 11.1-14 apresenta os valores obtidos para a condutividade hidráulica a partir dos ensaios de perda d'água.

**Quadro 11.1-14: 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.

## 11.1.11.2.7. 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, além de complementações através dos poços de monitoramento instalados em 2022, com levantamentos dos níveis estáticos em 2022 e 2023, com uso de medidor de nível elétrico.

Os dados apresentados no Quadro 11.1-15 são os resultados das medições realizadas em campo durante a instalação dos poços (fev/11), das duas campanhas de campo (nov/20 e jun/21) e nas 06 campanhas de amostragem das águas subterrâneas.

**Quadro 11.1-15: Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo, nos poços de monitoramento instalados em 2011.**

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

Legenda: n.e. = nível estático da água subterrânea. Prof = profundidade. (s) seco (o) obstruído, provavelmente galhos.

Elaboração: BTB Explorers, 2021. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

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 11.1-261 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 11.1-262 demonstra a evolução pluviométrica na região durante os monitoramentos no referido período.



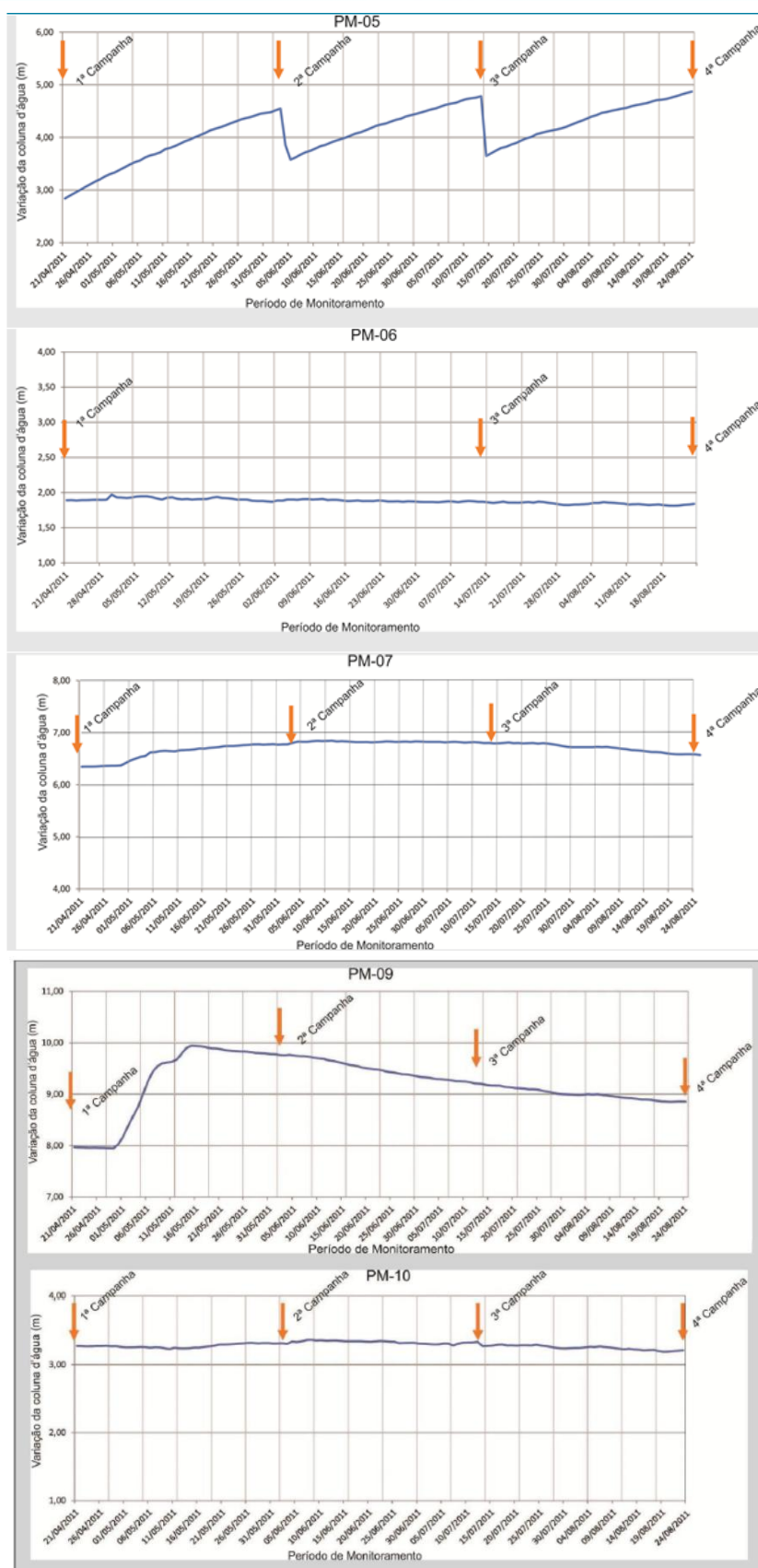
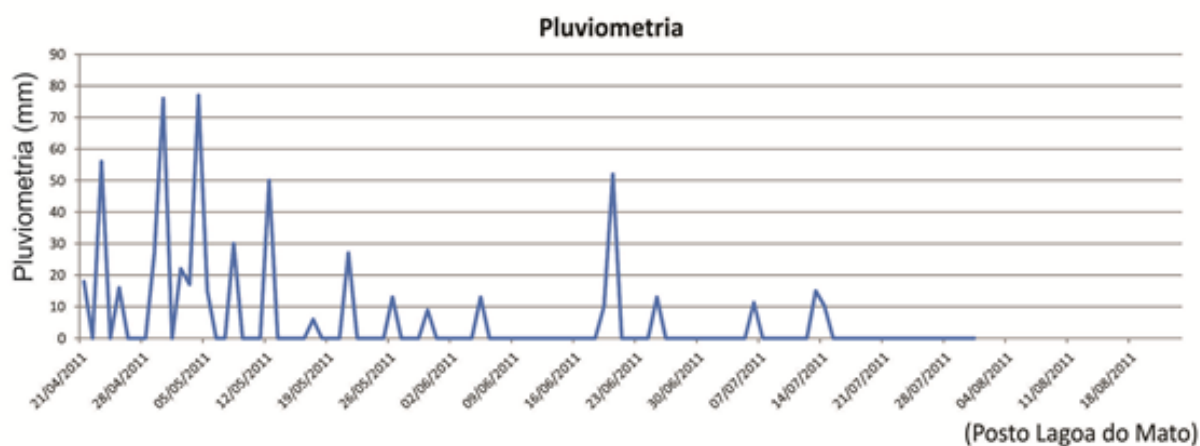


Figura 11.1-261 Variação do N.A. de abril a agosto de 2011.

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 na Figura 11.1-262.



**Figura 11.1-262** 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.

Para as campanhas de 2022 e 2023, foi realizada coleta de amostras d'água no âmbito do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO). A Campanha 01 foi realizada entre os dias 13 de setembro a 28 de novembro de 2022, a Campanha 02 foi realizada entre os dias 12 de dezembro de 2022 a 06 de fevereiro de 2023, a Campanha 03 foi realizada entre os dias 13 de março de 2023 a 24 de abril de 2023 e a Campanha 04 entre os dias 05 e 27 de julho pelos técnicos da CPEA. Os resultados dessas campanhas são apresentados resumidamente no Quadro 11.1-16.

**Quadro 11.1-16: Níveis estáticos da água subterrânea ao longo do tempo, nos poços de monitoramento levantados em 2022 e 2023.**

Poço	Unidade	Prof Total	Set/Out 2022	de	Dez de 2022 a Jan de 2023	Mar/Abr 2023	de	Jul de 2023
PC-02	MC1	32,00	21,78		22,50	21,81		21,82
PC-04	MC1	55,47	11,91		10,55	10,51		9,63
PC-05	MC1	60,40	13,05		11,94	10,51		10,84
PC-07	MC1	14,64	13,13		12,83	12,60		11,77
PC-08	MC1	65,67	7,57		7,40	6,31		7,37
PC-09	MC1	45,57	4,62		4,65	4,43		3,89
PC-10	MC1	41,97	29,76		20,07	25,50		26,22
PC-11	MC1	40,04	35,19		34,52	33,41		27,12

Poço	Unidade	Prof Total	Set/Out de 2022	Dez de 2022 a Jan de 2023	Mar/Abr de 2023	Jul de 2023
PC-15	MS1	30,14	18,81	18,66	18,30	16,42
PC-18	MC1	25,28	14,83	14,13	13,57	12,94
PC-01	MS1	49,00	26,27	16,38	26,39	26,35
PC-03	MS1	30,03	16,43	16,41	16,46	16,36
PC-06	MS1	65,87	23,50	23,62	26,70	23,77
PC-12	MS1	20,60	19,62	20,25	----	----
PC-13	MS1	24,18	18,12	18,17	13,57	18,28
PC-14	MS1	32,14	22,87	22,93	22,99	22,84
PC-17	MS1	27,18	10,02	6,52	----	4,84
PC-19	MS1	26,05	8,36	5,60	6,87	5,52
PC-20	MS1	33,28	20,17	14,25	17,12	17,02
PC-21	MS1	30,03	18,56	18,70	18,00	15,00
PC-22	MS1	41,70	27,41	27,39	27,40	26,63

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de GeoHidro, 2022 e CPEA, 2022 / Tetra Mais, 2023 e PMRA-PO.

De forma geral, os poços pertencentes a unidade MC1 apresentaram pouca variação durante os períodos chuvosos e de seca. As precipitações na região apresentam valores anuais abaixo de 800 mm, inserindo a região no polígono das secas. Nas estações e postos pluviométricos analisados e explanados no capítulo de Clima (11.1.1), verificou-se que as variações pluviométricas anuais, estão entre 355,7 mm e 712,8 mm. Foi levantado o acúmulo de chuvas desde o ano de 1994 até 2023, onde a região passou por diferentes eventos de secas, como demonstrado na Figura 11.1-263 a seguir:

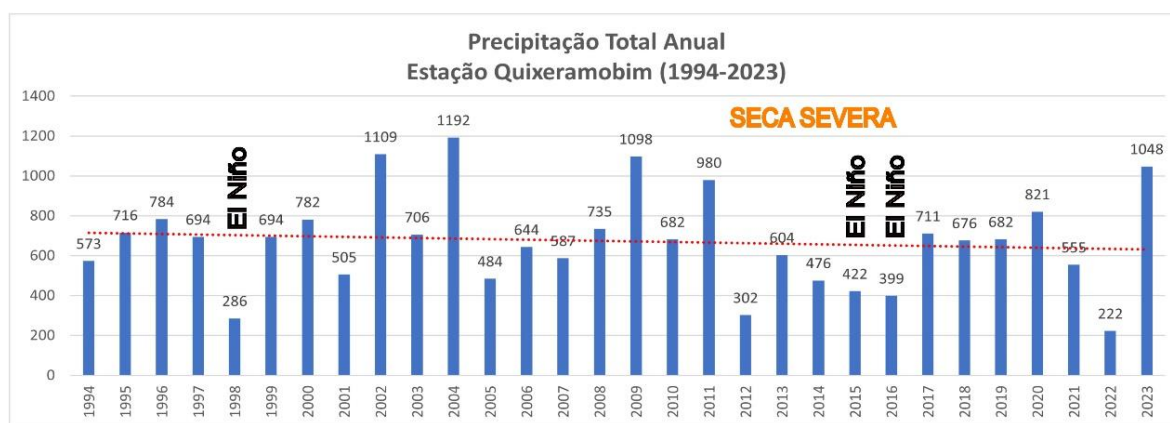


Figura 11.1-263: Precipitação total anual da série histórica de 29 anos (1994-2023).

Fonte: INMET, 2023. Organizado por Tetra Mais, 2023.

As ocorrências de episódios de El Niño, geralmente começam a se desenvolver próximo ao meio do ano, atingindo sua intensidade máxima no final do mesmo ano e se dissipam cerca de seis meses depois. Isso resulta em diminuição do total de chuvas justamente durante a estação chuvosa no semiárido nordestino (dezembro a maio).



É possível observar nas medições realizadas nos meses de dezembro 2022 e janeiro de 2023 que houve o processo de recarga do aquífero, com sua estabilização nos meses seguintes de março a abril de 2023, assemelhando-se aos padrões iniciais de setembro e outubro de 2022. Essas variações são muito visíveis nos poços instalados no aquífero compostos pelas rochas MS1, onde a variação beira os 10 metros como no PM-01. Já em outros casos a variação é praticamente nula, como nos poços PMs-03,14,21 e 22, constituído principalmente por rochas gnáissicas, porém todos os poços estão localizados próximos a áreas de drenagem, fraturamento e/ou contatos geológicos, indicando uma possível área de intensa recarga aquífera.

#### 11.1.11.2.8. 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).

Para a rede de monitoramento implantada no ano de 2011, os resultados são apresentados no Quadro 11.1-17, indicando os resultados separados por unidade aquífera, MS1 e MC1.

**Quadro 11.1-17: Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos de 2011/2020 e 2021.**

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.

Para a rede de monitoramento implantada em 2022 e 2023, os resultados são apresentados no Quadro 11.1-18, indicando os resultados separados por unidade aquífera, MS1 e MC1.

**Quadro 11.1-18: Tabela de Cargas hidráulicas nos poços ao longo dos monitoramentos de 2022 e 2023.**

	Poço	Cota do Poço	Prof Total	Cargas Hidráulicas			
				Set/Out (2022)	Dez (2022) / Jan (2023)	Mar/Abr (2023)	Jul (2023)
MC1	PC-02	459,81	428,31	438,03	437,31	438,00	450,18
	PC-04	439,84	383,84	427,93	429,29	429,33	428,07
	PC-05	440,88	380,88	427,83	428,94	430,37	433,51
	PC-07	447,88	433,15	434,75	435,05	435,28	421,66
	PC-08	444,98	379,98	437,41	437,58	438,67	417,86
	PC-09	447,82	402,82	443,20	443,17	443,39	431,40
	PC-10	430,48	388,48	400,72	410,41	426,05	417,54
	PC-11	429,34	408,94	394,15	394,82	403,84	402,99
	PC-15	438,18	408,68	419,37	419,52	419,88	419,90
	PC-18	418,66	393,66	403,83	404,53	405,09	413,82
MS1	PC-01	465,71	416,71	439,44	449,33	439,32	443,89
	PC-03	453,79	424,29	437,36	437,38	437,33	442,95
	PC-06	467,50	402,00	444,00	443,88	440,80	463,61
	PC-12	448,70	408,70	429,08	428,45	415,29	432,34
	PC-13	454,72	431,22	436,60	436,55	441,15	430,95
	PC-14	456,97	425,47	434,10	434,04	433,98	---
	PC-17	424,28	397,78	414,26	417,76	----	401,44
	PC-19	397,89	372,39	389,53	392,29	391,02	392,37
	PC-20	410,96	377,96	390,79	396,71	393,84	393,94
	PC-21	430,29	400,79	411,73	411,59	412,29	415,29
	PC-22	401,49	360,49	374,08	374,10	374,09	374,86

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de GeoHidro, 2022 e CPEA, 2022 e 2023.

Os resultados das cargas hidráulicas do levantamento de 2011 indicaram uma diminuição no volume dos aquíferos, quando comparados com os resultados da primeira medição em fevereiro de 2011 e em junho de 2021. Conforme citado na Figura 11.1-266, o ano de 2011 teve precipitações atípicas para a região, ultrapassando os 900 mm, já nos anos seguintes houve uma forte seca na região, junto a dois grandes eventos de El Niño que podem ter sido os agentes responsáveis por essa diminuição. 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. Já para as medições realizadas nos anos de 2022 e, em especial, para 2023, houve novas chuvas atípicas, superando os 1000 mm, ocorrendo uma nova recarga do aquífero e atingindo patamares próximos ao medidos em 2011.

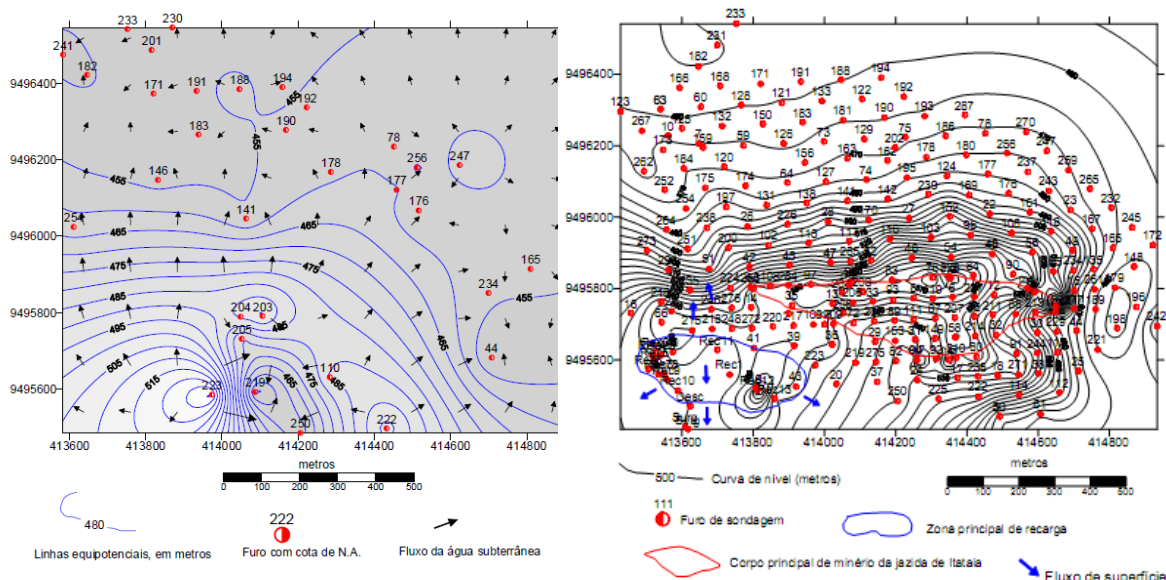
A unidade aquífera de metacarbonáticas MC1, quando avaliada no ano de 2011, bem como nas medições posteriores em 2020 e 2021, demonstrou variação relevante na carga

hidráulica. O poço PM-07, registrou o maior valor de carga hidráulica, atingindo 440,6 m, enquanto o PM-10 apresentou o menor valor 412,0 m. Além disso, foi identificado o maior rebaixamento de carga hidráulica no poço PM-09, com uma redução de 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. Porém, esse mesmo fenômeno não ocorre nas medições de 2022 e 2023, quando o MC1 apresenta maior estabilidade e menor rebaixamento do seu aquífero. De forma geral, o aquífero MS1 apresentou variações mais condizentes com a sazonalidade da região ocorrendo recargas nos meses de dezembro a maio, comumente a época das chuvas da região.

Alcântara e Silva (2003), avaliou 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 11.1-264 e a Figura 11.1-265, a seguir, apresentam a configuração do mapa potenciométrico e as cargas hidráulicas segundo os estudos de Alcântara e Silva (2003).



**Figura 11.1-264: Mapa potenciométrico. Figura 11.1-265 : Mapa topográfico.**

Fonte: Alcântara e Silva (2003).

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 11.1-267 e Figura 11.1-268).

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.

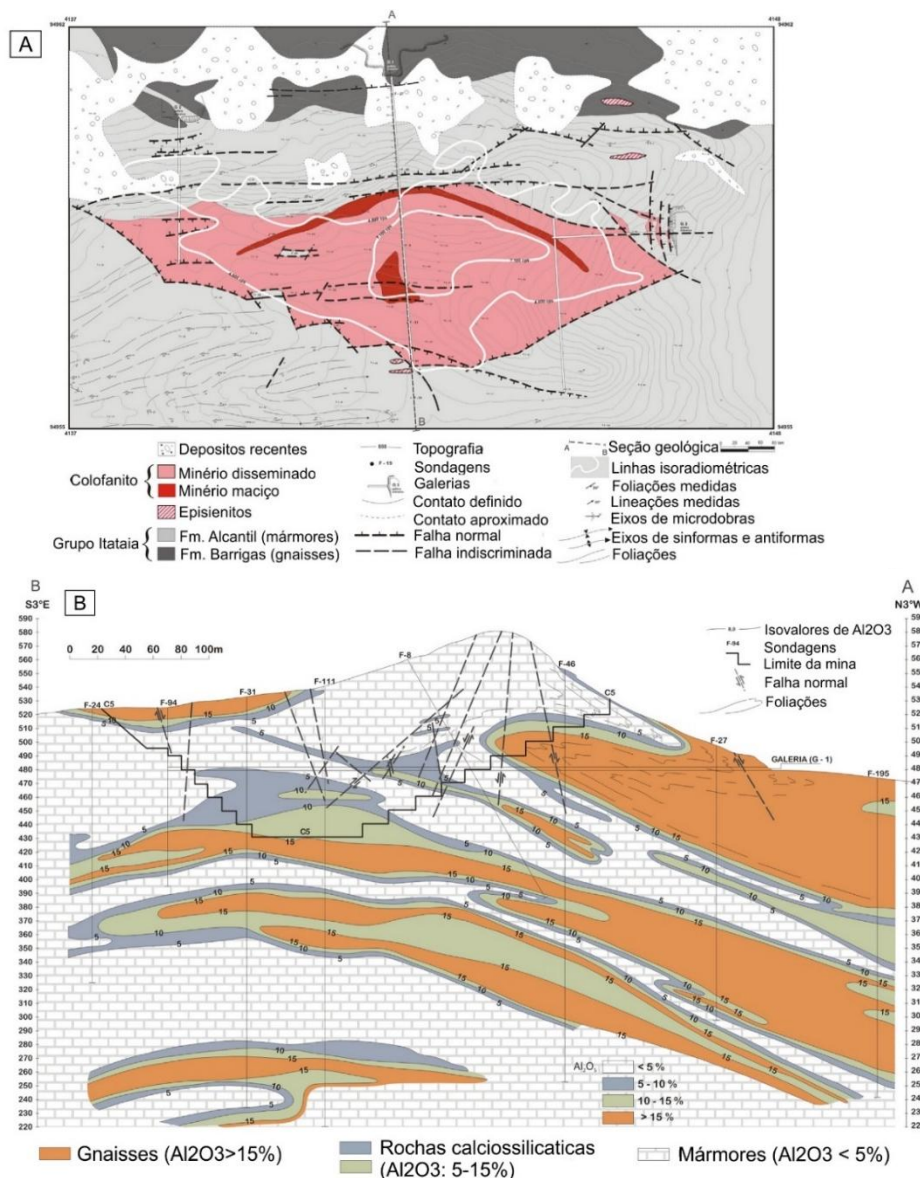
Para compensar a ausência de informações sobre o nível d'água, a seguir é apresentada uma abordagem da verificação dos indícios de níveis onde a água subterrânea não está presente, estabelecendo assim um parâmetro para verificação da ocorrência de água na cava durante os processos de exploração no local.

Segundo o perfil geológico apresentado por Veríssimo *et al.* (2016) com a indicação da Galeria 01 (Figura 11.1-266), que foi escavada na cota 480 m 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 d'água subterrânea no interior da galeria.

Considerando que o PM-08 de 2011 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 11.1-266: (A) Mapa geológico do depósito de fosfato-urânio de Itaiaia, 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  $Al_2O_3$ . 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, 2023. 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 de 2011, instalados respectivamente nas cotas 449, 445 e 430 metros. As últimas medições de n.a. realizadas nestes poços, indicam cargas hidráulicas de 436

metros (PM-07 e 09) e de 412 metros no PM-10. Já para os anos de 2022 e 2023 os PMs-01,02,06,08,09 e 10 apresentam cotas respectivas de 465,71 m, 459,81 m, 467,50 m, 444,98 m, 447,82 m e 430,48 m e cargas hidráulicas médias próximas aos 433 metros, sendo a menor de 400,72 metros no PM-10 e a maior de 444 metros no PM-06 nos meses de setembro/outubro de 2022. Já para o mês de julho de 2023 a carga hidráulica apresentou médias um pouco maiores (437,41 metros), sendo os maiores e menores valores nos mesmos poços de 2020 (PM-10 e 06 respectivamente). Vale ressaltar que os poços medidos em 2022 e 2023 estão a aproximadamente 1 km de distância do PM08 de 2011.

Com base nas informações das cargas hidráulicas de 2022 e 2023 de aproximadamente 433 metros em setembro de 2022 e 437,41 metros em julho de 2023 dos PMs mais próximos aos próximos da cava e com água no seu interior; e da ausência de água no interior do corpo rochoso na cota 459 metros, segundo dados do PM-08 de 2011 (medido em 2021); é inferido que o nível d'água na área da futura cava esteja posicionado entre as cotas de 433 e 459 metros, segundo esta análise empírica com dados de junho de 2021, setembro de 2022 e julho de 2023. Isso sugere que entre estas cotas e o nível de base da futura 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 áreas da ADA, 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 geoeletricas 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 geoeletricas 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 11.1-28), com extrapolação empírica dos dados para regiões próximas a base de dados, com características semelhantes, com base nos critérios a seguir.

Considerando que 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 três indicadores de direção de fluxo da água subterrânea no mapa potenciométrico (Mapa 11.1-27). As setas identificadas azul claro (medidas através do mapeamento de direção de fluxo através de geoprocessamento) e azul escuro (direção preferencial dos canais de drenagem) para a condicionante do relevo com influência direta no gradiente hidráulico; e em vermelho as direções de fluxo sob condicionantes estruturais, ainda assim, considerando que mesmo contidas 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, devido ao aquífero ser condicionado pelas estruturas geológicas dos aquíferos fraturados.

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

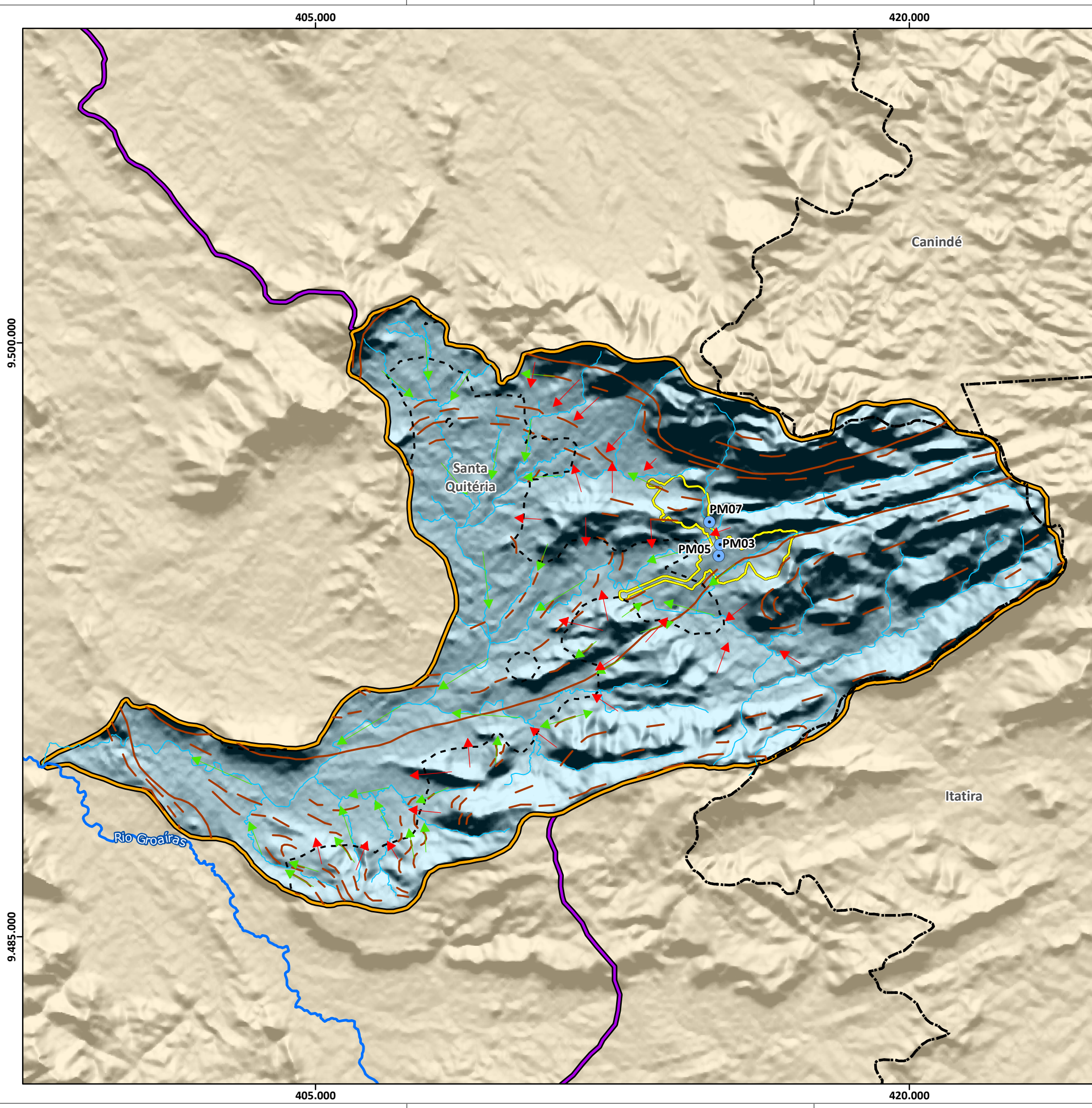
predominante de NE para SW, de forma encaixada entre planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas.

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 5°, 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.

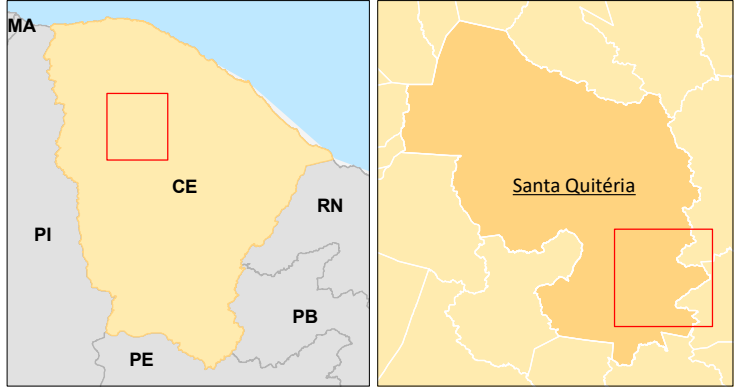
Cabe ressaltar que os levantamentos espeleológicos não identificaram água no interior das cavidades mapeadas e por isso não foram considerados para elaboração do mapa potenciométrico (Mapa 11.1-27).

Para a região da ADA e seu entorno, foi elaborado o mapa potenciométrico utilizando os dados obtidos pelos poços de monitoramento instalados em 2022 pela GeoHidro, com os dados descritos no Quadro 11.1-18. O Mapa 11.1-28 apresenta as características do aquífero da ADA e seu entorno, utilizando as 4 campanhas de coletas.





**Macrolocalização**



**Legenda**

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

Área de Influência Indireta (AII)

**Hidrografia**

Rio Groaíras

Cursos d'água

**Estruturas**

Estruturas Geológicas

**Potenciometria e Direção de Fluxo de Água Subterrânea**

Poços

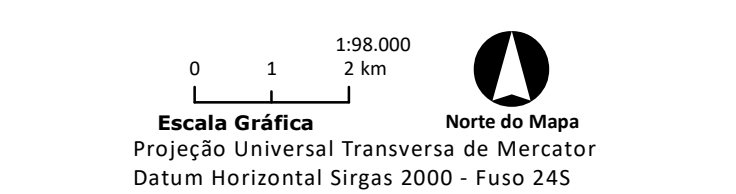
Linhas de Fluxo

Linhas de Fluxo (estruturas)

**Linha Equipotencial**

- - - (435) Carga Hidráulica em Jun/21

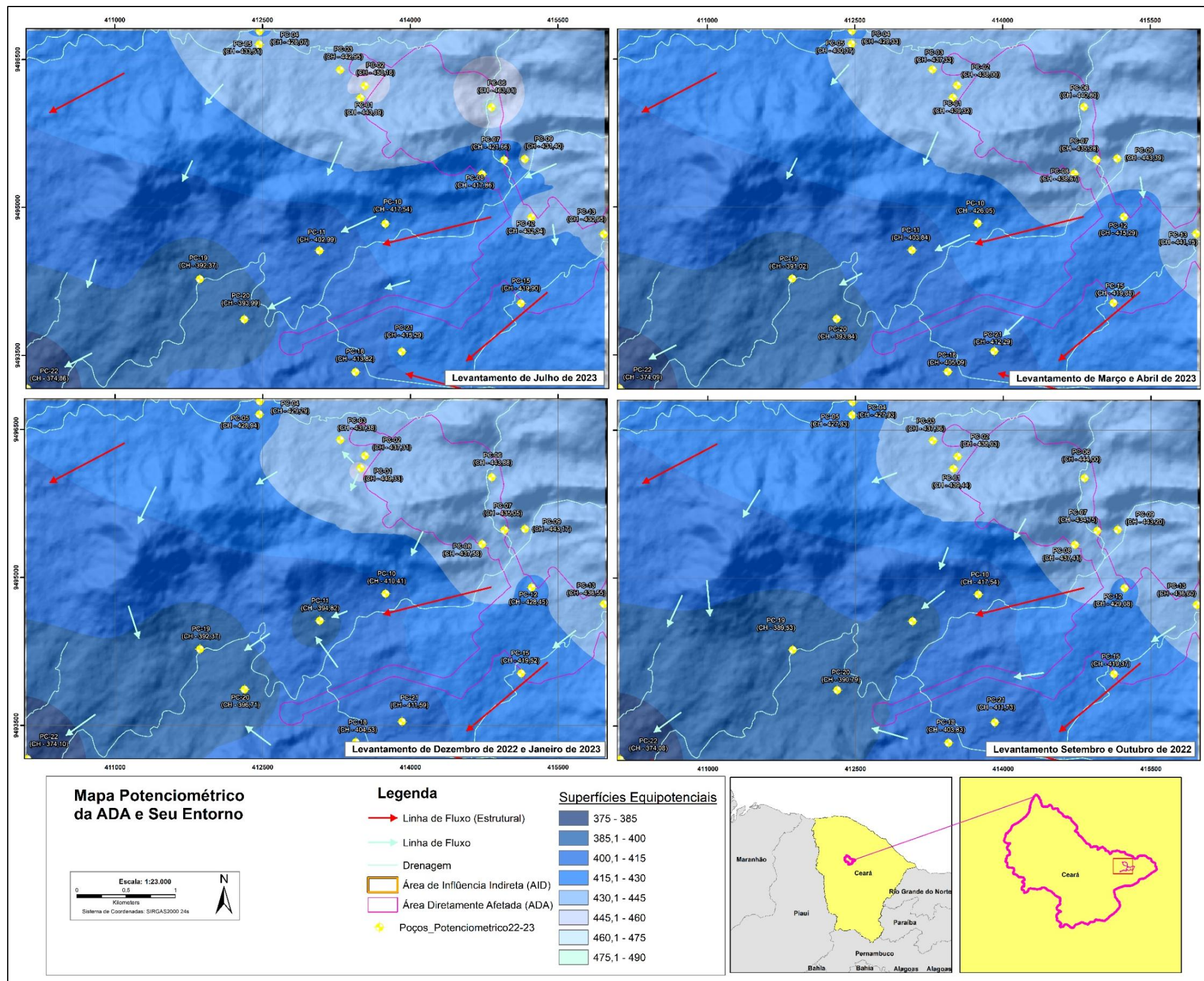
**Fonte:**  
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
BTB Explorers, 2021. Estruturas.  
IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Mapa Potenciométrico e de Direções de Fluxo da Água Subterrânea das Áreas de Influência (AID/ADA)</b>		
Formato A3	Escala 1:98.000	Folha Única
Data 30/10/2023	Localização Santa Quitéria / CE	
Elaborado Jéssica Costa	Aprovado Cristina Poggiali Almeida	



Mapa 11.1-28: Mapas Potenciométricos com os dados das quatro campanhas de 2022 a 2023.



Fonte: BTB Explorers (2023).

Como é possível visualizar no detalhamento do Mapa Potenciométrico da ADA, é possível afirmar que o fluxo corresponde de maneira geral ao fluxo estrutural, como descrito anteriormente para a confecção do mapa da AID (Seguindo de NE para SW), além de secundariamente seguir a topografia e o relevo da região.

De forma geral há poucas variações das cargas hidráulicas em toda área, ocorrendo localmente em alguns topos de morro próximo a entrada da mina, onde ocorrem algumas cavidades mapeadas. Essas áreas são mais susceptíveis a recarga do aquífero, e esse fenômeno é notado principalmente no levantamento de julho de 2023 (após a época das chuvas). Outra região com mudanças no vale do riacho Guaribas, onde há predominâncias de áreas planas e lineamentos estruturais que tornam a região passíveis para ocorrência de recarga do aquífero.

#### 11.1.11.2.9. Áreas de Recarga e Descarga

Os critérios técnicos utilizados de cada área de conhecimento, para estabelecer as áreas mais propensas a recarga de aquíferos são apresentados a seguir no Quadro 11.1-19.

**Quadro 11.1-19: Critérios técnicos para definição das zonas favoráveis a recarga.**

Área	Parâmetros		Efeito
Geologia	Reologia	MC1 e MC2	Positivo
		MS1	Neutro
	Estrutural	Presença	Positivo
		Ausência	Negativa
Espeleologia	Zona Cársticas	Fora	Neutro
		Dentro	Positivo
	Cavidade	Presença	Positivo
		Ausência	Negativa
Pedologia	Profundidade do solo	menor que 5 metros	Positivo
		maior que 5 metros	Neutro
Relevo (Geotecnia e Geomorfologia)	Declividade	(0-20°)	Positivo
		(20-45°)	Neutro
		>45°	Negativa
Hidrografia	Drenagem	Presença	Positivo
		Ausência	Neutro

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

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 está diretamente relacionado à favorabilidade da recarga dos aquíferos. Ou em alguns casos em que a presença de um dos parâmetros foi considerada neutro pela baixa influência ou até mesmo inexistência da efeitos para a contribuição da recarga.



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. Porém a sazonalidade das chuvas é um fator importante para a recarga dos aquíferos. No item anterior (Mapa Potenciométrico) é possível verificar uma maior taxa durante os meses finais e iniciais do ano como fator positivo.

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 à exposição solar direta, o que acarreta num maior escoamento superficial e maior evaporação.

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 à porosidade de granulações maiores de solo. Assim, com os resultados dos ensaios granulométricos realizados nos anos de 2011 e 2022, foi possível amostrar a tendência dos solos de alteração da Formação Barrigas com características mais arenosas, enquanto na formação Alcantil mais argilosos. Porém, os resultados da condutividade hidráulica obtidos através dos ensaios descritos no capítulo de Pedologia (11.1.5), em geral estão na ordem de  $10^{-04}$ , e por este motivo, os tipos pedológicos não foram considerados quanto a sua classificação, e sim quanto a espessura de suas camadas. Assim, a espessura da camada representará o potencial da recarga do solo, sendo as mais espessas menor e as menos espessas maior.

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 se 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 11.1.4.2) sobreposto ao MDE, é possível identificar que as principais áreas de morros estão localizadas no Planalto Sertanejo, enquanto as áreas com menor declividade na Depressão Sertaneja Setentrional.

Junto aos dados Geomorfológicos são integrados os dados de cavidades mapeados pela equipe da Carste, além de integrar com dados do ICMBio das áreas de ocorrência de



cavidade, que ocorrem principalmente nas regiões nordeste e norte da AID, sobre as cristas e morros do planalto sertanejo.

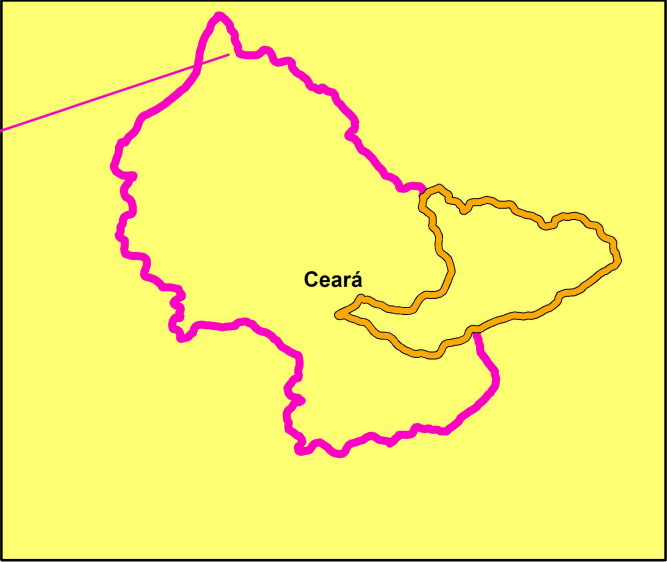
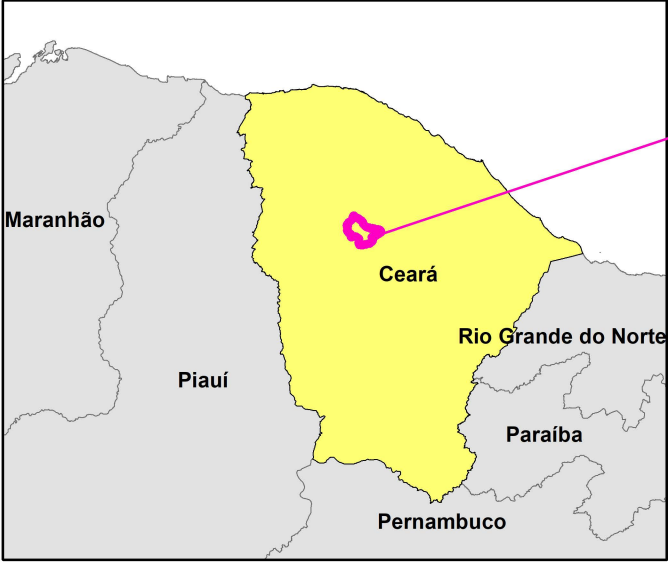
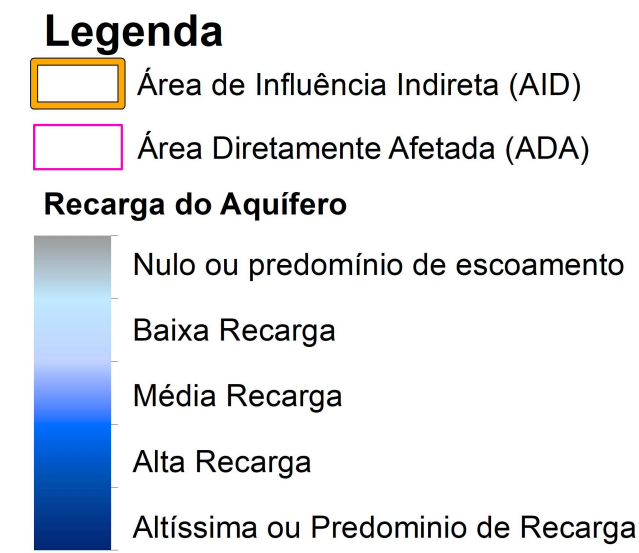
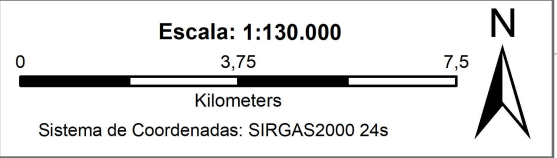
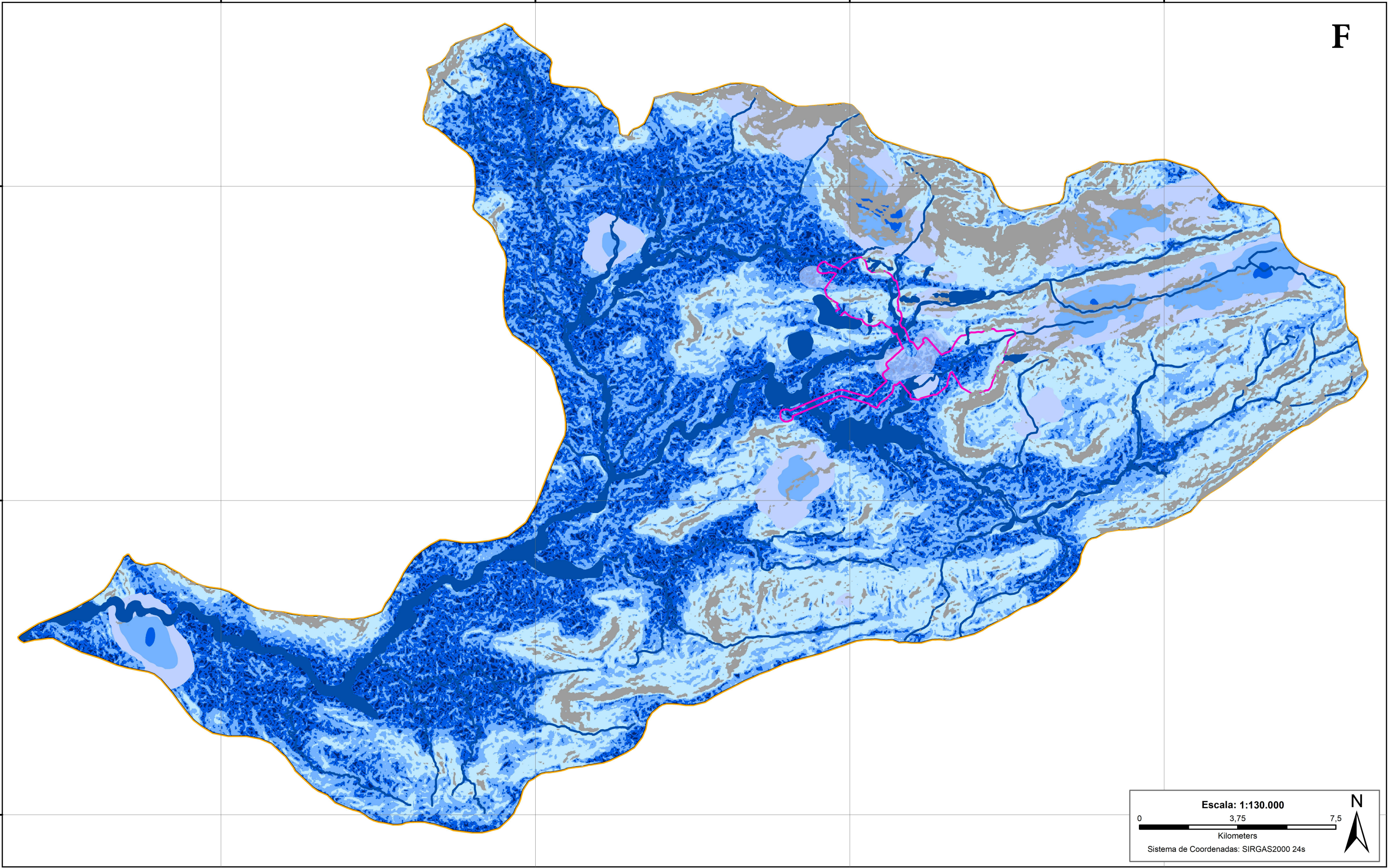
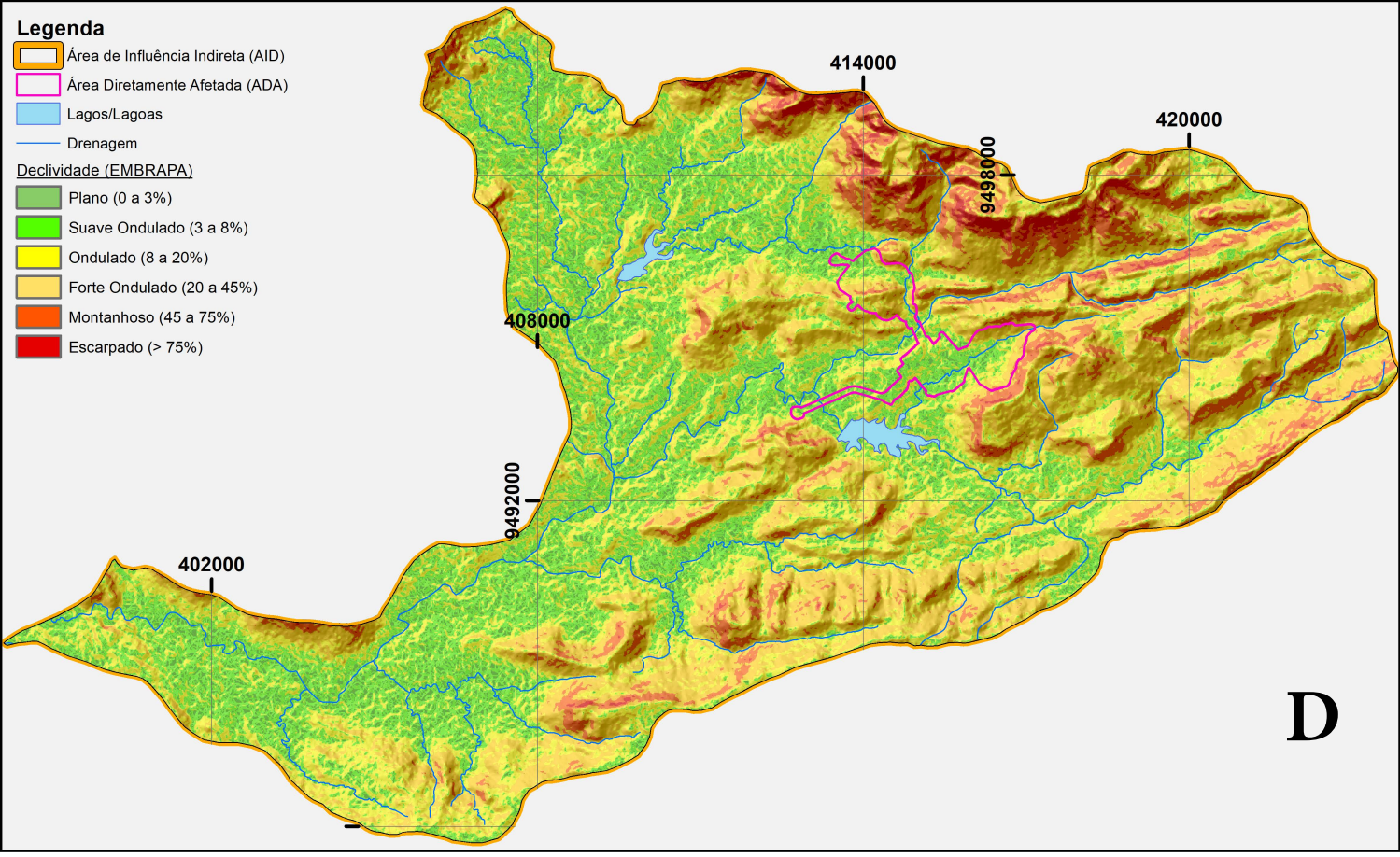
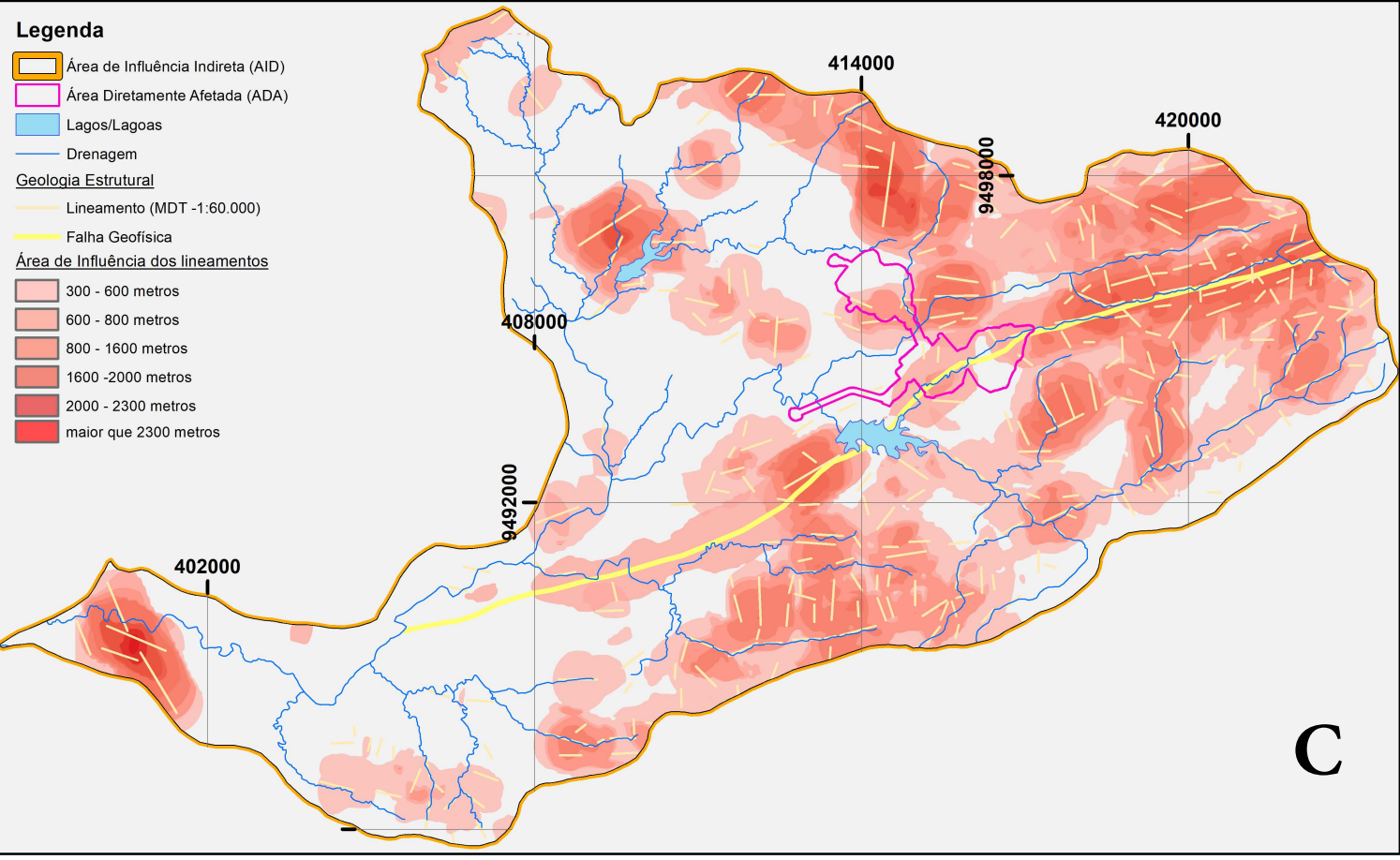
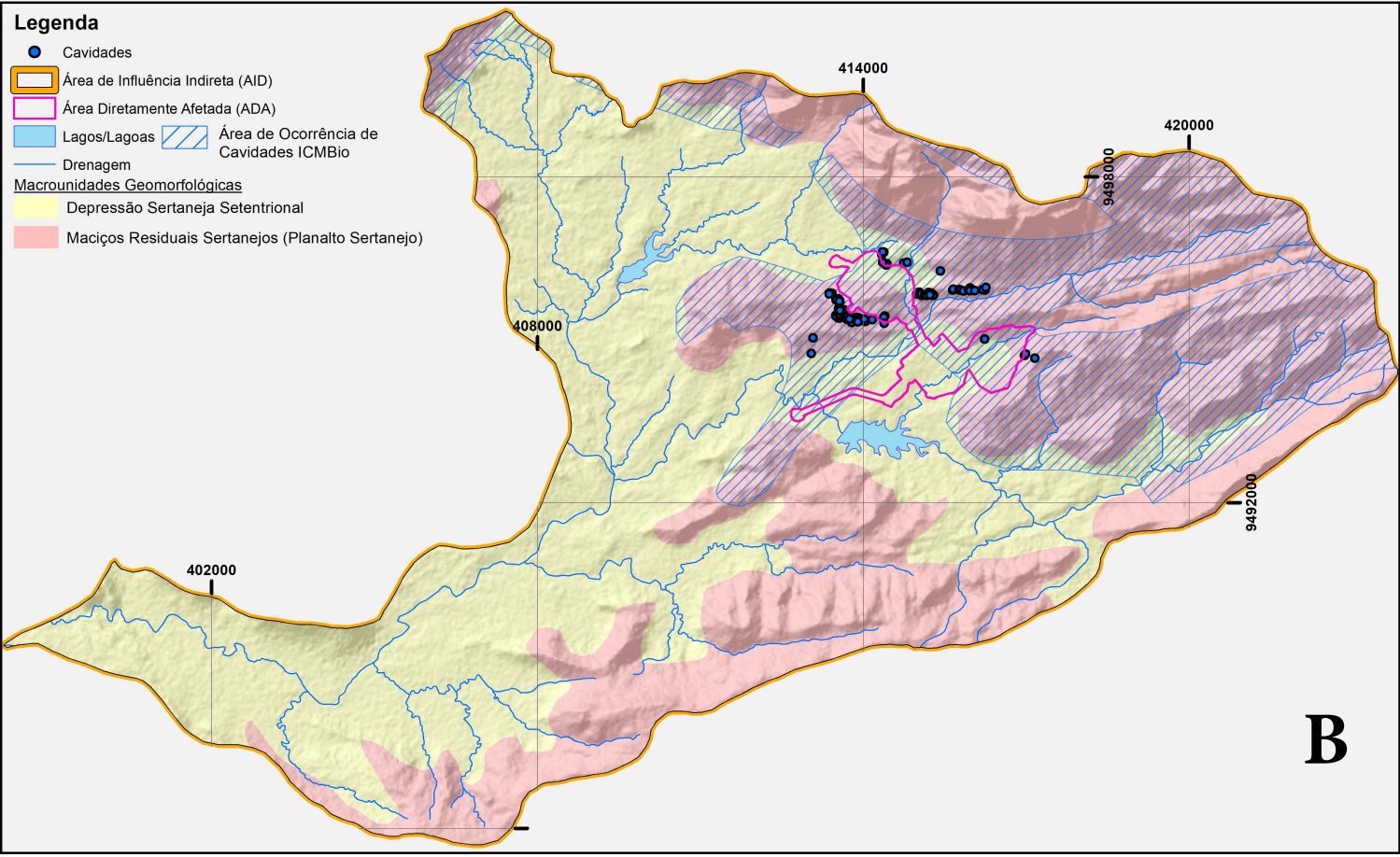
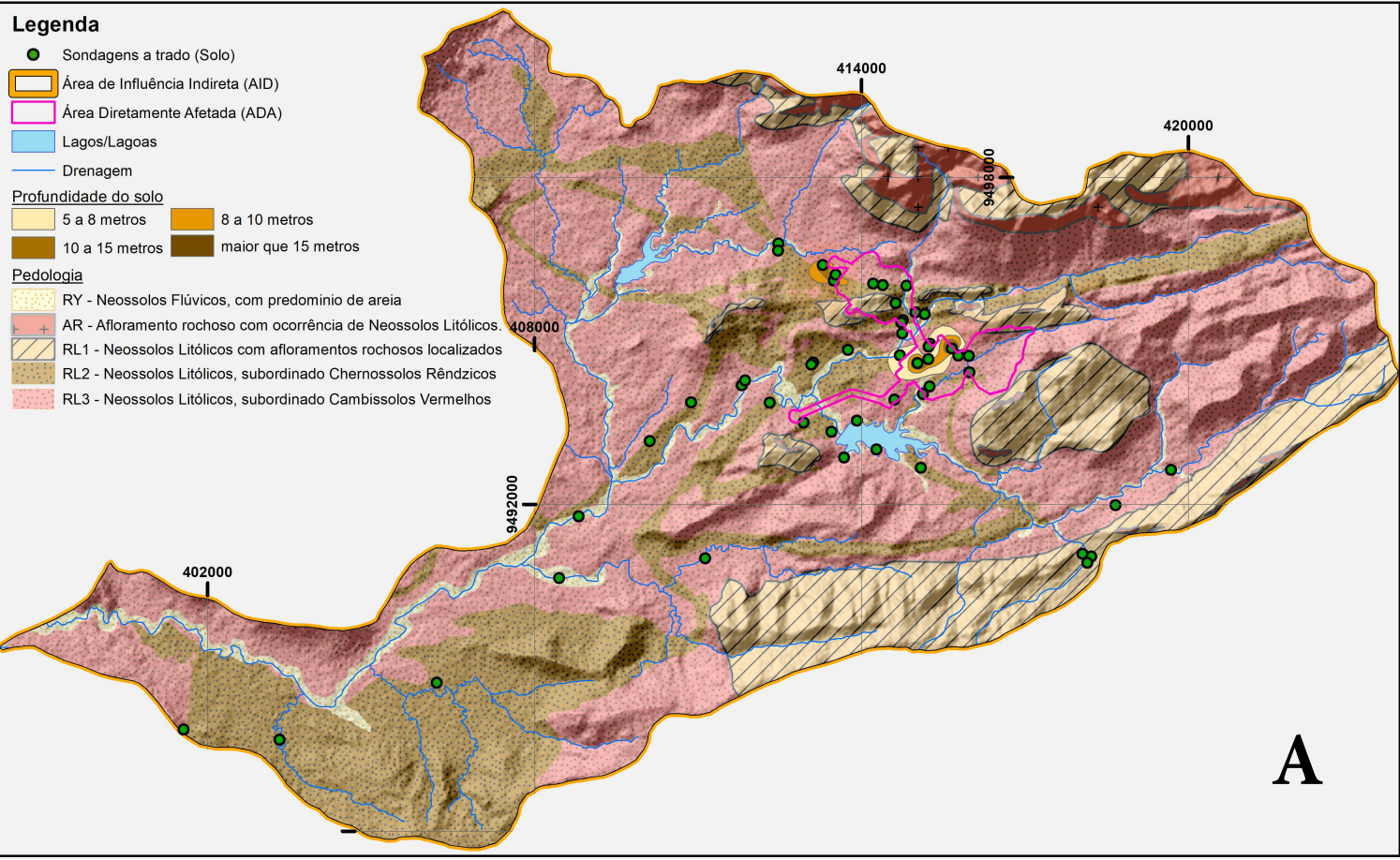
Outro fator importante para a recarga dos aquíferos é a estrutural. Assim, foi mapeado na escala de 1:60.000 com o uso de MDT (*Alaska Satellite Facility* - 11,5 metros de precisão do pixel), todos os lineamentos da AID e integrados com os dados de mapeamento geofísico para obter as falhas e fraturas sotopostas a camadas sedimentares do quaternário. Através do geoprocessamento foi calculada a área de influência dos lineamentos de acordo com sua extensão, gerando um mapa de calor para os lineamentos de menor para maior importância.

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 migrar para o domínio geomorfológico A.1.1., representado por um relevo de colinas alongadas, declividade inferior a 5°, 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. Para melhor detalhamento do comportamento do relevo, foi gerado o mapa de declividade com o uso de MDT junto a classificação da EMBRAPA (1979). Assim os relevos com declividades inferiores a 20° foram considerados de maior potencial de recarga, enquanto os de 20° a 45° possuem pouca influência, sendo uma zona de transição para as áreas de maior declividade (acima de 45°), onde o efeito de escoamento está mais presente que a infiltração e recarga.

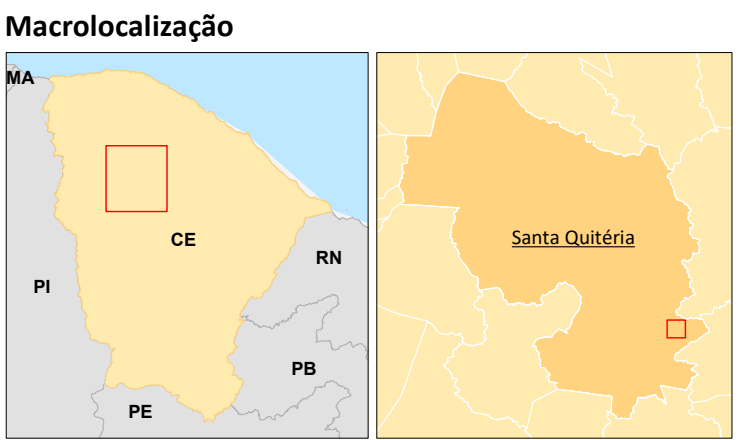
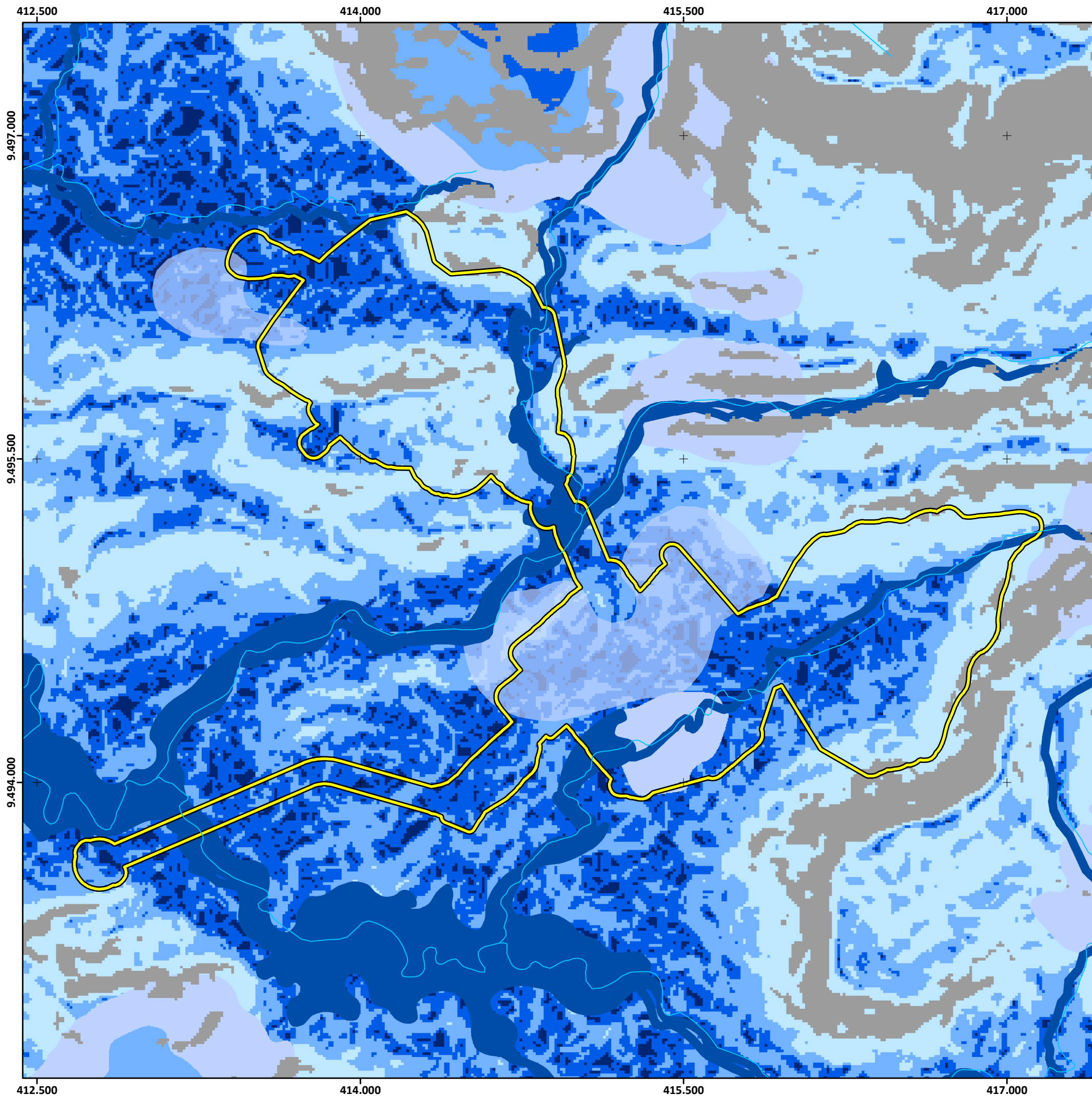
Tanto as águas superficiais como as subterrâneas tendem a se deslocar condicionadas principalmente pelos efeitos gravitacionais das diferenças de potencial da maior para menor carga hidráulica, com direção de fluxo de NE para SW, encaixados em planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas.

Com base nas colocações apresentadas neste capítulo, identifica-se que as zonas de recargas principais dos aquíferos subterrâneos na AID/ADA são dependentes do aporte superficial através do escoamento e infiltração ao longo das estruturas geológicas, cavidades e principalmente nas drenagens intermitentes, quase que restritas às áreas de baixa declividade, face à favorabilidade ao escoamento superficial de promover uma menor taxa de infiltração em encostas com maiores declividades. Assim, foram elaborados o Mapa 11.1-29 e Mapa 11.1-30, das zonas de recarga na AID/ADA.









**Legenda**

**Referência Locacional**

- - - Limite Municipal

**Áreas de Influência**

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

**Hidrografia**

Cursos d'água

**Recarga do Aquífero**

Nulo ou predomínio de escoamento

Baixa Recarga

Média Recarga

Alta Recarga

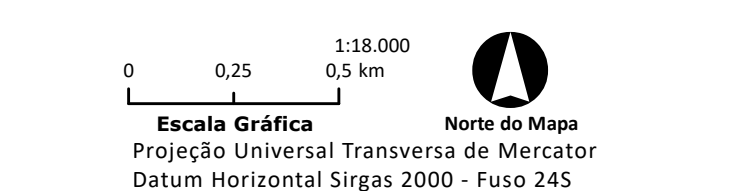
Altíssima ou Predomínio de Recarga

**Fonte:**

BTB Explorers, 2023. Recarga de Aquífero.

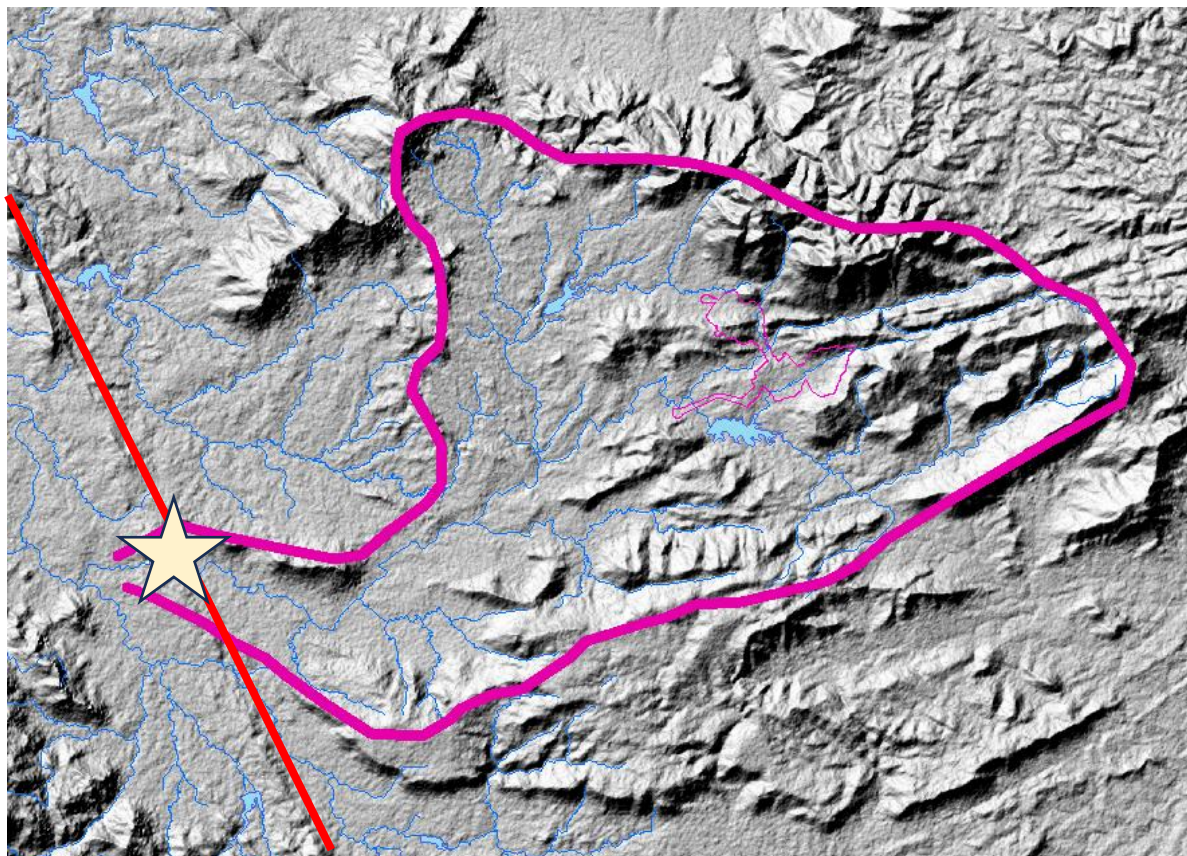
IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.

IPECE, 2023. Drenagens superficiais do Estado do Ceará.



Projeto: <b>Projeto Santa Quitéria</b>		
Título: <b>Zona de recarga da ADA</b>		
Formato <b>A3</b>	Escala <b>1:18.000</b>	Folha <b>Única</b>
Data <b>07/08/2025</b>	Localização <b>Santa Quitéria / CE</b>	
Elaborado <b>Patrick Martins</b>		Aprovado <b>Thamiris Cristina Costa Basilio</b>

Vale ressaltar, que como o fluxo do aquífero segue preferencialmente os canais de drenagens e estruturas geológicas, os principais pontos de descargas ocorrem principalmente na região de desague do Riacho Mulungu com o Rio Groaíras, no extremo oeste da AID. Como a região está limitada pelas serras e colinas, quase em um formato de pinça (Figura 11.1-267), o fluxo é “aprisionado” as condições topografia e estruturas geológicas.



**Figura 11.1-267:** Em rosa estão delimitados, aproximadamente, os divisores de água no entorno da ADA. Marcado com uma estrela branca, está o encontro da bacia hidrográfica do Mulungu com o Rio Groaíras, principal ponto de descarga do aquífero.

*Elaborado por BTB Explorers (2023).*

Outro ponto de importante, é a presença da Falha do Rio Groaíras, que delimita o contato entre as rochas ígneas e metamórficas das metassedimentares que predominam em toda AID. Devido a sua grande extensão a falha atua como um canal para o fluxo aquífero seguir sentido NW, delimitando o sentido do ponto de descarga do aquífero em relação a AID.



#### 11.1.11.2.10. Análise da Vulnerabilidade dos Aquíferos

A análise da vulnerabilidade dos aquíferos na AID e ADA, 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.

Sendo assim, o índice de vulnerabilidade é determinado como a multiplicação dos valores obtidos em cada fator, na Figura 11.1-268, com o fluxograma de análise do índice GOD. Todos os parâmetros possuem o mesmo nível de importância.

Para melhor adaptação do método a realidade física da área do empreendimento, os parâmetros adotados são os utilizados no mapeamento das áreas de recarga, exemplificado no Quadro 11.1-20, onde foi atribuído valores de 0,0 a 1,0 para cada um dos parâmetros e depois dividido para obtenção da média.



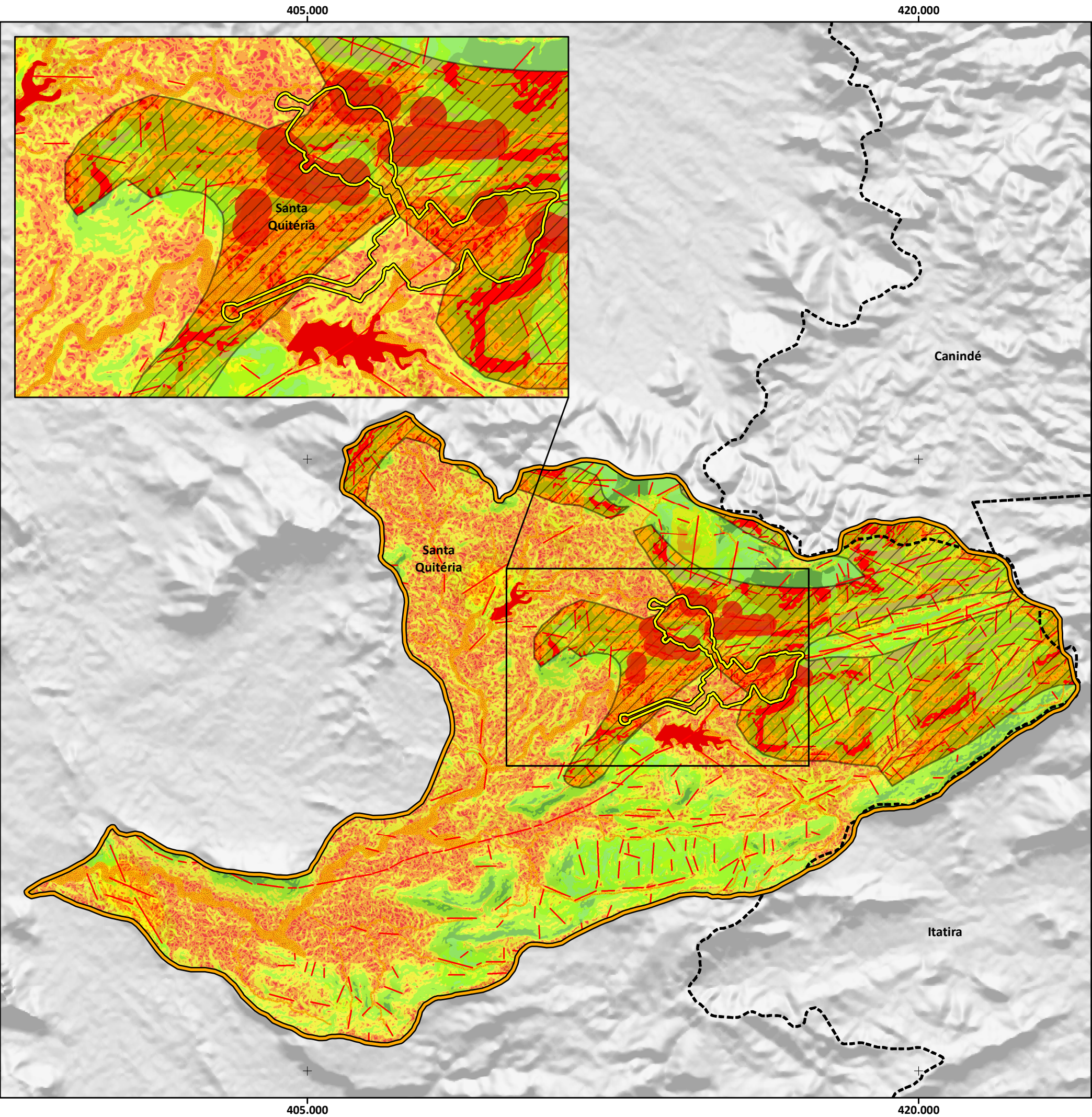
**Quadro 11.1.11-20: Sistema de valorização dos parâmetros físicos do empreendimento (adaptação do sistema GOD).**

Área	Parâmetros		Vulnerabilidade
Geologia	Reologia	Cristalino	Média
		Cárstico	Extrema
	Estrutural	Ausência ou até 1000 metros	Insignificante
		até 1600 metros	Baixa
		até 2200 metros	Média
		maior que 2700	Alta
Espeleologia	Cavidades	Ausência	Insignificante
		Presença	Extrema
Pedologia	Profundidade do solo em áreas com baixa declividade	< 5 metros	Alta
		> 5 metros	Média
Geotecnia e Geomorfologia	Relevo (EMBRAPA)	0 - 3 % de declividade	Extrema
		3 - 8 % de declividade	Alta
		8 - 20 % de declividade	Média
		20 - 45 % de declividade	Baixa
		> 45 % de declividade	Insignificante
Hidrografia	Sedimentos Aluvionares	Ausência	Insignificante
		Presença	Alto
	Corpo Hídrico	Ausência	Insignificante
		Presença	Extrema
Valores: Insignificante (0,0); Baixa (0,3); Média (0,5); Alta (0,7); Extrema (1,0)			

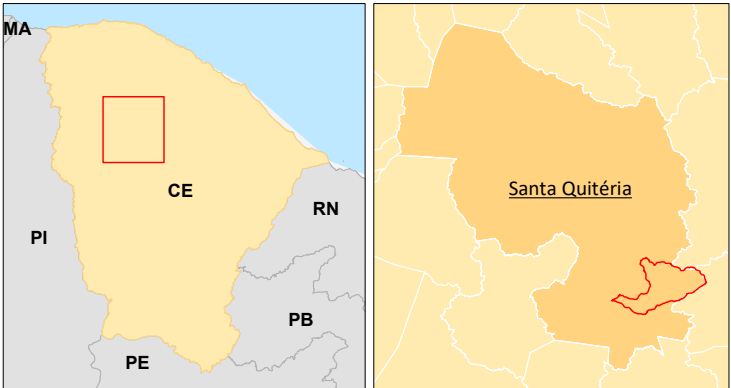
Fonte: Adaptado de Foster e Hirata (2006).

Para a integração das áreas de estudo levantadas durante o estudo, foi caracterizado os principais parâmetros com capacidade de influenciar a vulnerabilidade do aquífero. Assim, estabelecendo os valores, foi possível a confecção do Mapa 11.1-31 da AID e Mapa 11.1-32 da ADA, demonstrando as porções com maior e menor vulnerabilidade, segundo os padrões de classificação do método GOD.





### Macrolocalização



### Legenda

#### Referência Locacional

--- Limites Municipais

#### Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Área de Influência Direta (AID)

#### Lineamentos

Lineamentos Traçados por MDT e Geofísica

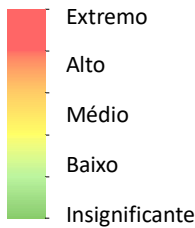
#### Área de Ocorrência de Cavernas

Área de Ocorrência de Cavernas

#### Quaternário e áreas de escoamento de drenagem

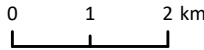
Quaternário e áreas de escoamento de drenagem (Buffer de 20 metros)

#### Vulnerabilidade do aquífero à contaminação - (Método GOD)



#### Fonte:

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
BTBEXPLORERS, 2023. Área de Ocorrência de Cavernas,  
Quaternário e Áreas de Escoamento de Drenagem,  
Vulnerabilidade do Aquífero à Contaminação, Lineamentos.



#### Escala Gráfica

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



#### Norte do Mapa



Projeto:

**Projeto Santa Quitéria**

Título:

**Vulnerabilidade do Aquífero - AID**

Formato

A3

Escala

1:97.000

Folha

Única

Data

07/08/2025

Localização

Santa Quitéria / CE

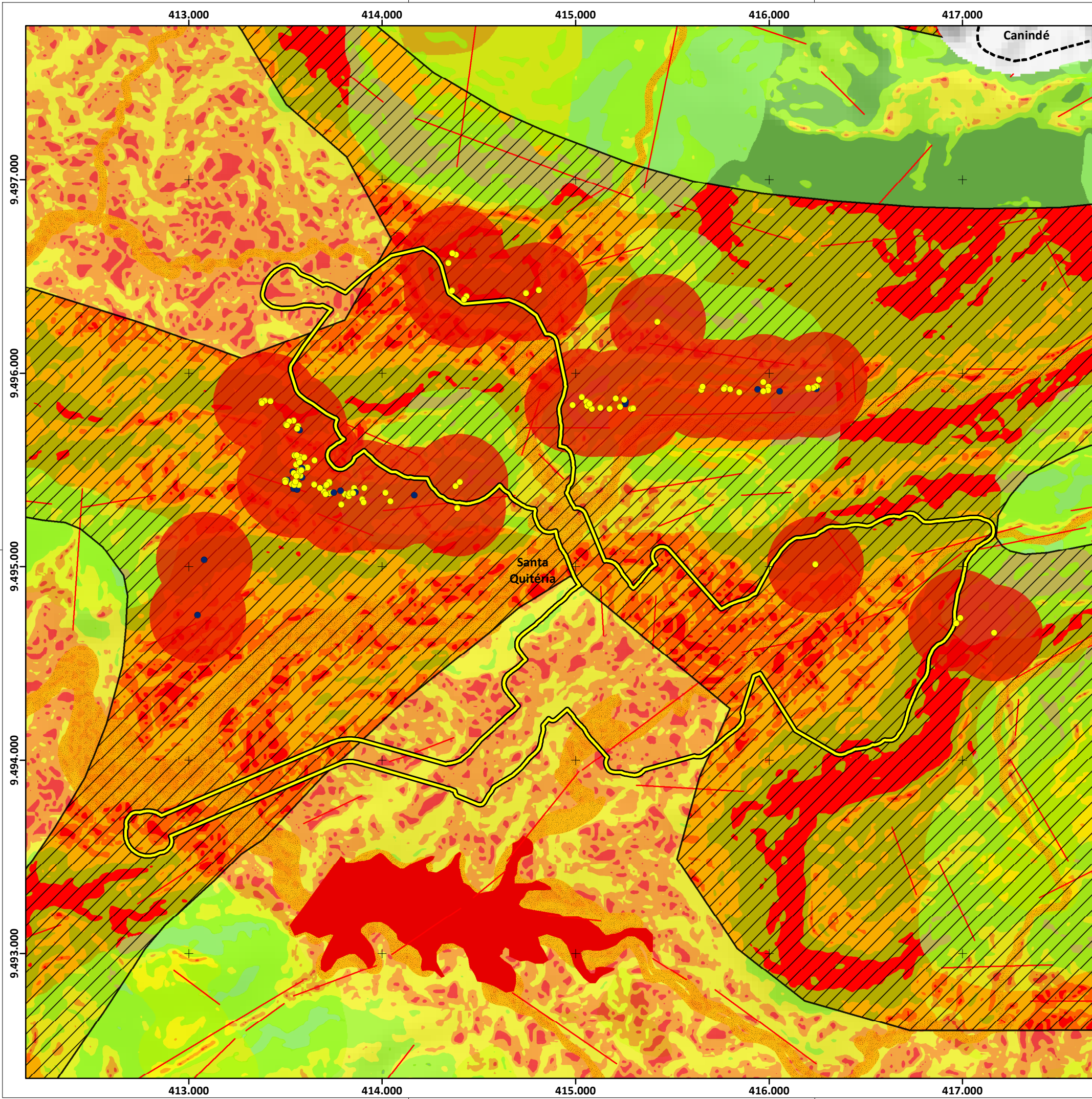
Elaborado

Patrick Martins

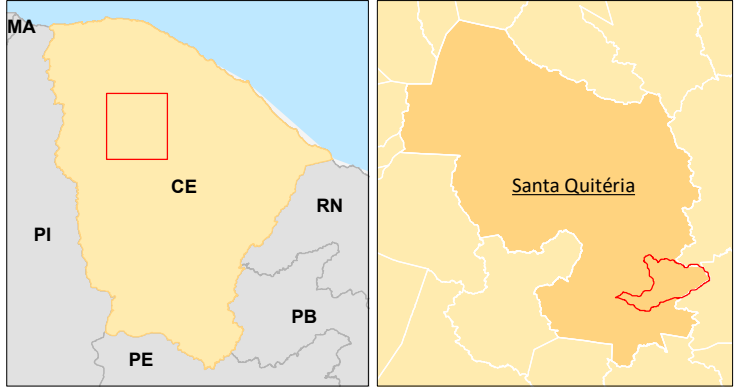
Aprovado

Thamiris Cristina Costa Basilio





Macrolocalização



Legenda

Referência Locacional

Limites Municipais

Áreas de Influência

Área Diretamente Afetada (ADA)

Lineamentos

Lineamentos Traçados por MDT e Geofísica

Área de Ocorrência de Cavernas

Área de Ocorrência de Cavernas

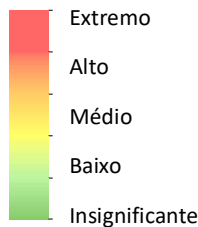
Quaternário e áreas de escoamento de drenagem

Quaternário e áreas de escoamento de drenagem (Buffer de 20 metros)

Cavidades (relevância)

- Relevância Máxima
- Relevância não-máxima

Vulnerabilidade do aquífero à contaminação - (Método GOD)



Fonte:

IBGE, 2022. Limites Municipais do Estado do Ceará.  
BTBEXPLORERS, 2023. Área de Ocorrência de Cavernas, Quaternário e Áreas de Escoamento de Drenagem, Vulnerabilidade do Aquífero à Contaminação, Lineamentos.



Projeto:

Projeto Santa Quitéria

Título:

Vulnerabilidade do Aquífero - ADA

Formato

A3

Escala

1:20.000

Folha

Única

Data

12/09/2025

Localização

Santa Quitéria / CE

Elaborado

Patrick Martins

Aprovado

Thamiris Cristina Costa Basilio

A região conta com dois lagos, que foram considerados de extrema vulnerabilidade para o aquífero, devido à susceptibilidade para recarga do aquífero. Porém, as áreas de maior vulnerabilidade estão concentradas nas regiões próximas a áreas planas (entre 0 e 8 % de declividade), essas, em sua maioria estão localizadas principalmente nas unidades geomorfológicas da Depressão Sertaneja. Porém, as regiões com alta declividade na porção norte-nordeste, por mais que em sua maioria representem baixa vulnerabilidade, estão inseridas em regiões com intenso controle estrutural com lineamentos (falhas e fraturas) mapeáveis por MDT e Geofísica, propiciando a formação de cavidades, principalmente nas litologias metacarbonáticas.

Com os mapeamentos do patrimônio espeleológico, foram levantadas 124 cavidades com mais de 5 metros na região da ADA e seu entorno. Inseridas especialmente no terço médio e superior dos morros residuais que formam Inselbergs da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo, possuem como substrato as rochas carbonáticas (89%) e os gnaisses (11%). Assim, devido ao alto índice de vulnerabilidade do sistema Cárstico, foi gerado um *buffer* do entorno das cavidades com índice de vulnerabilidade extrema. Como as rochas carbonáticas da região, em sua maioria, apresentam comportamento de condutividade semelhante aos paragneisses, foi adotado como zona cárstica apenas as regiões com cavidades mapeadas e as áreas inseridas no polígono de Áreas de Ocorrências de Cavernas no Brasil (Cadastro Nacional de Informações Espeológicas - CANIE, 2018).

Como a maior parte das cavidades estão inseridas nas regiões de morros residuais, as áreas com declividade superiores a 45% e que estivessem inseridas no polígono da CANIE, foi considerado aquífero Cárstico e seu patamar elevado para extrema vulnerabilidade.

De forma geral, a região conta com baixa espessura da cobertura pedológica, em sua maioria contando com camadas associadas ao manto de alteração da rocha. Os solos em sua maioria apresentaram condutividade semelhantes, e sua composição areno argilosa. Em quase toda AID as camadas estão abaixo dos 5 metros, com média de 1 metro de profundidade durante as sondagens para ensaios de permeabilidade e a trado. Próximo à área da mina e instalação do complexo industrial, foram encontradas as maiores profundidades, chegando em torno de 18 metros em alguns furos. Assim, para as regiões com solo acima de 5 metros e com declividade superior a 3 %, foi considerado como média vulnerabilidade.

Os resultados apontam para uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcântil) onde há afloramentos rochosos nos Inselbergs da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo, e vulnerabilidade média a alta para Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas) e o meio poroso nas áreas com baixa declividade.



Vulnerabilidade extrema significa que o aquífero é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido. Já a vulnerabilidade média a alta significa que o aquífero e o meio poroso são vulneráveis 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.

#### *11.1.11.3. Modelo Hidrogeológico Conceitual - ADA*

O modelo hidrogeológico conceitual da ADA (MHC-ADA), foi elaborado a partir da análise integrada das informações apresentadas nos capítulos de Clima (11.1.1), Geomorfologia (11.1.4), Pedologia (11.1.5) Geotecnia (11.1.6), Geologia (11.1.7), e Espeleologia (11.1.13) na ADA e no seu entorno na AID.

O modelo apresentado segue os preceitos do ciclo hidrológico tradicional, de modo a caracterizar a dinâmica das águas com origem intempérica que abastecem os sistemas hidrográficos superficiais e os hidrogeológicos subterrâneos, integrando dados locais levantados neste trabalho, das precipitações pluviométricas, do balanço hídrico, do meio poroso representado por depósitos quaternários e mantos de alteração (solo de alteração) que compõe as camadas superficiais de cobertura das unidades aquíferas representadas pelas unidades aquíferas fraturadas e cársticas existentes na ADA/AID. Para melhor apresentação o modelo foi subdividido em tópicos, conforme abaixo:

##### *11.1.11.3.1. Clima e Hidrografia*

Segundo dados de pluviosidade apresentados no capítulo de Clima (11.1.1), as estações e postos avaliados mostraram diferença entre si, mas com um mesmo comportamento no que se refere a distribuição das chuvas ao longo do ano, verificando-se a concentração de chuvas entre os meses de dezembro a maio (maiores índices entre março e abril) e queda dos índices pluviométricos entre os meses de agosto e novembro. Os dados da estação Itataia da Funceme, localizada na propriedade da INB, foram exceção. Naquele local 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.

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.

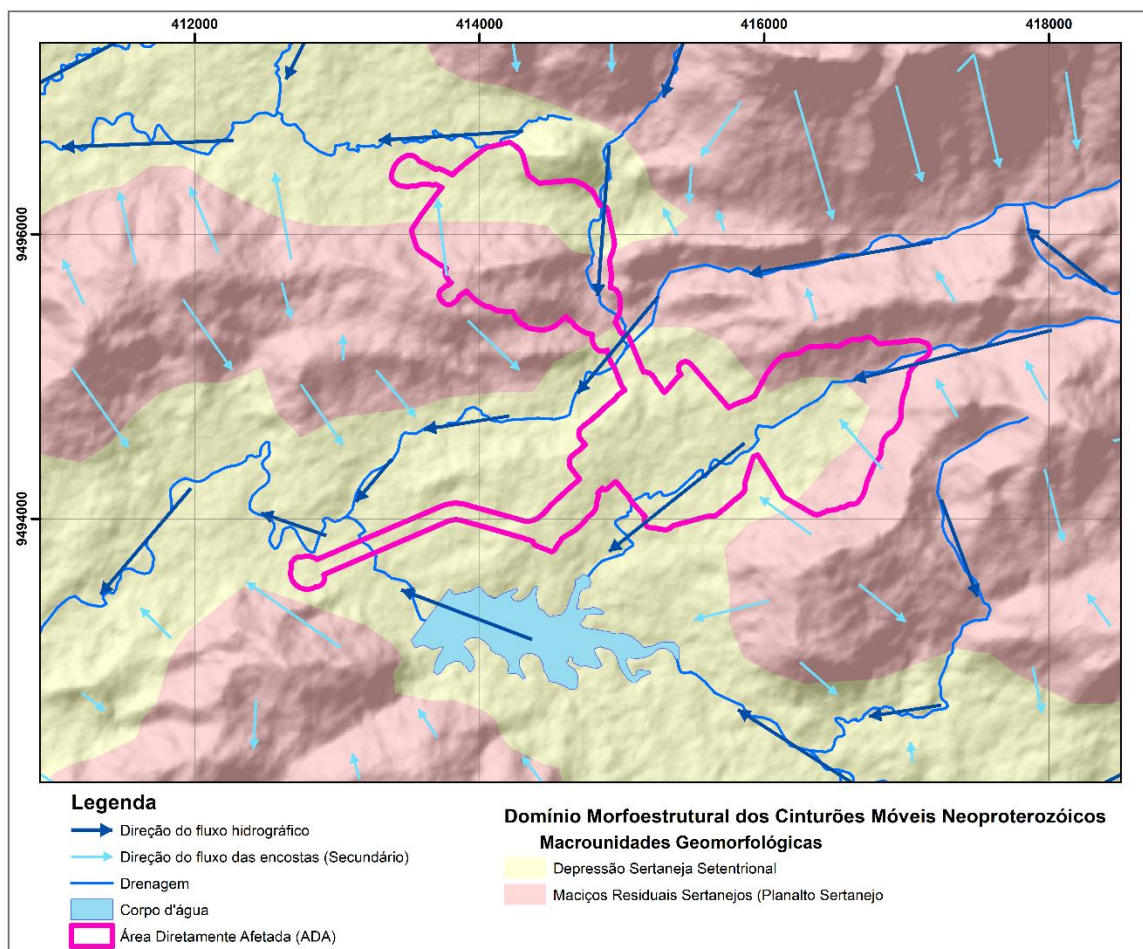
Os dados relativos ao balanço hídrico calculados com a ferramenta denominada Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO), vinculada ao próprio INMET, e os dados das Normais (1992-2023) da estação Quixeramobim, apresentados no item de Balanço Hídrico (11.1.1.3.6), indicam que a região se caracteriza por balanço hídrico significativamente negativo, típico do semiárido brasileiro, cuja evapotranspiração real (ETR) ultrapassa a precipitação na maior parte do ano. Mesmo nos meses de março e abril, quando os valores de precipitação são maiores do que a evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), o excedente hídrico na região é muito baixo, sendo inferior a 20 mm. Este valor não é superado em nenhum outro período do ano, o que indica a predominância de um ambiente de déficit hídrico durante o ciclo climatológico anual.

Os dados relativos às águas superficiais, apresentados no capítulo de Hidrologia (11.1.8), indicam fatores que limitam o fluxo dos recursos hídricos superficiais, tais como: topografia desfavorável com rápido escoamento superficial, intensa evaporação, pequena infiltração e grande variabilidade de deflúvios; os levantamentos de campo identificaram ausência de água em riachos de padrões dendríticos e intermitente. Não foram observadas áreas assoreadas ou de maior probabilidade de assoreamento ou de ocorrência de enchentes, veredas, lagoas marginais ou regiões de baixo e saturadas.

A partir das precipitações pluviométricas que ocorrem na região, as drenagens providas do escoamento superficial intermitente do Planalto Residual Sertanejo, desaguardam no Domínio Geomorfológico A.2.2 da Depressão Sertaneja, promovendo um incremento hídrico superficial com deslocamento condicionado principalmente pelos efeitos gravitacionais, com direção de fluxo de NE para SW, de forma encaixada entre planos de fraquezas da zona de cisalhamento da Falha do Riacho Guaribas, com infiltração para o subsolo através do meio poroso. Seguindo este fluxo NE para SW da zona de cisalhamento do Riacho Guaribas, as águas superficiais do domínio geomorfológico A.2.2, tendem a desaguardar no domínio A.1.1., representado por um relevo de colinas alongadas, declividade inferior a 5°, 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. O Mapa 11.1-33 apresenta o mapa com as direções de fluxo das águas superficiais da ADA.



Mapa 11.1-33: Direção do fluxo das águas superficiais e do sentido das vertentes das encostas, sotopostos ao mapa dos domínios morfoestruturais da área da ADA.



Elaboração: BTB Explorers, 2023.

Em todas as etapas de levantamento de campos envolvendo sondagens e levantamentos geofísicos, não foi identificado acúmulo de água no meio poroso, justificado pelo balanço hídrico significativamente negativo, típico do semiárido brasileiro, onde o excedente hídrico na região é muito baixo, sendo inferior a 20 mm.

#### 11.1.11.3.2. Meio Poroso - Coberturas Superficiais

A recarga promovida pela água superficial para a água subterrânea, está diretamente relacionada à ocorrência de chuvas e a infiltração pelo solo superficial e depósitos quaternários. A relação entre as águas subterrâneas e superficiais, é de caráter influente, onde as águas superficiais contribuem para o abastecimento do meio poroso, que só ocorrem nos momentos das chuvas. Cessando o aporte do regime pluvial, não ocorre abastecimento perene das drenagens a partir do 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 (Quadro 11.1.11-21).

**Quadro 11.1.11-21: Características do meio poroso na AID/ADA.**

CARACTERÍSTICA	FORMAÇÃO BARRIGAS	FORMAÇÃO ALCANTIL
Espessura manto alteração (I)	1,0 a 18,0 m	<1,0m
Composição (II)	Areno siltosa c/ argila	Argilo Arenoso c/ silte
Densidade dos grãos (II)	2,5 a 2,6 (g/cm <sup>3</sup> )	2,4 a 2,5 (g/cm <sup>3</sup> )
Densidade do solo (II)	1,3 a 1,8 (g/cm <sup>3</sup> )	1,3 a 1,4(g/cm <sup>3</sup> )
Porosidade total (II)	24 a 32%	41 a 45%
Porosidade específica (II)	3 a 7%	10 e 13%
Classe de permeabilidade (II)	Média a alta	Baixa a média
Condutividade hidráulica (II)	10 <sup>-04</sup> cm/s	10 <sup>-04</sup> a 10 <sup>-06</sup> cm/s
Classificação pH (II)	Ácido (médio a forte)	Alcalino (fraco)
Fração de Carbono Orgânico (II)	0,11 a 0,22%	0,32 a 1,17%
Matéria Orgânica (II)	0,55 a 2,0%	0,19 a 0,38%
Condutividade elétrica (III)	0,14 a 0,49%	0,21 a 0,56%

CARACTERÍSTICA	FORMAÇÃO BARRIGAS	FORMAÇÃO ALCANTIL
Umidade natural (IV)	15 a 23%	29 a 33%
Conteúdo de água (IV)	5 a 7%	9 a 10
Água disponível (IV)	8 a 9 %	13%

*I - Furos de sondagem rotativas (ARCADIS 2014 e GeoHidro 2022); II - Ensaio de permeabilidade com amostragem para análise laboratorial (ARCADIS 2014 e BTB Explorers 2021 e 2023) e sondagens a trado com análise laboratorial (ARCADIS 2014 e GeoHidro 2022); III - Levantamento Geofísico (2021). IV Parâmetros Físico-Químicos do solo (ARCADIS, 2014)*

*Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de ARCADIS, 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.

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 é 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 Ensaio 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.

As formas de ocorrência da água subterrânea na AID/ADA, estão condicionadas aos meios fraturado e cárstico. As unidades aquíferas presentes na ADA são a MC1 que corresponde as rochas da formação Alcantil e a 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 (11.1.7) e através dos mapas e perfis.

#### 11.1.11.3.3. Meio fraturado

O meio fraturado é anisotrópico, com sua condutividade hidráulica diretamente relacionada às estruturas representantes da porosidade secundária, caracterizado 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 (Unidade Aquífera MC1) é formada por mármore calcítico quase puro, mármore dolomítico e rocha cálcio-silicática, com espessura variando, em média, de 40 a 150 m. A Formação Barrigas (Unidade Aquífera MS1) é formada por biotita gnaisses com sillimanita e porfiroblastos de granada, espessura variando de 10 a 60 m, conforme observada em seções geológicas verticais (ALCÂNTARA & 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 (Quadro 11.1.11-22).

**Quadro 11.1.11-22: Características do meio fraturado na AID/ADA.**

FORMAÇÃO	COMPOSIÇÃO	K* (CM/S) (IV)	MECANISMO DE RECARGA	CONDICIONANTE	
				PRINCIPAL	SECUNDÁRIO
Barrigas	Gnaiss	$10^{-06}$ a $10^{-09}$	Percolação via meio poroso	Estruturas Geológicas	Abertura
Alcantil	Mármore	$10^{-06}$	Percolação via meio poroso	Porosidade Secundária	Preenchimento Frequência

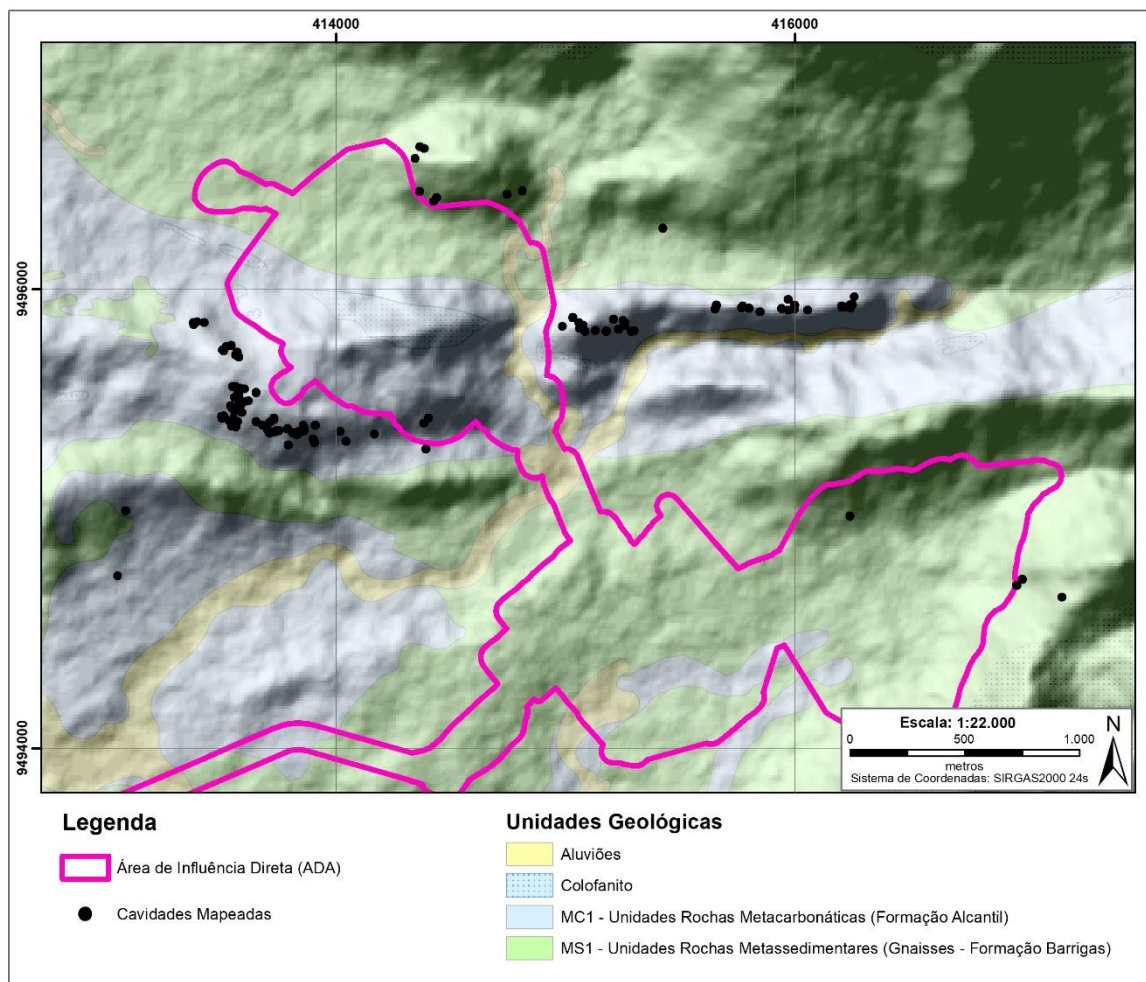
\*(K) Condutividade hidráulica; \*\* Em menores quantidades. IV - Ensaios de Permeabilidade (ARCADIS 2014 e BTB Explorers 2021 e 2023).

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

#### 11.1.11.3.4. Meio Cárstico

O aquífero cárstico é típico dos Mármore da Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1) e ocorre apenas em zonas restritas inseridas especialmente no terço médio e superior dos morros residuais que formam Inselbergs da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo (Mapa 11.1-34). Secundariamente, ocorrem cavidades na Formação Alcantil (Unidade Aquífera MS1), devido ao interdigitamento das camadas metacarbonáticas do MC1, com os paragneisses do MS1, próximo ao contato entre as duas unidades. As discontinuidades geradas por dissolução, estão diretamente relacionadas as ocorrências de fraturas, falhas e contatos.

Mapa 11.1-34: Cavidades mapeadas pela Carste. Das 124 cavidades, 89% estão sobre substrato de rochas carbonáticas e 11% sobre rochas paragnaissicas.



Elaboração: BTB Explorers, 2023.

Os principais fatores condicionantes do armazenamento e da transmissividade da água subterrânea neste tipo de aquífero, estão relacionados principalmente às configurações geométricas das cavidades, e à 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 à 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, e nas porções da jazida com intercalação de rochas da unidade MS1 (biotita gnaisses) e dos mármores da unidade MC1, apresentam permeabilidade superior à 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. Porém, alguns poços próximos a zona de influência cársticas, apresentaram água e carga hidráulica média de 405,68 metros (PM - 11) e 438,86 metros (PM-06), nas medições de 2022 e 2023 e com condutividade hidráulica de  $10^{-9}$  m/s e  $10^{-6}$  m/s respectivamente. Ambos os poços foram descritos pela INB, onde o PM-11 é formado por mármores dolomítico com níveis fraturados, enquanto o PM-06 é formado por granada biótica gnaiss com alteração A1, e 10 metros de manto de alteração de grau A3 com solo regolítico.

**Quadro 11.1.11-23: Características principais do meio cárstico na AID/ADA.**

MEIO	FORMAÇÃO	COMPOSIÇÃO	K* (CM/S)	MECANISMO DE RECARGA	CONDICIONANTE	
					PRINCIPAL	SECUNDÁRIO
Cárstico	Alcantil	Metacarbonática	Não avaliado cavidades sem água	Percolação	Dissolução em Estruturas Geológicas	Cavidade e Geometria

\*(K) Condutividade hidráulica

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

#### 11.1.11.3.5. Escoamento e direção de fluxo

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 três indicadores de direção de fluxo da água subterrânea no mapa potenciométrico (Mapa

11.1-27). As setas identificadas azul claro (medidas através do mapeamento de direção de fluxo através de geoprocessamento) e azul escuro (direção preferencial dos canais de drenagem) para a condicionante do relevo com influência direta no gradiente hidráulico; e em vermelho as direções de fluxo sob condicionantes estruturais, ainda assim, considerando que mesmo captadas 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, devido ao aquífero ser condicionado pelas estruturas geológicas dos aquíferos fraturados.

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.

Vale ressaltar que a confecção do mapa potenciométrico da ADA (Mapa 11.1-28), foi utilizado como base apenas a carga hidráulica obtida dos poços de monitoramento, durante as quatro etapas de campo (setembro de 2022 a julho de 2023) do PMRA. O mapa demonstrou que o fluxo preferencial NE para SW também se reflete na ADA e consequentemente nos poços monitorados, respeitando a topografia local e as estruturas geológicas.

#### 11.1.11.3.6. *Nível d'água x Sazonalidades*

Quanto ao nível d'água subterrânea, é observado ao longo dos anos na antiga rede de poços de monitoramento instalada em 2011, a diminuição natural do volume de água nos aquíferos subterrâneos até 2021, o que sugere um balanço hídrico subterrâneo negativo na região.

As medições de nível d'água realizadas nos meses de dezembro de 2022 e janeiro de 2023 na nova rede de poços de monitoramento, indicam alguma recarga do aquífero, com sua estabilização nos meses seguintes de março a abril de 2023, assemelhando-se aos padrões iniciais de setembro e outubro de 2022.

De forma geral, os poços pertencentes a unidade MC1 apresentaram pouca variação de nível d'água durante os períodos chuvosos e de seca. Por outro lado, essas variações são muito visíveis nos poços instalados no aquífero compostos pelas rochas MS1 com maiores variações no PM-01. Já em outros poços da unidade MS1, a variação é praticamente nula,



como nos poços PMs-03,14, 21 e 22, constituído principalmente por rochas gnáissicas. Cabe ressaltar que todos os poços estão localizados próximos a áreas de drenagem, fraturamento e/ou contatos geológicos, sugerindo uma possível área de intensa recarga aquífera.

Estes dados indicam que o nível d'água dos aquíferos subterrâneos, refletem em alguns pontos as condições de pluviosidade ano hidrológico, com aumento do nível d'água em períodos com condições pluviométricas favoráveis a recarga dos aquíferos e diminuição do nível d'água em períodos prolongados de seca. Esses dados refletem principalmente com os estudos do clima, que apresentaram uma crescente das chuvas no ano de 2023.

#### 11.1.11.3.7. Interceptação do nível d'água pela cava

Considerando que o pit final de escavação está previsto na cota 400 metros, e que os poços PC-01, PC-02, PC-06, PC-08 e PC-10 (Quadro 11.1.11-24), instalados em 2022 no entorno próximo da área da mina, apresentam valores de carga hidráulica acima de 400,00 metros em todas as medições realizadas ao longo de 02 estações secas e 02 estações chuvosas, deve ser prevista a interceptação do nível d'água na área da cava, o que torna necessário prever um sistema de rebaixamento e controle do nível d'água subterrâneo, específico para área da cava de modo a evitar o alagamento da mesma.

**Quadro 11.1.11-24: Poços do mais próximos do entorno da área da cava.**

Poço	Cota do Poço	Cargas Hidráulicas			
		Set/Out (2022)	Dez (2022) /Jan (2023)	Mar/Abr (2023)	Jul (2023)
PC-01	465,71	416,71	439,44	449,33	439,32
PC-02	459,81	438,03	437,31	438,00	450,18
PC-06	467,50	444,00	443,88	440,80	463,61
PC-08	444,98	437,41	437,58	438,67	417,86
PC-10	430,48	400,72	410,41	426,05	417,54
Média	453,70	427,37	433,72	438,57	437,70

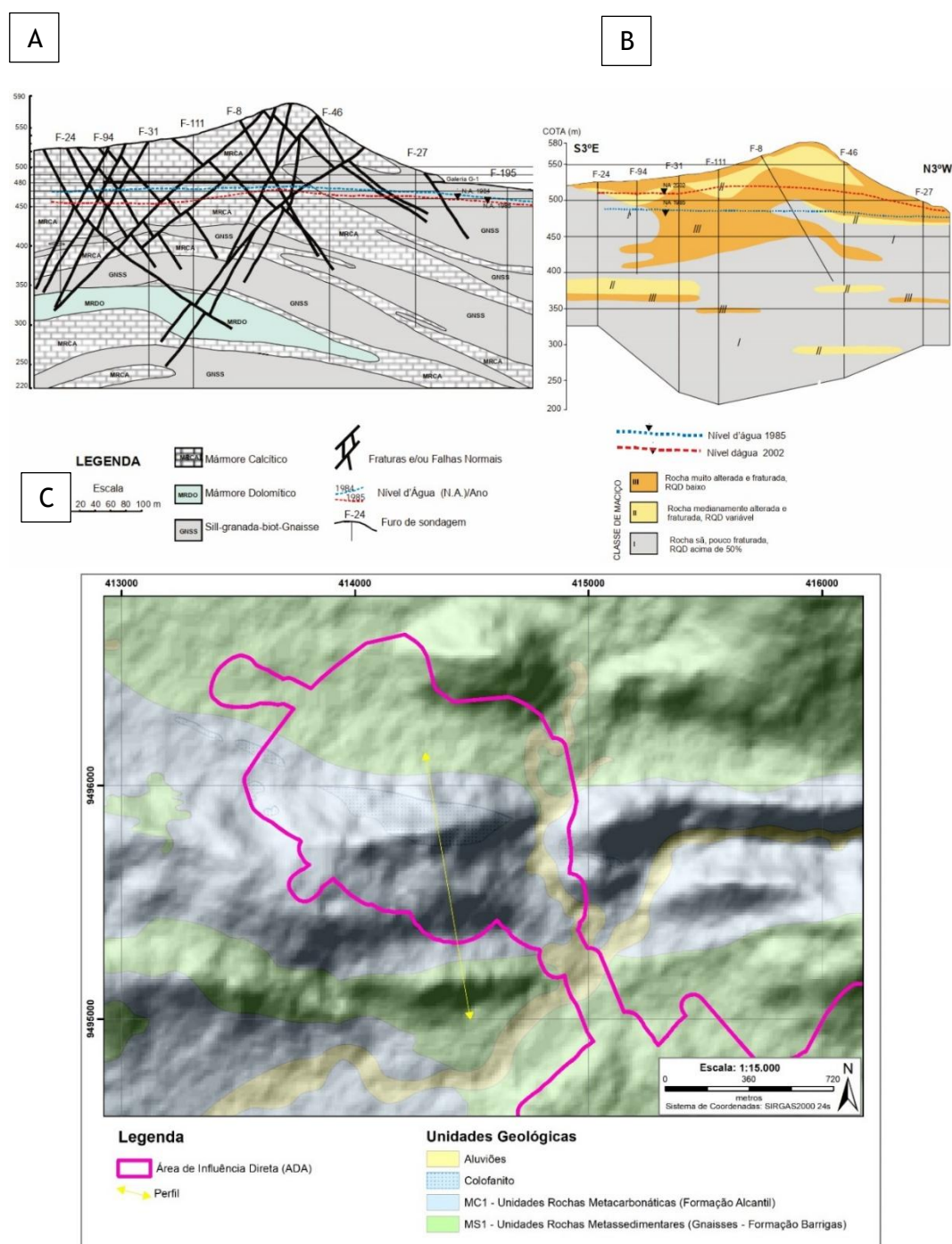
Elaboração: BTB Explorers, 2023.

#### 11.1.11.3.8. Compartimentação estrutural e litológica

A identificação da compartimentação estrutural e litológica na área da cava, pode ser observada no Capítulo de Geologia (11.1.7), que contém diversos perfis confeccionados a partir dos 250 furos de sondagens com média de 450 metros de profundidades, realizados pela INB entre 1979 e 2002. 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 todos os diferentes extratos interdigitados das rochas das Formações Barrigas e Alcantil, indicando que o regime de fluxos e intercomunicações entre os pacotes aquíferos é preferencialmente controlado pela condicionante estrutural.

Outros dois perfis importantes estão representados na Figura 11.1-269, que apresenta com maior detalhamento as fraturas do maciço rochoso, por onde há uma facilitação de percolação de águas pluviométricas para o aquífero (Perfil A). Já a figura no perfil B, apresenta o grau de alteração das rochas da região da cava, onde indica alteração do topo para a base, principalmente próximo às regiões mais fraturadas.

**Figura 11.1-269: Perfis litológicos (A) e geotécnicos (B) da área da Mina e sua localização. (C)**



Além dos diversos perfis geológicos, no Capítulo de Geologia (11.1.7), é apresentado o mapa de detalhamento 1:10.000 da ADA e seu entorno, onde é possível ver os locais de carstificação e áreas com falhas e fraturas mapeáveis. Junto a esses dados a região da cava, área industrial e pilha de fosfogesso apresenta diversos perfis geofísicos que contribuem para o entendimento do substrato rochoso da região. Por fim, a construção de um novo sistema de poços de monitoramento auxiliou para a compreensão do comportamento do aquífero na AID e a heterogeneidade das Formações Alcantil e Barrigas, que se apresentam no perfil de forma interdigitada, com mergulhos de até 30 graus e espessuras que variam de cerca de 20 m a até maiores que 100 m, explanado no item 11.1.11.3 - Modelo Hidrogeológico Conceitual - ADA.

Estas interdigitações de níveis da Formação Barrigas, que tem um comportamento fraturado, em meio a Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1), que também 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 nos contatos sub-horizontais entre as diferentes bandas ou camadas interdigitadas.

#### 11.1.11.3.9. Vulnerabilidade e Áreas de Recarga e Descargas

Os resultados apontam para uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcantil), ao norte e leste da ADA, onde há afloramentos rochosos nos Inselbergs e presença de cavidades, concentrado acima do terço médio da Depressão Sertaneja ou remanescentes do Planalto Sertanejo, e vulnerabilidade média a alta para Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas), principalmente nas regiões com alta densidade de fratura ou com baixa declividade junto ao meio poroso.

Vulnerabilidade extrema significa que o aquífero é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido. Já a vulnerabilidade média a alta significa que o aquífero e o meio poroso são vulneráveis a alguns contaminantes quando continuamente lançados ou lixiviados.

As áreas fontes de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrânea, são as próprias atividades mineiro industriais e da unidade de urânio, a serem desenvolvidas no local.

#### 11.1.11.3.10. *Favorabilidade a inundações*

Quanto à favorabilidade a inundações, a área não apresenta histórico favorável a eventos de cheia, frente aos baixos índices pluviométricos que dificilmente ultrapassam as médias de 800 mm (média do Brasil 1800 mm) ao ano, característicos do clima semiárido da região, e nos casos de ocorrência de alta densidade de precipitações pluviométricas, o solo apresenta alta taxa de condutividade, absorvendo rapidamente parte das águas pluviais. Junto a capacidade de absorção do solo, 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.

Durante os levantamentos pluviométricos de 1992 a 2023, as médias de chuvas ficaram abaixo dos 700mm, com menor média em 2022 com 222mm e maior em 2004 de 1192 mm. Vale ressaltar, que a região sofre com duras secas em períodos de El Niño, passando por três durante 1992 a 2023.

#### 11.1.11.3.11. *Resumo do Modelo Hidrogeológico*

O Quadro 11.1-123 a seguir apresenta um resumo das principais informações utilizadas para a confecção do Modelo Hidrogeológico Conceitual, as metodologias e levantamentos de campo. Foram utilizados os dados do EIA de 2014, 2021 e os dados de 2022 e 2023 para a atualização, além de dados de secundários.

Por fim, com todos os dados obtidos, foi possível gerar os Perfis de Sondagem dos Poços de Monitoramento (Figura 11.1-270) e, o bloco diagrama do modelo conceitual hidrogeológico (Figura 11.1-271) o qual apresenta duas seções geológicas que podem ser verificadas, também, na modelagem 3D (linhas tracejadas amarelas e vermelhas), além disso apresenta-se duas linhas de resistividade próximas ao ponto PM-09, para verificação de cavidades.



Quadro 11.1-25: Resumo das principais informações do Modelo Hidrogeológico.

Aquífero	Formação Alcantil (Unidade Aquífera MC1)	Formação Barrigas (Unidade Aquífera MS1)	Temas integrados	Capítulos do EIA
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estações chuvosas: dezembro a maio, com os maiores índices de março a abril.</li> <li>- Estações secas: agosto a novembro.</li> <li>- Influência marcante do El Niño (seca)</li> </ul>		- Clima.	- Capítulo 8.1.1 - Clima
Balanço Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanço hídrico significativamente negativo.</li> <li>- Excedente hídrico da região é inferior a 20mm.</li> </ul>		- Hidrogeologia e clima.	- Capítulo 8.1.1 - Clima
Hidrologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sub-bacia do rio Guaribas (drenagem principal da ADA).</li> <li>- Fluxos limitados pela topografia desfavorável com o rápido escoamento superficial.</li> <li>- Direção de fluxo preferencial de NE para SW.</li> <li>- Rios influentes e intermitentes.</li> <li>- Ausência de risco de enchentes.</li> </ul>		- Hidrologia e clima.	- Capítulo 8.1.8 - Hidrologia
Cobertura de solo (zona de condução da água de superfície)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manto de alteração de rocha com espessura em média 1,0 m.</li> <li>- Argilo arenoso com silte.</li> <li>- Alcalino.</li> <li>- Baixa a média permeabilidade.</li> <li>- Condutividade hidráulica baixa a média (<math>10^{-4}</math> a <math>10^{-6}</math> cm/s).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manto de alteração com espessuras entre 2,0 a 18,0 m.</li> <li>- Areno-siltoso com argila.</li> <li>- Ácido.</li> <li>- Média a alta permeabilidade.</li> <li>- Condutividade hidráulica média a alta (<math>10^{-4}</math> cm/s).</li> </ul>	- Pedologia e geologia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 8.1.5 - Pedologia</li> <li>- Capítulo 8.1.7 - Geologia</li> </ul>
Propriedades geotécnicas do solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densidade dos grãos: 2,4 a 2,5 (g/cm<sup>3</sup>)</li> <li>- Densidade do solo: 1,3 a 1,4(g/cm<sup>3</sup>)</li> <li>- Porosidade total: 41 a 45%</li> <li>- Porosidade específica: 10 e 13%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densidade dos grãos: 2,5 a 2,6 (g/cm<sup>3</sup>)</li> <li>- Densidade do solo: 1,3 a 1,8 (g/cm<sup>3</sup>)</li> <li>- Porosidade total: 24 a 32%</li> <li>- Porosidade específica: 3 a 7%</li> </ul>	- Geotecnia e pedologia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 8.1.5 - Pedologia</li> <li>- Capítulo 8.1.6 - Geotecnia</li> </ul>
Constituição dos aquíferos	- Rochas meta-carbonáticas com interdigitações de meta-sedimentares, não representáveis na escala mapeada.	- Rochas meta-sedimentares com interdigitações de meta-carbonáticas, não representáveis na escala mapeada.	- Geologia, hidrogeologia e geofísica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 8.1.7 - Geologia</li> <li>- Capítulo 8.1.11 - Hidrogeologia</li> </ul>
Tipo do aquífero	- Cárstico / fraturado, livres.	- Fraturado, livre.	- Geologia, hidrogeologia, geofísica, pedologia e espeleologia.	
Tipo de porosidade	- Secundária (cavidades e fraturas).	- Secundária (fraturas).	- Geologia, hidrogeologia e geofísica.	
Cavidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocorrência de 89% das cavidades mapeadas.</li> <li>- Cavidades ocorrem de maneira geral no terço médio a superior dos Ingelberg das unidades geomorfológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocorrência de 11% das cavidades mapeadas.</li> <li>- Cavidades ocorrem de maneira geral no terço médio a superior dos Ingelberg das unidades geomorfológicas.</li> </ul>	- Geologia, hidrogeologia, geofísica, geomorfologia e espeleologia.	
Recarga e Vulnerabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Na região norte e leste da ADA há o predomínio de recarga através de fraturas e cavidades (zona cárstica) e aumento de vulnerabilidade localizada.</li> <li>- Na região oeste da ADA há predomínio de recarga em áreas planas, baixa densidade de fraturas e vulnerabilidade média a alta.</li> <li>- Na região sul da AID há predomínio de escoamento e baixa vulnerabilidade.</li> </ul>		- Geologia, hidrogeologia, geofísica, pedologia, geomorfologia e espeleologia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 8.1.7 - Geologia</li> <li>- Capítulo 8.1.11 - Hidrogeologia</li> </ul>
Nível d'água sazonal (m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 2011 e 2021: diminuição média de nível d'água.</li> <li>- Entre 2022 e 2023: elevação média do nível d'água.</li> <li>- Variação de nível d'água: pouco significativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 2011 e 2021: diminuição média de nível d'água.</li> <li>- Entre 2022 e 2023: elevação média do nível d'água.</li> <li>- Variação de nível d'água: expressivas.</li> </ul>	- Hidrogeologia e clima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capítulo 8.1.1 - Clima</li> <li>- Capítulo 8.1.11 - Hidrogeologia</li> </ul>

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

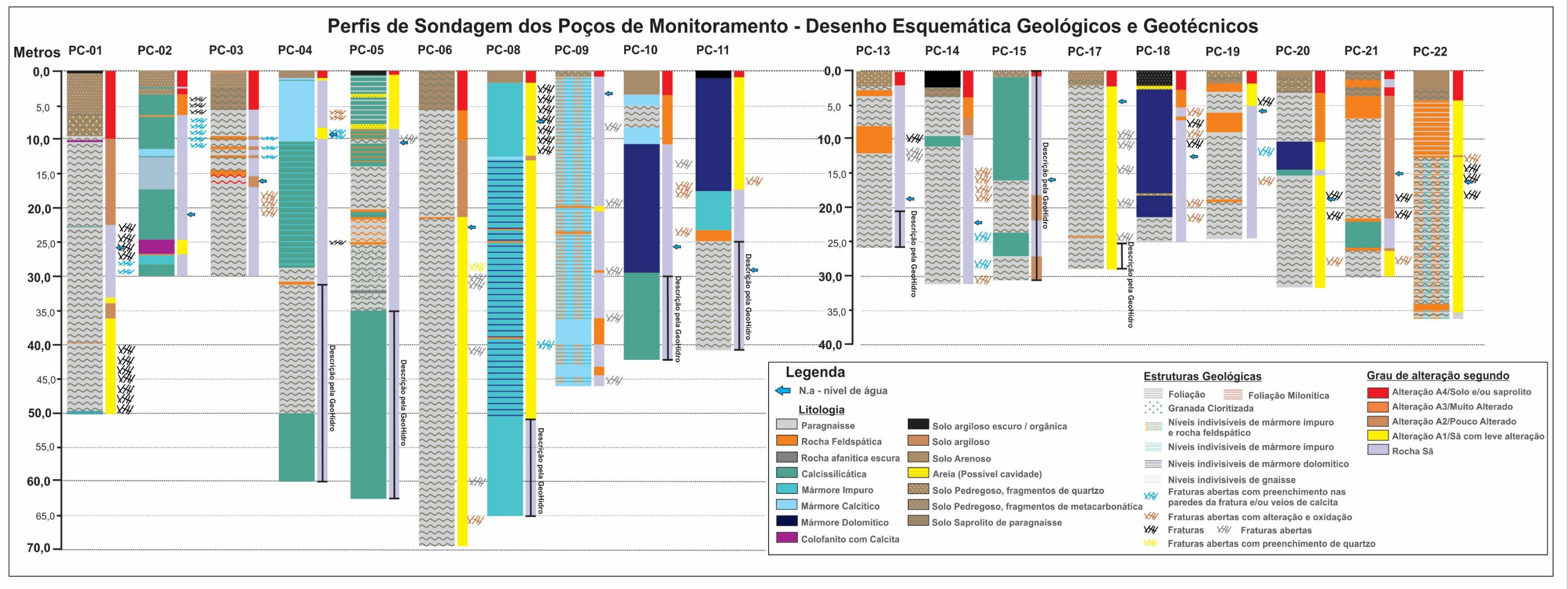


Figura 11.1-270 : Perfis de Sondagem dos Poços de Monitoramento.

Elaboração: BTB Explorers, 2023.



# Modelo Hidrogeológico Conceitual

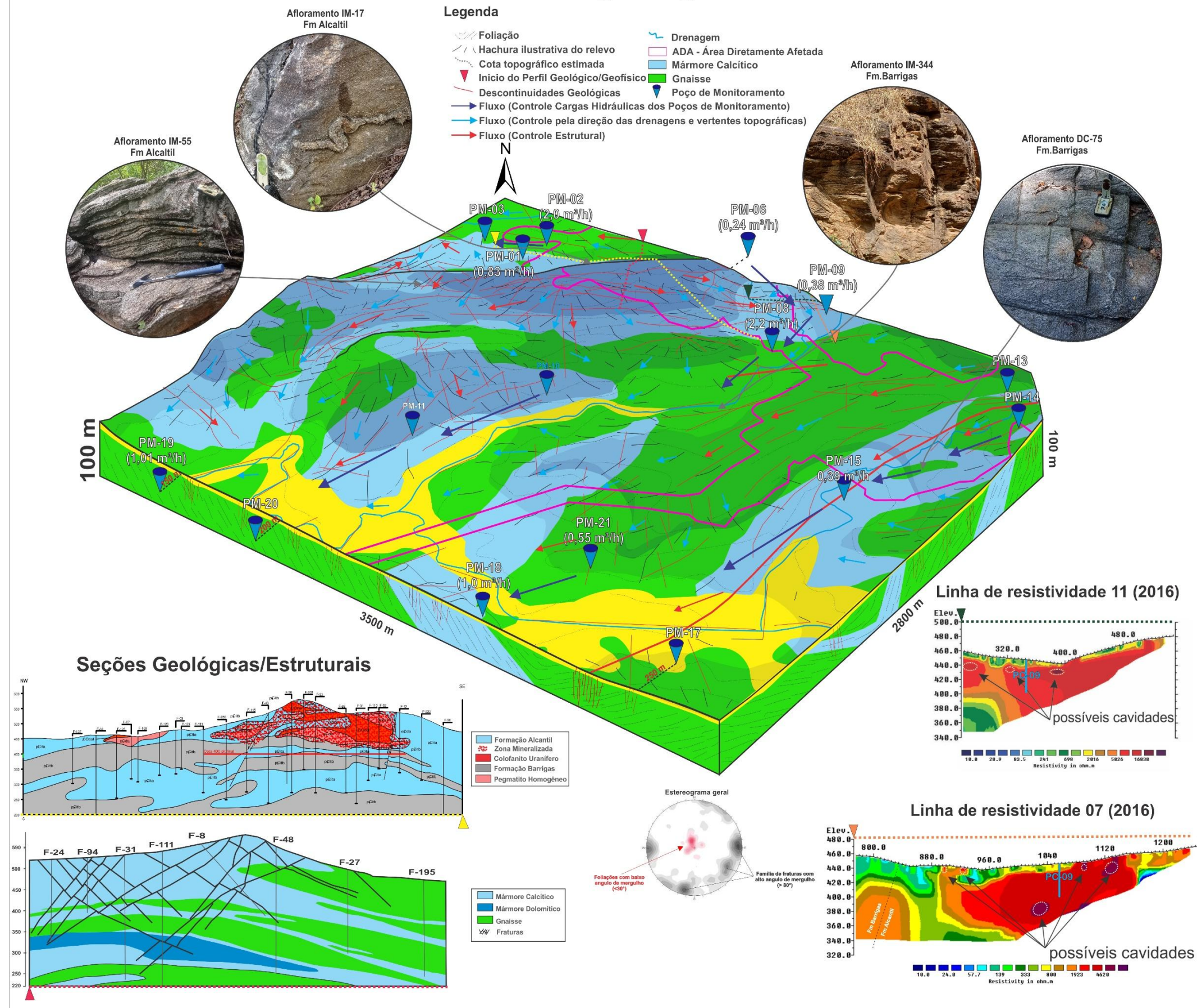


Figura 11.1-271: Modelo Hidrogeológico Conceitual.

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

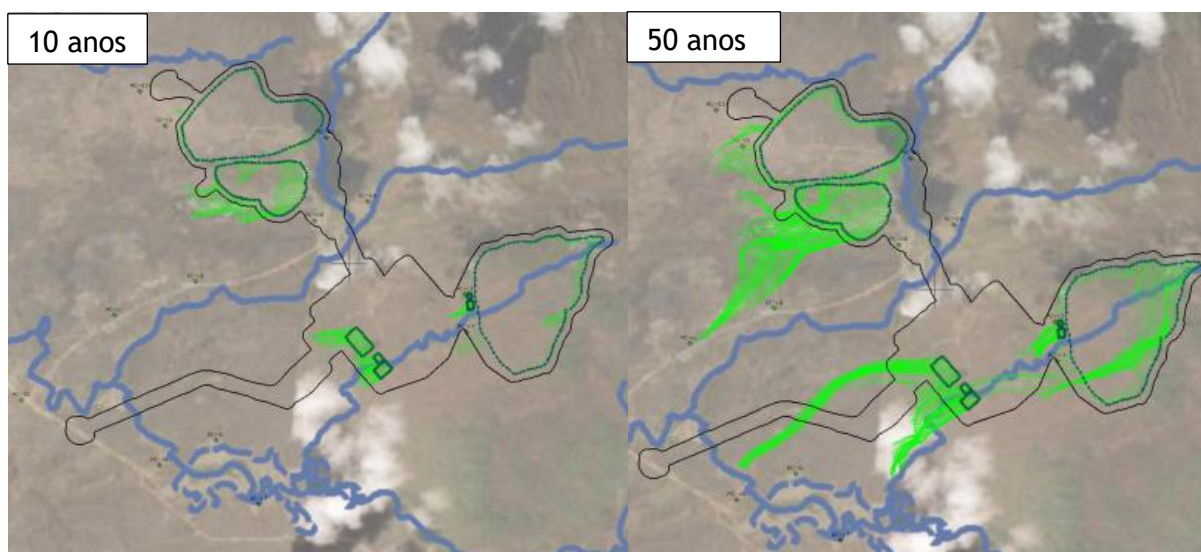


Para melhor compreensão dos dados utilizados no bloco diagrama e quais dados é possível obter dele, foi optado pela construção de um quadro conceitual, trazendo os dados de maior relevância ao modelo. Com ele é possível visualizar as estruturas geológicas predominantes, litologias, fluxos hidrogeológicos, entre outros dados.

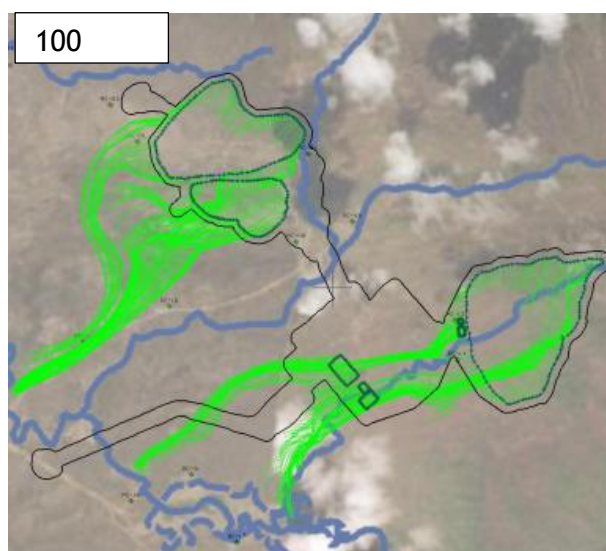
O Bloco diagrama está proposto em uma escala 1H:3V, para melhor visualização do relevo e as camadas. Porém, essa escala causa distorções, principalmente nas camadas litoestratigráficas, que em média apresentam valores entre 10° e 30° de ângulo de mergulho.

Outro ponto a ressaltar é a grande presença de descontinuidades geológicas próximas aos morros ao norte, porém como a região ao sul apresenta uma grande quantidade de riachos sobre sedimentos quaternários, que por sua vez “camuflam” e dificultam a identificação dessas estruturas. Porém, como é possível observar os canais apresentam um padrão controlado e muitas vezes retilíneo, indicando um controle estrutural.

Alguns estudos preliminares, realizados através de modelamento com o *LeapFrog* (Figura 11.1-272) apontam para o fluxo do aquífero é de NE para SW, na área da ADA o riacho do Guaribas e riacho Cunha Moti. Vale ressaltar que ambos estão sobrepostos a um grande lineamento geofísico e descontinuidades regionais. O estudo foi realizado com rastreamento de partículas a partir da pilha de fosfogesso, estéril, jazida e complexo industrial.







**Figura 11.1-272: Modelamento *leapfrog* de direção de fluxo de partículas nos pontos de interesse da ADA.**

*Fonte: Fosnor, 2023.*

Para a construção do modelo foi utilizado como base a geologia e as unidades geológicas, assim como as principais estruturas de falhamento na área, indicando uma preferência do fluxo em seguir a geometria das unidades geológicas, principalmente da Fm. Alcantil, além das falhas regionais, funcionarem como barreiras e mudança brusca na direção do fluxo.

O estudo está em fase inicial, não contando até o momento com a presença de condutos cársticos. O objetivo é construir um modelo matemático que compreenda melhor a direção e o comportamento do fluxo do aquífero.

#### *11.1.11.1. Considerações Finais*

Os aquíferos na região da ADA e AID, ocorrem principalmente na forma de meio fraturado e secundariamente cárstico. Há presença de duas principais unidades na ADA, a MS1 composta por metassedimentos da Formação Barrigas e MC1 que corresponde as metacarbonáticas da Formação Alcantil. Devido à baixa espessura do meio poroso, corresponde aos sedimentos aluvionares e pluviais, foi optado por não o subdividir em uma unidade aquífera, funcionando apenas como uma zona de condução até os aquíferos rochosos, não havendo acúmulo de água freática.

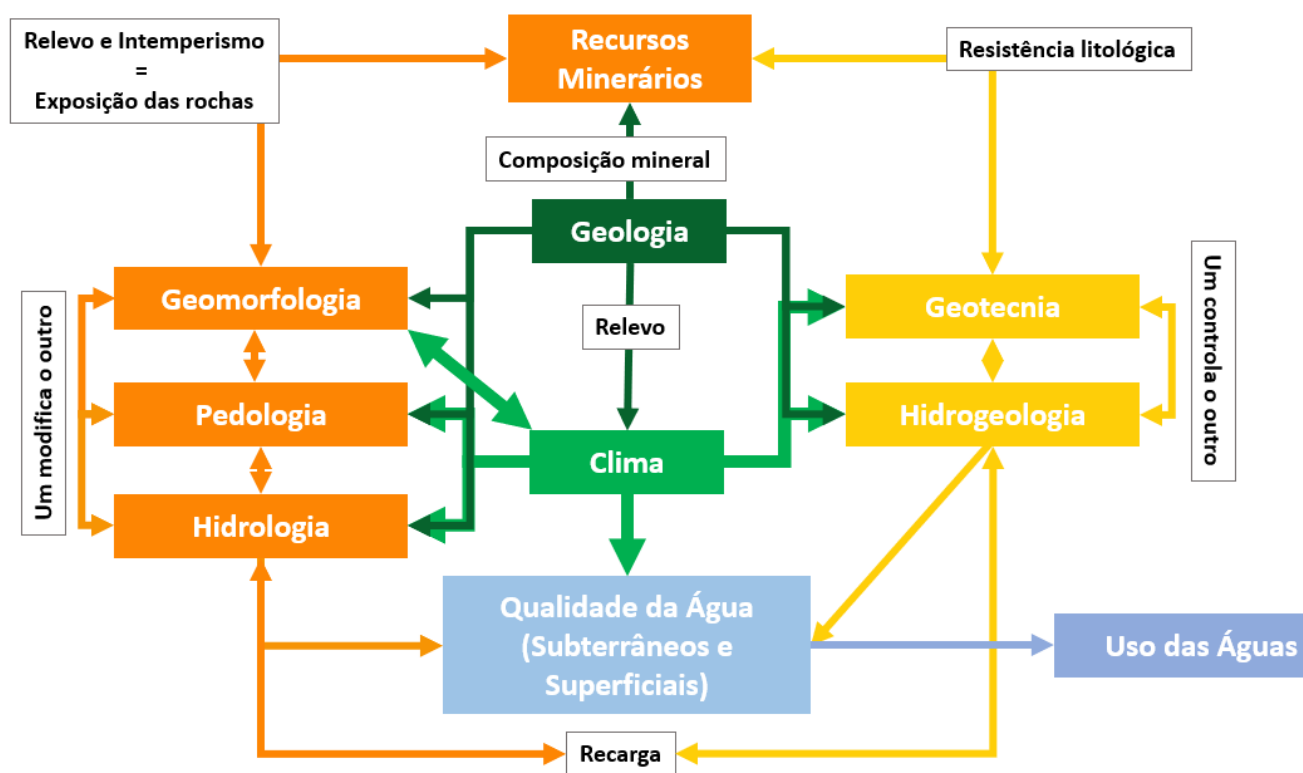
O meio fraturado é anisotrópico, com sua condutividade hidráulica diretamente relacionada às estruturas representantes da porosidade secundária, representada por falhas e fraturas, distribuídas heterogeneamente tanto nas rochas das Formações Alcantil (Unidade Aquífera MC1) e Barrigas (Unidade Aquífera MS2). Cabe ressaltar que a unidade MC1, devido à composição carbonática é propícia a formação de cavidades por dissolução, dificilmente formando camadas de solo.

Com o adensamento dos dados obtidos de 2022 a 2023, foi possível compreender de maneira mais detalhada o comportamento hidrogeológico da região. Foi construído uma nova rede de poços de monitoramento, totalizando 21 poços distribuídos na ADA e seu entorno. Com eles, foram realizados teste para obtenção da transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K), através dos métodos de bombeamento e recuperação e *slug test*. Através dos ensaios realizados em 2022 foi obtido valores médios através de todos os métodos para a unidade metassedimentares (MS1) de (K) de  $6,57^{E-06}$  m/s e (T)  $3,11^{E-05}$  m<sup>2</sup>/s. Já as unidades metacarbonáticas, apresentaram valores de (T)  $1,90^{E-04}$  m<sup>2</sup>/s e (K)  $2,37^{E-05}$  m/s. De forma geral, onde não ocorrem os padrões cárstico na MC1 o aquífero irá se comportar como no meio fraturado, de forma a apresentar padrões de K e T semelhantes aos do MS1. Conforme os dados obtidos ambos os meios em média apresentam o mesmo comportamento, indicando que a maior parte do aquífero ocorre em meio fraturado.

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 5°, condição esta favorável a infiltração. 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.

Os resultados da análise de Vulnerabilidade pelo método GOD indicam uma condição de vulnerabilidade extrema para a Unidade Aquífera MC1 (Formação Alcantil), onde ocorrem as zonas certificadas, e alta para o restante de sua unidade, devido à baixa espessura dos solos. Já para a Unidade Aquífera MS1 (Formação Barrigas) e consideravelmente média sua vulnerabilidade e alta para o meio poroso (Aluviões), nas áreas de baixa declividade principalmente. A Vulnerabilidade extrema significa que é vulnerável à maioria dos contaminantes, com impacto rápido, em função de ocorrerem rochas aflorantes principalmente ou zonas carstificadas. Assim, integrando esses dados, junto aos demais, principalmente a declividade foi possível obter o Mapa 11.1-31. As regiões com maior declividade indicam baixa ou insignificância para contaminação, mesmo que as rochas tenham baixa espessura de solo, o ambiente favorece o escoamento a infiltração. As potenciais fontes de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrânea, poderão ser as próprias atividades Mínero-industriais e da instalação de urânio, a serem desenvolvidas no local.

A hidrogeologia é um conceito multidisciplinar, onde todos os conhecimentos do meio físico interagem, para seu controle e formação. Para melhor compreender essa interação foi elaborado o infográfico (Figura 11.1-273) a seguir:



**Figura 11.1-273: Infográfico da interação dos estudos.**

*Elaboração: BTB Explorers, 2023.*



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](http://www.tetramais.com.br)



## ANEXO IX

---

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A large collage of four diamond-shaped images. Top-left: A lush green forested hill under a cloudy sky. Top-right: An aerial view of a large industrial mining or processing site with heavy machinery and conveyor belts. Bottom-left: A close-up of a rocky cave entrance with a bright blue light beam shining inside. Bottom-right: A large high-voltage electrical transmission tower with multiple power lines stretching across a landscape.

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Setembro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Qualidade das Águas Subterrâneas

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIA_rev00_QAS	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra +	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
--	----------------------------------	--	-------------------------------

## SUMÁRIO

<b>11.1.12. Qualidade das Águas Subterrâneas</b>	
<b>11.1.12.1. Considerações Metodológicas</b>	<b>625</b>
<b>11.1.12.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (AII)</b>	<b>655</b>
<b>11.1.12.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)</b>	<b>655</b>
<b>11.1.12.3.1. Amostragem e Parâmetros Físicos In Situ das Águas Subterrâneas</b>	<b>655</b>
<b>11.1.12.3.2. Hidroquímica das Águas Subterrâneas</b>	<b>665</b>
11.1.12.3.2.1. Padrões de Qualidade para as Águas Subterrâneas	665
<b>11.1.12.4. Considerações Metodológicas</b>	<b>666</b>
<b>11.1.12.4.1. Resultados Analíticos de Água Subterrânea</b>	<b>666</b>
11.1.12.4.1.1. Resultados não quantificados PM-INB	666
11.1.12.4.1.2. Resultados desenquadrados dos VMPs - Poço INB	668
11.1.12.4.1.3. Resultados não quantificados - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 - PMs	669
11.1.12.4.1.4. Resultados não quantificados - Campanhas de 2022 e 2023 - PCs e SQs	670
11.1.12.4.1.5. Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 - PMs	673
11.1.12.4.1.6. Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2022 e 2023 - PCs	679
11.1.12.4.1.7. Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2022 e 2023 - SQs	691
<b>11.1.12.4.2. Valores Basais de Qualidade das Águas Subterrâneas AID/ADA</b>	<b>696</b>
11.1.12.4.2.1.1. Sólidos Dissolvidos Totais - SDT	698
11.1.12.4.2.1.2. Cloreto	702
11.1.12.4.2.1.3. Nitrato	707
11.1.12.4.2.1.4. Sódio	711
11.1.12.4.2.1.5. Sulfato	717
11.1.12.4.2.1.6. Alumínio	723
11.1.12.4.2.1.7. Bário	729
11.1.12.4.2.1.8. Boro	734
11.1.12.4.2.1.9. Ferro	738
11.1.12.4.2.1.10. Manganês	744
11.1.12.4.2.1.11. Níquel	750
11.1.12.4.2.1.12. Urânio	755
11.1.12.4.2.1.13. Demais Parâmetros Inorgânicos	760
11.1.12.4.2.1.14. Parâmetros Orgânicos	760
11.1.12.4.2.1.15. Coliformes termotolerantes e E.coli	763
<b>11.1.12.5. Considerações Finais do Capítulo de Qualidade das Águas Subterrâneas</b>	<b>764</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-1: Pontos de coleta de amostras de água subterrânea (poços INB, PM, PC e SQ).....	649
Figura 11.1-2: STD na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM. ..	700
Figura 11.1-3: STD na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM...	700
Figura 11.1-4: SDT na água subterrânea - MS1 (mg/L). ....	701
Figura 11.1-5: SDT na água subterrânea - MC1 (mg/L).....	701
Figura 11.1-6: Cloreto na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	705
Figura 11.1-7: Cloreto na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	705
Figura 11.1-8: Cloreto na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	706
Figura 11.1-9: Cloreto na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	706
Figura 11.1-10: Nitrato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	709
Figura 11.1-11: Nitrato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	709
Figura 11.1-12: Nitrato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	710
Figura 11.1-13: Nitrato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	710
Figura 11.1-14: Sódio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	714
Figura 11.1-15: Sódio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	714
Figura 11.1-16: Sódio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	715
Figura 11.1-17: Sódio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	715
Figura 11.1-18: Sódio na água subterrânea - Poços de Abastecimento SQ (mg/L). ....	716
Figura 11.1-19: Sulfato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM. ....	720
Figura 11.1-20: Sulfato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM. ....	720
Figura 11.1-21: Sulfato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	721
Figura 11.1-22: Sulfato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC. ....	721
Figura 11.1-23: Sulfato na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L). ....	722
Figura 11.1-24: Alumínio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	726
Figura 11.1-25: Alumínio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM. ....	726
Figura 11.1-26: Alumínio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PC. ....	727
Figura 11.1-27: Alumínio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PC. ....	727

Figura 11.1-28: Alumínio dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).	728
Figura 11.1-29: Bário dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.	732
Figura 11.1-30: Bário dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.	732
Figura 11.1-31: Bário dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	733
Figura 11.1-32: Bário dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	733
Figura 11.1-33: Boro na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	736
Figura 11.1-34: Boro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	736
Figura 11.1-35: Boro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	737
Figura 11.1-36: Boro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	737
Figura 11.1-37: Ferro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	741
Figura 11.1-38: Ferro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	741
Figura 11.1-39: Ferro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	742
Figura 11.1-40: Ferro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	742
Figura 11.1-41: Ferro dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).	743
Figura 11.1-42: Manganês Dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	747
Figura 11.1-43: Manganês Dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	747
Figura 11.1-44: Manganês dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	748
Figura 11.1-45: Manganês dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	748
Figura 11.1-46: Manganês na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).	749
Figura 11.1-47: Níquel Dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	753
Figura 11.1-48: Níquel Dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.	753
Figura 11.1-49: Níquel dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	754
Figura 11.1-50: Níquel dissolvido na água subterrânea - MC-1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	754
Figura 11.1-51: Urânio dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	758
Figura 11.1-52: Urânio dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.	758

Figura 11.1-53: Urânio dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L). .....759

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1.12.1: Parâmetros Inorgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB .....	626
Quadro 11.1.12.2: Parâmetros Orgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB .....	627
Quadro 11.1.12.3: Parâmetros Agrotóxicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB. ....	628
Quadro 11.1.12.4: Parâmetros Microrganismos analisados nas campanhas de 2011a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB. ....	629
Quadro 11.1.12.5: Parâmetros Inorgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM. ....	631
Quadro 11.1.12.6: Parâmetros Orgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM. ....	633
Quadro 11.1.12.7: Parâmetros Agrotóxicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM. ....	635
Quadro 11.1.12.8: Parâmetros Microrganismos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM. ....	636
Quadro 11.1.12.9: Parâmetros dissolvidos analisados nas três campanhas (de 2022 a 2023) no âmbito do PMRA-PO - Poços de monitoramento PC e poços de abastecimento SQ. ....	638
Quadro 11.1.12.10: Parâmetros Inorgânicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC. ....	643
Quadro 11.1.12.11: Parâmetros Orgânicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC. ....	645
Quadro 11.1.12.12: Parâmetros Agrotóxicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC. ....	646
Quadro 11.1.12.13: Parâmetros de Microrganismos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC. ....	647
Quadro 11.1.12.14: Referências metodológicas adotadas - Análises de 2020, 2021, 2022 e 2023. ....	652
Quadro 11.1.12.15: Métricas Estatísticas usadas no GSI Mann-Kendall Toolkit. ....	654
Quadro 11.1.12.16: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha .....	656
Quadro 11.1.12.17: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos PMs da Unidade MC1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025.....	657
Quadro 11.1.12.18: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos PMs da Unidade MS1. Campanhas 5 e 6 executadas segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025. ....	658
Quadro 11.1.12.19: Parâmetros In Situ Poço INB (novembro/2020 e fevereiro/2021).....	659
Quadro 11.1.12.20: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha .....	660
Quadro 11.1.12.21: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos poços de abastecimento SQs nas três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025 .....	661
Quadro 11.1.12.22: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos poços de monitoramento PCs das Unidades MC-1 e MS-1 nas três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025.....	662

Quadro 11.1.12.23: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha .....	663
Quadro 11.1.12.24: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos poços de monitoramento PCs da Unidade MC-1. Campanha de julho de 2023 executada segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025 .....	664
Quadro 11.1.12.25: Leituras dos parâmetros físicos medidos <i>in situ</i> nos poços de monitoramento PCs da Unidade MS-1. Campanha de julho de 2023 executada segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025 .....	664
Quadro 11.1.12.26: Parâmetros não Quantificados no PM-INB .....	666
Quadro 11.1.12.27: Substâncias quantificadas acima do VMP CONAMA 396/2008 - Poço INB .....	668
Quadro 11.1.12.28: Parâmetros não quantificados nas Água Subterrâneas - Poços de Monitoramento (PM) - Campanhas de 2011, 2020 e 2021.....	669
Quadro 11.1.12.29: Parâmetros não quantificados em todas as campanhas das Água Subterrâneas - poços de monitoramento "PC". .....	671
Quadro 11.1.12.30: Parâmetros Inorgânicos Acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) na Água Subterrânea (µg/L) - Unidade MS1 - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 .....	674
Quadro 11.1.12.31: Parâmetros Inorgânicos Acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) na Água Subterrânea (µg/L) - Unidade MC1 - Campanhas de 2011, 2020 e 2021.....	675
Quadro 11.1.12.32: Resultados Analíticos em NMP/100mL - Microrganismos na Água Subterrânea - PMs - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 .....	676
Quadro 11.1.12.33: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.....	680
Quadro 11.1.12.34: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.....	681
Quadro 11.1.12.35: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.....	682
Quadro 11.1.12.36: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.....	683
Quadro 11.1.12.37: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1 .....	684
Quadro 11.1.12.38: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1 .....	685
Quadro 11.1.12.39: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1 .....	686
Quadro 11.1.12.40: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1 .....	688
Quadro 11.1.12.41: Parâmetros Inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ .....	693
Quadro 11.1.12.42: Parâmetros Inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ .....	694
Quadro 11.1.12.43: Parâmetros inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ .....	695
Quadro 11.1.12.44: Concentrações mínima, máxima e média de sólidos dissolvidos totais na Água Subterrânea (µg/L).....	698
Quadro 11.1.12.45: Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de SDT. ....	699
Quadro 11.1.12.46: Concentrações mínima, máxima e média de Cloretos na Água Subterrânea. ....	703
Quadro 11.1.12.47: Resumo dos resultados da análise estatística para Cloretos.....	704



Quadro 11.1.12.48: Concentrações mínima, máxima e média de Nitrato na Água Subterrânea. ....	707
Quadro 11.1.12.49: Resumo dos resultados da análise estatística para Nitrato. ....	708
Quadro 11.1.12.50: Concentrações mínima, máxima e média de Sódio dissolvido na Água Subterrânea. ....	711
Quadro 11.1.12.51: Resumo dos resultados da análise estatística para Sódio. ....	712
Quadro 11.1.12.52: Resumo dos resultados da análise estatística para Sódio. ....	712
Quadro 11.1.12.53: Concentrações mínima, máxima e média de Sulfato dissolvido na Água Subterrânea. ....	717
Quadro 11.1.12.54: Resumo dos resultados da análise estatística para Sulfato. ....	718
Quadro 11.1.12.55: Resumo dos resultados da análise estatística para Sulfato. ....	718
Quadro 11.1.12.56: Concentrações mínima, máxima e média de alumínio dissolvido na Água Subterrânea. ....	723
Quadro 11.1.12.57: Campanhas 2011 e 2021 - Resumo dos resultados da análise estatística para alumínio. ....	724
Quadro 11.1.12.58: Campanhas 2022 e 2023 - Resumo dos resultados da análise estatística para alumínio. ....	725
Quadro 11.1.12.59: Concentrações mínima, máxima e média de bário dissolvido na Água Subterrânea. ....	729
Quadro 11.1.12.60: Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de bário dissolvido. ....	730
Quadro 11.1.12.61: Concentrações mínima, máxima e média de boro dissolvido na Água Subterrânea. ....	734
Quadro 11.1.12.62: Resumo dos resultados da análise estatística para boro. ....	735
Quadro 11.1.12.63: Concentrações mínima, máxima e média de ferro dissolvido na Água Subterrânea. ....	738
Quadro 11.1.12.64: Resumo dos resultados da análise estatística para ferro. ....	739
Quadro 11.1.12.65: Resumo dos resultados da análise estatística para ferro. ....	740
Quadro 11.1.12.66: Concentrações mínima, máxima e média de manganês dissolvido na Água Subterrânea. ....	744
Quadro 11.1.12.67: Resumo dos resultados da análise estatística para manganês. ....	745
Quadro 11.1.12.68: Resumo dos resultados da análise estatística para manganês. ....	746
Quadro 11.1.12.69: Concentrações mínima, máxima e média de níquel dissolvido na Água Subterrânea. ....	750
Quadro 11.1.12.70: Resumo dos resultados da análise estatística para níquel dissolvido. ....	751
Quadro 11.1.12.71: Concentrações mínima, máxima e média de urânio dissolvido na Água Subterrânea. ....	755
Quadro 11.1.12.72: Resumo dos resultados da análise estatística para urânio dissolvido. ....	756
Quadro 11.1.12.73: Resultados dos compostos orgânicos obtidos a partir da campanha de julho de 2023 nos poços de monitoramento PC. ....	761
Quadro 11.1.12.74: Resultados das análises de microrganismos da campanha de julho de 2023. ....	763

### 11.1.12. Qualidade das Águas Subterrâneas

#### 11.1.12.1. Considerações Metodológicas

Para caracterização hidroquímica das águas subterrâneas a nível regional na AII, foram utilizados os dados disponíveis no Diagnóstico da Região Hidrográfica do Acaraú (COGERH, 2022), 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 subterrânea do poço INB e de outros 06 poços de monitoramento (PM) instalados em 2011 pela empresa CAGEO. Os poços PM-01, PM-04, PM-06 e PM-08 se encontravam sem coluna d'água (secos) em todas as campanhas realizadas. Essas amostras foram coletadas em seis campanhas realizadas pelo laboratório Merieux NutriSciences. Dessas campanhas, quatro ocorreram ao longo do ano de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), enquanto as duas restantes foram conduzidas entre os anos de 2020 e 2021, com o objetivo de atualizar as condições hidroquímicas das unidades aquíferas MC1 e MS1. Cumpre mencionar que todas as campanhas realizadas no período de 2011 a 2021, abrangeram variações sazonais e temporais que possibilitam a avaliação das condições nas estações seca e chuvosa.

O *Quadro 11.1.12.1* *Quadro 11.1.12.4* ao apresentam os parâmetros analisados nas campanhas (de 2011 a 2021) de coleta de amostras realizadas pela CAGEO no poço INB.

**Quadro 11.1.12.1: Parâmetros Inorgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB**

Parâmetros Inorgânicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
Alumínio	A	A	A	A	A	A
Alumínio D*	A	A	A	A	A	A
Antimônio	A	A	A	A	A	A
Antimônio D*	A	A	A	A	A	A
Arsênio	A	A	A	A	A	A
Arsênio D*	A	A	A	A	A	A
Bário	A	A	A	A	A	A
Bário D*	A	A	A	A	A	A
Berílio	A	A	A	A	A	A
Berílio D*	A	A	A	A	A	A
Boro	A	A	A	A	A	A
Boro D*	A	A	A	A	A	A
Cádmio	A	A	A	A	A	A
Cádmio D*	A	A	A	A	A	A
Chumbo	A	A	A	A	A	A
Chumbo D*	A	A	A	A	A	A
Cianeto Total	A	A	A	A	A	A
Cloreto	A	A	A	A	A	A
Cobalto	A	A	A	A	A	A
Cobalto D*	A	A	A	A	A	A
Cobre	A	A	A	A	A	A
Cobre D*	A	A	A	A	A	A
Cromo	A	A	A	A	A	A
Cromo D*	A	A	A	A	A	A
Ferro	A	A	A	A	A	A
Ferro D*	A	A	A	A	A	A
Fluoreto	A	A	A	A	A	A
Lítio	A	A	A	A	A	A
Lítio D*	A	A	A	A	A	A
Manganês	A	A	A	A	A	A
Manganês D*	A	A	A	A	A	A
Mercurio	A	A	A	A	A	A
Mercurio D*	A	A	A	A	A	A
Molibdênio	A	A	A	A	A	A
Molibdênio D*	A	A	A	A	A	A
Níquel	A	A	A	A	A	A
Níquel D*	A	A	A	A	A	A
Nitrogênio Nitrato	A	A	A	A	A	A
Nitrogênio Nitrito	A	A	A	A	A	A
Prata	A	A	A	A	A	A
Prata D*	A	A	A	A	A	A
Selênio	A	A	A	A	A	A
Selênio D*	A	A	A	A	A	A
Sódio	A	A	A	A	A	A
Sódio D*	A	A	A	A	A	A

Parâmetros Inorgânicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
Sólidos Totais D*	A	A	A	A	A	A
Sulfato	A	A	A	A	A	A
Urânio	A	A	A	A	A	A
Urânio D*	A	A	A	A	A	A
Vanádio	A	A	A	A	A	A
Vanádio D*	A	A	A	A	A	A
Zinco	A	A	A	A	A	A
Zinco D*	A	A	A	A	A	A
Cálcio Total	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A
Fósforo Total	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A
Enxofre	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; D\* = Dissolvido.

#### Quadro 11.1.12.2: Parâmetros Orgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB

Parâmetros Orgânicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
Acrilamida	A	A	A	A	A	A
Benzeno	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)antraceno	A	A	A	A	A	A
Benzo(b) fluoranteno	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)pireno	A	A	A	A	A	A
Benzo(K)fluoranteno	A	A	A	A	A	A
Cloreto de Vinila	A	A	A	A	A	A
Clorofórmio	A	A	A	A	A	A
Criseno	A	A	A	A	A	A
1,2-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A
1,4-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A
1,1-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A
Cis-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A
Trans-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	A	A	A	A	A	A
Dibenzo antraceno	A	A	A	A	A	A
Diclorometano	A	A	A	A	A	A
Estireno	A	A	A	A	A	A
Etilbenzeno	A	A	A	A	A	A
Fenóis	A	A	A	N/A	A	A
Indeno(1,2,3-cd)pireno	A	A	A	A	A	A
PCBs (Somatoria 7 )	A	A	A	A	A	A
PCB 28	A	A	A	A	A	A
PCB 52	A	A	A	A	A	A



Parâmetros Orgânicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
PCB 101	A	A	A	A	A	A
PCB 118	A	A	A	A	A	A
PCB 138+158	A	A	A	A	A	A
PCB 153	A	A	A	A	A	A
PCB 180	A	A	A	A	A	A
Tetracloroto de Carbono	A	A	A	A	A	A
1,2,3-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A
1,2,4-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A
1,3,5-Triclorobenzeno	N/A	A	A	A	A	A
Triclorobenzenos	A	A	A	A	A	A
Tetracloroeteno	A	A	A	A	A	A
Tricloroeteno	A	A	N/A	A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A	A
m,p Xilenos	A	A	A	A	A	A
o-Xilenos	A	A	A	A	A	A
Xilenos	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado.

#### Quadro 11.1.12.3: Parâmetros Agrotóxicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB.

Agrotóxicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
Alaclor	A	A	A	A	A	N/C
Aldicarbe	A	A	A	A	A	N/C
Aldicarbessulfona	A	A	A	A	A	N/C
Aldicarbessulfóxido	A	A	A	A	A	N/C
Aldicarb+Sulfona+Sulfóxido	A	A	A	A	A	N/C
Aldrin	A	A	A	A	A	N/C
Dieldrin	A	A	A	A	A	N/C
Aldrin + Dieldrin	A	A	A	A	A	N/C
Atrazina	A	A	A	A	A	N/C
Bentazona	A	A	A	A	A	N/C
Carbofurano	A	A	A	A	A	N/C
Clordano (cis)	A	A	A	A	A	N/C
Clordano (trans)	A	A	A	A	A	N/C
Clordano (cis + trans)	A	A	A	A	A	N/C
Clorotalonil	A	A	A	A	A	N/C
Clorpirifos	A	A	A	A	A	N/C
2,4 - D	A	A	A	A	A	N/C
p,p`-DDT	N/A	A	N/A	N/A	A	N/C
p,p`DDE	N/A	A	N/A	N/A	A	N/C
p,p`-DDD	N/A	A	N/A	N/A	A	N/C

Agrotóxicos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
DDT(p,p`-DDT+p,p`-DDD+DDE)	A	A	A	A	A	N/C
Endossulfan Alfa	A	A	A	A	A	N/C
Endossulfan Beta	A	A	A	A	A	N/C
Endossulfan Sulfato	A	A	A	A	A	N/C
Endossulfan(a+b+Sulfato)	A	A	A	A	A	N/C
Endrin	A	A	A	A	A	N/C
Glifosato + AMPA	A	A	A	A	A	N/C
Heptacloro	A	A	A	A	A	N/C
Heptacloro Epóxido	A	A	A	A	A	N/C
Heptacloro Epóxido + Heptacloro	A	A	A	A	A	N/C
Hexaclorobenzeno	A	A	A	A	A	N/C
Lindano (g-HCH)	A	A	A	A	A	N/C
Malation	A	A	A	A	A	N/C
Metolacoloro	A	A	A	A	A	N/C
Metoxicloro	A	A	A	A	A	N/C
Molinato	A	A	A	A	A	N/C
Pendimetalina	A	A	A	A	A	N/C
Pentaclorofenol	A	A	A	A	A	N/C
Permetrina	A	A	A	A	A	N/C
Propanil	A	A	A	A	A	N/C
Simazina	A	A	A	A	A	N/C
Trifluralina	A	A	A	A	A	N/C

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado.

**Quadro 11.1.12.4: Parâmetros Microrganismos analisados nas campanhas de 2011a 2021 coletados pela CAGEO - Poço INB.**

Microrganismos	Campanha					
	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21
Coliformes Termotolerantes	A	A	A	A	A	A
Escherichia coli	A	A	A	A	A	A
Enterococcus	A	A	A	A	A	A

A = Analisado.

O Quadro 11.1.12.5 ao Quadro 11.1.12.8 apresentam os parâmetros analisados nas campanhas (de 2011 a 2021) de coleta de amostras realizadas pela CAGEO nos poços de monitoramento PM. Vale lembrar que os poços PM-01, PM-04, PM-06 e PM-08 se encontravam sem coluna d'água (secos) em todas as campanhas realizadas.

Quadro 11.1.12.5: Parâmetros Inorgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM.

Ponto	Unidade Hidrogeológica	Campanha	Alumínio	Alumínio D*	Bário	Bário D*	Boro	Boro D*	Cloreto	Ferro	Ferro D*	Fluoreto	Lítio	Lítio D*	Manganes	Manganes D*	Molibdênio	Molibdênio D*	Níquel	Níquel D*	Nitrato	Nitrito	Sódio	Sódio D*	SD T	Sulfato	Vanádio	Vanádio D*	Zinco	Zinco D*	Índice de Fenóis	Cálculo Total	Fósforo Total	Glifosato + AMPA
PM-03	MS1	abr/11	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-03	MS1	jun/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-03	MS1	jul/11	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-03	MS1	ago/11	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-03	MS1	nov/20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PM-03	MS1	fev/21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PM-05	MS1	abr/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-05	MS1	jun/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-05	MS1	jul/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-05	MS1	ago/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A	A
PM-05	MS1	nov/20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PM-05	MS1	fev/21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PM-06	MS1	abr/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-06	MS1	jun/11	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-06	MS1	jul/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-06	MS1	ago/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A	A
PM-06	MS1	nov/20	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-06	MS1	fev/21	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-07	MC1	abr/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-07	MC1	jun/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-07	MC1	jul/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A



Ponto	Unidade Hidrogeológica	Campanha	Alumínio	Alumínio D*	Bário	Bário D*	Boro	Boro D*	Clorito	Ferro	Ferro D*	Fluorito	Lítio	Lítio D*	Manganes	Manganes D*	Molibdênio	Molibdênio D*	Níquel	Níquel D*	Nitrato	Nitrito	Sódio	Sódio D*	SD T	Sulfato	Vanádio	Vanádio D*	Zinco	Zinco D*	Índice de Fenóis	Cálculo Total	Fósforo Total	Glifosato + AMPA
PM-07	MC1	ago/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A	A
PM-07	MC1	nov/20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	A	A	A
PM-07	MC1	fev/21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PM-09	MC1	abr/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-09	MC1	jun/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-09	MC1	jul/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-09	MC1	ago/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A	A
PM-09	MC1	nov/20	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-09	MC1	fev/21	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-10	MC1	abr/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-10	MC1	jun/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-10	MC1	jul/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A
PM-10	MC1	ago/11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A	A
PM-10	MC1	nov/20	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PM-10	MC1	fev/21	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; D\* = Dissolvido.

Quadro 11.1.12.6: Parâmetros Orgânicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM.

Parâmetros	PM-03	PM-03	PM-03	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-06	PM-06	PM-06	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-09	PM-09	PM-09	PM-09	PM-10	PM-10	PM-10	PM-10
Unidade Hidrogeológica	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1
Campanha	jun/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11
Acrilamida	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)antraceno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(b)fluoranteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)pireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(k)fluoranteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de vinila	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Clorofórmio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Criseno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,4-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,1-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
cis-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
trans-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Dibenzo(a,h)antraceno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Diclorometano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Estireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilbenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Índice de Fenóis	A	A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	N/A	N/A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	N/A
Indeno(1,2,3,cd)pireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB's	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 28	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 52	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 118	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 138 + PCB 158	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 153	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 180	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetracloroeto de Carbono	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2,3-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2,4-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,3,5-Triclorobenzeno	A	A	A	N/A	A	A	A	A	A	N/A	A	A	N/A	A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	N/A	A	A	A
Triclorobenzenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetracloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Parâmetros	PM-03	PM-03	PM-03	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-06	PM-06	PM-06	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-09	PM-09	PM-09	PM-09	PM-10	PM-10	PM-10	PM-10
Tricloroetano	A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	A	A	A	A	A	N/A	A	A	A	N/A	A
Tolueno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
m,p-Xilenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
o-Xileno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Xilenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Enxofre	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Cálcio Total	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fósforo Total	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática.

Quadro 11.1.12.7: Parâmetros Agrotóxicos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM.

Ponto	PM-03	PM-03	PM-03	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-06	PM-06	PM-06	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-09	PM-09	PM-09	PM-09	PM-10	PM-10	PM-10	PM-10
Unidade Hidrogeológica	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	
Campanha	jun/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	
Alaclor	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aldicarb	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aldicarb Sulfona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aldicarb Sulfóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Dieldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aldrin e Dieldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Atrazina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Bentazona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Carbofurano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Cis Clordano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Trans Clordano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Clordano (cis e trans)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Clorotalonil	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Clorpirifós	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
2,4-D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
p,p-DDT	A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	
p,p-DDE	A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	
p,p-DDD	A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	A	A	N/A	A	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	
DDT(p,p'DDT,p,p´DDE e p,p´DDD)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Endossulfan - ALFA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Endossulfan - BETA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Endossulfan (a, b e sulfato)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Endossulfan Sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Endrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Glifosato + AMPA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Heptacloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Heptacloro Epóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Hexaclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Lindano (g-HCH)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Malation	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Metolacoloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Metoxicloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Molinato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Pendimetalina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Pentaclorofenol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Permetrina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	



Ponto	PM-03	PM-03	PM-03	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-06	PM-06	PM-06	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-09	PM-09	PM-09	PM-09	PM-10	PM-10	PM-10	PM-10
Unidade Hidrogeológica	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1
Campanha	jun/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11
Propanil	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Simazina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Trifluralina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática.

**Quadro 11.1.12.8: Parâmetros Microrganismos analisados nas campanhas de 2011 a 2021 coletados pela CAGEO - Poços de monitoramento PM.**

Ponto	PM-03	PM-03	PM-03	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-05	PM-06	PM-06	PM-06	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-07	PM-09	PM-09	PM-09	PM-09	PM-10	PM-10	PM-10	PM-10
Unidade Hidrogeológica	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MS1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1	MC1
Campanha	jun/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	fev/21	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	abr/11	jun/11	jul/11	ago/11
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Fecais	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Enterococcus	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática.

Dados recentes da qualidade da água subterrânea para a caracterização hidroquímica a nível local na AID/ADA foram obtidos do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO) (INB, 2023). Esses dados foram obtidos a partir de três campanhas conduzidas nos anos de 2022 e 2023 pela empresa CPEA, e as análises foram realizadas pelo Laboratório GLP. Estas três campanhas envolveram a coleta de amostras de água subterrânea em 21 poços, PC-01 a PC-15 e PC-17 a PC-22, localizados nos limites do empreendimento. Também foram utilizados os dados das amostras coletadas a partir de nove poços, SQ-01, SQ-03, SQ-04, SQ-06, SQ-07, SQ-08, SQ-09, SQ-11 e SQ-12, que são poços de captação e abastecimento às comunidades, localizados no entorno do PSQ (INB, 2023).

Para a instalação dos poços de monitoramento de água subterrânea no âmbito do PMRA-PO (INB, 2023), localizados no interior da Fazenda Itataia, o Consórcio Santa Quitéria contratou os serviços da empresa Geohidro, para realizar em 2022 a perfuração e estruturação de 19 poços (PC-01 a PC-06, PC-08 a PC-11, PC-13 a PC-15 e PC-17 a PC-22); a execução de proteção sanitária em 02 poços pré-existentes (PC-07, antes identificado como PM-07 e o PC-12, antes identificado como PM-05). Os poços identificados originalmente como PM-07, atual PC-07, e PM-05, atual PC-12, foram instalados pela empresa CAGEO em 2011. O PC-16 não existe, pois o poço originalmente previsto com essa identificação não foi instalado (INB, 2023). O poço PC-19 foi instalado a fim de substituir o poço denominado como INB nas amostragens seguintes. Assim, a antiga malha de poços de monitoramento foi substituída, reestruturada (dois poços) e ampliada (INB, 2023).

O Quadro 11.1-132 apresenta os parâmetros analisados nas três campanhas (de 2022 a 2023) de coleta de amostras realizadas no âmbito do PMRA-PO.

**Quadro 11.1.12.9: Parâmetros dissolvidos analisados nas três campanhas (de 2022 a 2023) no âmbito do PMRA-PO - Poços de monitoramento PC e poços de abastecimento SQ.**

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Coleta	Unidade hidrogeológica	Campanha	Data	NE (m)	pH	CE (µS/cm)	Alumínio (Al)	Cálcio (Ca)	Ferro (Fe)	Fluoreto (F <sup>-1</sup> )	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Sódio (Na)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Urânio Natural (U-nat)
PC-01	413.496	9.496.109	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	20/10/22	26,27	7,51	981	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-01	413.496	9.496.109	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	09/01/23	16,38	7,57	1.039	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-01	413.496	9.496.109	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	13/04/23	26,39	7,32	1.102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-02	413.539	9.496.232	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	03/10/22	21,78	6,83	1.575	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-02	413.539	9.496.232	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	20/12/22	22,50	6,87	1.489	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-02	413.539	9.496.232	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	30/03/23	21,81	6,72	1.646	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-03	413.289	9.496.394	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	22/09/22	16,43	7,02	2.210	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-03	413.289	9.496.394	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	19/12/22	16,41	7,03	2.091	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-03	413.289	9.496.394	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	20/03/23	16,46	6,92	2.131	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-04	412.472	9.496.785	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	25/10/22	11,91	7,33	2.071	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-04	412.472	9.496.785	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	11/01/23	10,55	7,37	2.173	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-04	412.472	9.496.785	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	11/04/23	10,51	7,11	2.338	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-05	412.468	9.496.653	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	24/10/22	13,05	6,86	1.102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-05	412.468	9.496.653	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	11/01/23	11,94	6,92	1.083	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-05	412.468	9.496.653	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	17/04/23	10,51	6,72	1.151	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-06	414.827	9.496.014	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	20/09/22	23,50	6,68	3.327	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-06	414.827	9.496.014	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	13/12/22	23,62	6,69	2.402	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-06	414.827	9.496.014	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	28/03/23	26,70	6,67	3.721	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-07	414.955	9.495.480	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	19/09/22	13,13	6,74	2.109	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-07	414.955	9.495.480	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	12/12/22	12,83	6,73	1.953	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-07	414.955	9.495.480	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	13/03/23	12,60	6,33	1.847	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-08	414.730	9.495.337	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	27/10/22	7,57	6,69	1.501	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-08	414.730	9.495.337	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	18/01/23	7,40	6,62	1.491	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-08	414.730	9.495.337	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	18/04/23	6,31	6,53	1.514	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-09	415.164	9.495.490	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	18/10/22	4,62	6,53	1.484	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Coleta	Unidade hidrogeológica	Campanha	Data	NE (m)	pH	CE (μS/cm)	Alumínio (Al)	Cálcio (Ca)	Ferro (Fe)	Fluoreto (F <sup>-1</sup> )	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Sódio (Na)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Urânio Natural (U-nat)
PC-09	415.164	9.495.490	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	04/01/23	4,65	6,74	1.619	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-09	415.164	9.495.490	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	04/04/23	4,43	6,63	1.755	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	A
PC-09	415.164	9.495.490	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	24/04/23	4,43	6,61	1.714	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-10	413.748	9.494.834	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	11/10/22	29,76	6,91	1.037	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-10	413.748	9.494.834	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	03/01/23	20,07	6,49	1.031	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-10	413.748	9.494.834	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	03/04/23	25,50	6,78	1.099	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-11	413.080	9.494.561	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	29/09/22	35,19	7,04	1.781	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-11	413.080	9.494.561	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	19/12/22	34,52	6,16	1.427	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-11	413.080	9.494.561	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	27/03/23	33,41	6,62	1.519	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-12	415.232	9.494.898	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	17/10/22	19,62	6,78	1.379	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	A
PC-12	415.232	9.494.898	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	03/01/23	20,25	5,88	848	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	A
PC-12	415.232	9.494.898	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
PC-13	415.966	9.494.728	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	01/11/22	18,12	6,76	2.493	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-13	415.966	9.494.728	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	10/01/23	18,17	6,73	2.445	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-13	415.966	9.494.728	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	17/04/23	13,57	6,48	1.945	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-14	415.979	9.494.423	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	31/10/22	22,87	6,89	1.587	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-14	415.979	9.494.423	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	12/01/23	22,93	6,90	1.596	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-14	415.979	9.494.423	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	11/04/23	22,99	6,69	1.642	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-15	415.126	9.494.026	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	31/10/22	18,81	6,75	1.993	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-15	415.126	9.494.026	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	16/01/23	18,66	6,59	2.062	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-15	415.126	9.494.026	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	13/04/23	18,30	6,60	2.170	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-17	414.275	9.493.008	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	05/10/22	10,02	6,79	2.037	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-17	414.275	9.493.008	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	20/12/22	6,52	6,86	1.936	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-17	414.275	9.493.008	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	30/03/23	N/A	6,68	2.722	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-18	413.445	9.493.329	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	24/10/22	14,83	6,65	2.151	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-18	413.445	9.493.329	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	04/01/23	14,13	6,77	2.129	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-18	413.445	9.493.329	CPEA	MC-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	18/04/23	13,57	6,71	2.655	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A



Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Coleta	Unidade hidrogeológica	Campanha	Data	NE (m)	pH	CE (µS/cm)	Alumínio (Al)	Cálcio (Ca)	Ferro (Fe)	Fluoreto (F <sup>-1</sup> )	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Sódio (Na)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Urânio Natural (U-nat)
PC-19	411.864	9.494.272	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	19/09/22	8,36	6,74	1.768	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-19	411.864	9.494.272	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	15/12/22	5,60	6,98	1.675	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-19	411.864	9.494.272	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	14/03/23	6,87	6,69	2.614	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-20	412.316	9.493.864	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	22/09/22	20,17	7,21	1.918	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-20	412.316	9.493.864	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	13/12/22	14,25	7,34	1.854	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-20	412.316	9.493.864	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	14/03/23	17,12	7,04	928	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-21	413.916	9.493.536	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	10/10/22	18,56	6,48	6.253	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-21	413.916	9.493.536	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	21/12/22	18,70	6,53	6.971	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-21	413.916	9.493.536	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	28/03/23	18,00	6,45	7.586	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-22	410.111	9.493.159	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	27/09/22	27,41	6,95	2.303	A	A	A	-	A	A	A	A	-	A
PC-22	410.111	9.493.159	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	14/12/22	27,39	6,82	2.290	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PC-22	410.111	9.493.159	CPEA	MS-1	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	15/03/23	27,40	6,55	2.221	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-01	408.499	9.495.085	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	19/10/22	N/A	7,06	996	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-01	408.499	9.495.085	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	16/01/23	N/A	7,61	1.027	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-01	408.499	9.495.085	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	04/04/23	N/A	7,92	975	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	A
SQ-01	408.499	9.495.085	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	24/04/23	N/A	8,05	1.143	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A
SQ-03	409.180	9.493.752	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	06/10/22	N/A	7,42	2.884	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-03	409.180	9.493.752	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	14/12/22	N/A	7,61	2.744	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-03	409.180	9.493.752	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	05/04/23	N/A	7,54	3.087	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	A
SQ-03	409.180	9.493.752	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	24/04/23	N/A	7,32	2.782	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A
SQ-04	410.342	9.494.486	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	06/10/22	N/A	7,13	1.426	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-04	410.342	9.494.486	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	14/12/22	N/A	7,20	1.350	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-04	410.342	9.494.486	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	27/03/23	N/A	6,86	1.333	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-06	409.172	9.491.572	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	13/10/22	N/A	6,92	2.281	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-06	409.172	9.491.572	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	05/01/23	N/A	7,08	2.537	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-06	409.172	9.491.572	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	29/03/23	N/A	7,68	2.309	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-07	408.598	9.503.451	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	28/09/22	N/A	7,24	1.493	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-07	408.598	9.503.451	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
SQ-07	408.598	9.503.451	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	12/04/23	N/A	6,97	2.151	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-08	394.783	9.493.520	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	26/10/22	N/A	6,92	2.130	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-08	394.783	9.493.520	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Coleta	Unidade hidrogeológica	Campanha	Data	NE (m)	pH	CE (µS/cm)	Alumínio (Al)	Cálcio (Ca)	Ferro (Fe)	Fluoreto (F <sup>-1</sup> )	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Magnésio (Mg)	Manganês (Mn)	Sódio (Na)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Urânio Natural (U-nat)
SQ-08	394.783	9.493.520	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	04/04/23	N/A	6,75	3.208	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-09	424.199	9.487.182	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	21/09/22	N/A	6,90	2.563	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-09	424.199	9.487.182	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
SQ-09	424.199	9.487.182	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	12/04/23	N/A	6,86	2.766	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-11	430.944	9.499.383	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	13/09/22	N/A	6,68	6.537	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-11	430.944	9.499.383	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
SQ-11	430.944	9.499.383	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	10/04/23	N/A	6,83	5.131	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-12	373.905	9.518.507	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 1 - nov/22)	17/01/23	N/A	6,88	1.938	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SQ-12	373.905	9.518.507	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 2 - fev/23)	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
SQ-12	373.905	9.518.507	CPEA	N/I	PMRA-PO (Campanha 3 - mar/23)	19/04/23	N/A	6,86	1.835	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; N/I = Não informado; NE = Nível Estático; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; CPEA = Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais; PMRA-PO = Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional.

Adicionalmente, foram utilizados os dados da campanha conduzida em 2023 pela coordenação da empresa Tetra Mais, com coletas realizadas pela CPEA e as análises realizadas pelo laboratório Merieux NutriSciences, envolvendo apenas os poços nomeados com a sigla “PC”, também utilizados no âmbito do PMRA-PO. Nesta campanha, foi realizada a varredura dos parâmetros previstos pela Resolução CONAMA nº 396/2008. O Quadro 11.1-133 ao Quadro 11.1-136 apresentam o resumo das informações da campanha realizada pela Tetra Mais CPEA/Mérieux em julho de 2023 descrita acima.

Quadro 11.1.12.10: Parâmetros Inorgânicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC.

Parâmetros Inorgânicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/23	26/07/23	25/07/23	06/07/23	11/07/23	20/07/23	27/07/23	24/07/23	19/07/23	26/07/23	25/07/23	N/C	05/07/23	10/07/23	12/07/23	18/07/23	20/07/23	19/07/23	27/07/23	17/07/23	24/07/23
Alumínio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alumínio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Antimônio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Antimônio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Arsênio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Arsênio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bário	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bário D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Berílio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Berílio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Boro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Boro D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cádmio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cádmio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Chumbo	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Chumbo D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cianeto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cobalto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cobalto D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cobre	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cobre D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cromo	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cromo D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ferro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ferro D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fluoreto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fosfato	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Lítio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Lítio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Magnésio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Manganês	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Manganês D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mercurio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mercurio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Molibdênio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Molibdênio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Níquel	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A



Parâmetros Inorgânicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/23	26/07/23	25/07/23	06/07/23	11/07/23	20/07/23	27/07/23	24/07/23	19/07/23	26/07/23	25/07/23	N/C	05/07/23	10/07/23	12/07/23	18/07/23	20/07/23	19/07/23	27/07/23	17/07/23	24/07/23
Níquel D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrito	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Prata	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Prata D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Selênio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Selênio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sódio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sódio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SDT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Urânio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Urânio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vanádio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vanádio D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Zinco	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Zinco D*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

D\* = Dissolvido; A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; N/I = Não informado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; CPEA = Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais.

Quadro 11.1.12.11: Parâmetros Orgânicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC.

Parâmetros Orgânicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/23	26/07/23	25/07/23	06/07/23	11/07/23	20/07/23	27/07/23	24/07/23	19/07/23	26/07/23	25/07/23	N/C	05/07/23	10/07/23	12/07/23	18/07/23	20/07/23	19/07/23	27/07/23	17/07/23	24/07/23
Acrilamida	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)antraceno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(b)fluoranteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(a)pireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzo(k)fluoranteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloreto de vinila	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Clorofórmio	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Criseno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,4-Diclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,1-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
cis-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
trans-1,2-Dicloroetano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Dibenzo(a,h)antraceno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Diclorometano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Estireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilbenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Índice de Fenóis	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Indeno(1,2,3,cd)pireno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB's	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 28	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 52	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 101	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 118	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Parâmetros Orgânicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
PCB 138 + PCB 158	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 153	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
PCB 180	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetracloroto de Carbono	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2,3-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,2,4-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,3,5-Triclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Triclorobenzenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetracloroeteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tricloroeteno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
m,p-Xilenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
o-Xileno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Xilenos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; N/I = Não informado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; CPEA = Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais; PMRA-PO = Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional.

**Quadro 11.1.12.12: Parâmetros Agrotóxicos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC.**

Agrotóxicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/23	26/07/23	25/07/23	06/07/23	11/07/23	20/07/23	27/07/23	24/07/23	19/07/23	26/07/23	25/07/23	N/C	05/07/23	10/07/23	12/07/23	18/07/23	20/07/23	19/07/23	27/07/23	17/07/23	24/07/23
Alaclor	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldicarb	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldicarb Sulfona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldicarb Sulfóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Dieldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldrin e Dieldrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Atrazina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bentazona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Carbofurano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cis Clordano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Trans Clordano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Agrotóxicos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/23	26/07/23	25/07/23	06/07/23	11/07/23	20/07/23	27/07/23	24/07/23	19/07/23	26/07/23	25/07/23	N/C	05/07/23	10/07/23	12/07/23	18/07/23	20/07/23	19/07/23	27/07/23	17/07/23	24/07/23
Clordano (cis e trans)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Clorotalonil	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Clorpirifós	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2,4-D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
p,p-DDT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
p,p-DDE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
p,p-DDD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DDT(p,p'DDT,p,p'DDE e p,p'DDD)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Endossulfan - ALFA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Endossulfan - BETA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Endossulfan (a, b e sulfato)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Endossulfan Sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Endrin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glifosato + AMPA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Heptacloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Heptacloro Epóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hexaclorobenzeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Lindano (g-HCH)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Malation	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metolacoloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metoxicloro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Molinato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pendimetalina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pentaclorofenol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Permetrina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Propanil	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Simazina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Trifluralina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Quadro 11.1.12.13: Parâmetros de Microrganismos analisados na amostragem realizada pela Tetra Mais - CPEA/Mérieux em julho de 2023 - Poços de monitoramento PC.



Microrganismos	PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-12	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Coordenada X	413.496	413.539	413.289	412.472	412.468	414.827	414.955	414.730	415.164	413.748	413.080	415.232	415.966	415.979	415.126	414.275	413.445	411.864	412.316	413.916	410.111
Coordenada Y	9.496.109	9.496.232	9.496.394	9.496.785	9.496.653	9.496.014	9.495.480	9.495.337	9.495.490	9.494.834	9.494.561	9.494.898	9.494.728	9.494.423	9.494.026	9.493.008	9.493.329	9.494.272	9.493.864	9.493.536	9.493.159
Unidade hidrogeológica	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MS-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MC-1	MS-1	MC-1	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
Data da amostragem	13/07/2023	26/07/2023	25/07/2023	06/07/2023	11/07/2023	20/07/2023	27/07/2023	24/07/2023	19/07/2023	26/07/2023	25/07/2023	N/C	05/07/2023	10/07/2023	12/07/2023	18/07/2023	20/07/2023	19/07/2023	27/07/2023	17/07/2023	24/07/2023
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Fecais*	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Enterococcus	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N/C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Analisado; N/A = Não analisado; N/C = Não coletado; N/I = Não informado; MS = Meta-sedimentar; MC = Meta-carbonática; CPEA = Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais; PMRA-PO = Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional; \* = Analisado caso Coliformes Termotolerantes (E. coli) estejam presentes.

A Figura 11.1-273 a seguir mostra todos os pontos de coleta de amostras de água subterrânea, inseridos sobre o mapa das unidades hidrogeológicas.



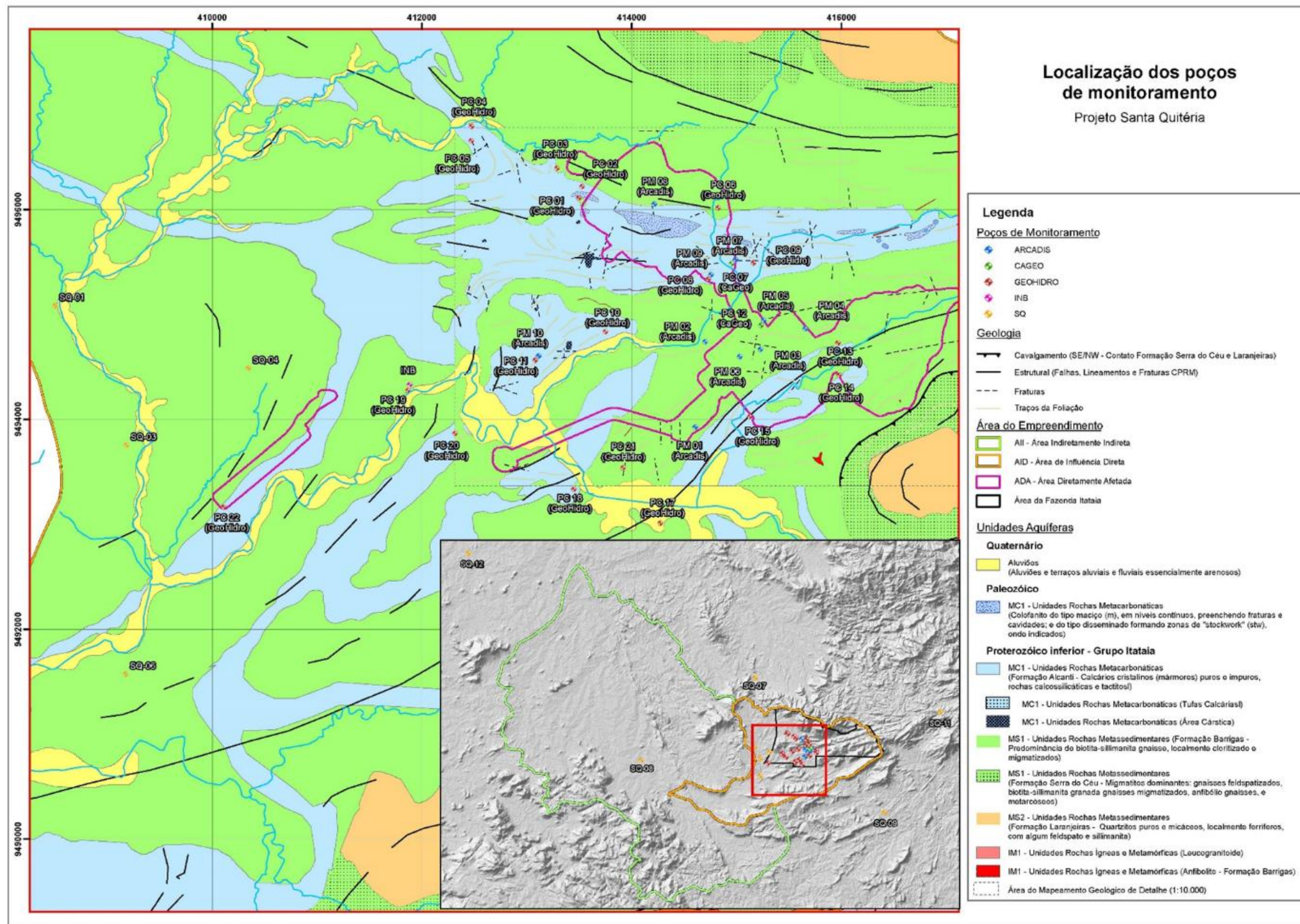


Figura 11.1-1: Pontos de coleta de amostras de água subterrânea (poços INB, PM, PC e SQ).



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.

Para a caracterização, os poços das unidades hidrogeológicas MS1 e MC1 serão agrupados, de acordo com a unidade em que a captação (entrada d'água) é realizada no poço.

Cabe ressaltar que em 4 de maio de 2021, passou a vigorar a Portaria GM/MS n° 888, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n° 5, de 28 de setembro de 2017, que dispõe 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 sim 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 de 03 de abril de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

A aplicação dos valores da Resolução CONAMA n° 396 de 03 de abril de 2008 considera o contexto geoquímico natural, o uso e a ocupação atual e os tipos de fontes que poderão advir com a implantação e funcionamento do empreendimento.

Previamente às coletas das amostras de água subterrânea, foram observadas as informações construtivas dos poços de monitoramento, tais como, diâmetro do tubo, profundidade total, nível d'água estático, espessura da coluna d'água e volume de água contido em seu interior.

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*, 23<sup>rd</sup> edition 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 Volume V - Anexos.

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. Destaca-se que os dados obtidos a partir do PMRA-PO referem-se apenas a metais dissolvidos.

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*, 23<sup>rd</sup> edition. Esta acidificação, promove a dissolução dos coloides 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 oxirredução 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 <6°C, e transportadas imediatamente ao laboratório, acompanhadas das cadeias de custódia que se encontram no Volume V - Anexos.

Os laboratórios responsáveis pelas análises, Merieux NutriSciences (Campanhas de 2020, 2021 e 2023) e GLP (campanhas de 2022 e 2023 do PMRA-PO) são acreditados 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 realizadas a partir desse ano (2017). As referências metodológicas adotadas estão apresentadas no Quadro 11.1-137.

**Quadro 11.1.12.14: Referencias metodológicas adotadas - Análises de 2020, 2021, 2022 e 2023.**

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 45000 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
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, 2023.

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 coletadas antes do início do PMRA-PO, 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.

Para avaliação estatística dos dados foi utilizado o software GSI Mann-Kendall Toolkit. Esse software é um sistema de planilha para analisar dados de monitoramento de águas subterrâneas de séries temporais, que determina quantitativamente se as concentrações medidas de um produto químico estão aumentando, diminuindo ou estáveis ao longo do tempo, com base no uso do método estatístico de Mann-Kendall. O software pode ser aplicado a dados de pontos de monitoramento para os quais foram realizados testes e amostragem de águas subterrâneas em vários episódios ao longo do tempo (ou seja, amostragem de séries temporais) para avaliar a tendência de concentração de cada produto químico em cada local de medição. Para o uso desta ferramenta, é necessário que tenham sido realizadas no mínimo 4 campanhas e no máximo, 40 campanhas. Assim, alguns dos poços x substâncias podem não apresentar resultados frente a esta avaliação.

O teste de Mann-Kendall para análise de tendências, conforme codificado neste Toolkit, depende de três métricas estatísticas (Aziz *et al.*, 2003) mostradas no Quadro 11.1-138, como segue:

- A estatística 'S': indica se a tendência de concentração vs. tempo é geralmente decrescente (valor S negativo) ou crescente (valor S positivo). Um valor de S maior que 0 indica uma tendência crescente, enquanto um valor de S menor que 0 indica uma tendência decrescente sujeita a modificações adicionais com base no fator de confiança (CF) e no coeficiente de variação (COV),
- A estatística S indica a direção da tendência (crescente ou decrescente), enquanto a força da tendência é caracterizada pelo CF. Além disso, se o grau de confiança em relação a uma tendência crescente ou decrescente for insuficiente (devido a uma variabilidade considerável nas concentrações em relação ao tempo ou a pouca alteração nas concentrações em relação ao tempo), o resultado da estatística S é reclassificado como "Sem tendência".

- O Fator de Confiança (CF): O valor CF modifica o cálculo da Estatística S para indicar o grau de confiança no resultado da tendência, como em "Decrescente" vs. "Provavelmente diminuindo" ou "Aumentando" vs. "Provavelmente aumentando". Além disso, se o fator de confiança for bastante baixo, devido à variabilidade considerável nas concentrações versus tempo ou pouca mudança nas concentrações versus tempo, o CF é usado para aplicar uma classificação preliminar "Sem tendência", enquanto se aguarda a consideração do COV.
- O Coeficiente de Variação (COV): O COV é usado para distinguir entre um resultado "Sem tendência" (dispersão significativa na tendência de concentração versus tempo) e um resultado "Estável" (variabilidade limitada na concentração versus tempo) para conjuntos de dados com nenhuma tendência significativa de aumento ou diminuição (por exemplo, CF baixo).

**Quadro 11.1.12.15: Métricas Estatísticas usadas no GSI Mann-Kendall Toolkit.**

"S" Estatística	"CF" Confiança da tendência	Tendência
$S > 0$	$CF > 95\%$	Crescente (Increasing)
$S > 0$	$S > 0 \ 95\% \geq CF \geq 90\%$	Provavelmente crescente (Probably Increasing)
$S > 0$	$S > 0 \ CF < 90\%$	Sem tendência (No Trend)
$S \leq 0$	$S \leq 0 \ CF < 90\% \text{ and } COV \geq 1$	Sem tendência (No Trend)
$S \leq 0$	$S \leq 0 \ CF < 90\% \text{ and } COV < 1$	Estável (Stable)
$S < 0$	$S < 0 \ 95\% \geq CF \geq 90\%$	Provavelmente decrescente (Probably Decreasing)
$S < 0$	$S < 0 \ CF > 95\%$	Decrescente (Decreasing)

*Observação: o usuário pode identificar duas outras categorias de dados: ND = Conjunto de dados em que todos os valores não são detectados e N/A = locais com < 4 resultados de amostra.*

*Fonte: Aziz et al. (2003).*

Conjuntos de dados com menos de 4 resultados de amostra não devem ser incluídos no kit de ferramentas. Esses conjuntos de dados podem vir a ser sinalizados com um "N/A" em seus registros ou ao relatar resultados de tendências. Além disso, serão identificados locais que tenham todos resultados não detectados (ND) e não serão incluídos no Toolkit.

O conjunto de dados para um determinado produto químico em um determinado ponto de amostragem pode incluir "ND" ou resultados não detectados, ou seja, resultados laboratoriais que indicam que o produto químico não foi medido acima de um limite de

concentração específico. Neste caso, conforme sugestão do Toolkit aplicado, será aplicado o valor de metade (50%) do limite de detecção em questão.

Para poços nos quais todos ou uma grande maioria dos resultados não são detectados para um produto químico, a verdadeira tendência de concentração para esse produto químico é estável em uma concentração abaixo do limite de detecção. Nesse caso, a análise de Mann-Kendall não será informativa sobre a verdadeira tendência da concentração, pois o método simplesmente indicará a tendência dos limites de detecção versus tempo. Para poços nos quais todos ou quase todos os resultados medidos são valores não detectados, é sugerido pelo desenvolvedor que simplesmente esses poços sejam designados como "estáveis" ou "ND".

#### *11.1.12.2. Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All)*

Segundo o relatório de Diagnóstico da Região Hidrográfica do Acaraú (COGERH, 2022) a avaliação regional da qualidade das águas subterrâneas, identificou que nos aquíferos cársticos existem 2 captações (0,15% das captações avaliadas no diagnóstico), as quais produzem água potável, com valor médio de 493,35 mg/L de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), abaixo do VMP de 1.000.000 mg/L da Resolução CONAMA nº 396/2008. Nas rochas cristalinas (aquíferos fissurais), são verificadas a construção de 870 captações (65,46% das captações avaliadas), desse total 59,66% (519) produzem água potável com valor médio de 483,78mg/L e 40,34% (351) produzem água imprópria para consumo humano com concentrações superiores ao VMP CONAMA 396/2008.

Segundo as inspeções de campo, as interferências antrópicas mais comuns na All 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.

#### *11.1.12.3. Contexto Local - Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)*

##### *11.1.12.3.1. 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. As descrições metodológicas e procedimentos de amostragem estão detalhadamente descritos no capítulo de considerações metodológicas.

Conforme informado anteriormente, foram realizadas seis campanhas para coleta de amostras de água subterrânea em 10 poços de monitoramento (PM-01 a PM-10), abrangendo o período de 2011 a 2021. As amostras foram obtidas nos seguintes intervalos temporais:



- 1ª campanha - de 13 a 16 de abril de 2011, no período chuvoso;
- 2ª campanha - de 30 de maio a 03 de junho de 2011, transição entre período chuvoso e seco;
- 3ª campanha - de 11 a 14 de julho de 2011, transição entre período chuvoso e seco;
- 4ª campanha - de 22 a 26 de agosto de 2011, período seco;
- 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 11.1-139, a seguir, apresenta a situação dos poços ao longo de cada campanha.

**Quadro 11.1.12.16: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha**

Poço	Campanha					
	01 (Abr/2011)	02 (Jun/2011)	03 (Jul/2011)	04 (Ago/2011)	05 (Nov/2020)	06 (Fev/2021)
PM-01	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*
PM-02	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*
PM-03	não amostrado	amostrado	não amostrado	não amostrado	amostrado	amostrado
PM-04	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*
PM-05	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado

Poço	Campanha					
	01 (Abr/2011)	02 (Jun/2011)	03 (Jul/2011)	04 (Ago/2011)	05 (Nov/2020)	06 (Fev/2021)
PM-06	amostrado	não amostrado	amostrado	amostrado	não amostrado*	não amostrado*
PM-07	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado
PM-08	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*	não amostrado*
PM-09	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	obstruído	não amostrado*
PM-10	amostrado	amostrado	amostrado	amostrado	obstruído	Não amostrado**

(\*) poço sem coluna d'água (seco). (\*\*) poço obstruído. Elaboração: BTB Explorers, 2021. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

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.), realizadas *in situ* e obtidas em cada campanha de monitoramento, estão apresentados no Quadro 11.1-140 (pontos localizados na Unidade MC1) e Quadro 11.1-141 (pontos localizados na Unidade MS1).

**Quadro 11.1.12.17: 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 (°C)	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 (°C)	29,4	29,9	29	30,1		
<b>PM-10</b>	<b>abr/11</b>	<b>jun/11</b>	<b>jul/11</b>	<b>ago/11</b>	<b>nov/20</b>	<b>fev /21</b>
OD (%)	6,5	3,7	59,9	4,2	obstruído	obstruído
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 (°C)	30,6	31,6	30,1	30,6		

( \* ) OD em mg/L em nov/20 e fev/21. Elaboração: BTB Explorers, 2021. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

**Quadro 11.1.12.18: 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°
<b>PM-03</b>	<b>abr/11</b>	<b>jun/11</b>	<b>jul/11</b>	<b>ago/11</b>	<b>nov/20</b>	<b>fev/21</b>
OD (%)*	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	0,32*	0,8*
CE (µs/cm)	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	934	1071
pH	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	6,07	6,54
Eh (mV)	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	70,8	1,3
N.A. (m)	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	18,8	19,26
T (°C)	n.a.	n.i.	n.a.	n.a.	28,1	30,64
<b>PM-05</b>	<b>abr/11</b>	<b>jun/11</b>	<b>jul/11</b>	<b>ago/11</b>	<b>nov/20</b>	<b>fev/21</b>
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 (°C)	30,1	29,2	29,3	29,9	29,6	31,17
<b>PM-06</b>	<b>abr/11</b>	<b>jun/11</b>	<b>jul/11</b>	<b>ago/11</b>	<b>nov/20</b>	<b>fev/21</b>
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		

Campanha	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Eh (mV)	197,6	n.a.	155,4	290,9		
N.A. (m)	23,15	n.a.	23,155	23,305		
T (°C)	26,6	n.a.	29,4	29,7		

(\*) OD em mg/L em nov/20 e fev/21. (n.a) não analisado. (n.i.) não informado. Elaboração: BTB Explorers, 2021. Adaptado de: ARCADIS LOGOS, 2014.

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 no Quadro 11.1-142 a seguir.

**Quadro 11.1.12.19: 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 (°C)	31,2	29,7
Turbidez (NTU)	<0,1	2,36

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

O programa PMRA-PO contemplou até 2023 a realização de três campanhas (trimestrais) para coleta de amostras de água subterrânea, a partir de 21 poços, PC-01 a PC-15 e PC-17 a PC-22, localizados nos limites do empreendimento. Também foram coletadas amostras a partir de nove poços, SQ-01, SQ-03, SQ-04, SQ-06, SQ-07, SQ-08, SQ-09, SQ-11 e SQ-12, que são poços de captação e abastecimento às comunidades, localizados no entorno do PSQ:

- 1ª campanha PMRA-PO - de 13 de setembro de 2022 a 28 de novembro de 2022, período seco;
- 2ª campanha PMRA-PO - de 12 dezembro de 2022 a 06 de fevereiro 2023, transição entre período seco e chuvoso;
- 3ª campanha PMRA-PO - de 13 de março de 2023 a 24 de abril de 2023, período chuvoso;



Estas campanhas de amostragem (01, 02 e 03) foram conduzidas pela equipe técnica da Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais - CPEA e as análises realizadas pelo laboratório GLP. Foram amostrados 30 pontos de coleta de água subterrânea definidos no PMRA-PO (INB, 2023), sendo eles: PC-01 a PC-15 e PC-17 a PC-22, SQ-01, SQ-03, SQ-04, SQ-06, SQ-07, SQ-08, SQ-09, SQ-11 e SQ-12 amostrados em frequência trimestral. Os pontos SQ-07, SQ-08, SQ-09, SQ-11 e SQ-12 são amostrados no âmbito do PMRA-PO em frequência semestral.

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 11.1-143, a seguir, apresenta a situação dos poços ao longo de cada campanha do PMRA-PO.

**Quadro 11.1.12.20: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha**

Ponto	Campanha			Ponto	Campanha		
	01 (nov/22)	02 (fev/23)	03 (mar/23)		01 (nov/22)	02 (fev/23)	03 (mar/23)
PC-01	amostrado	amostrado	amostrado	PC-17	amostrado	amostrado	amostrado
PC-02	amostrado	amostrado	amostrado	PC-18	amostrado	amostrado	amostrado
PC-03	amostrado	amostrado	amostrado	PC-19	amostrado	amostrado	amostrado
PC-04	amostrado	amostrado	amostrado	PC-20	amostrado	amostrado	amostrado
PC-05	amostrado	amostrado	amostrado	PC-21	amostrado	amostrado	amostrado
PC-06	amostrado	amostrado	amostrado	PC-22	amostrado	amostrado	amostrado
PC-07	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-01	amostrado	amostrado	amostrado
PC-08	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-03	amostrado	amostrado	amostrado
PC-09	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-04	amostrado	amostrado	amostrado
PC-10	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-06	amostrado	amostrado	amostrado
PC-11	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-07	amostrado	não amostrado	amostrado
PC-12	amostrado	amostrado	não amostrado	SQ-08	amostrado	não amostrado	amostrado
PC-13	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-09	amostrado	não amostrado	amostrado
PC-14	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-11	amostrado	não amostrado	amostrado

Ponto	Campanha			Ponto	Campanha		
	01 (nov/22)	02 (fev/23)	03 (mar/23)		01 (nov/22)	02 (fev/23)	03 (mar/23)
PC-15	amostrado	amostrado	amostrado	SQ-12	amostrado	não amostrado	amostrado

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: CPEA, 2023.

De maneira geral, ao longo das Campanhas 01 a 03 os resultados das análises físico-químicas realizadas *in situ*, indicaram a presença de ambiente neutro e moderadamente oxidante, para as amostras coletadas nos pontos de monitoração (internos ao PSQ) e nos poços de captação (externos ao PSQ) (CPEA, 2023). Nas três campanhas dos poços nomeados com a sigla PC, a unidade MC-1 apresentou valores médios de pH de 6,7 próximos aos valores médios da unidade MS-1 de 6,83. Já a condutividade foi verificada média mais elevada na unidade MS-1, com valores de 2.438  $\mu\text{S}/\text{cm}$  contra 1.698  $\mu\text{S}/\text{cm}$  da unidade MC-1. Nas três campanhas dos poços de abastecimento nomeados com a sigla SQ, o valor médio de pH foi de 7,18 e a condutividade elétrica de 2.359  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores médios obtidos a partir dos poços SQ estão mais próximos aos valores da unidade MS-1.

O Quadro 11.1-144 mostra as leituras de pH e condutividade elétrica obtidos durante as campanhas de amostragem nos poços de abastecimento SQ no âmbito do PMRA-PO. O Quadro 11.1-145 mostra as leituras de pH e condutividade elétrica obtidos durante as campanhas de amostragem nos poços de monitoramento PC no âmbito do PMRA-PO.

**Quadro 11.1.12.21: Leituras dos parâmetros físicos medidos *in situ* nos poços de abastecimento SQs nas três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025**

Poços de Abastecimento SQ			
Ponto	Campanha	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
SQ-01	1	7,06	996
SQ-01	2	7,61	1.027
SQ-01	3	7,92	975
SQ-01	3	8,05	1.143
SQ-03	1	7,42	2.884
SQ-03	2	7,61	2.744
SQ-03	3	7,54	3.087
SQ-03	3	7,32	2.782
SQ-04	1	7,13	1.426
SQ-04	2	7,20	1.350
SQ-04	3	6,86	1.333
SQ-06	1	6,92	2.281
SQ-06	2	7,08	2.537
SQ-06	3	7,68	2.309
SQ-07	1	7,24	1.493
SQ-07	3	6,97	2.151

Poços de Abastecimento SQ			
Ponto	Campanha	pH	CE (µS/cm)
SQ-08	1	6,92	2.130
SQ-08	3	6,75	3.208
SQ-09	1	6,90	2.563
SQ-09	3	6,86	2.766
SQ-11	1	6,68	6.537
SQ-11	3	6,83	5.131
SQ-12	1	6,88	1.938
SQ-12	3	6,86	1.835
Média	1+2+3	7,18	2.359

**Quadro 11.1.12.22: Leituras dos parâmetros físicos medidos *in situ* nos poços de monitoramento PCs das Unidades MC-1 e MS-1 nas três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025**

Poços de Monitoramento PC Unidade Hidrogeológica MC-1				Poços de Monitoramento PC Unidade Hidrogeológica MS-1			
Ponto	Campanha	pH	CE (µS/cm)	Ponto	Campanha	pH	CE (µS/cm)
PC-02	1	6,83	1.575	PC-01	1	7,51	981
	2	6,87	1.489		2	7,57	1.039
	3	6,72	1.646		3	7,32	1.102
PC-04	1	7,33	2.071	PC-03	1	7,02	2.210
	2	7,37	2.173		2	7,03	2.091
	3	7,11	2.338		3	6,92	2.131
PC-05	1	6,86	1.102	PC-06	1	6,68	3.327
	2	6,92	1.083		2	6,69	2.402
	3	6,72	1.151		3	6,67	3.721
PC-07	1	6,74	2.109	PC-12	1	6,78	1.379
	2	6,73	1.953		2	5,88	848
	3	6,33	1.847	PC-13	1	6,76	2.493
PC-08	1	6,69	1.501		2	6,73	2.445
	2	6,62	1.491		3	6,48	1.945
	3	6,53	1.514	PC-14	1	6,89	1.587
PC-09	1	6,53	1.484		2	6,90	1.596
	2	6,74	1.619		3	6,69	1.642
	3	6,63	1.755	PC-17	1	6,79	2.037
	3	6,61	1.714		2	6,86	1.936
PC-10	1	6,91	1.037		3	6,68	2.722
	2	6,49	1.031	PC-19	1	6,74	1.768
	3	6,78	1.099		2	6,98	1.675
PC-11	1	7,04	1.781		3	6,69	2.614
	2	6,16	1.427	PC-20	1	7,21	1.918
	3	6,62	1.519		2	7,34	1.854
PC-15	1	6,75	1.993		3	7,04	928

Poços de Monitoramento PC Unidade Hidrogeológica MC-1				Poços de Monitoramento PC Unidade Hidrogeológica MS-1			
Ponto	Campanha	pH	CE (µS/cm)	Ponto	Campanha	pH	CE (µS/cm)
	2	6,59	2.062	PC-21	1	6,48	6.253
	3	6,60	2.170		2	6,53	6.971
	1	6,65	2.151		3	6,45	7.586
PC-18	2	6,77	2.129	PC-22	1	6,95	2.303
	3	6,71	2.655		2	6,82	2.290
Média	1+2+3	6,74	1.698		3	6,55	2.221
				Média	1+2+3	6,83	2.438

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

Em julho de 2023 foi realizada a campanha coordenada pela empresa Tetra Mais com amostragem conduzida pela CPEA e as análises realizadas pelo laboratório Merieux NutriSciences, envolvendo 20 poços PC-01 a PC11, PC-13 a PC-15 e PC-17 a PC-22, também utilizados no âmbito do PMRA-PO. Nesta campanha foram contemplados os parâmetros previstos pela Resolução CONAMA nº 396/2008. O Quadro 11.1-146, a seguir, apresenta a situação dos poços ao longo das campanhas realizadas em campo.

#### Quadro 11.1.12.23: Coleta de água subterrânea em cada poço por campanha

Ponto	Campanha	Ponto	Campanha
	Julho/2023		Julho/2023
PC-01	amostrado	PC-12	Não amostrado
PC-02	amostrado	PC-13	amostrado
PC-03	amostrado	PC-14	amostrado
PC-04	amostrado	PC-15	amostrado
PC-05	amostrado	PC-17	amostrado
PC-06	amostrado	PC-18	amostrado
PC-07	amostrado	PC-19	amostrado
PC-08	amostrado	PC-20	amostrado
PC-09	amostrado	PC-21	amostrado
PC-10	amostrado	PC-22	amostrado
PC-11	amostrado		

Elaboração: BTB Explorers, 2023. Adaptado de: CPEA, 2023.

Os resultados das medições *in situ* dos parâmetros físicos das águas subterrâneas foram de Oxigênio Dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), pH, ORP (Eh), Temperatura (T) e nível d'água (N.A.), obtidos na campanha de julho de 2023 estão representados no Quadro



11.1-147 e Quadro 11.1-148. De maneira geral, os poços da unidade hidrogeológica MC-01 apresentam valores médios de 1.783,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de condutividade e 0,895‰ de salinidade, inferiores aos valores médios da unidade MS-1 que apresentaram resultados de 2.808,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para condutividade e salinidade de 1,46‰. Os valores médios de pH e temperatura da água subterrânea se encontravam, nesta campanha, em valores praticamente idênticos, na ordem de 6,7 e 30,8 °C, respectivamente.

**Quadro 11.1.12.24: Leituras dos parâmetros físicos medidos *in situ* nos poços de monitoramento PCs da Unidade MC-1. Campanha de julho de 2023 executada segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025**

Unidade Hidrogeológica MC-1							
Amostra	Campanha	OD (mg/L)	ORP (mV)	pH	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Salinidade ‰	Temperatura (°C)
PC-02	julho/23	0,35	-111	6,65	1.576	0,78	31,8
PC-04	julho/23	<0,30	-167	7,13	2.350	1,20	30,4
PC-05	julho/23	<0,30	63	6,73	1.169	0,57	30,9
PC-07	julho/23	<0,30	-57	6,61	1.941	0,98	30,8
PC-08	julho/23	<0,30	130	6,56	1.532	0,76	30,7
PC-09	julho/23	<0,30	-5	6,57	1.709	0,85	30,4
PC-10	julho/23	0,39	-155	6,77	1.003	0,49	31,5
PC-11	julho/23	<0,30	-96	6,73	1.593	0,79	31,4
PC-15	julho/23	<0,30	-114	6,61	2.168	1,10	30,2
PC-18	julho/23	<0,30	78	6,71	2.793	1,43	30,1
Média	julho/23	0,37	-43,4	6,70	1.783,4	0,895	30,8

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

**Quadro 11.1.12.25: Leituras dos parâmetros físicos medidos *in situ* nos poços de monitoramento PCs da Unidade MS-1. Campanha de julho de 2023 executada segundo requisitos ABNT NBR ISP/IEC ISO 17025**

Unidade Hidrogeológica MS-1							
Amostra	Campanha	OD (mg/L)	ORP (mV)	pH	Condutividade (µS/cm)	Salinidade	Temperatura (°C)
PC-01	julho/23	< 0,30	-126	7,32	1.102	0,54	31,3
PC-03	julho/23	0,55	-125	6,39	2.195	1,11	31,5
PC-06	julho/23	<0,30	-84	6,57	3.717	1,94	30,3
PC-13	julho/23	0,33	-122	6,52	2.512	1,28	28,9
PC-14	julho/23	<0,30	-123	6,71	1.627	0,81	30,0
PC-17	julho/23	<0,30	-94	6,64	3.900	2,04	31,0
PC-19	julho/23	<0,30	-100	6,62	2.658	1,36	30,6
PC-20	julho/23	<0,30	43	6,90	941	0,46	31,4
PC-21	julho/23	<0,30	110	6,35	7.459	4,07	30,9
PC-22	julho/23	0,98	109	6,55	1.977	0,99	32,1
Média	Julho/23	0,62	-51,2	6,66	2.808,8	1,46	30,8

Elaboração: BTB Explorers, 2023.

#### 11.1.12.3.2. Hidroquímica das Águas Subterrâneas

##### 11.1.12.3.2.1. 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 nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Como referência, foram utilizados os valores do Anexo I desta resolução, que apresenta a lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes e os limites de quantificação praticáveis (LQP), considerados como aceitáveis para aplicação desta Resolução.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 define Valor de Referência de Qualidade-VRQ como a concentração ou valor de um determinado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea. Além disso, define o Valor Máximo Permitido-VMP como o limite máximo

permitido para os parâmetros legislados, o qual varia de acordo com o uso específico das águas subterrâneas. Neste estudo foram aplicados os VMP para o consumo humano como uso preponderante.

#### 11.1.12.4. Considerações Metodológicas

Os laudos analíticos emitidos pelos laboratórios estão disponíveis no Volume V - Anexos e abrangem os resultados originais das campanhas realizadas nos anos de 2011, 2020, 2021 (laboratórios Bioagri e Mérieux) e 2023 (laboratório Mérieux). Esses laudos contêm as análises de 53 parâmetros inorgânicos, 50 parâmetros orgânicos, varredura de 44 parâmetros agrotóxicos e 03 análises de microrganismos.

Com relação aos laudos analíticos emitidos pelo Laboratório GLP, os quais compreendem as campanhas de 2022 e 2023 realizadas no âmbito do PMRA-PO (INB, 2023), envolvem as análises de 06 radionuclídeos e 09 inorgânicos (espécies estáveis), além da leitura in situ de parâmetros físico-químicos. Os laudos analíticos da campanha de julho de 2023 (laboratório Mérieux) referem-se a análise de 53 parâmetros inorgânicos, 41 parâmetros orgânicos, 41 parâmetros agrotóxicos e 02 análises de microrganismos.

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea provenientes dos poços de monitoramento, com concentrações padronizadas em µg/L (micrograma/litro), e com destaque em vermelho para os resultados desenquadrados nos padrões de qualidade da Resolução CONAMA nº396/2008, são apresentados no Volume V - Anexos.

##### 11.1.12.4.1. Resultados Analíticos de Água Subterrânea

##### 11.1.12.4.1.1. 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 11.1-149, em todas as amostras das campanhas avaliadas.

**Quadro 11.1.12.26: 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

Inorgânicos	Orgânicos	Pesticidas
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-Dicloroetano	Clordano (trans)
Mercúrio Dissolvido	Cis-1,2-Dicloroetano	Clordano (cis + trans)
Prata	Trans-1,2-Dicloroetano	Clorotalonil
Prata Dissolvido	1,2-Dicloroetano (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
	PCB 101	Endossulfan(a+b+Sulfato)
	PCB 118	Endrin
	PCB 138+158	Glifosato + AMPA
	PCB 153	Heptacloro
	PCB 180	Heptacloro Epóxido
	Tetracloroeto de Carbono	Heptacloro Epóxido + Heptacloro
	1,2,3-Triclorobenzeno	Hexaclorobenzeno
	1,2,4-Triclorobenzeno	Lindano (g-HCH)
	1,3,5-Triclorobenzeno	Malation
	Triclorobenzenos	Metolacloro
	Tetracloroetano	Metoxicloro



Inorgânicos	Orgânicos	Pesticidas
	Tricloroeteno	Molinato
	Tolueno	Pendimetalina
	m,p Xilenos	Pentaclorofenol
	o-Xilenos	Permetrina
	Xilenos	Propanil
		Simazina
		Trifluralina

Elaboração: BTB Explorers, 2021.

#### 11.1.12.4.1.2. Resultados desenquadrados dos VMPs - Poço INB

Os resultados analíticos das amostras provenientes do Poço INB, apresentados no Volume V - Anexos, 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 no Quadro 11.1-150.

**Quadro 11.1.12.27: Substâncias quantificadas acima do VMP CONAMA 396/2008 - Poço INB**

1ª Campanha 04/2011	2ª Campanha 06/2011	3ª Campanha 07/2011	4ª Campanha 08/2011	5ª Campanha 11/2020	6ª Campanha 02/2021
SDT Nitrato	Nenhuma substância	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 VMP 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 (VMP) 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 VMP. 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. A fim de sanar eventuais interferências ocasionadas em partes metálicas em contato com a água rica em sais, foi instalado em 2022 (Geohidro, 2022) um novo poço em PVC de acordo com normas da ABNT NBR 15.495-1 e NBR 15.495-2, denominado PC-19, ao lado (próximo) do poço INB. A partir das campanhas de 2022 (PMRA-PO) o poço PC-19 foi amostrado em substituição ao poço INB.

O parâmetro sólidos dissolvidos totais (SDT) foi quantificado em todas as seis campanhas realizadas em concentrações próximas do VMP. Em abril/11, agosto/11 e novembro/20, a concentração deste parâmetro foi quantificada acima do VMP. Vale ressaltar que ele é naturalmente presente na região em concentrações acima dos valores de referência segundo COGERH (2016).

Os parâmetros Coliformes Termotolerantes 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.

#### 11.1.12.4.1.3. Resultados não quantificados - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 - PMs

Os resultados analíticos das amostras provenientes dos Poços de Monitoramento, apresentados no Volume V - Anexos, 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.

O Quadro 11.1-151 a seguir apresenta a lista destes parâmetros, com indicação em separado, por unidade aquífera.

**Quadro 11.1.12.28: Parâmetros não quantificados nas Água Subterrâneas - Poços de Monitoramento (PM) - Campanhas de 2011, 2020 e 2021**

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
Berílio	x	x	Clorofórmio	x	x
Berílio D*	x	x	Criseno	x	x
Cádmio	x	x	1,2-Diclorobenzeno	x	x

Parâmetro	Unidade MS1	Unidade MC1	Parâmetro	Unidade MS1	Unidade MC1
Cádmio D*	x	x	1,4-Diclorobenzeno	x	x
Chumbo		x	1,2-Dicloroetano	x	x
Chumbo D*	x	x	1,1-Dicloroetano	x	x
Cobalto		x	cis-1,2-Dicloroetano	x	x
Cobalto D*		x	trans-1,2-Dicloroetano	x	x
Cobre		x	1,2-Dicloroetano (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	Tetracloroeto 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	Tetracloroetano	x	x
Benzeno	x	x	Tricloroetano	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.

#### 11.1.12.4.1.4. Resultados não quantificados - Campanhas de 2022 e 2023 - PCs e SQs

Os resultados analíticos das amostras provenientes dos Poços de Monitoramento “PC”, apresentados no Volume V - Anexos, indicam que dentre os parâmetros avaliados ao longo das 4 campanhas realizadas entre 2022 e 2023 (três pela CPEA/GLP no âmbito do PMRA-PO e uma pela Tetra Mais/CPEA/Mérieux), nos poços com coluna d’água e condições de amostragem suficientes, 80 destes parâmetros estão abaixo dos limites de quantificação do

método analítico, não sendo quantificados tanto nos poços instalados na unidade MS-1 quanto na unidade MC-1.

Todas as espécies químicas analisadas no âmbito do PMRA-PO foram quantificadas na água subterrânea, nas três campanhas citadas acima (pela CPEA/GLP). Cumpre mencionar que a campanha conduzida pela Tetra+/CPEA/Merrieux, não contemplou a coleta de amostras de água subterrânea dos poços de abastecimento “SQ”.

O Quadro 11.1-152 a seguir apresenta a lista dos parâmetros que não foram quantificados em nenhuma das campanhas dos poços PC, separados por unidade aquífera.

**Quadro 11.1.12.29: Parâmetros não quantificados em todas as campanhas das Água Subterrâneas - poços de monitoramento “PC”.**

Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)	Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)
Inorgânicos	Antimônio D*	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Lindano (g-HCH)	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Berílio	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Malation	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Berílio D*	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Metolacoloro	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Cádmio	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Metoxicloro	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Cádmio D*	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Molinate	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Cromo D*	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Pendimetalina	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Mercurio	<LQ	<LQ	Agrotóxicos	Pentaclorofenol	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Mercurio D*	<LQ	<LQ	Agrotóxicos	Permetrina	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Prata	<LQ	<LQ	Agrotóxicos	Propanil	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Prata D*	<LQ	<LQ	Agrotóxicos	Simazina	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Selênio	<LQ	>LQ	Agrotóxicos	Trifluralina	<LQ	<LQ
Inorgânicos	Selênio D*	<LQ	<LQ	Orgânicos	Acrilamida	<LQ	<LQ
Microorganismos	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	<LQ	<LQ	Orgânicos	Benzo(a)pireno	<LQ	<LQ
Microorganismos	Coliformes Fecais	<LQ	<LQ	Orgânicos	Benzo(k)fluoranteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Alaclor	<LQ	<LQ	Orgânicos	Clorofórmio	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Aldicarb	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,2-Diclorobenzeno	<LQ	<LQ



Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)	Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)
Agrotóxicos	Aldicarb Sulfona	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,4-Diclorobenzeno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Aldicarb Sulfóxido	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,1-Dicloroeteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Aldrin	<LQ	<LQ	Orgânicos	cis-1,2-Dicloroeteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Dieldrin	<LQ	<LQ	Orgânicos	trans-1,2-Dicloroeteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Aldrin e Dieldrin	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,2-Dicloroeteno (cis+trans)	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Atrazina	<LQ	<LQ	Orgânicos	Dibenzo(a,h)antraceno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Bentazona	<LQ	<LQ	Orgânicos	Diclorometano	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Carbofurano	<LQ	<LQ	Orgânicos	Indeno(1,2,3,cd)pireno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Cis Clordano	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB's	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Trans Clordano	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 28	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Clordano (cis e trans)	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 52	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Clorotalonil	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 101	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Clorpirifós	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 118	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	2,4-D	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 138 + PCB 158	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	p,p-DDT	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 153	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	p,p-DDE	<LQ	<LQ	Orgânicos	PCB 180	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	p,p-DDD	<LQ	<LQ	Orgânicos	Tetracloroeto de Carbono	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	DDT(p,p'DDT,p,p'DDE e p,p'DDD)	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,2,3-Triclorobenzeno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Endossulfan - ALFA	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,2,4-Triclorobenzeno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Endossulfan - BETA	<LQ	<LQ	Orgânicos	1,3,5-Triclorobenzeno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Endossulfan (a, b e sulfato)	<LQ	<LQ	Orgânicos	Triclorobenzenos	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Endossulfan Sulfato	<LQ	<LQ	Orgânicos	Tetracloroeteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Endrin	<LQ	<LQ	Orgânicos	Tricloroeteno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Glifosato + AMPA	<LQ	<LQ	Orgânicos	Tolueno	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Heptacloro	<LQ	<LQ	Orgânicos	m,p-Xilenos	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Heptacloro Epóxido	<LQ	<LQ	Orgânicos	o-Xileno	<LQ	<LQ

Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)	Grupo	Parâmetro	Unidade de MS1 (poços PC)	Unidade de MC1 (poços PC)
Agrotóxicos	Heptacloro e Heptacloro Epóxido	<LQ	<LQ	Orgânicos	Xilenos	<LQ	<LQ
Agrotóxicos	Hexaclorobenzeno	<LQ	<LQ				

D\*: dissolvido. <LQ: menor que o limite de quantificação (não quantificado). Fonte: BTB Explorers, 2023.

#### 11.1.12.4.1.5. Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2011, 2020 e 2021 - PMs

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea provenientes dos Poços de Monitoramento, disponíveis no Volume V - Anexos, quando comparados com os VMPs da Resolução CONAMA nº 396/2008, indicaram as seguintes concentrações acima dos padrões de qualidade apresentadas no Quadro 11.1-153 ao Quadro 11.1-155.

Destaca-se que a Resolução CONAMA nº 396/2008 em seu Anexo I apresenta os valores máximo permitidos (VMP) para metais sem a distinção quanto a forma de ocorrência, total ou dissolvida. Assim, nas avaliações dos resultados obtidos das amostras de água subterrânea, o mesmo VMP foi aplicado para cada metal analisado nas duas formas.

**Quadro 11.1.12.30: Parâmetros Inorgânicos Acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) na Água Subterrânea (µg/L) - Unidade MS1 - Campanhas de 2011, 2020 e 2021**

Parâmetro	VMP 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	1.362,50	1.780	522	<1,0	61,3	243,2	1.296	62,9
Alumínio Dissolvido	200	31,3	<1	81,7	<1	<1	<0,1	13,4	46,4
Cloreto	250.000	165.000	59.900	64.200	109.000	114.000	430.700	112.750	402.670
Ferro	300	1.951	7.870	10.900	2.140	2.130	292,2	1.028	48,1
Ferro Dissolvido	300	98,9	7.050	7.990	1.090	1.200	5,1	71,3	39,0
Manganês	100	433,9	768	1.350	415	489	33,8	14,6	72,1
Manganês Dissolvido	100	413	756	1.240	378	435	31,4	11	69
Níquel	20	23,1	13,1	12,1	11,8	4,8	1,95	1,46	1,06
Níquel Dissolvido	20	18	8,4	7,6	7,6	3	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrato	10.000	16.300	2.740	<100	640	<100	3.360	594	1.500
SDT	1.000.000	803.000	513.000	540000	847.000	792000	1.048.000	380.000	1.211.000
Índice de Fenóis	3,0	1,4	5,0	5,0	<0,001	< 1,0	<1,0	1,6	Não analisado

Legenda: Resultado em vermelho referem-se àqueles que ultrapassaram o VMP. Elaboração: BTB Explorers, 2021.

**Quadro 11.1.12.31: Parâmetros Inorgânicos Acima dos Valores Máximos Permitidos (VMP) na Água Subterrânea (µg/L) - Unidade MC1 - Campanhas de 2011, 2020 e 2021**

Parâmetros	VMP CONAMA 396	PM-07						PM-09	
		abr/11	jun/11	jul/11	ago/11	nov/20	Fev/21	abr/11	jun/11
Alumínio	200	3,74	86	38	128,2	117	210	1,36	373,3
Cloreto	250.000	710.100	672.400	679.560	623.900	240.000	402.000	233.920	77.335
Ferro	300	69	115,6	38,1	131,7	3.240	2.910	53	1.254,30
Ferro Dissolvido	300	60,9	41,8	0,586	49,9	2.970	2.580	34,6	95,4
Manganês	100	23,6	20,3	13	21,1	341	291	3,8	1,77
Manganês Dissolvido	100	17,8	15,6	9	14	338	290	1,1	<0,1
Sódio	200.000	215.225	299.713	267.580	245.190	185.000	187000	192.638	75.880
Sódio Dissolvido	200.000	211.880	288.398	258.898	211.898	175.000	174000	137.098	74.188
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	623.000

Elaboração: BTB Explorers, 2021.



**Quadro 11.1.12.32: Resultados Analíticos em NMP/100mL - Microrganismos na Água Subterrânea - PMs - Campanhas de 2011, 2020 e 2021**

Microrganismos	VMP CONAMA 396	PM-03		PM-05		PM-07	PM-10
		nov/20	fev/21	jun/11	ago/11	ago/11	abr/11
Coliformes Termotolerantes ( <i>E. coli</i> )	Ausente	43.520	112.000	Presente	Presente	Presente	Presente
Coliformes Fecais	Ausente	43.520	112.000	Presente	Presente	Presente	Presente

*Elaboração: BTB Explorers 2021. VMP: Valores Máximos Permitidos.*

As elevadas concentrações de sólidos dissolvidos totais (SDT) estão coerentes com o cenário regional apresentado no Relatório de Diagnóstico da Região Hidrográfica do Acaraú (COGERH, 2022) e comentado no capítulo 11.1.8.2 - Contexto Regional - Área de Influência Indireta (AII). A unidade MC1 apresenta concentrações mais elevadas de STD em relação à 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 da fração total, podem representar falsos positivos relacionados à 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.

Conforme comentado anteriormente, a Resolução CONAMA nº 396/2008 em seu Anexo I apresenta os valores máximo permitidos (VMP) para metais sem a distinção quanto a forma de ocorrência, total ou dissolvida. Assim, nas avaliações dos resultados obtidos das amostras de água subterrânea, o mesmo VMP foi aplicado para cada metal analisado nas duas formas e as análises e apontamentos ao longo do capítulo vão considerar as frações total e dissolvida (filtradas), envolvendo a apresentação de gráficos e análises estatísticas.

As alterações dos padrões de qualidade em relação ao ferro, manganês e alumínio são mais marcantes na Unidade Aquífera MS1, que apresenta maior frequência de concentrações acima dos valores máximos permitidos (VMP), 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 VMP apenas na forma total o que pode ser efeito da turbidez na água, e em outras, abaixo dos VMPs 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 em junho de 2011 no PM-03, não se confirmou na análise de níquel dissolvido realizada para este ponto na mesma campanha, e nem nas campanhas posteriores de novembro de 2020 e fevereiro de 2021, tanto para níquel total como dissolvido. Em nenhuma outra amostra dos demais poços o níquel foi quantificado acima do VMP nas campanhas realizadas de abril de 2011 a fevereiro de 2021.

Assim como ocorreu com o níquel, o parâmetro nitrato, também foi identificado exclusivamente na unidade MS1 acima do VMP CONAMA 396/2008 na amostra realizada no ponto PM-03 apenas na primeira campanha, não se confirmando, portanto, nas campanhas posteriores até fevereiro de 2021 em nenhuma outra amostra de nenhum outro poço.

Nas duas unidades aquíferas ocorrem concentrações de cloreto acima do VMP, 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 indicaram 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 59.900 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.

Índice de fenóis foi identificado no PM-03 (MS1) nas campanhas de novembro/2020 e fevereiro de 2021 em concentração de 5,0 µg/L acima do VMP, porém, próxima ao valor de referência de 3,0 µg/L.

Os resultados de coliformes termotolerantes e *E.coli*, apresentaram 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.

11.1.12.4.1.6. *Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2022 e 2023 - PCs*

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea provenientes dos poços de Monitoramento “PC”, apresentados no Volume V - Anexos, quando comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) da Resolução CONAMA 396/2008, indicam as seguintes concentrações acima dos padrões de qualidade apresentadas no Quadro 11.1-156 ao Quadro 11.1-163.

As substâncias, quando quantificadas acima do VMP (somente nestes casos) nas amostras filtradas ou não filtradas serão apresentadas nos quadros nas duas formas, mesmo se apenas a concentração de uma se encontrar acima do VMP. O poço que apresentar ao menos um parâmetro acima do VMP em ao menos uma campanha terá todos os resultados apresentados.



**Quadro 11.1.12.33: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-01				PC-03				PC-06			
		01-PMRA-PO 11/2022	02-PMRA-PO 02/2023	03-PMRA-PO 03/2023	Mérieux 01/2023	01-PMRA-PO 11/2022	02-PMRA-PO 02/2023	03-PMRA-PO 03/2023	Mérieux- 01/2023	01-PMRA-PO 11/2022	02-PMRA-PO 02/2023	03-PMRA-PO 03/2023	Mérieux- 01/2023
Alumínio	200	N/A	N/A	N/A	6,70	N/A	N/A	N/A	1240,00	N/A	N/A	N/A	208,000
Alumínio D*	200	<10,000	28,000	20,000	3,23	39,000	17,000	17,000	7,18	19,000	18,000	48,000	11,600
Arsênio	10	N/A	N/A	N/A	13,20	N/A	N/A	N/A	1,04	N/A	N/A	N/A	<0,5
Arsênio D*	10	N/A	N/A	N/A	12,70	N/A	N/A	N/A	<0,50	N/A	N/A	N/A	<0,5
Chumbo	10	N/A	N/A	N/A	<0,50	N/A	N/A	N/A	1,66	N/A	N/A	N/A	1,520
Chumbo D*	10	N/A	N/A	N/A	<0,50	N/A	N/A	N/A	<0,5	N/A	N/A	N/A	<0,5
Cloreto	250.000	N/A	N/A	N/A	95.100,00	N/A	N/A	N/A	445.000,00	N/A	N/A	N/A	877.000,000
Ferro	300	N/A	N/A	N/A	121,00	N/A	N/A	N/A	2.760,00	N/A	N/A	N/A	4.410,000
Ferro D*	300	204,000	129,000	125,000	115,00	305,000	112,000	139,000	207,00	2.270,000	3.060,000	3.910,000	3.820,000
Fluoreto	1.500	<250,000	<250,000	250,000	181,00	<500,000	<500,000	500,000	563,00	400,000	<500,000	<500,000	402,000
Manganês	100	N/A	N/A	N/A	42,00	N/A	N/A	N/A	695,00	N/A	N/A	N/A	1.650,000
Manganês D*	100	54,000	44,000	48,000	41,00	570,000	537,000	525,000	672,00	1.610,000	2.270,000	1.980,000	1.630,000
Sódio	200.000	N/A	N/A	N/A	165.000,00	N/A	N/A	N/A	182.000,00	N/A	N/A	N/A	328.000,000
Sódio D*	200.000	188.000,000	167.000,000	192.000,000	164.000,000	223.000,000	196.000,000	17.5000,000	177.000,00	319.000,000	321.000,000	344.000,000	327.000,000
SDT	1.000.000	N/A	N/A	N/A	648.000,000	N/A	N/A	N/A	1.305.000,000	N/A	N/A	N/A	2.780.000,000
Sulfato	250.000	85.500,000	86.000,000	89.200,000	85.500,00	53.600,000	42.300,000	35.700,000	27.800,00	189.000,000	187.000,000	154.000,000	173.000,000
Urânio	15	N/A	N/A	N/A	15,40	N/A	N/A	N/A	51,80	N/A	N/A	N/A	1,320
Urânio D*	15	5,328	<2,000	38,934	14,40	<2,000	9,426	23,770	46,20	6,967	2,459	<2,000	1,020

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

**Quadro 11.1.12.34: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-13				PC-14				PC-17			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	Mérieux- 01/23
Alumínio	200	N/A	N/A	N/A	15,700	N/A	N/A	N/A	27,600	N/A	N/A	N/A	1,620
Alumínio D*	200	114,000	32,000	<10,000	<1,000	<10,000	24,000	<10,000	1,800	<10,000	16,000	23,000	<1,00
Arsênio	10	N/A	N/A	N/A	<0,500	N/A	N/A	N/A	16,200	N/A	N/A	N/A	0,930
Arsênio D*	10	N/A	N/A	N/A	<0,500	N/A	N/A	N/A	14,900	N/A	N/A	N/A	0,840
Chumbo	10	N/A	N/A	N/A	<0,500	N/A	N/A	N/A	0,870	N/A	N/A	N/A	2,530
Chumbo D*	10	N/A	N/A	N/A	<0,500	N/A	N/A	N/A	<0,5	N/A	N/A	N/A	<0,5
Cloreto	250.000	N/A	N/A	N/A	486.000,000	N/A	N/A	N/A	255.000,000	N/A	N/A	N/A	880.000,000
Ferro	300	N/A	N/A	N/A	2.600,000	N/A	N/A	N/A	4.660,000	N/A	N/A	N/A	613,000
Ferro D*	300	2.270,000	1.150,000	714,000	1.100,000	2110,000	1340,000	5.820,000	4.610,000	29,100	12,000	27,400	490,000
Fluoreto	1.500	<500,000	<500,000	590,000	561,000	640,000	650,000	550,000	568,000	<500,000	<250,000	370,000	544,000
Manganês	100	N/A	N/A	N/A	224,000	N/A	N/A	N/A	672,000	N/A	N/A	N/A	522,000
Manganês D*	100	531,000	273,000	184,000	186,000	823,000	695,000	780,000	664,000	239,000	249,000	320,000	489,000
Sódio	200.000	N/A	N/A	N/A	186.000,000	N/A	N/A	N/A	108.000,000	N/A	N/A	N/A	819.000,000
Sódio D*	200.000	179.000,000	178.000,000	123.000,000	185.000,000	109.000,000	127.000,000	118.000,000	107.000,000	179000,000	210000,000	246000,000	517.000,000
SDT	1.000.000	N/A	N/A	N/A	1.670.000,000	N/A	N/A	N/A	978000,00	N/A	N/A	N/A	269.0000,00
Sulfato	250.000	166.000,000	158.000,000	218.000,000	174.000,000	58.400,000	13.200,000	<2500,000	<2500,000	76.400,000	81.500,000	155.000,000	268.000,000
Urânio	15	N/A	N/A	N/A	3,850	N/A	N/A	N/A	<0,500	N/A	N/A	N/A	10,000
Urânio D*	15	9,836	4,098	4,508	2,630	8,607	4,098	4,098	<0,500	16,393	6,148	10,656	10,000

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

**Quadro 11.1.12.35: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1.**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-19				PC-20				PC-21			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Alumínio	200	N/A	N/A	N/A	35,70	N/A	N/A	N/A	634,00	N/A	N/A	N/A	26,60
Alumínio D*	200	42,000	43,000	24,000	6,820	<10,000	16,000	<10,000	22,900	<10,000	22,000	204,000	25,900
Arsênio	10	N/A	N/A	N/A	1,63	N/A	N/A	N/A	0,82	N/A	N/A	N/A	<0,5
Arsênio D*	10	N/A	N/A	N/A	1,63	N/A	N/A	N/A	0,64	N/A	N/A	N/A	<0,5
Chumbo	10	N/A	N/A	N/A	2,70	N/A	N/A	N/A	13,80	N/A	N/A	N/A	4,91
Chumbo D*	10	N/A	N/A	N/A	<0,5	N/A	N/A	N/A	0,92	N/A	N/A	N/A	4,27
Cloreto	250.000	N/A	N/A	N/A	502000,00	N/A	N/A	N/A	28500,00	N/A	N/A	N/A	2180000,00
Ferro	300	N/A	N/A	N/A	1930,00	N/A	N/A	N/A	964,00	N/A	N/A	N/A	46,30
Ferro D*	300	2040,000	2430,000	33,900	1670,000	13,100	61,000	<10,000	56,600	<10,000	<10,000	<10,000	26,700
Fluoreto	1.500	1310,000	590,000	810,000	780,000	460,000	<250,000	480,000	562,000	2500,000	300,000	2500,000	<2.500
Manganês	100	N/A	N/A	N/A	765,00	N/A	N/A	N/A	134,00	N/A	N/A	N/A	189,00
Manganês D*	100	1310,000	1320,000	508,000	761,00	523,000	493,000	139,000	106,00	225,000	160,000	159,000	182,00
Sódio	200.000	N/A	N/A	N/A	140000,00	N/A	N/A	N/A	42600,00	N/A	N/A	N/A	560000,00
Sódio D*	200.000	50900,000	59100,000	146000,000	139000,000	156000,000	149000,000	40700,000	37100,000	608000,000	548000,000	556000,000	559000,000
SDT	1.000.000	N/A	N/A	N/A	1924000,00	N/A	N/A	N/A	567000,00	N/A	N/A	N/A	5672000,00
Sulfato	250.000	367000,000	381000,000	259000,000	247000,000	104000,000	72400,000	56700,000	53400,000	174000,000	136000,000	99800,000	136000,000
Urânio	15	N/A	N/A	N/A	10,40	N/A	N/A	N/A	2,60	N/A	N/A	N/A	11,20
Urânio D*	15	<2,000	2,459	8,197	9,98	<2,000	<2,000	<2,000	2,04	<2,000	10,656	27,869	11,10

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

**Quadro 11.1.12.36: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MS1**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-22			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Alumínio	200	N/A	N/A	N/A	<1,000
Alumínio D*	200	46,000	12,000	<10,000	<1,0
Arsênio	10	N/A	N/A	N/A	<0,500
Arsênio D*	10	N/A	N/A	N/A	<0,500
Chumbo	10	N/A	N/A	N/A	0,70
Chumbo D*	10	N/A	N/A	N/A	0,52
Cloreto	250.000	N/A	N/A	N/A	411000,00
Ferro	300	N/A	N/A	N/A	16,30
Ferro D*	300	59,300	69,000	<10,000	<1,000
Fluoreto	1.500	-	<500,000	<500,000	569,000
Manganês	100	N/A	N/A	N/A	1,68
Manganês D*	100	<10,000	15,000	<10,000	<1
Sódio	200.000	N/A	N/A	N/A	101000,00
Sódio D*	200.000	94800,000	91000,000	90400,000	93800,000
SDT	1.000.000	N/A	N/A	N/A	1586000,00
Sulfato	250.000	-	91000,000	80800,000	62800,000
Urânio	15	N/A	N/A	N/A	5,65
Urânio D*	15	32,787	2,459	<2,000	5,56

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.



**Quadro 11.1.12.37: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-02				PC-04				PC-05			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA-PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Alumínio	200,000	N/A	N/A	N/A	42,600	N/A	N/A	N/A	2790,000	N/A	N/A	N/A	40,000
Alumínio D*	200,000	32,000	17,000	24,000	25,400	<10,000	31,000	<10,000	<1	<10,000	36,000	<10,000	8,910
Arsênio	10,000	N/A	N/A	N/A	6,810	N/A	N/A	N/A	3,530	N/A	N/A	N/A	13,800
Arsênio D*	10,000	N/A	N/A	N/A	6,010	N/A	N/A	N/A	0,940	N/A	N/A	N/A	13,800
Boro	500,000	N/A	N/A	N/A	145,000	N/A	N/A	N/A	152,000	N/A	N/A	N/A	82,300
Boro D*	500,000	N/A	N/A	N/A	141,000	N/A	N/A	N/A	146,000	N/A	N/A	N/A	75,100
Cloreto	250000,000	N/A	N/A	N/A	264000,000	N/A	N/A	N/A	519000,000	N/A	N/A	N/A	98800,000
Ferro	300,000	N/A	N/A	N/A	404,000	N/A	N/A	N/A	5420,000	N/A	N/A	N/A	42,200
Ferro D*	300,000	974,000	929,000	917,000	395,000	123,000	124,000	40,700	45,100	34,800	41,200	11,000	5,010
Fluoreto	1500,000	370,000	410,000	490,000	493,000	910,000	1060,000	1380,000	1260,000	870,000	840,000	820,000	771,000
Manganês	100,000	N/A	N/A	N/A	167,000	N/A	N/A	N/A	546,000	N/A	N/A	N/A	12,100
Manganês D*	100,000	191,000	173,000	164,000	153,000	628,000	581,000	581,000	505,000	41,000	26,000	<10,000	11,900
Sódio	200000,000	N/A	N/A	N/A	171000,000	N/A	N/A	N/A	201000,000	N/A	N/A	N/A	61200,000
Sódio D*	200000,000	130000,000	162000,000	133000,000	154000,000	282000,000	246000,000	233000,000	200000,000	52400,000	67900,000	57200,000	59300,000
SDT	1000000,000	N/A	N/A	N/A	911000,000	N/A	N/A	N/A	1488000,000	N/A	N/A	N/A	760000,000
Urânio	15,000	N/A	N/A	N/A	143,000	N/A	N/A	N/A	3,940	N/A	N/A	N/A	16,300
Urânio D*	15,000	298,770	293,852	266,393	137,000	8,607	<2,000	11,475	1,530	11,885	6,967	16,393	10,500

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

**Quadro 11.1.12.38: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-07				PC-08				PC-09			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Alumínio	200,000	N/A	N/A	N/A	180,000	N/A	N/A	N/A	1,880	N/A	N/A	N/A	38,100
Alumínio D*	200,000	<10,000	42,000	15,000	7,830	<10,000	11,000	<10,000	<1	<10,000	12,000	<10,000	6,540
Arsênio	10,000	N/A	N/A	N/A	1,090	N/A	N/A	N/A	1,100	N/A	N/A	N/A	<0,5
Arsênio D*	10,000	N/A	N/A	N/A	0,910	N/A	N/A	N/A	0,900	N/A	N/A	N/A	<0,5
Boro	500,000	N/A	N/A	N/A	236,000	N/A	N/A	N/A	69,200	N/A	N/A	N/A	144,000
Boro D*	500,000	N/A	N/A	N/A	101,000	N/A	N/A	N/A	63,500	N/A	N/A	N/A	130,000
Cloreto	250000,000	N/A	N/A	N/A	294000,000	N/A	N/A	N/A	261000,000	N/A	N/A	N/A	301000,000
Ferro	300,000	N/A	N/A	N/A	416,000	N/A	N/A	N/A	12,400	N/A	N/A	N/A	130,000
Ferro D*	300,000	551,000	1330,000	986,000	309,000	18,600	<10,000	<10,000	1,770	65,200	17,000	<10,000	16,900
Fluoreto	1500,000	640,000	<500,000	500,000	<500	650,000	250,000	570,000	569,000	510,000	630,000	500,000	527,000
Manganês	100,000	N/A	N/A	N/A	166,000	N/A	N/A	N/A	3,520	N/A	N/A	N/A	40,100
Manganês D*	100,000	230,000	248,000	204,000	148,000	<10,000	<10,000	<10,000	2,390	35,000	40,000	34,000	29,700
Sódio	200000,000	N/A	N/A	N/A	195000,000	N/A	N/A	N/A	106000,000	N/A	N/A	N/A	114000,000
Sódio D*	200000,000	252000,000	13400,000	175000,000	186000,000	79300,000	82100,000	82800,000	98500,000	109000,000	89400,000	123000,000	102000,000

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-07				PC-08				PC-09			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
SDT	1000000,000	N/A	N/A	N/A	1152000,000	N/A	N/A	N/A	1069000,000	N/A	N/A	N/A	1133000,000
Urânio	15,000	N/A	N/A	N/A	16,700	N/A	N/A	N/A	11,800	N/A	N/A	N/A	6,450
Urânio D*	15,000	<2,000	2,869	7,787	14,500	9,836	18,033	25,000	10,900	2,459	7,377	3,689	5,490

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

#### Quadro 11.1.12.39: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-10				PC-11				PC-15			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Alumínio	200,000	N/A	N/A	N/A	48,000	N/A	N/A	N/A	51,300	N/A	N/A	N/A	<1
Alumínio D*	200,000	32,000	15,000	25,000	8,240	<10,000	<10,000	31,000	4,280	131,000	76,000	<10,000	<1
Arsênio	10,000	N/A	N/A	N/A	<0,5	N/A	N/A	N/A	1,720	N/A	N/A	N/A	<0,5
Arsênio D*	10,000	N/A	N/A	N/A	<0,5	N/A	N/A	N/A	1,600	N/A	N/A	N/A	<0,5
Boro	500,000	N/A	N/A	N/A	114,000	N/A	N/A	N/A	921,000	N/A	N/A	N/A	73,600
Boro D*	500,000	N/A	N/A	N/A	110,000	N/A	N/A	N/A	855,000	N/A	N/A	N/A	71,100
Cloreto	250000,000	N/A	N/A	N/A	60500,000	N/A	N/A	N/A	147000,000	N/A	N/A	N/A	403000,000
Ferro	300,000	N/A	N/A	N/A	108,000	N/A	N/A	N/A	2690,000	N/A	N/A	N/A	77,700
Ferro D*	300,000	125,000	26,000	38,700	50,600	1660,000	212,000	1430,000	1940,000	1420,000	612,000	92,200	72,600
Fluoreto	1500,000	650,000	660,000	790,000	694,000	1580,000	1550,000	1480,000	1750,000	510,000	<500,000	590,000	560,000

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-10				PC-11				PC-15			
		01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23	01-PMRA- PO Nov/22	02-PMRA- PO Fev/23	03-PMRA- PO Mar/23	Mérieux- 01/23
Manganês	100,000	N/A	N/A	N/A	125,000	N/A	N/A	N/A	207,000	N/A	N/A	N/A	57,600
Manganês D*	100,000	188,000	31,000	85,000	121,000	178,000	162,000	164,000	196,000	105,000	171,000	63,000	54,400
Sódio	200000,000	N/A	N/A	N/A	41800,000	N/A	N/A	N/A	177000,000	N/A	N/A	N/A	126000,000
Sódio D*	200000,000	41000,000	48100,000	43300,000	40500,000	197000,000	192000,000	163000,000	159000,000	132000,000	148000,000	125000,000	115000,000
SDT	1000000,000	N/A	N/A	N/A	586000,000	N/A	N/A	N/A	1009000,000	N/A	N/A	N/A	1274000,000
Urânio	15,000	N/A	N/A	N/A	2,130	N/A	N/A	N/A	5,740	N/A	N/A	N/A	2,440
Urânio D*	15,000	<2,000	2,459	2,049	2,100	18,443	4,508	<2,000	2,320	6,148	3,279	11,066	1,990

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.



**Quadro 11.1.12.40: Parâmetros Inorgânicos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Monitoramento PC - Unidade MC1**

Parâmetro	VMP CONAMA 396/2008	PC-18			
		01-PMRA-PO Nov/22	02-PMRA-PO Fev/23	03-PMRA-PO Mar/23	Mérieux-01/23
Alumínio	200,000	N/A	N/A	N/A	27,300
Alumínio D*	200,000	<10,000	11,000	77,000	<1
Arsênio	10,000	N/A	N/A	N/A	<0,5
Arsênio D*	10,000	N/A	N/A	N/A	<0,5
Boro	500,000	N/A	N/A	N/A	211,000
Boro D*	500,000	N/A	N/A	N/A	208,000
Cloreto	250000,000	N/A	N/A	N/A	601000,000
Ferro	300,000	N/A	N/A	N/A	40,000
Ferro D*	300,000	21,100	<10,000	157,000	2,680
Fluoreto	1500,000	560,000	<500,000	710,000	610,000
Manganês	100,000	N/A	N/A	N/A	317,000
Manganês D*	100,000	123,000	321,000	439,000	290,000
Sódio	200000,000	N/A	N/A	N/A	265000,000
Sódio D*	200000,000	191000,000	170000,000	232000,000	264000,000
SDT	1000000,000	N/A	N/A	N/A	1774000,000
Urânio	15,000	N/A	N/A	N/A	3,180
Urânio D*	15,000	3,689	3,689	17,623	2,860

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado. D\*: dissolvido.

Os sólidos dissolvidos totais, por ser um parâmetro que representa a concentração total de íons dissolvidos presentes nas águas, é natural a sua quantificação em todas as amostras analisadas, bem como são esperadas concentrações de SDT acima do VMP CONAMA 396/2008 (Consumo Humano) de 1.000.000 µg/L, como ocorreu em sete das 10 amostras (70%) da unidade MS-1 e em número igual da unidade MC-1 nas campanhas atuais, de 2022 e 2023. Anteriormente, SDT foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 em sete das 12 amostras (58%) da unidade MC-1 e em duas das 12 amostras (17%) da unidade MS-1 nas campanhas de 2011 e 2021.

Em relação aos parâmetros inorgânicos analisados nas duas fases, 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 alumínio, ferro e manganês são mais marcantes na Unidade Aquífera MS-1, que apresenta maior frequência de concentrações acima dos VMP, assim como maiores concentrações de maneira geral, incluindo maiores valores de SDT.

As campanhas de monitoramento de 2011 e 2021, realizadas nos poços “PC” não apontaram concentrações de alumínio na forma dissolvida acima do VMP CONAMA 396/2008. Já as campanhas de 2022 e 2023, realizadas nos novos poços “PC”, apontaram apenas uma amostra do total de 40 amostras analisadas (2,5%) na unidade MC-1 (PC-21) com concentração acima de seu VMP. Nessa unidade foi verificado a ocorrência de alumínio dissolvido na água subterrânea em concentração de 204 µg/L, pouco acima do VMP CONAMA 396/2008 de 200 µg/L, apesar do alumínio ser quantificado com frequência em todas as campanhas de amostragem.

Por outro lado, foram quantificadas concentrações de ferro acima do valor de referência nas campanhas de 2022 e 2023, tanto na forma total como na forma dissolvida, cuja origem remete a ocorrência natural, pela distribuição e alternâncias de concentrações entre as campanhas. A média das concentrações de ferro dissolvido nas águas subterrâneas da unidade MS-1 é de 1.192 µg/L, superior às médias obtidas na unidade MC-1, de 410,98 µg/L. Na forma dissolvida, o Ferro foi quantificado acima do VMP em 17 amostras de 34 quantificadas (50%) na unidade MS-1 e em 13 de 36 amostras quantificadas (36%) na unidade MC-1.

As alterações de padrões de qualidade para manganês dissolvido ocorrem nas duas unidades, MS-1 e MC-1, sendo que a unidade MS-1 apresenta a maior frequência, 32 amostras acima do VMP de 37 quantificadas (86,4%) enquanto a unidade MC-1 apresenta de 24 amostras acima do VMP de 40 quantificadas (60%). O valor médio das concentrações da unidade MS-1 é de 576,8 µg/L, cerca de três vezes maior que a média das concentrações da unidade MC-1, de 186,6 µg/L. O VMP CONAMA 396/2008 para manganês é 100 µg/L. Estas

ocorrências também sugerem origem natural, pela distribuição, frequência e valores obtidos.

A ocorrência de níquel total acima do VMP CONAMA 396/2008, identificada exclusivamente na unidade MS1, apenas na primeira campanha de junho de 2011 no PM-03, não se confirmou na análise de níquel dissolvido realizada na mesma campanha nas amostras de outros poços e nem nas campanhas posteriores, desde abril de 2011 a julho de 2023. Vale lembrar que o níquel não foi avaliado nas amostras coletadas no âmbito do PMRA-PO.

O parâmetro nitrato, identificado exclusivamente na unidade MS1 acima do VMP CONAMA 396/2008 na amostra proveniente do PM-03 apenas na primeira campanha de junho de 2011 e não se confirmou nas campanhas posteriores neste e nos demais pontos (PM) em todas as campanhas, incluindo a campanha atual de julho de 2023 realizada nos poços “PC”. Vale destacar que o nitrato não foi avaliado no âmbito do PMRA-PO (campanhas de novembro de 2022 e fevereiro e março de 2023).

O fluoreto foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 apenas nas amostras do poço PC-11 da MC1 e do poço PC-21 da MS1, apesar de ocorrer com frequência. Nas campanhas anteriores, de 2011 a 2021, o fluoreto não foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008.

Nas duas unidades aquíferas ocorreram, em campanhas anteriores de 2011 a 2021, concentrações de cloreto acima do VMP CONAMA 396/2008, em maior frequência na unidade MC-1, que também apresentou as concentrações mais elevadas para este parâmetro quando comparados com os resultados analíticos para a unidade MS-1. Na campanha de julho de 2023 (o parâmetro não foi avaliado nas campanhas de novembro de 2022 a março de 2023 do PMRA-PO), o cloreto foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 em 8 das 10 amostras nas quais ele foi quantificado na unidade MS-1 e em 7 das 10 amostras nas quais ele foi quantificado na unidade MC-1. Diante disso, verifica-se que os resultados de cloretos mostram uma frequência de ocorrência em 100% das análises nas unidades hidrogeológicas MS-1 e MC-1.

O sódio dissolvido tem 100% de frequência de ocorrência em todas as amostras provenientes das duas Unidades Aquíferas, em todos os monitoramentos (2011, 2021, 2022 e 2023) tanto na fração total quanto na dissolvida em todos os poços (PM, PC e SQ). De forma geral, quando quantificado na fração total em concentração acima do VMP CONAMA 396/2008, também foi quantificado acima do VMP na fração dissolvida.

As campanhas realizadas em 2011 e 2021 não demonstraram a ocorrência de sódio dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 nos seis poços “PM” na unidade MS-1, porém, as campanhas dos novos poços “PC” de 2022 e 2023, o sódio dissolvido foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 na unidade MS-1 em 12 das 40 amostras (30%) coletadas. Já na unidade MC-1, as campanhas realizadas em 2011 e 2021 demonstraram a ocorrência de sódio dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 em quatro das 12 amostras (3,33%) e em sete de 40 amostras (17.5%) coletadas nas campanhas de 2022 e 2023 a partir dos novos poços “PC”. Assim, observa-se que sódio apresenta as maiores concentrações na unidade MC1.

Nas campanhas de 2011 e 2021 não foram quantificadas concentrações de sulfato acima do VMP CONAMA 396/2008. Já nas campanhas de 2022 e 2023, sulfato foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 para consumo humano na unidade MS-1 em quatro das 40 amostras (10%) e na unidade MC-1 nenhuma amostra apresentou concentração acima do VMP.

A anomalia de índice de fenóis identificada no PM-03 (MS1) na 5ª campanha (novembro/2020), em concentração de 5,0 µg/L acima, do valor de referência de 3,0 µg/L, se confirmou em fevereiro de 2021 e não se confirmou nas demais campanhas até a de julho de 2023.

Os resultados de coliformes termotolerantes e *E.coli*, da atual campanha realizada nos poços “PC” no monitoramento de julho de 2023 (não foi analisado no âmbito do PMRA-PO) não apresentam alterações de padrões de qualidade (ausentes).

#### 11.1.12.4.1.7. Resultados desenquadrados dos VMPs - Campanhas de 2022 e 2023 - SQs

Os poços de abastecimento “SQ” não foram amostrados fora do âmbito do PMRA-PO, na campanha da tetra+/Mérieux de julho de 2023. A escolha de parâmetros e poços “SQ” foi específica para o PMRA-PO (que envolve diferentes matrizes ambientais) e por este motivo tem seu escopo reduzido. Estes poços apresentam grande distância entre si com os poços SQ-07, SQ-09, SQ-11 e SQ-12 instalados fora da AII, O poço SQ-08 fora da AID e os poços SQ-01, SQ-03, SQ-04 e SQ-06 fora da ADA.

Foram coletadas amostras dos 9 poços de abastecimento “SQ” em três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, para a análise de 10 parâmetros. Dentre eles, os parâmetros a seguir apresentaram, quando quantificados, concentrações inferiores aos seus respectivos VMP CONAMA 396/2008:

- Alumínio
- Cálcio



- Fosfato
- Magnésio

Os seis parâmetros que apresentaram concentrações acima dos VMPs da resolução CONAMA 396/2008 nas amostras coletadas a partir dos poços “SQ” são apresentados a seguir no Quadro 11.1-164 ao Quadro 11.1-166. Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea são apresentados no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.41: Parâmetros Inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ**

Parâmetro	Poço	SQ-01			SQ-03			SQ-04		
	VMP 396	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO
Ferro	300,000	17,400	<10,000	<10,000	<10,000	20,000	<10,000	50,700	32,000	<10,000
Fluoreto	1500,000	970,000	470,000	870,000	<500,000	<500,000	<500,000	740,000	580,000	780,000
Manganês	100,000	<10,000	<10,000	<10,000	18,000	13,000	11,000	54,000	44,000	<10,000
Sódio	200000,000	140000,000	135000,000	125000,000	311000,000	287000,000	303000,000	104000,000	90800,000	108000,000
Sulfato	250000,000	81000,000	74000,000	84600,000	310000,000	316000,000	272000,000	115000,000	120000,000	51000,000
Urânio Natural	15,000	4,508	3,279	<2,000	11,475	2,459	2,049	9,016	<2,000	9,016

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado.

Quadro 11.1.12.42: Parâmetros Inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ

Parâmetro	Poço	SQ-06			SQ-07			SQ-08		
	VMP 396	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO
Ferro	300,000	456,000	137,000	40,000	10,500	N/A	<10,000	<10,000	N/A	<10,000
Fluoreto	1500,000	890,000	780,000	660,000	<250,000	N/A	280,000	1380,000	N/A	1290,000
Manganês	100,000	53,000	38,000	<10,000	<10,000	N/A	10,000	20,000	N/A	<10,000
Sódio	200000,000	247000,000	200000,000	213000,000	174000,000	N/A	250000,000	215000,000	N/A	251000,000
Sulfato	250000,000	179000,000	203000,000	180000,000	90900,000	N/A	134000,000	34000,000	N/A	65300,000
Urânio Natural	15,000	<2,000	2,869	<2,000	17,213	N/A	10,656	16,803	N/A	2,049

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado.

Quadro 11.1.12.43: Parâmetros inorgânicos dissolvidos Acima dos VMPs na Água Subterrânea (µg/L) - Poços de Abastecimento - SQ

Parâmetro	Poço	SQ-09			SQ-11			SQ-12		
	VMP 396	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO	01-PMRA-PO	02-PMRA-PO	03-PMRA-PO
Ferro	300,000	16,300	N/A	46,000	513,000	N/A	38,200	<10,000	N/A	26,100
Fluoreto	1500,000	1480,000	N/A	1210,000	1870,000	N/A	1530,000	2180,000	N/A	2240,000
Manganês	100,000	11,000	N/A	<10,000	<10,000	N/A	49,000	66,000	N/A	130,000
Sódio	200000,000	231000,000	N/A	246000,000	344000,000	N/A	402000,000	198000,000	N/A	154000,000
Sulfato	250000,000	111000,000	N/A	94300,000	309000,000	N/A	353000,000	243000,000	N/A	204000,000
Urânio Natural	15,000	<2,000	N/A	14,344	<2,000	N/A	24,180	35,656	N/A	40,164

VMP: Valor Máximo Permitido - Resolução CONAMA 396/2008 - Uso preponderante de Consumo Humano. Valor em cinza: abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Valor em vermelho: acima do VMP. N/A: não analisado.



Os poços de abastecimento “SQ” foram amostrados apenas nas campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO, em novembro de 2022, fevereiro de 2023 e março de 2023 e não foram amostrados na campanha de julho de 2023 (Tetra Mais/Mérieux).

Foram quantificadas concentrações de ferro dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 (padrão organoléptico) nas amostras dos poços SQ-06 e SQ-11 apenas na campanha de novembro de 2022. Nas demais campanhas o ferro não foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 em nenhuma outra amostra.

O fluoreto foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 apenas nas amostras dos SQ-11 e SQ-12, nas campanhas de novembro e março de 2023 (estes poços não foram amostrados em fevereiro de 2023) realizadas no âmbito do PMRA-PO.

Manganês foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 (padrão organoléptico) apenas na amostra do poço SQ-12 coletada em março de 2023. Nenhuma outra amostra ao longo das três campanhas realizadas apresentou concentração de manganês acima do VMP CONAMA 396/2008.

Sódio foi quantificado em todas as três campanhas realizadas no âmbito do PMRA-PO em 100% das amostras analisadas dos poços “SQ”. Nas amostras dos poços SQ-03, SQ-06, SQ-08, SQ-09 e SQ-11 o parâmetro foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008 (padrão organoléptico) em todas as amostras coletadas e no poço SQ-07, apenas a amostra coletada em março de 2023 ultrapassou o VMP CONAMA 396/2008. Nos demais poços, SQ-01, SQ-04 e SQ-12, apesar de quantificado, as concentrações não ultrapassaram o VMP CONAMA 396/2008.

Sulfato foi quantificado nos poços de abastecimento (SQ) em cinco das 22 amostras (22,7%) coletadas nas três campanhas do PMRA-PO em concentração superior ao VMP CONAMA 396/2008 (padrão organoléptico). Estas amostras que ultrapassaram o VMP citado são relativas aos poços SQ-03 e SQ-11. Este parâmetro foi quantificado em 100% das amostras analisadas sugerindo ser uma ocorrência natural.

Urânio Natural foi quantificado em 16 das 22 amostras (73%) analisadas sendo que em cinco amostras provenientes dos poços SQ-07 (nov/22), SQ-08 (nov/22), SQ-11 (mar/23) e SQ-12 (nov/22 e mar/23) ele foi quantificado acima do VMP CONAMA 396/2008.

#### 11.1.12.4.2. 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 AI.

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 poços de monitoramento (PM e PC), 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 11.1-149, Quadro 11.1-151 e Quadro 11.1-152) apresentados anteriormente são parâmetros ausentes ou em tão baixa concentração, que não permitem sua detecção pelas análises laboratoriais. Estes resultados se referem principalmente a Compostos Orgânicos e Agrotóxicos. 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 Unidade Minerio-Industrial e unidade de Urânio, é recomendável realizar a comparação com os valores de referência da Resolução CONAMA nº420/2009 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.

Os compostos quantificados em concentrações que se enquadram nos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 396/2008, 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 presentes na área, considerando os resultados analíticos apresentados no capítulo anterior.

Assim, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 em seu capítulo III, artigo 8º, as águas das Unidades Hidrogeológicas MS1 e MC1 podem ser enquadradas na Classe 2, pois “apresentam, em pelo menos um dos parâmetros, Valor de Referência de Qualidade-VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr + dos usos preponderantes”. Esta Resolução ainda, em seu capítulo II (Classificação das Águas Subterrâneas) define como Classe 2 as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir

tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímica”.

A seguir são apresentadas as considerações sobre os valores basais para estas substâncias químicas de interesse identificadas.

#### 11.1.12.4.2.1.1. Sólidos Dissolvidos Totais - SDT

As águas subterrâneas de regiões quentes e áridas costumam apresentar problemas com salinidade elevada. O alto índice de evaporação e a baixa pluviometria favorecem a concentração dos sais, fazendo aumentar a salinidade das águas dessas regiões (Lima, confirm2013). As concentrações de SDT identificadas nos resultados analíticos estão coerentes com a média regional (COGERH, 2022) comentado no item 11.1.12.2 Contexto Regional - Área de Influência Indireta (All).

O parâmetro de sólidos dissolvidos totais (SDT) refere-se à concentração total de íons dissolvidos presentes nas águas. Na rede de monitoramento, as concentrações de SDT obtidas são resumidas no Quadro 11.1-167.

**Quadro 11.1.12.44: Concentrações mínima, máxima e média de sólidos dissolvidos totais na Água Subterrânea (µg/L).**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	380.000	1.211.000	739.833
	2022 e 2023	567.000	5.672.000	1.982.000
MC-1	2011 e 2021	567.000	2.243.000	1.257.417
	2022 e 2023	586.000	1.774.000	1.115.600
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

Fonte: BTB Explorers. MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: não analisado.

Como apresentado anteriormente, concentrações acima do VMP CONAMA 396/2008 (Consumo Humano) de 1.000.000 µg/L foram quantificadas em sete das 12 amostras (58%) da unidade MC-1 e em duas das 12 amostras (17%) da unidade MS-1 nas campanhas de 2011 e 2021 (poços PM); e em sete das 10 amostras (70%) da unidade MS-1 e em número igual da unidade MC-1 nas campanhas atuais, de 2022 e 2023 (poços PC).

Não foi identificado um padrão de ocorrência, pois nas campanhas de 2011 e 2021 a unidade MC1 apresentou a maior média de valores e nas campanhas atuais de 2022 e 2023 a unidade MS1 é que apresenta a maior média de concentração. A continuidade das campanhas de monitoramento nos novos poços PC, pode auxiliar no entendimento do padrão local de ocorrência de SDT.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de SDT apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 a 2021 (poços PM). Nos demais poços, PM-03, PM-06, PC e SQ, não foram obtidos dados em quantidade suficiente para permitir a análise estatística das tendências das concentrações de SDT, devido ao número limitado de campanhas que o parâmetro foi analisado (inferior a quatro) nesses pontos.

O Quadro 11.1-168 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.45: Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de SDT.**

Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
<b>Crescendo</b>				X
<b>Provavelmente crescendo</b>				
<b>Estável</b>				
<b>Provavelmente decrescendo</b>				
<b>Decrescendo</b>	X			
<b>Sem tendência</b>		X	X	
<b>Não analisado</b>				

Fonte: BTB Explorers. MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

A Figura 11.1-274 a Figura 11.1-277 a seguir, apresentam as ocorrências de SDT na água subterrânea obtidas nas amostras coletadas nos poços PM (Campanhas de 2011 e 2021) e PC (campanhas de 2022 e 2023), das unidades MS-1 e MC-1.



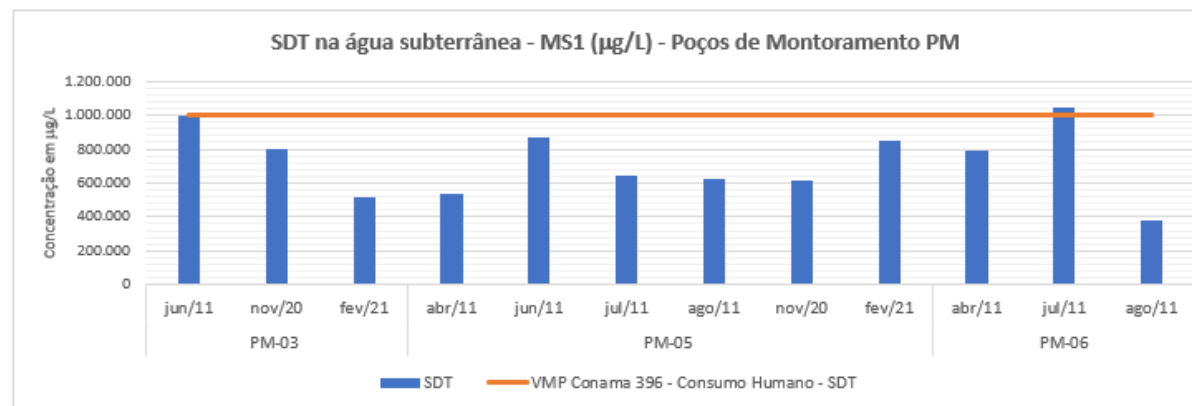


Figura 11.1-2: STD na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.

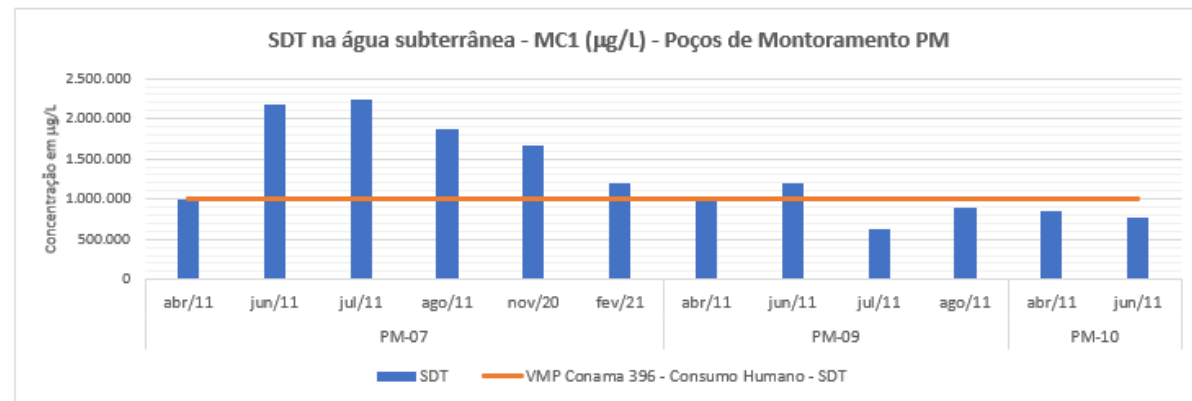


Figura 11.1-3: STD na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.

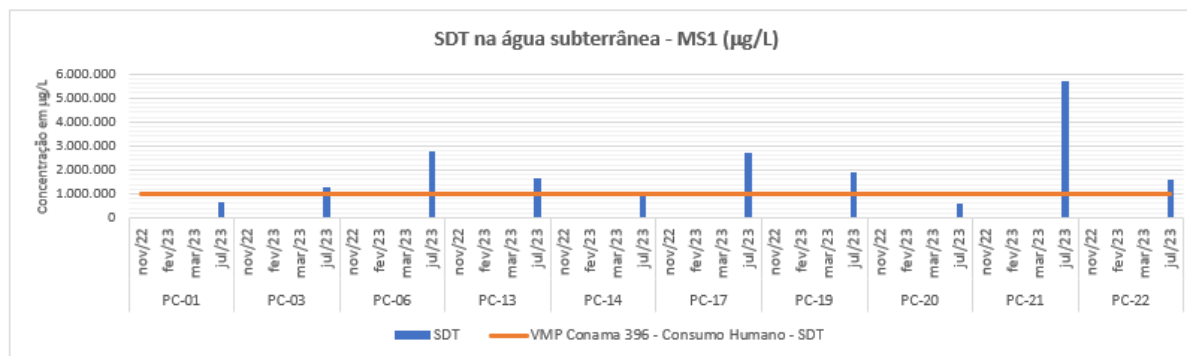


Figura 11.1-4: SDT na água subterrânea - MS1 (mg/L).

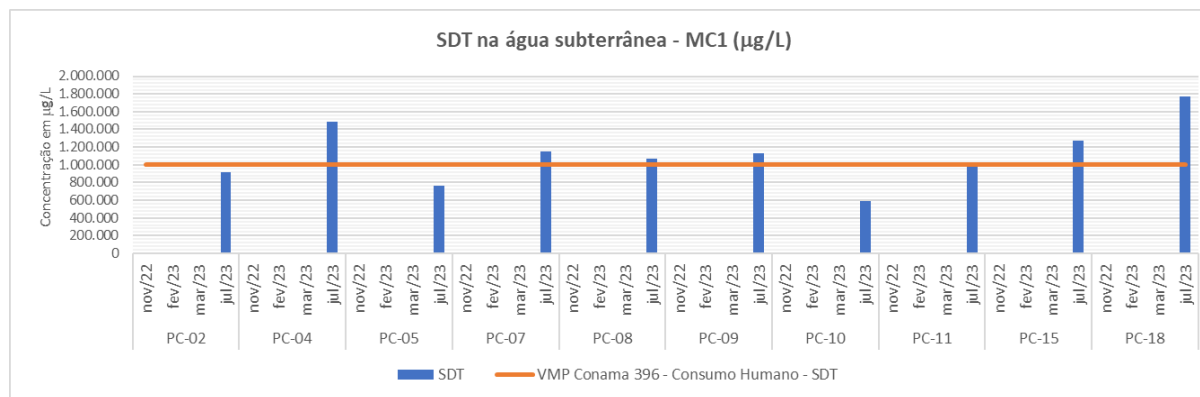


Figura 11.1-5: SDT na água subterrânea - MC1 (mg/L).

As elevadas concentrações podem ser influenciadas pelas concentrações de Sulfatos, Sulfetos, Cloretos e Metais Dissolvidos. Entre os principais íons de fontes naturais que influenciam o parâmetro SDT estão:

- Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) amplamente distribuído em rochas e solos, proveniente de diversas fontes geológicas como exemplo anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) e calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).
- Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) que tem como mineral fonte a biotita [ $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ];
- Potássio ( $\text{K}^+$ ) 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 microclina ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) e o ortoclásio.
- Sódio ( $\text{Na}^+$ ) 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 e influenciam o parâmetro SDT são:

- Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) que são solúveis e estáveis em solução e dificilmente formam precipitados, que pode ter como minerais fontes de cloro a halita ( $\text{NaCl}$ ) e silvita ( $\text{KCl}$ );
- Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) nas águas estão relacionados à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita;
- Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) podem precipitar com certa facilidade como bicarbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), mas estes íons não sofrem oxidação e nem redução nas águas naturais.

#### 11.1.12.4.2.1.2. Cloreto

Considerado um dos maiores responsáveis pela salinidade de uma água, o ânion  $\text{Cl}^-$  está presente em todas as águas naturais, com valores de concentração situados entre 10.000 e 250.000  $\mu\text{g/L}$  nas águas doces. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100  $\text{mg/L}$  (Loilola, 2012).

Os sais de  $\text{Cl}^-$ , em geral, são muito solúveis e muito estáveis em solução e, por isso, dificilmente precipitam. Não oxidam e nem se reduzem. Entretanto, em concentrações acima de 40.000  $\mu\text{g/L}$ , podem facilmente precipitar, dependendo do índice de saturação do sal a ser formado (Lima, 2013).

Naturalmente presente nas águas subterrâneas, originado pela percolação da água através de solos e rochas; também pode ter origem em atividades antrópicas, como descargas de esgotos sanitários.

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 (CETESB, 2014). A concentração de cloreto em águas de abastecimento humano constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água. Concentrações acima de 250.000  $\mu\text{g/L}$  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 1.000.000  $\mu\text{g/L}$ .

Os resultados de cloretos indicam uma frequência de ocorrência em 100% das análises, com as seguintes concentrações mostradas no Quadro 11.1-169.

**Quadro 11.1.12.46: Concentrações mínima, máxima e média de Cloretos na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima ( $\mu\text{g/L}$ )	Máxima ( $\mu\text{g/L}$ )	Média ( $\mu\text{g/L}$ )
MS-1	2011 e 2021	56.900	430.700	159.844
	2022 e 2023	28.500	2.180.000	615.960
MC-1	2011 e 2021	22.920	710.100	340.688
	2022 e 2023	60.500	601.000	294.930
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: não analisado.

Fonte: BTB Explorers.

As concentrações médias de cloretos de na Unidade Hidrogeológica MS1 foram maiores nas campanhas de 2022 e 2023 (poços PC) com concentração de 615.960  $\mu\text{g/L}$  e na Unidade Hidrogeológica MC-1 foram maiores nas campanhas de 2011 e 2021 (poços PM) com concentração de em 340.688  $\mu\text{g/L}$ . Na Unidade MS1 apenas a amostra do PM-06 coletada em



2011 ultrapassou o VMP CONAMA 396/2008 e na Unidade MC1 as amostras do poço PM-07 coletadas em 2011 e 2021 apresentaram concentração superior ao VMP CONAMA 396/2008.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de cloreto apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 a 2021 (poços PM) à exceção dos poços PM-03 e PM-06 que não apresentaram campanhas analíticas suficientes (consultar as planilhas de saída da estatística no Anexo). Nas demais campanhas, não foram obtidos dados suficientes para que a análise estatística da tendência das concentrações de cloreto nos poços PC (campanhas de 2022 e 2023) e SQ (não analisado) seja realizada, devido a quantidade de campanhas que o parâmetro foi analisado (mínimo de quatro).

O Quadro 11.1-170 a seguir resume a análise estatística da tendência das concentrações de cloretos, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

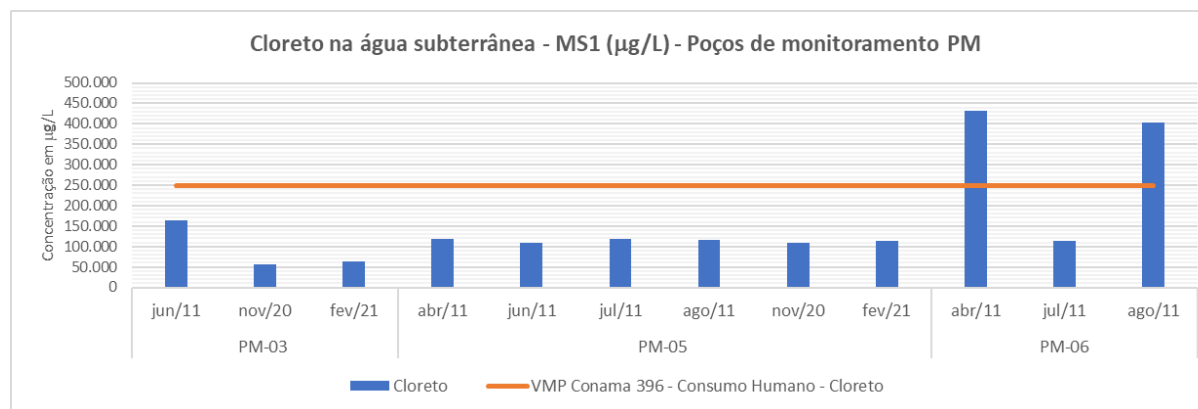
**Quadro 11.1.12.47: Resumo dos resultados da análise estatística para Cloretos.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de cloreto				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável	X		X	
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo		X		
Sem tendência				X
Não analisado				

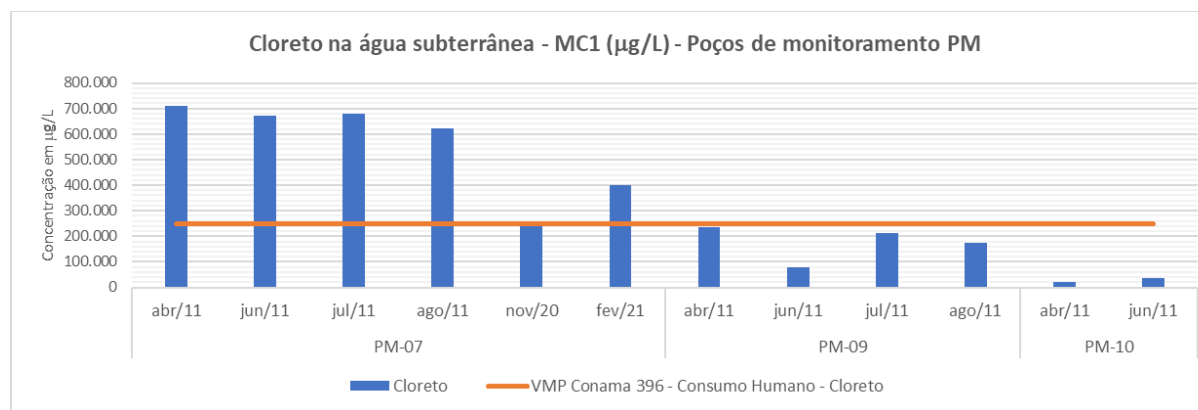
MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

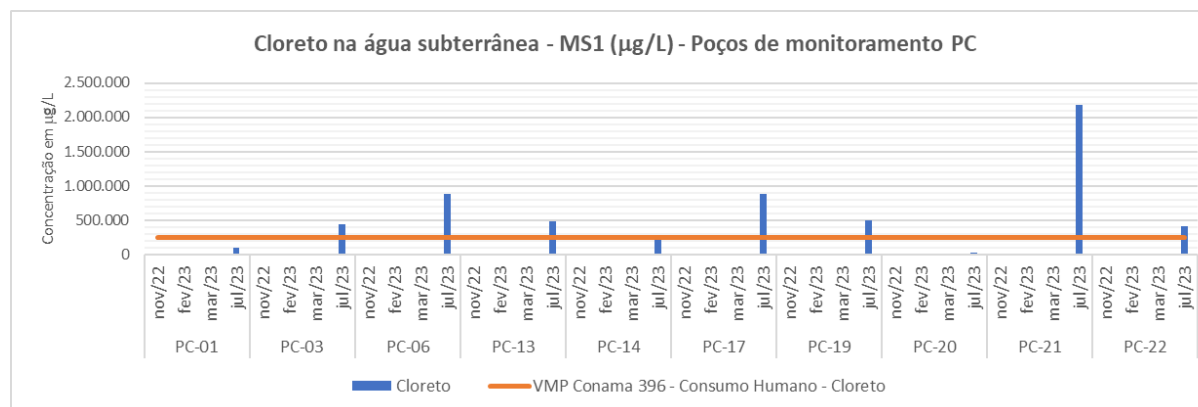
A Figura 11.1-278 a Figura 11.1-284 ilustram a ocorrência de cloreto na água subterrânea da MS-1 e MC-01.



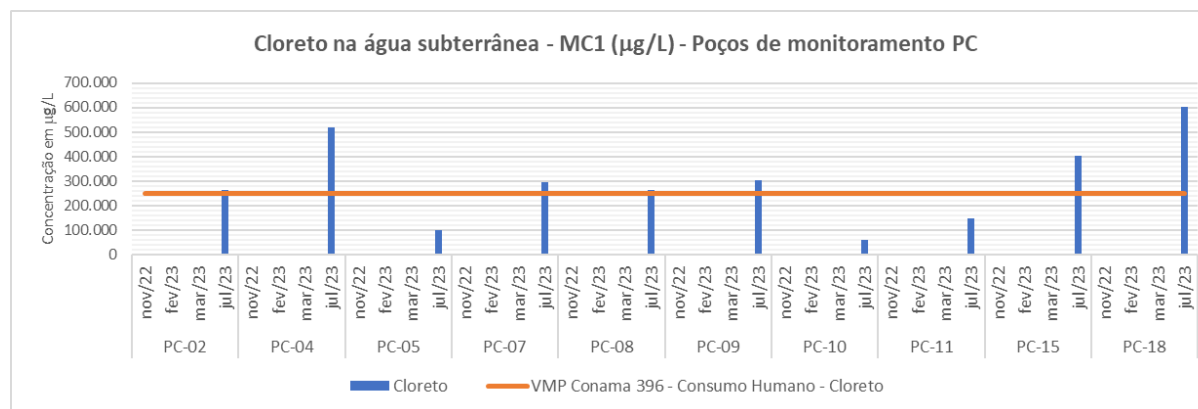
**Figura 11.1-6: Cloreto na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-7: Cloreto na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-8: Cloreto na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**



**Figura 11.1-9: Cloreto na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**

#### 11.1.12.4.2.1.3. Nitrato

Na natureza, os vegetais utilizam nitrato como um nutriente essencial; no corpo humano, nitrato e nitrito estão presentes em todos os órgãos, participando de várias reações. A principal via de exposição humana ao nitrato e ao nitrito ocorre pela ingestão de alimentos e água. O ingresso de altas concentrações de nitrato no corpo humano (intoxicação), que não se observa neste estudo, podem oxidar a hemoglobina para metemoglobina, causando diminuição do transporte de oxigênio para os tecidos, diminuição da pressão arterial, aumento do batimento cardíaco, dor de cabeça, cólica abdominal, vômito e até mesmo a morte. Em bebês, os baixos níveis de oxigênio no sangue podem conferir uma coloração azulada na pele, principalmente dos pés, mãos, rosto e lábios, além dos efeitos já descritos (CETESB, 2022).

As únicas potenciais fontes desta anomalia existentes na área, estão relacionadas a dejetos de animais de criação. Os esgotos sanitários (usualmente tratados em zona rural com uso de fossas rudimentares) constituem, em geral, a principal fonte de nitrogênio, devido à presença de proteínas e pela hidrólise da urina na água. O Quadro 11.1-171 apresenta um resumo das concentrações de nitrato na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.48: Concentrações mínima, máxima e média de Nitrato na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	119	16.300	3.608
	2022 e 2023	150	8.960	5.277
MC-1	2011 e 2021	547	6.600	3.077
	2022 e 2023	110	3.960	1.144
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: não analisado.

Fonte: BTB Explorers.

O Nitrato foi quantificado em 25 das 30 amostras de água subterrânea nas campanhas de 2011 e 2021 (poços PM) e se apresentou desenquadrado dos padrões de qualidade por estar em concentração de 16.300 µg/L, acima do VMP de 10.000 µg/L (CONAMA 396/2208), em uma única amostra na unidade MS-1 proveniente do PM-03, coletada na campanha de junho de 2011. Esta ocorrência não se confirmou nas demais campanhas de amostragem.

Na campanha de 2023 realizada nos poços “PC” (Tetra Mais/CPEA/Mérieux) nitrato foi quantificado em 3 de 10 amostras (30%) na unidade MS-1 e em 7 (de 10) amostras (70%) na unidade MC-1. Todos os resultados da campanha de 2023 se encontram abaixo do VMP de 10.000 µg/L (CONAMA 396/2208). Assim, os resultados caracterizam como valores basais de nitrato as concentrações inferiores ao VMP CONAMA 396/2008.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de nitrato apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 a 2021 (poços PM) à exceção dos poços PM-03 e PM-06 que não apresentaram campanhas analíticas suficientes (consultar as planilhas de saída da estatística no Anexo). Com relação às demais campanhas, não foram obtidos dados suficientes para que a análise estatística da tendência das concentrações de nitrato nos poços PC (campanhas de 2022 e 2023) e SQ (não analisado) seja realizada, devido a quantidade de campanhas que o parâmetro foi analisado (mínimo de quatro).

O Quadro 11.1-172 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.49: Resumo dos resultados da análise estatística para Nitrato.**

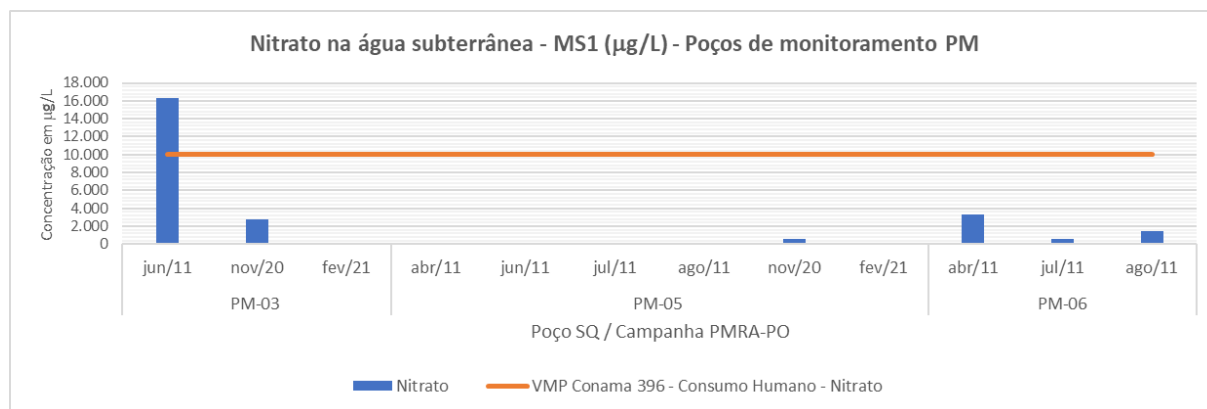
Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de nitrato				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável				X
Provavelmente decrescendo			X	
Decrescendo		X		
Sem tendência	X			
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

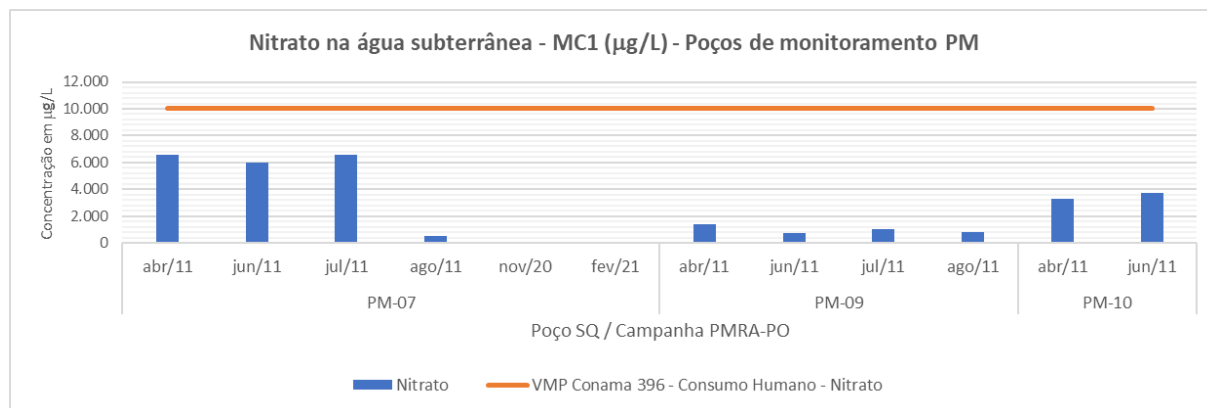
Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-282 a Figura 11.1-285 ilustram a ocorrência de nitrato na água subterrânea das unidades MS-1 e MC-01.

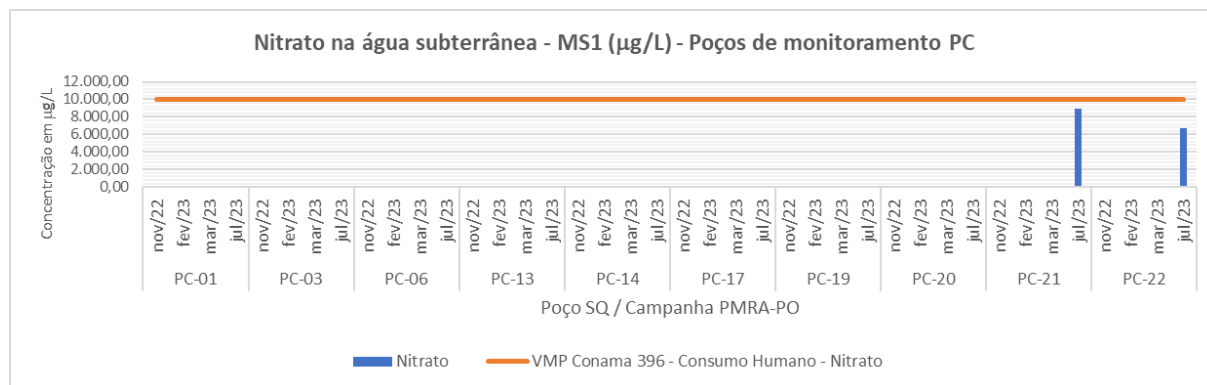




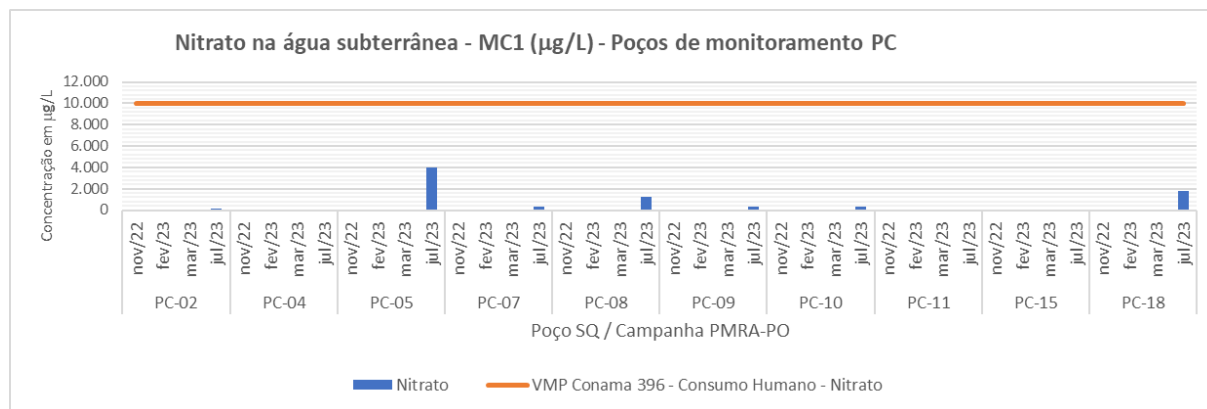
**Figura 11.1-10: Nitrato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-11: Nitrato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-12: Nitrato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**



**Figura 11.1-13: Nitrato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**

#### 11.1.12.4.2.1.4. Sódio

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 por meio de lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais, porém, ainda não existem fontes ativas na AID e ADA.

A unidade aquífera MC-1 - rochas metacarbonáticas, apresenta maiores concentrações de sódio, cujo VMP para consumo humano é de 200.000 µg/L segundo a Resolução CONAMA 396/2008. O Quadro 11.1-173 a seguir resume as principais concentrações de sódio dissolvido obtidas nas campanhas.

**Quadro 11.1.12.50: Concentrações mínima, máxima e média de Sódio dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	45.900	152.631	101.733
	2022 e 2023	37.100	608.000	212.245
MC-1	2011 e 2021	12.608	288.398	147.876
	2022 e 2023	13.400	282.000	135.755
Poços de abastecimento	2022 e 2023	90.800	402.000	214.945

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

O sódio dissolvido foi quantificado em todas as amostras analisadas (100%) provenientes das duas Unidades Aquíferas, em todos os monitoramentos (2011, 2021, 2022 e 2023) tanto na fração total quanto na dissolvida em todos os poços (PM, PC e SQ).

Na unidade MS-1, considerando todas as campanhas realizadas em poços PM (antigos) e PC (novos), a média de ocorrência das concentrações de sódio é de 156.989 µg/L, inferior à média das concentrações observadas na água subterrânea da unidade MC-1, de 175.350 µg/L.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de sódio dissolvido para a avaliação de todas as campanhas, de 2011, 2021, 2022 e 2023 nos poços

PM, à exceção dos poços PM-03 e PM-06 que não apresentaram campanhas analíticas suficientes (consultar as planilhas de saída da estatística no Anexo). Com relação aos poços de abastecimento SQ (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes (ao menos quatro campanhas com análise do parâmetro) para realização de análise estatística da tendência das concentrações de sódio dissolvido.

O Quadro 11.1-174 e Quadro 11.1-175 a seguir resumem os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.51: Resumo dos resultados da análise estatística para Sódio.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de sódio				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável	X	X	X	X
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência				
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

**Quadro 11.1.12.52: Resumo dos resultados da análise estatística para Sódio.**

Campanhas 2022 e 2023 - Sódio										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo						X				
Provavelmente crescendo										
Estável	X	X		X	X				X	X
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo								X		
Sem tendência			X				X			
Não analisado										

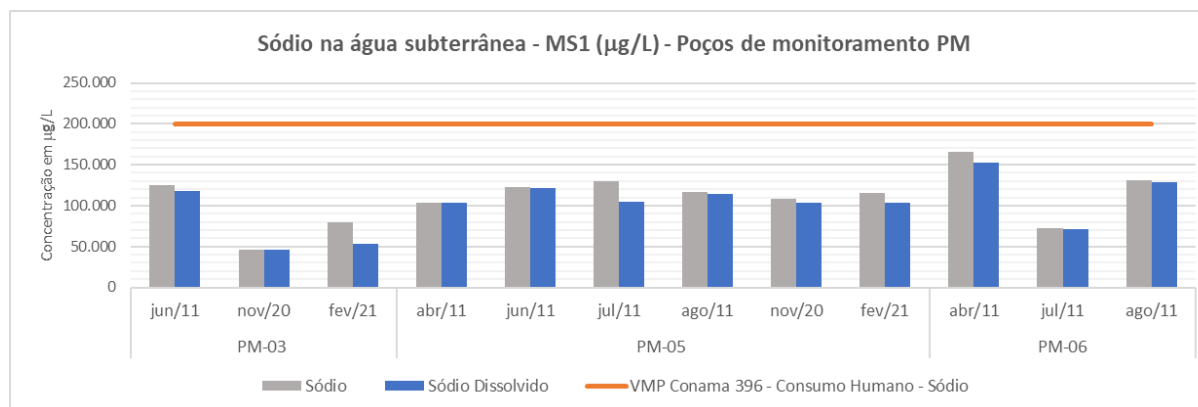
Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo					X					
Provavelmente crescendo										
Estável				X		X	X		X	
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo		X						X		
Sem tendência	X		X							X
Não analisado										

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

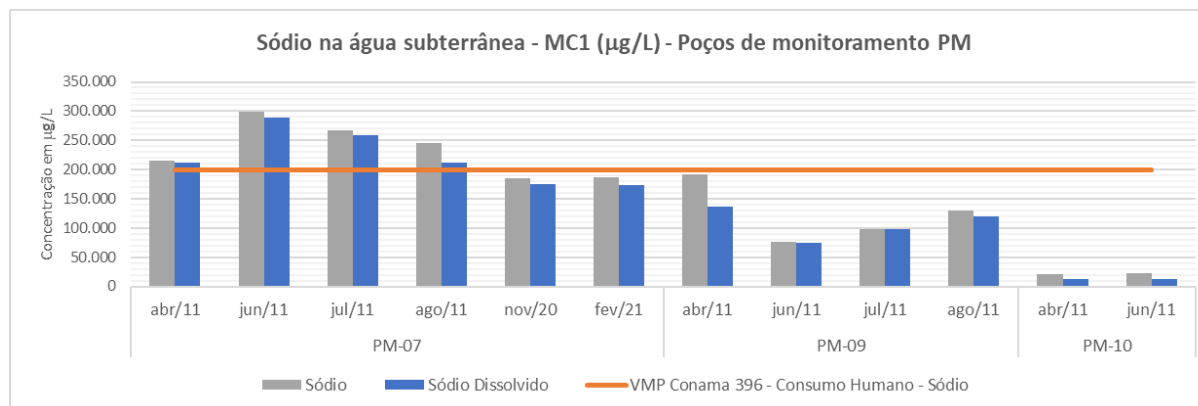
Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-286 a Figura 11.1-290 ilustram a ocorrência de sódio na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.





**Figura 11.1-14: Sódio na água subterrânea - MS1 ( $\text{mg/L}$ ) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-15: Sódio na água subterrânea - MC1 ( $\text{mg/L}$ ) - Poços de monitoramento PM.**

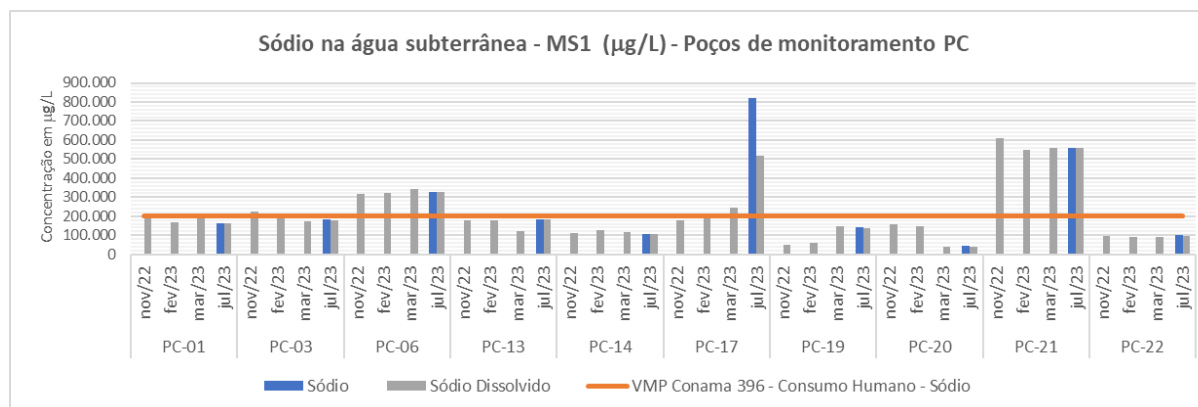


Figura 11.1-16: Sódio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

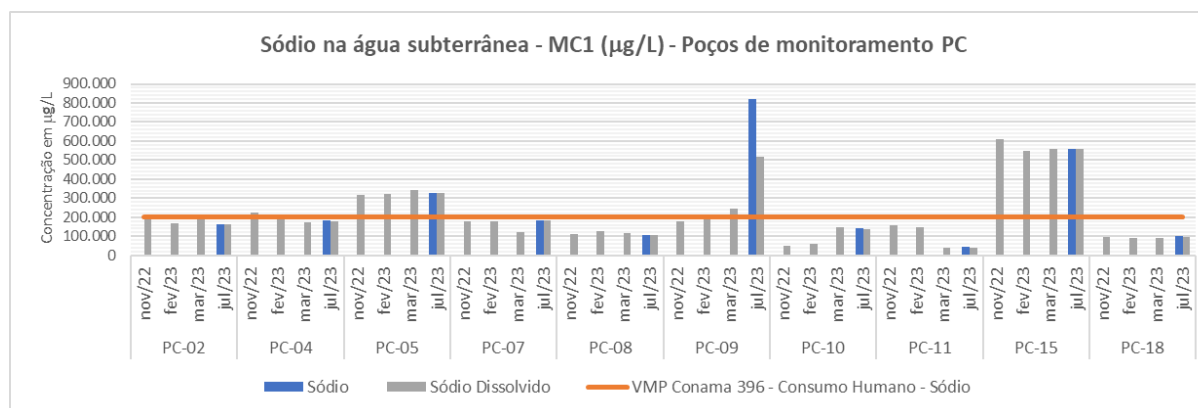


Figura 11.1-17: Sódio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

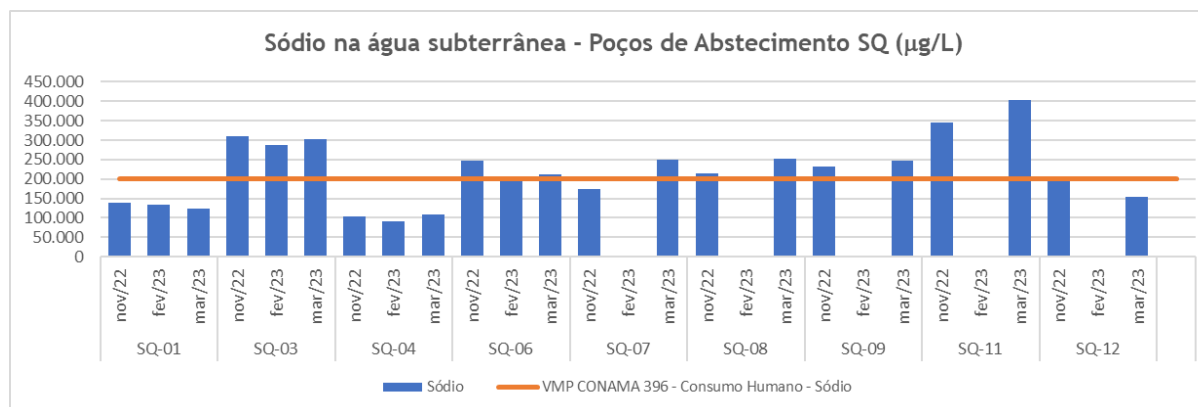


Figura 11.1-18: Sódio na água subterrânea - Poços de Abastecimento SQ (mg/L).

#### 11.1.12.4.2.1.5. Sulfato

Dentre os inúmeros cátions e ânions presentes na água subterrânea, o ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é muito comum, sendo uma das formas de enxofre presente na água. As fontes principais em ambientes aquáticos são: a decomposição de solos e rochas (exemplo: gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), a oxidação de sulfatos (exemplo: pirita, sulfeto de ferro), dissolução de gipso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), a presença de calcilutitos maciços e calcários oolíticos e pisolíticos, chuvas e agricultura (através da aplicação de adubos contendo enxofre) (VASCONCELOS E OLIVEIRA, 2017).

A ocorrência de sulfato nas águas subterrâneas também pode ter origem através das descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. O sulfato precisa ser monitorado nas águas para abastecimento público porque provoca efeitos laxativos. Nas águas para o abastecimento industrial, o sulfato provoca incrustações em caldeiras e trocadores de calor.

Sulfato foi quantificado em todas as amostras analisadas (100%) provenientes das duas Unidades Aquíferas, em todos os monitoramentos (2011, 2021, 2022 e 2023) tanto na fração total quanto na dissolvida em todos os poços (PM, PC e SQ).

Na unidade aquífera MS-1 ocorrem as maiores concentrações de sulfato, nas campanhas mais recentes de 2022 e 2023 (poços PC). Já a unidade MC-1 as concentrações máximas e médias são semelhantes nas campanhas de 2011 a 2023. Os poços de abastecimento SQ apresentam as maiores medidas de concentração de sulfato na água subterrânea, conforme mostra o Quadro 11.1-176 a seguir.

**Quadro 11.1.12.53: Concentrações mínima, máxima e média de Sulfato dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima ( $\mu\text{g/L}$ )	Máxima ( $\mu\text{g/L}$ )	Média ( $\mu\text{g/L}$ )
MS-1	2011 e 2021	4.216	155.300	79.408
	2022 e 2023	13.200	381.000	132.378
MC-1	2011 e 2021	1.610	247.000	104.249
	2022 e 2023	8.240	245.000	99.604
Poços de abastecimento	2022 e 2023	34.000	353.000	164.732

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de sulfato para a avaliação de todas as campanhas, de 2011, 2021, 2022 e 2023 que apresentaram no mínimo quatro resultados analíticos. Com relação aos poços de abastecimento SQ (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes (mínimo de quatro campanhas com análises) para a realização de análise estatística da tendência das concentrações de sulfato.

O Quadro 11.1-177 e o Quadro 11.1-178 a seguir resumem os resultados obtidos. Os resultados (planilhas de saída) da análise estatística da tendência das concentrações de sulfato se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.54: Resumo dos resultados da análise estatística para Sulfato.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de sulfato				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável	X		X	
Provavelmente decrescendo		X		
Decrescendo				
Sem tendência				X
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

**Quadro 11.1.12.55: Resumo dos resultados da análise estatística para Sulfato.**

Campanhas 2022 e 2023 - Sulfato										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo						X				
Provavelmente crescendo										
Estável			X				X		X	
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo		X						X		
Sem tendência	X			X	X					
Não analisado										X

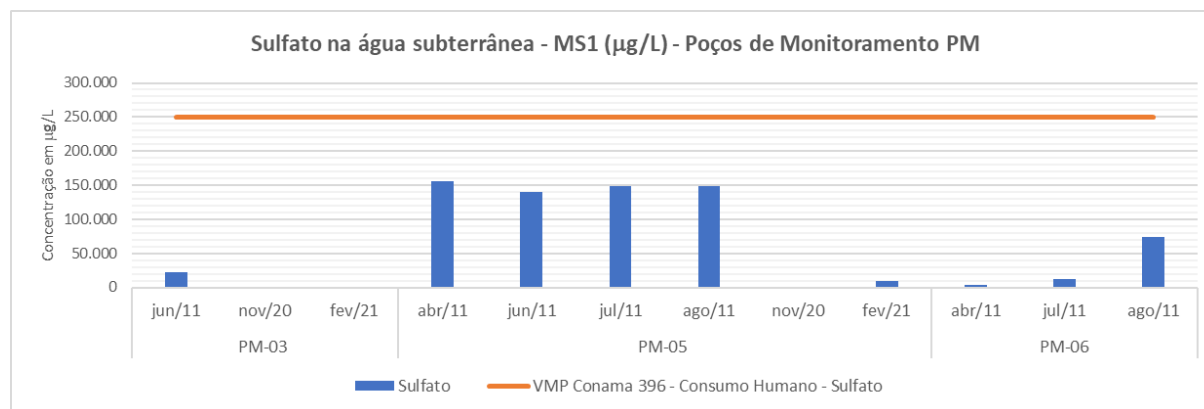


Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo					X					
Provavelmente crescendo										
Estável				X		X	X		X	
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo		X						X		
Sem tendência	X		X							X
Não analisado										

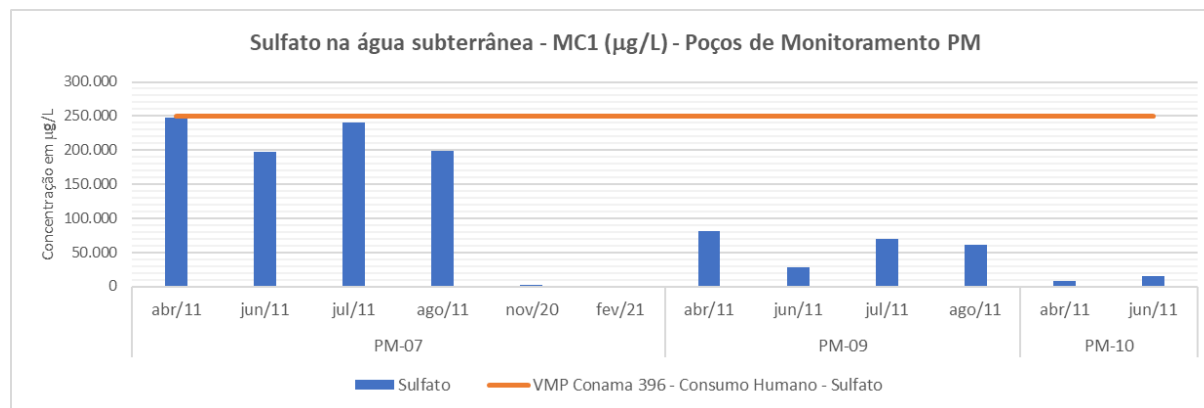
MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-291 a Figura 11.1-295 ilustram a ocorrência de sulfato na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.



**Figura 11.1-19: Sulfato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.**



**Figura 11.1-20: Sulfato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.**

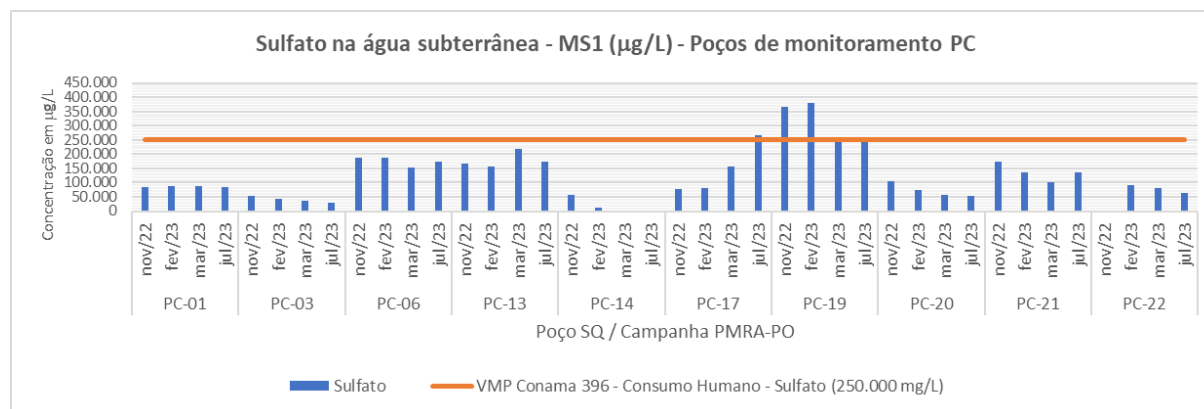


Figura 11.1-21: Sulfato na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

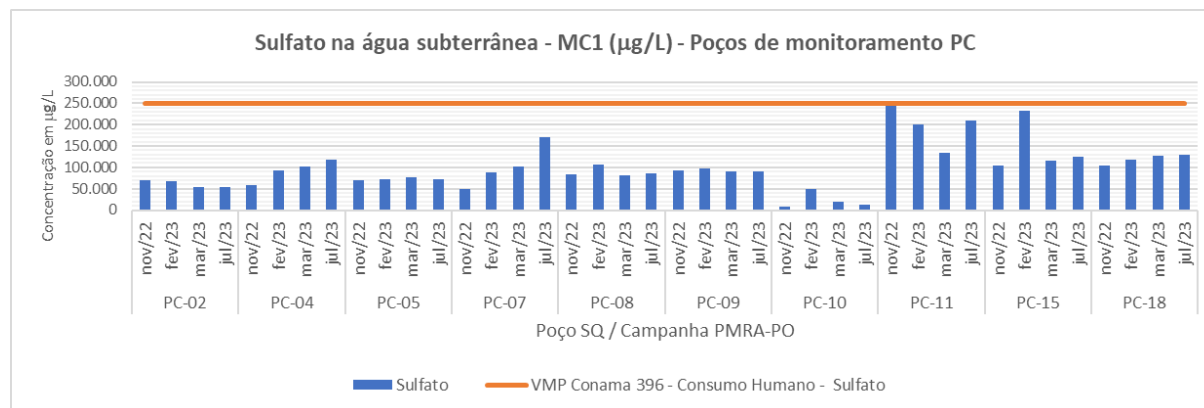


Figura 11.1-22: Sulfato na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

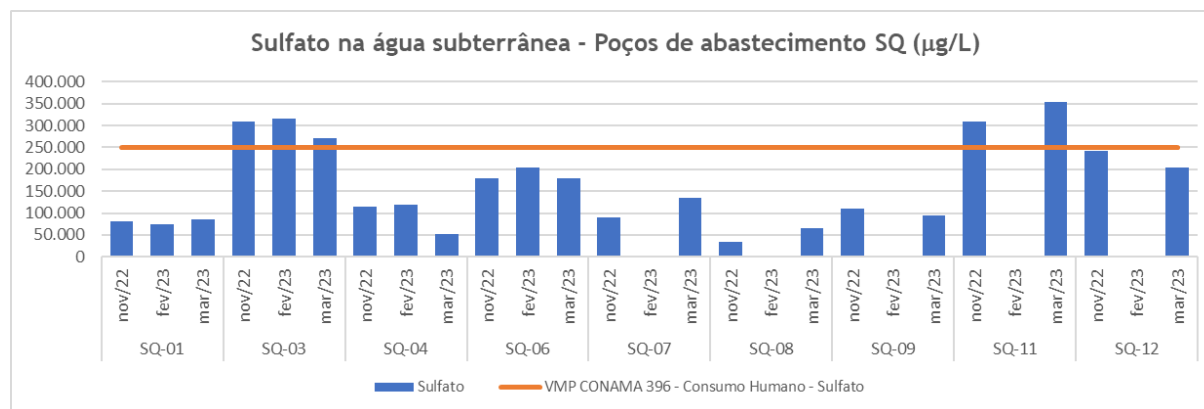


Figura 11.1-23: Sulfato na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).

## 11.1.12.4.2.1.6. Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre. Ocorre naturalmente no ambiente como silicatos, óxidos e hidróxidos, combinado com outros elementos, como sódio e flúor, e como complexos com matéria orgânica. O alumínio é liberado ao ambiente principalmente por processos naturais, porém vários fatores influenciam sua mobilidade e subsequente transporte no ambiente. O metal entra na atmosfera como material particulado oriundo de erosão natural do solo, mineração ou atividade agrícola, gases vulcânicos e combustão de carvão (CETESB, 2017).

Estudos epidemiológicos sugerem uma possível associação entre Mal de Alzheimer e alumínio na água, como um fator de risco para o desenvolvimento ou aceleração da doença, entretanto outros estudos não confirmam esta associação. Tais estudos não apresentaram informações da ingestão de Al via alimentos e como as concentrações do metal afetam a associação. Pesquisadores acreditam que a doença resulta mais da combinação de diferentes fatores do que de uma causa só para a maioria dos indivíduos (CETESB, 2017).

As elevadas concentrações de alumínio na água subterrânea são associadas à origem natural, devido à composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos resultados analíticos das amostras de solo (Anexo I), nas descrições petrográficas (Item 11.1.7- Geologia - Contexto Local - Litosolo).

O alumínio dissolvido foi quantificado nas campanhas de 2011 a 2021 (poços “PM”) nas amostras de água subterrânea dos poços da unidade MS-1 em sete das 12 amostras (58,3%) e em poços da unidade MC-1 em 9 das 12 amostras (75%). As coletadas nos poços de abastecimento “SQ” nas campanhas de 2022 a 2023, o alumínio dissolvido não ultrapassou (para estas campanhas) o VMP CONAMA 396/2008. Já nas campanhas de 2022 e 2023 dos poços PC, o alumínio foi quantificado na unidade MS-1 em 28 das 40 amostras (70%) e na unidade MC-1 em 23 das 40 amostras (57,5%) coletadas, ultrapassando o VMP CONAMA 396/2008 de 200 µg/L em apenas uma amostra da unidade MC-1 (PC-21).

O Quadro 11.1-179 a seguir apresenta as principais concentrações de alumínio dissolvido, obtidas nas campanhas de monitoramento realizadas.

**Quadro 11.1.12.56: Concentrações mínima, máxima e média de alumínio dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	7,10	81,70	29,77



Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
	2022 e 2023	1,80	204,00	32,27
MC-1	2011 e 2021	1,20	24,00	9,78
	2022 e 2023	4,280	131,000	29,530
Poços de abastecimento	2022 e 2023	11,000	23,000	17,200

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de alumínio dissolvido para a avaliação de todas as campanhas, de 2011, 2021, 2022 e 2023. Com relação aos poços de abastecimento SQ (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes para realização de análise estatística da tendência das concentrações de alumínio dissolvido.

O Quadro 11.1-180 a seguir mostra o resumo dos resultados da análise estatística da tendência das concentrações de alumínio dissolvido, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.57: Campanhas 2011 e 2021 - Resumo dos resultados da análise estatística para alumínio.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de alumínio dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável				
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência	X	X	X	X
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

**Quadro 11.1.12.58: Campanhas 2022 e 2023 - Resumo dos resultados da análise estatística para alumínio.**

Campanhas 2022 e 2023 - Alumínio dissolvido										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo										
Provavelmente crescendo										
Estável	X	X	X			X	X			
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo				X						X
Sem tendência					X			X	X	
Não analisado										
Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo										
Provavelmente crescendo										
Estável	X			X	X		X			
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo									X	
Sem tendência		X	X			X		X		X
Não analisado										

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A avaliação estatística da tendência de evolução das concentrações de alumínio dissolvido, resumida no Quadro 11.1-180 e Quadro 11.1-181, mostrou que nas campanhas de 2011 a 2021, nas duas unidades, MC-1 e MS-1, não há tendência definida. Já nas campanhas de 2022 e 2023, foi observada a tendência de estabilidade na unidade MS1 e um equilíbrio entre estabilidade e ausência de tendência na unidade MC1.

A Figura 11.1-296 a Figura 11.1-300 ilustram a ocorrência de alumínio na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.

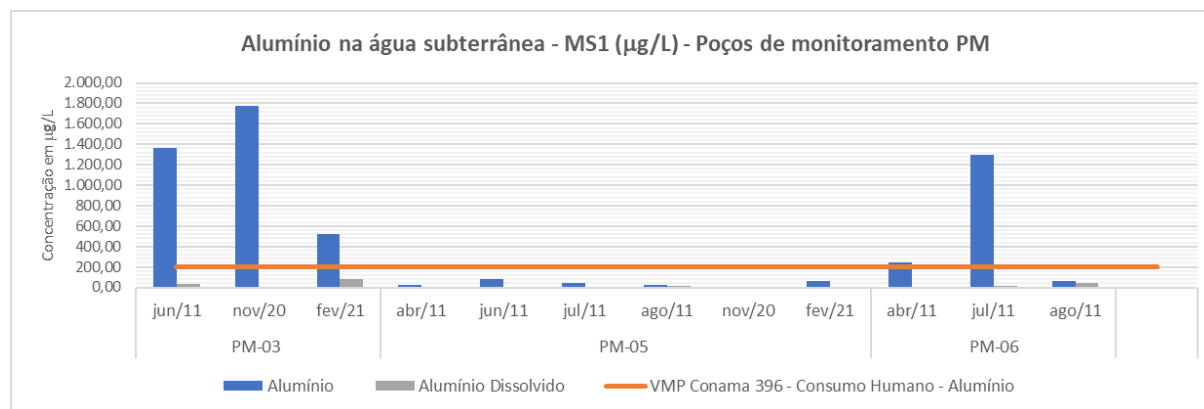


Figura 11.1-24: Alumínio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

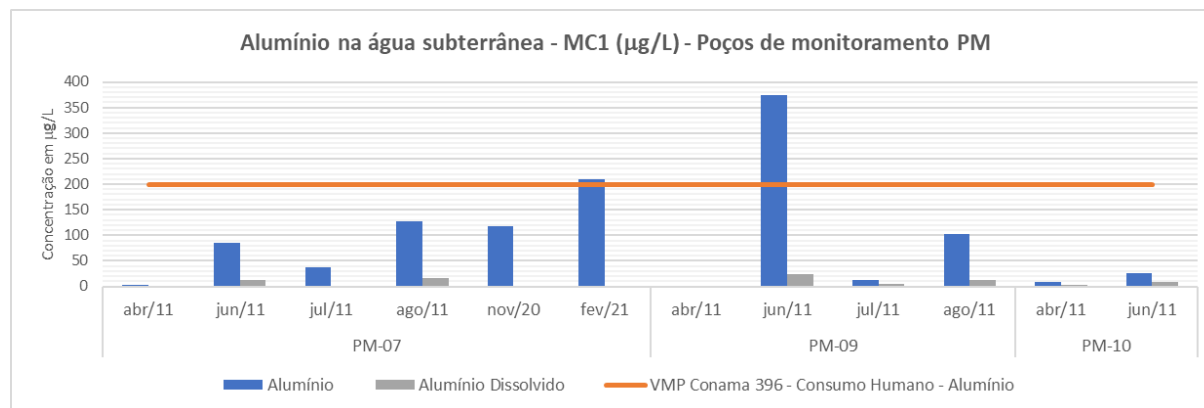


Figura 11.1-25: Alumínio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

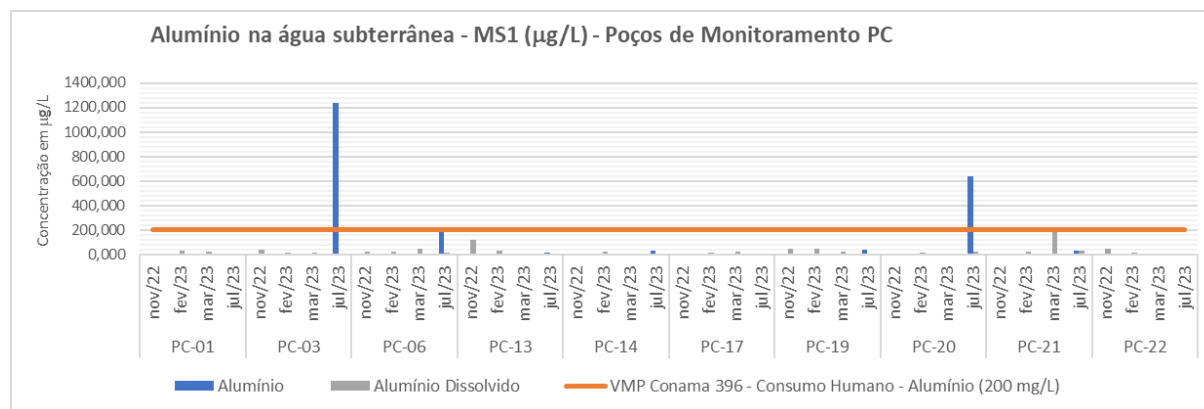


Figura 11.1-26: Alumínio na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PC.

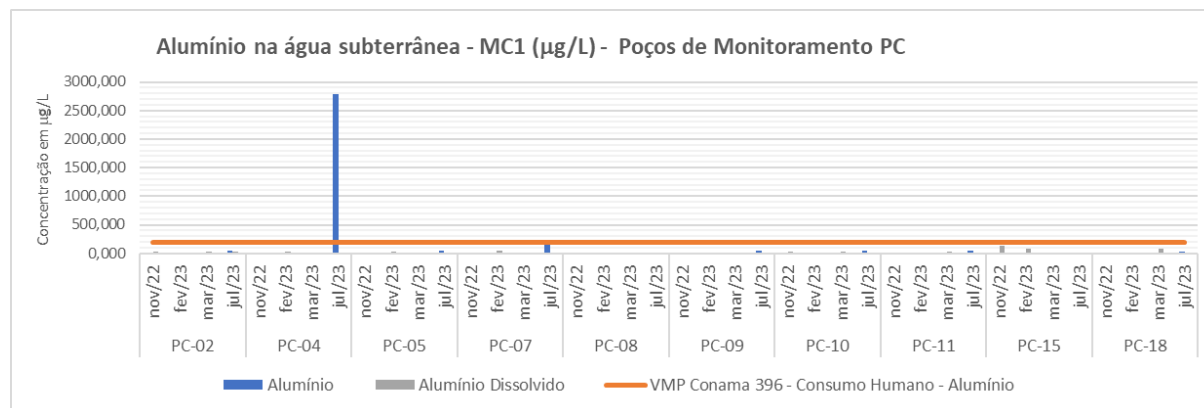


Figura 11.1-27: Alumínio na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PC.

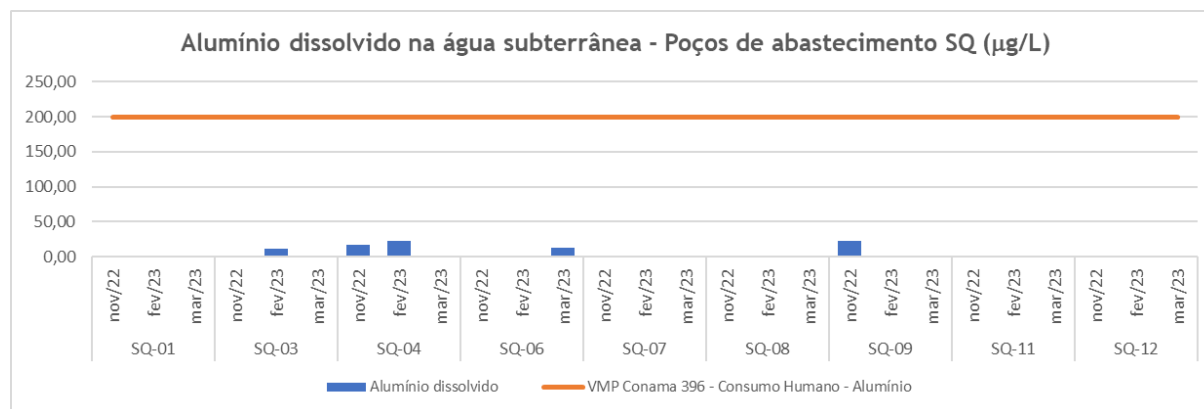


Figura 11.1-28: Alumínio dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).



#### 11.1.12.4.2.1.7. Bário

O bário ocorre na natureza somente na forma combinada e as principais são a barita (sulfato de bário natural) e a witherita (carbonato de bário natural). Também é encontrado em quantidades traço em rochas ígneas e sedimentares. A barita é a principal fonte de obtenção de bário metálico que, juntamente com seus compostos, são usados na fabricação de diversos produtos industriais, como plásticos, vidros, cerâmicas, eletrônicos, têxteis, lubrificantes, ligas metálicas, sabão e borracha. O sulfato de bário é usado na clínica médica como contraste em radiografias (CETESB, 2022).

O bário ocorre naturalmente na maioria das águas superficiais e sua concentração depende do teor de bário lixiviado das rochas. A água potável contém concentrações <100 µg/L de bário e o metal pode estar presente na água subterrânea. Os teores no solo variam de 15 a 3500 ppm (parte por milhão) em peso seco. Emissões antropogênicas de bário podem ocorrer a partir da mineração, refino e tratamento de minérios de bário e da fabricação de produtos de bário. A queima de combustíveis fósseis também pode liberar o metal. O tempo de permanência das partículas no ar depende do tamanho, mas invariavelmente essas acabam se depositando no solo. Emissões na água podem ocorrer durante a purificação do minério barita e o subsequente descarte dos efluentes (CETESB, 2022).

A ingestão de pequenas quantidades de bário, em curtos períodos de tempo, pode provocar vômito, cólica estomacal, diarreia, dificuldade respiratória, alteração da pressão sanguínea, adormecimento da face e debilidade muscular. A ingestão de altas quantidades de compostos de bário solúveis em água ou no conteúdo estomacal pode causar alterações no ritmo cardíaco e paralisia, e levar a óbito se não houver tratamento (CETESB, 2022).

Bário dissolvido foi quantificado em 45 de um total de 46 amostras coletadas (97,8%) nas campanhas de 2011, 2021 e 2023 (o parâmetro não foi contemplado no escopo do PMRA-PO para os poços PC e SQ), sugerindo assim ocorrência natural. Todos os resultados se encontram abaixo do VMP CONAMA 396/2008 para consumo humano, de 700 mg/L.

O Quadro 11.1-182 a seguir mostra, para cada campanha, as concentrações mínimas, máximas e médias de bário dissolvido na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.59: Concentrações mínima, máxima e média de bário dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	60,30	256,00	113,22

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
	2022 e 2023	76,00	415,00	224,65
MC-1	2011 e 2021	35,00	378,00	94,41
	2022 e 2023	41,00	210,00	129,50
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: Não analisado.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de bário dissolvido apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 e 2021 (poços PM) que apresentaram no mínimo quatro resultados analíticos. Com relação às demais campanhas, não foram obtidos dados suficientes para que a análise estatística da tendência de bário dissolvido das concentrações dos demais poços PC (campanhas de 2022 e 2023) e SQ (não analisado) seja realizada, devido à quantidade de campanhas ou disponibilidade de resultados.

O Quadro 11.1-183 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.60: Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de bário dissolvido.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de bário dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo	X			
Provavelmente crescendo				
Estável			X	X
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência		X		
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-301 a Figura 11.1-304 ilustram a ocorrência de bário dissolvido na água subterrânea da MS-1 e MC-01.

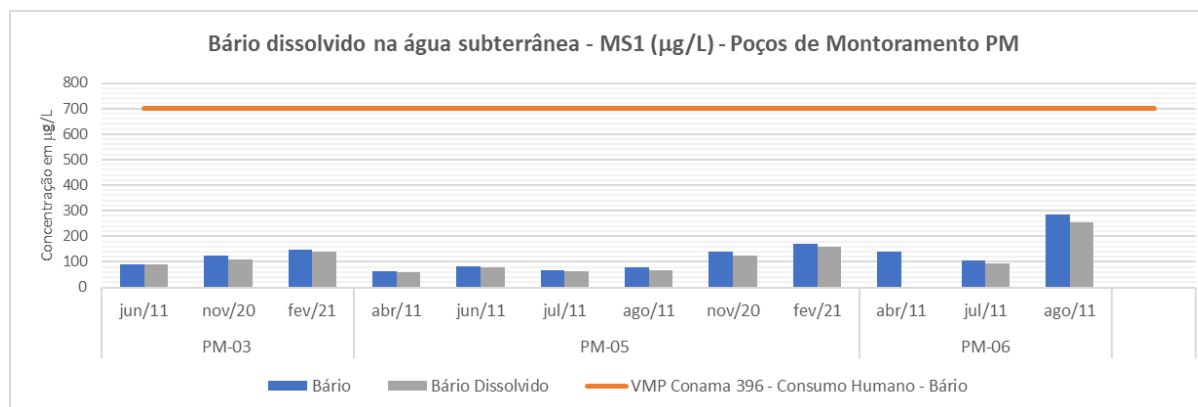


Figura 11.1-29: Bário dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.

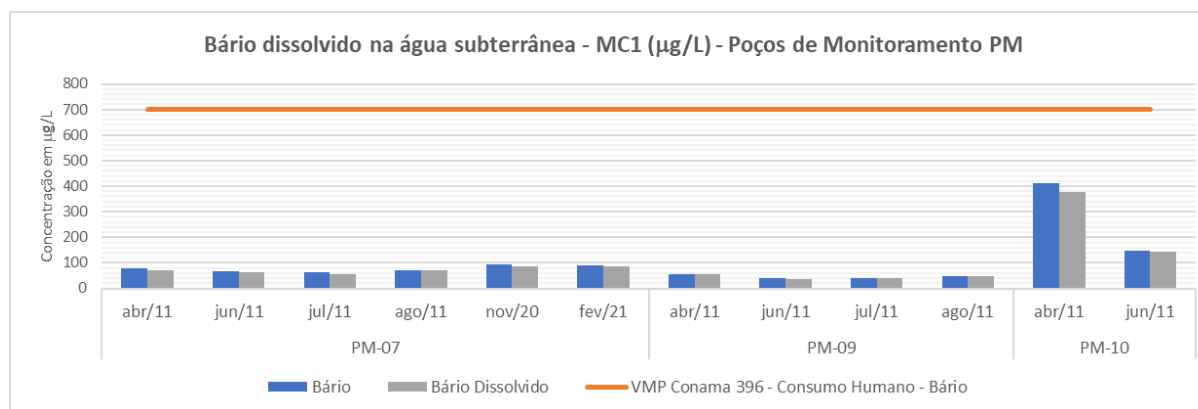


Figura 11.1-30: Bário dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de Monitoramento PM.

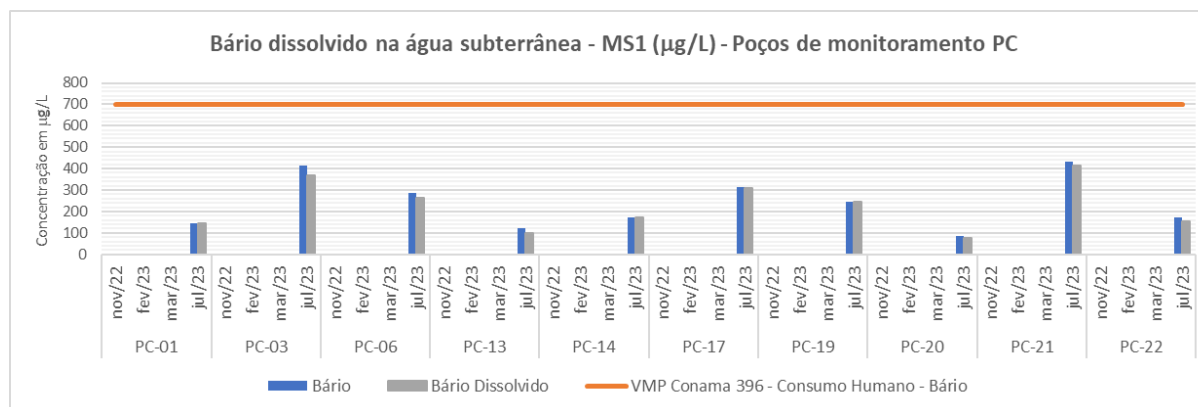


Figura 11.1-313: Bário dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

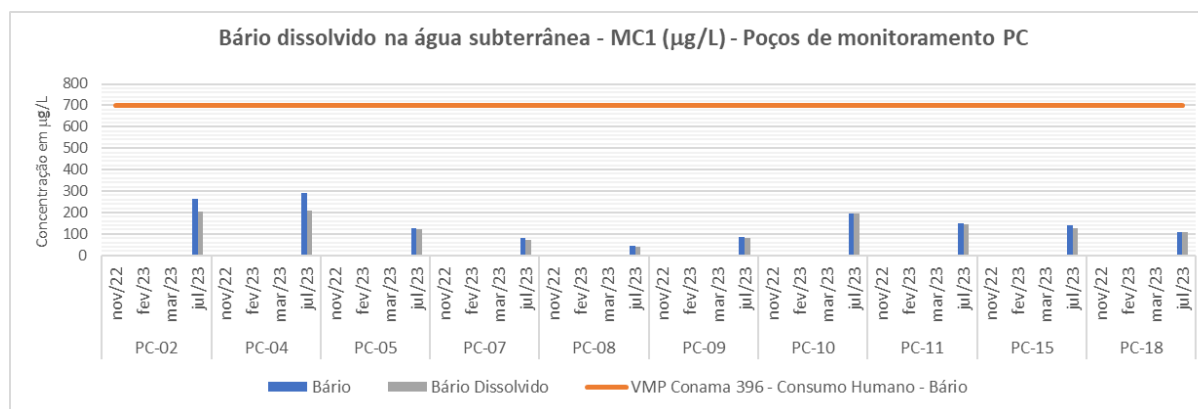


Figura 11.1-32: Bário dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.



#### 11.1.12.4.2.1.8. 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 estudo.

O boro de ocorrência natural está presente nas águas subterrâneas, principalmente como resultado da lixiviação de rochas e solos que contém boratos e borossilicatos. A ingestão de quantidades excessivas e prolongadas de boro pode afetar o sistema nervoso central em seres humanos e resultar na síndrome clínica de Borismo. Porém, concentrações menores que 1.000 µg/L são inofensivas. Devido ao elevado potencial de entrada de boro na cadeia alimentar humana, em concentrações que podem causar sérios riscos à saúde, tornou-se importante conhecer seu comportamento ambiental (Mendes, *et al.*, 2022).

As campanhas de 2011 e 2021 nos poços PM mostraram que boro dissolvido foi quantificado em 11 das 12 amostras coletadas (91,6%) na unidade MS-1 e em 100% das 12 amostras coletadas na unidade MC-1. Na campanha de 2023 (não foi amostrado no âmbito do PMRA-PO) o boro foi quantificado em 100% das amostras das unidades MS-1 e MC-1, tanto na fração total quanto na dissolvida.

Em apenas uma amostra da campanha de 2023, proveniente do PC-11 (MC-1), boro na fração dissolvida foi quantificado em 855 µg/L e na fração total em 921 µg/L, acima do VMP CONAMA 396/2008 para consumo humano de 500 µg/L.

O Quadro 11.1-184 a seguir mostra, para cada campanha, as concentrações mínimas, máximas e médias de boro dissolvido na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.61: Concentrações mínima, máxima e média de boro dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	21,00	313,00	101,37
	2022 e 2023	18,30	187,00	110,32
MC-1	2011 e 2021	2,50	142,00	75,61
	2022 e 2023	63,50	855,00	190,07
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: não amostrado.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de boro dissolvido apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 a 2021 (poços PM), à exceção dos poços PM-03 e PM-06). Com relação às demais campanhas, não foram obtidos dados suficientes para que a análise estatística da tendência de boro dissolvido nas concentrações dos demais poços PC (campanhas de 2022 e 2023) e SQ (não analisado) seja realizada, devido a quantidade de campanhas ou disponibilidade de resultados.

O Quadro 11.1-185 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

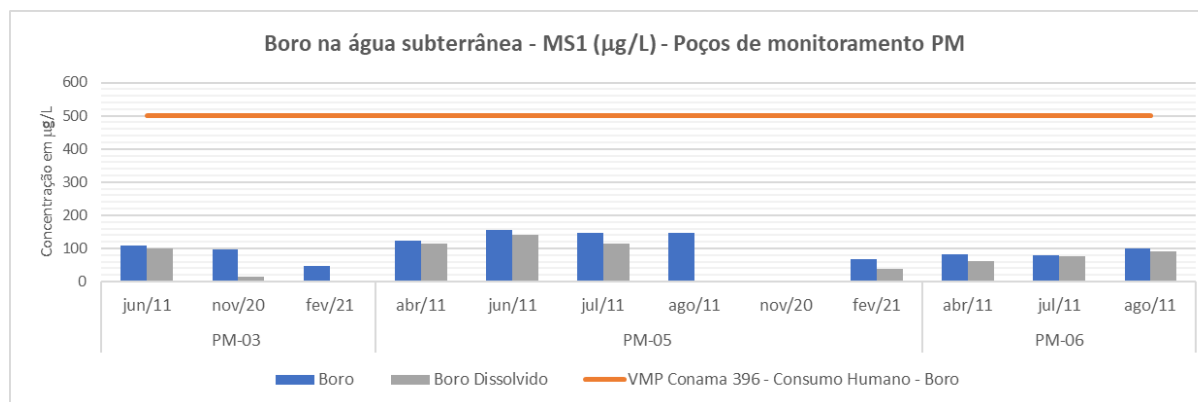
**Quadro 11.1.12.62: Resumo dos resultados da análise estatística para boro.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de boro dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável	X		X	X
Provavelmente decrescendo		X		
Decrescendo				
Sem tendência				
Não analisado				

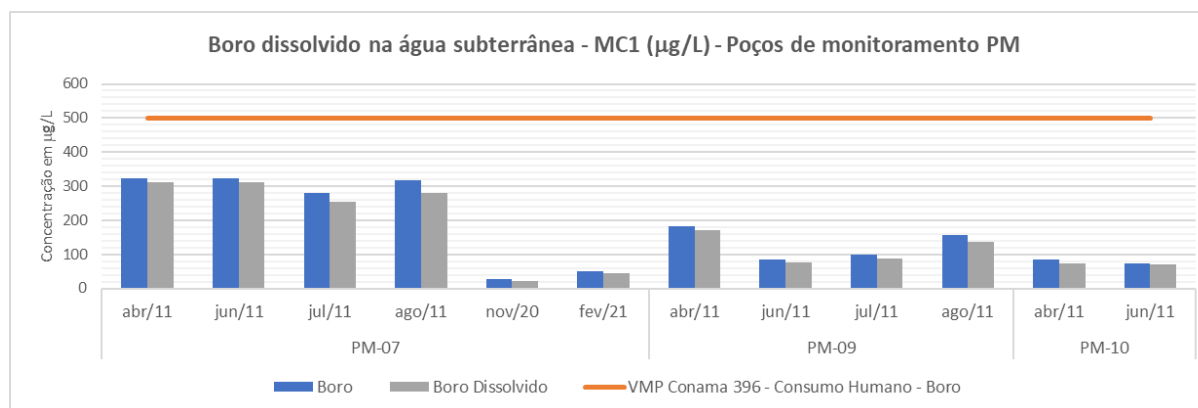
MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-305 a Figura 11.1-308 ilustram a ocorrência de boro dissolvido na água subterrânea da MS-1 e MC-01.



**Figura 11.1-33: Boro na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**



**Figura 11.1-34: Boro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.**

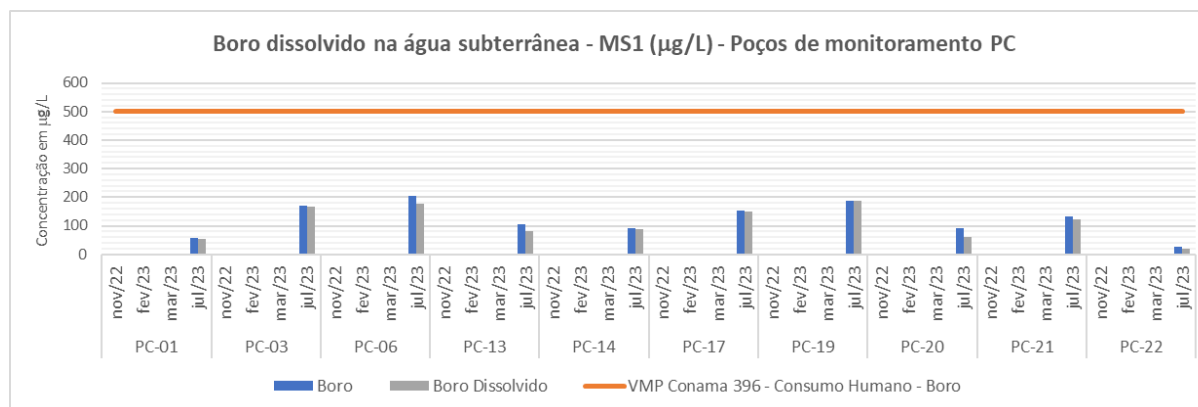


Figura 11.1-35: Boro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

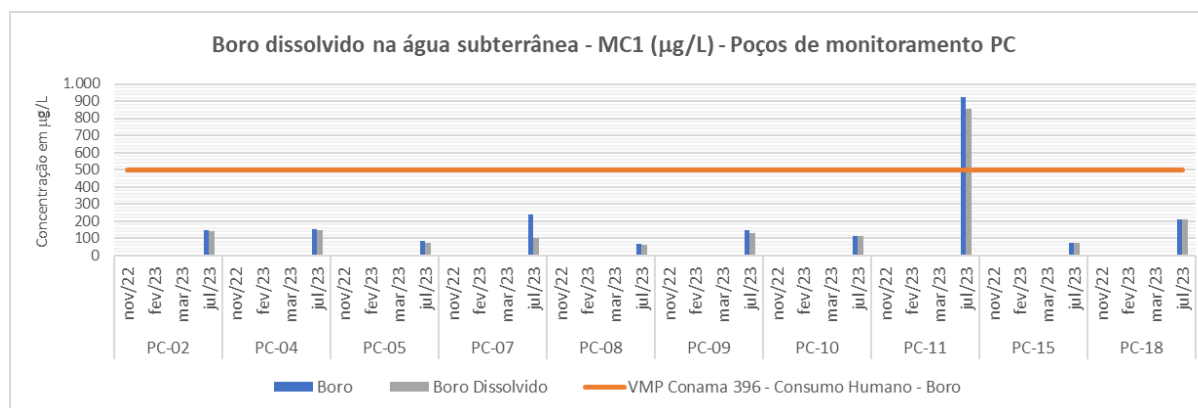


Figura 11.1-36: Boro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

#### 11.1.12.4.2.1.9. Ferro

Assim como o alumínio e manganês, as elevadas concentrações de Ferro são de origem natural, devido à composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos resultados analíticos das amostras de solo (Anexo I), nas descrições petrográficas (Item 11.1.7- Geologia - Contexto Local - Litosolo), e conforme títulos minerários para extração de Ferro, levantados no capítulo títulos minerários.

Altas concentrações de ferro trazem mais problema a sistemas de transporte de água, pela incrustação, do que à saúde humana, sendo que VMP CONAMA 396/2008 para consumo humano de ferro é de 300 µg/L e refere-se à “Efeito organoléptico”.

As campanhas de 2011 e 2021 nos poços PM mostraram que ferro dissolvido foi quantificado em 100% das 12 amostras coletadas na unidade MS-1 e em 11 das 12 amostras coletadas (91,6%) na unidade MC-1. As amostras dos poços PM-05 e PM-09 da unidade MS-1 e do PM-07 da unidade MC-1 apresentaram ferro dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008.

Nas campanhas de 2022 e 2023 o ferro dissolvido foi quantificado nas amostras coletadas a partir dos poços PC em 34 das 40 amostras (85%) da unidade MS-1 e em 36 das 40 amostras (90%) da unidade MC-01, mostrando ampla distribuição. Destas, 15 amostras da unidade MS-1 e 13 amostras da unidade MC-1 apresentaram concentrações acima do VMP CONAMA 396/2008.

Em relação aos poços de abastecimento SQ amostrados nas campanhas de 2022 e 2023, o ferro foi quantificado em 13 das 22 amostras coletadas (59,0%) sendo que duas amostras provenientes cada um dos poços SQ-06 e SQ-11 apresentaram concentrações superiores ao VMP CONAMA 396/2008.

O Quadro 11.1-186 a seguir mostra, para cada campanha, as concentrações mínimas, máximas e médias de ferro dissolvido na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.63: Concentrações mínima, máxima e média de ferro dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	5,10	7.990,00	1.482,83
	2022 e 2023	12,00	5.820,00	1.192,00
MC-1	2011 e 2021	0,59	2.970,00	540,95



Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
	2022 e 2023	1,77	1.940,00	410,98
Poços de abastecimento	2022 e 2023	10,5	513,00	107,94

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de ferro dissolvido para a avaliação de todas as campanhas de 2011, 2021, 2022 e 2023 dos poços PM e PC, à exceção dos poços PM-03 e PM-06. O resumo desta avaliação é apresentada no Quadro 11.1-187.

**Quadro 11.1.12.64: Resumo dos resultados da análise estatística para ferro.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de ferro dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo	X			
Estável				X
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência		X	X	
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

O Quadro 11.1-188 a seguir mostra o resumo dos resultados obtidos. Entretanto, no que diz respeito aos poços de abastecimento SQ (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes para a realização dessa análise estatística.

Os resultados (planilhas de saída) da análise estatística da tendência das concentrações de ferro dissolvido se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.65: Resumo dos resultados da análise estatística para ferro.**

Campanhas 2022 e 2023 - Ferro dissolvido										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo										
Provavelmente crescendo										
Estável		X		X			X	X		
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo	X									
Sem tendência			X		X	X			X	X
Não analisado										
Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo										
Provavelmente crescendo										
Estável		X	X	X	X		X			
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo	X								X	
Sem tendência						X		X		X
Não analisado										

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A avaliação estatística da tendência de evolução das concentrações de ferro dissolvido mostrou que nas duas unidades, MC-1 e MS-1, há a tendência de estabilização, sem tendência e decréscimo das concentrações de ferro dissolvido na água subterrânea.

A Figura 11.1-309 a Figura 11.1-313 ilustram a ocorrência de ferro na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.

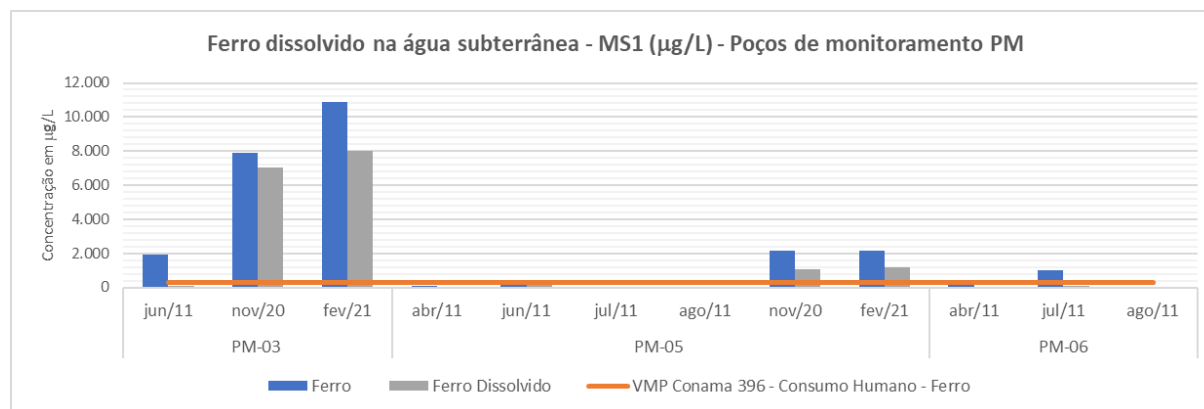


Figura 11.1-37: Ferro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

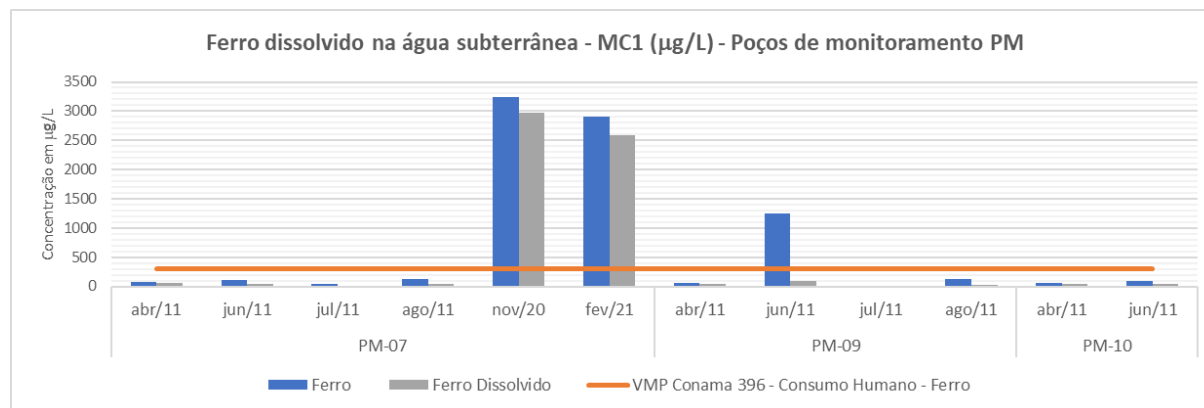


Figura 11.1-38: Ferro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

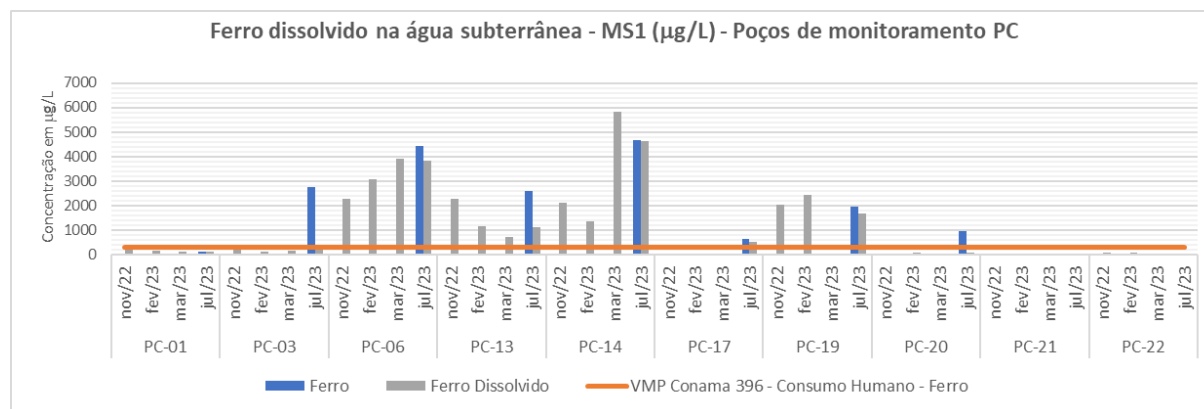


Figura 11.1-39: Ferro dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

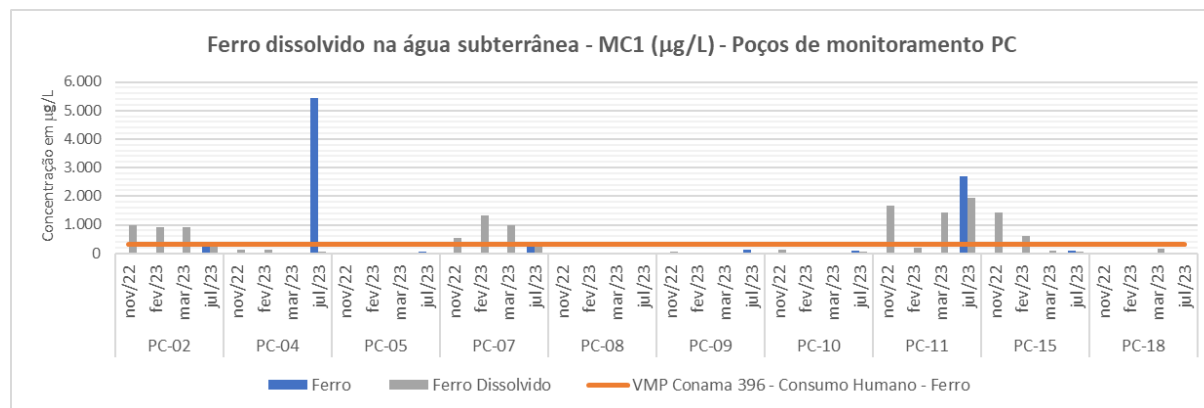


Figura 11.1-40: Ferro dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

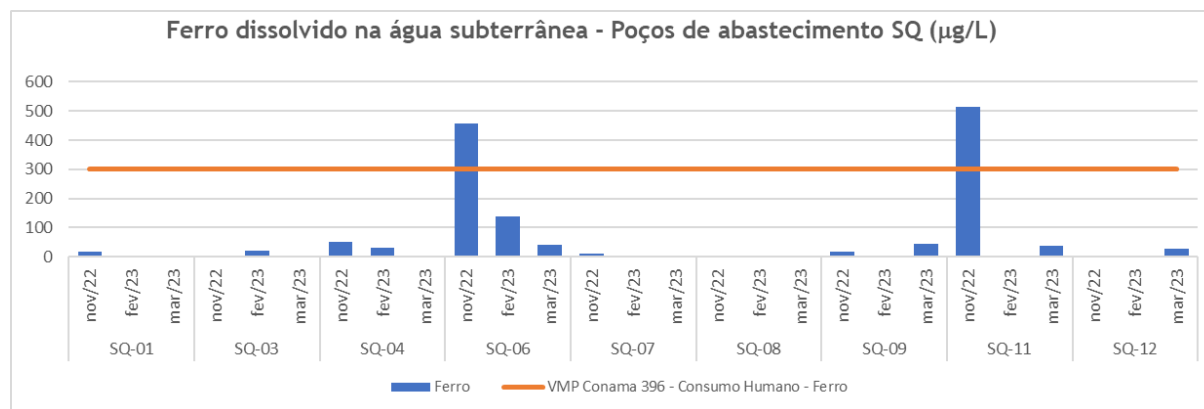


Figura 11.1-41: Ferro dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).



#### 11.1.12.4.2.1.10. Manganês

O manganês (Mn) é um metal cinza claro que não ocorre na forma pura (elementar), mas combinado com outras substâncias, como o oxigênio, o enxofre e o cloro. Processos naturais e a atividade humana são capazes de modificar compostos de manganês. Na água, o manganês ocorre nas formas dissolvida e suspensa, que variam conforme o pH e o potencial redox. A água subterrânea anaeróbia frequentemente contém níveis elevados de manganês dissolvido. Em rios, o Mn é transportado adsorvido a partículas suspensas dos sedimentos. O manganês é um nutriente essencial em pequenas quantidades para muitos organismos vivos, incluindo o ser humano, principalmente em processos reprodutivos, manutenção da estrutura óssea e funcionamento do sistema nervoso. (CETESB, 2022).

As campanhas de 2011 e 2021 nos poços PM mostraram que manganês dissolvido foi quantificado em 100% das amostras da unidade MS-1 e em 11 das 12 amostras coletadas (91,6%) na unidade MC-1. Amostras do poço PM-03 e PM-05 da unidade MS-1 e do PM-07 da unidade MC-1 apresentaram manganês dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 de 100 µg/L, referido na norma citada a “efeito organoléptico”.

Nas campanhas de 2022 e 2023 o manganês dissolvido foi quantificado nas amostras coletadas a partir dos poços PC em 37 das 40 amostras (92,5%) da unidade MS-1 e em 36 das 40 amostras (90%) da unidade MC-01, mostrando ampla distribuição, assim como o ferro, que apresenta comportamento geoquímico semelhante. Destas, 32 amostras da unidade MS-1 e 24 amostras da unidade MC-1 apresentaram concentrações de manganês dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 para consumo humano.

Em relação aos poços de abastecimento SQ amostrados nas campanhas de 2022 e 2023, o manganês dissolvido foi quantificado em 13 das 22 amostras coletadas (59,0%) sendo que apenas uma amostra, coletada a partir do poço SQ-12 apresentou concentrações superiores ao VMP CONAMA 396/2008. As alterações de padrões de qualidade para manganês dissolvido, estão restritas a unidade MS1, tanto na fase total, como na fase dissolvida. O Quadro 11.1-189 a seguir ilustra as concentrações de destaque de manganês.

**Quadro 11.1.12.66: Concentrações mínima, máxima e média de manganês dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	4,00	1.240,00	283,95
	2022 e 2023	15,00	2.270,00	576,08

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MC-1	2011 e 2021	0,57	338,00	70,79
	2022 e 2023	2,39	628,00	186,59
Poços de abastecimento	2022 e 2023	10,00	130,00	39,77

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

As elevadas concentrações também são de origem natural, devido à composição dos solos e das rochas da região, conforme apresentado nos resultados analíticos das amostras de solo (Anexo III). Os resultados indicam que as rochas da Unidade MS1 apresentam teores mais elevados deste composto metálico.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de manganês dissolvido para a avaliação de todas as campanhas, de 2011, 2021, 2022 e 2023. O Quadro 11.1-190 e Quadro 11.1-191 a seguir mostram o resumo dos resultados obtidos. Observa-se que de maneira geral, nas duas unidades, MS-1 e MC-1, o manganês apresenta comportamento semelhante, com tendência geral de estabilidade das concentrações.

Os resultados (planilhas de saída) da análise estatística da tendência das concentrações de manganês dissolvido se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.67: Resumo dos resultados da análise estatística para manganês.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de manganês dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável				X
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência	X	X	X	
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

**Quadro 11.1.12.68: Resumo dos resultados da análise estatística para manganês.**

Campanhas 2022 e 2023 - Manganês dissolvido										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo						X				
Provavelmente crescendo										
Estável	X	X	X	X	X		X		X	X
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo								X		
Sem tendência										
Não analisado										
Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo										
Provavelmente crescendo										
Estável		X	X	X	X		X			
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo	X								X	
Sem tendência						X		X		X
Não analisado										

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

Com relação aos poços de abastecimento SQ (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes para realização de análise estatística de tendência das concentrações de manganês dissolvido.

O Figura 11.1-314 a Figura 11.1-318 ilustram a ocorrência de manganês total e dissolvido na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.

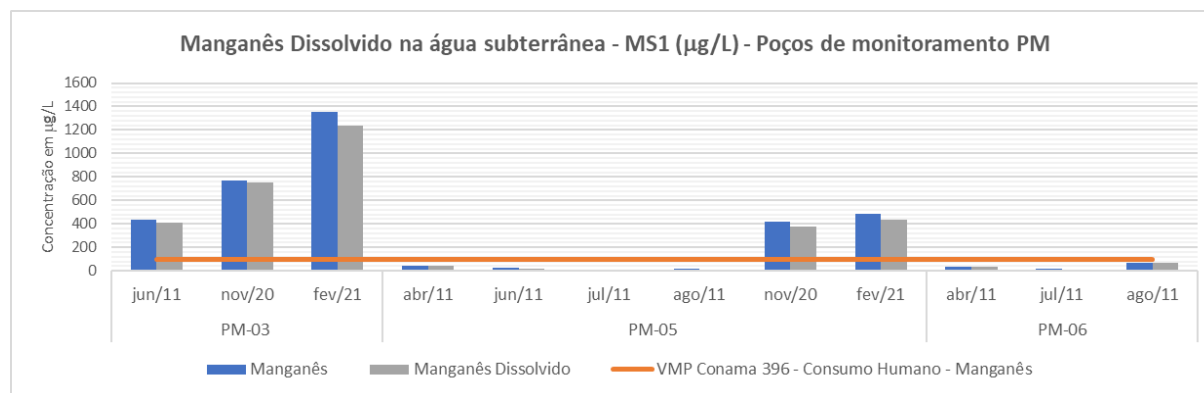


Figura 11.1-42: Manganês Dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

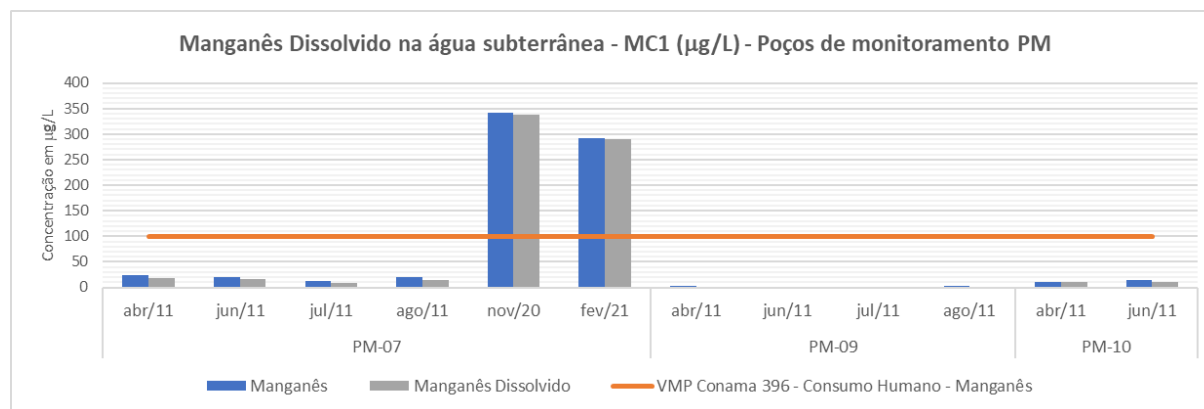
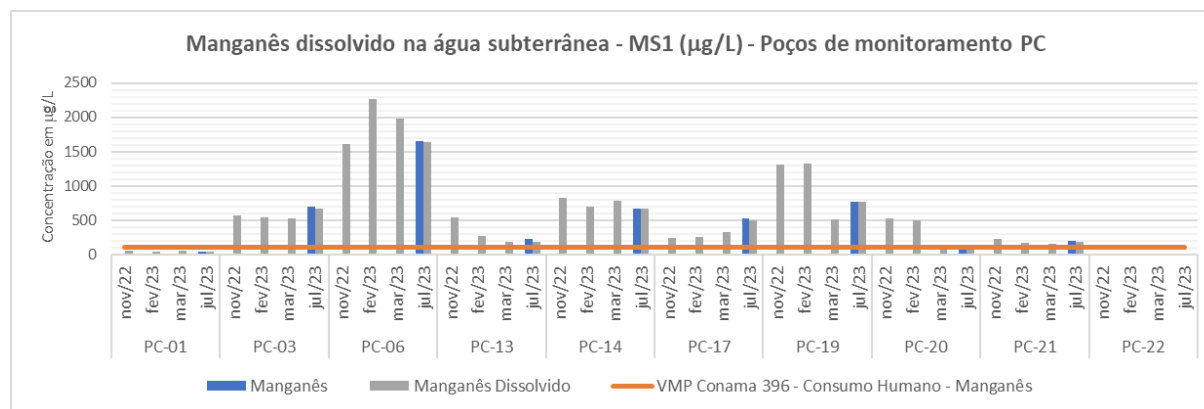
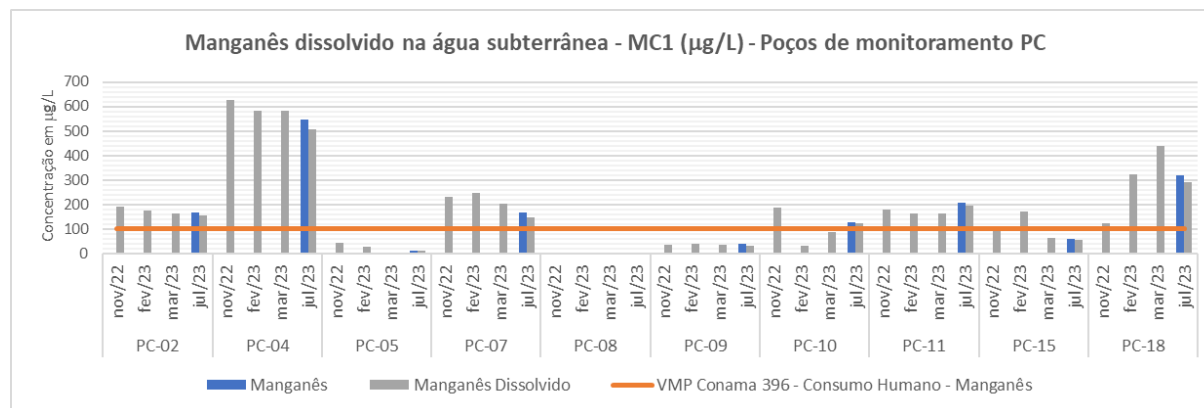


Figura 11.1-43: Manganês Dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

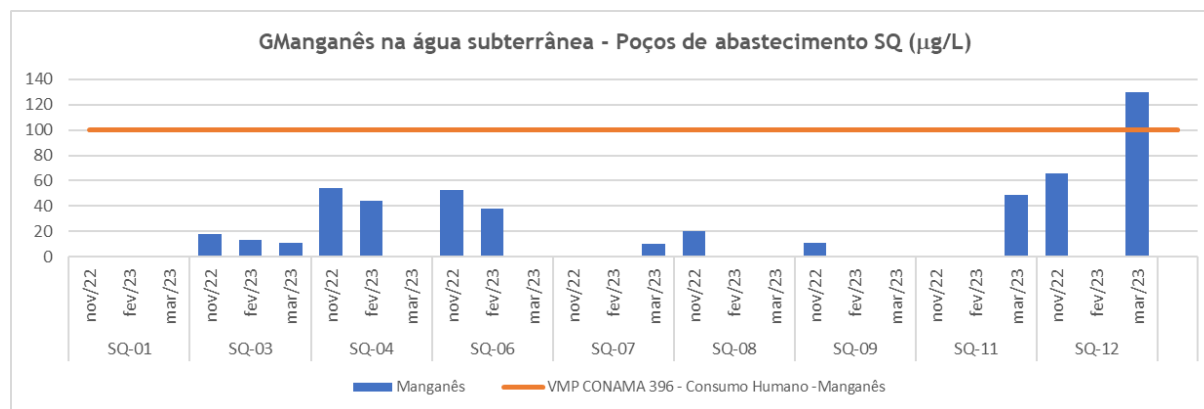


**Figura 11.1-44: Manganês dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**



**Figura 11.1-45: Manganês dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.**





**Figura 11.1-46: Manganês na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ (mg/L).**

#### 11.1.12.4.2.1.11. Níquel

O níquel é um metal prateado, razoavelmente duro, dúctil e maleável. Apresenta um fraco brilho amarelado devido, em parte, à existência de uma camada protetora de óxido. Forma compostos inorgânicos solúveis, como os hidróxidos, sulfatos, cloretos e nitratos, e insolúveis, como os óxidos e sulfetos (CETESB, 2022).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel metálico como possível cancerígeno para o ser humano (Grupo 2B) e os compostos de níquel como cancerígenos para o ser humano (Grupo 1), além de concluir que há evidências suficientes em seres humanos da carcinogenicidade de misturas contendo compostos de níquel e níquel metálico. Esses compostos causam câncer de pulmão, na cavidade nasal e nos seios paranasais. A exposição da população geral ao níquel pode ocorrer por inalação de ar, ingestão de água e de alimentos ou contato com a pele (CETESB, 2022).

As campanhas de 2011 e 2021 nos poços PM mostraram que níquel dissolvido foi quantificado em nove das 12 amostras (75%) da unidade MS-1 e em 7 das 12 amostras coletadas (58,3%) na unidade MC-1. Nenhuma amostra, tanto da unidade MS-1 quanto da unidade MC-1 apresentou níquel dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 de 20 µg/L.

Na campanha de 2023 (os poços PC e SQ não foram amostrados no âmbito do PMRA-PO nas campanhas de 2022 e 2023) o níquel dissolvido foi quantificado nas amostras coletadas a partir dos poços PC em 7 das 10 amostras (70%) da unidade MS-1 e em apenas uma (1) amostra (10%) da unidade MC-1. Nenhuma amostra deste grupo de poços apresentou níquel dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 de 20 µg/L.

O Quadro 11.1-192 a seguir mostra, para cada campanha, as concentrações mínimas, máximas e médias de níquel dissolvido na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.69: Concentrações mínima, máxima e média de níquel dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	3,00	18,00	8,69
	2022 e 2023	1,32	3,24	2,35
MC-1	2011 e 2021	1,00	7,00	3,57
	2022 e 2023	1,10	2,42	1,76

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
Poços de abastecimento	2022 e 2023	N/A	N/A	N/A

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática. N/A: não analisado.

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de níquel apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2011 e 2021 (poços PM). Com relação as demais campanhas (campanhas de 2022 e 2023), não foram obtidos dados suficientes para que seja realizada a análise estatística da tendência das concentrações de níquel nos poços de abastecimento SQ e PC.

O Quadro 11.1-193 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

A avaliação estatística da tendência de evolução das concentrações de níquel dissolvido mostrou que nas duas unidades, MC-1 e MS-1, há a tendência de estabilização das concentrações deste parâmetro na água subterrânea dos poços PM-05 (MS-1) e PM-10 (MC-1) e sem tendência em dois poços (PM-07 e PM-09) da unidade MC-1.

**Quadro 11.1.12.70: Resumo dos resultados da análise estatística para níquel dissolvido.**

Campanhas 2011 e 2021 - Concentrações de níquel dissolvido				
Tendência	Unidade Hidrogeológica MS-1	Unidade Hidrogeológica MC-1		
	PM-05	PM-07	PM-09	PM-10
Crescendo				
Provavelmente crescendo				
Estável	X			X
Provavelmente decrescendo				
Decrescendo				
Sem tendência		X	X	
Não analisado				

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

Fonte: BTB Explorers.

A Figura 11.1-319 a Figura 11.1-322 ilustram a ocorrência de níquel na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento.

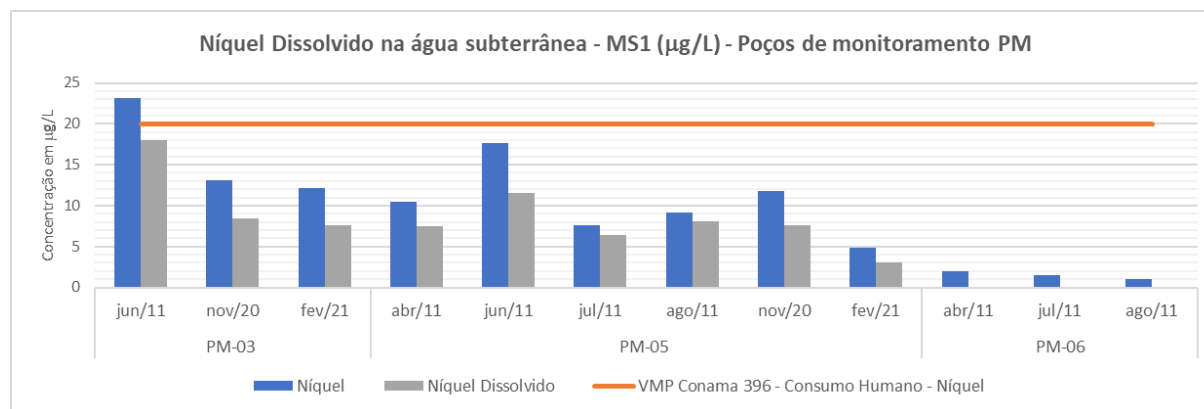


Figura 11.1-47: Níquel Dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.

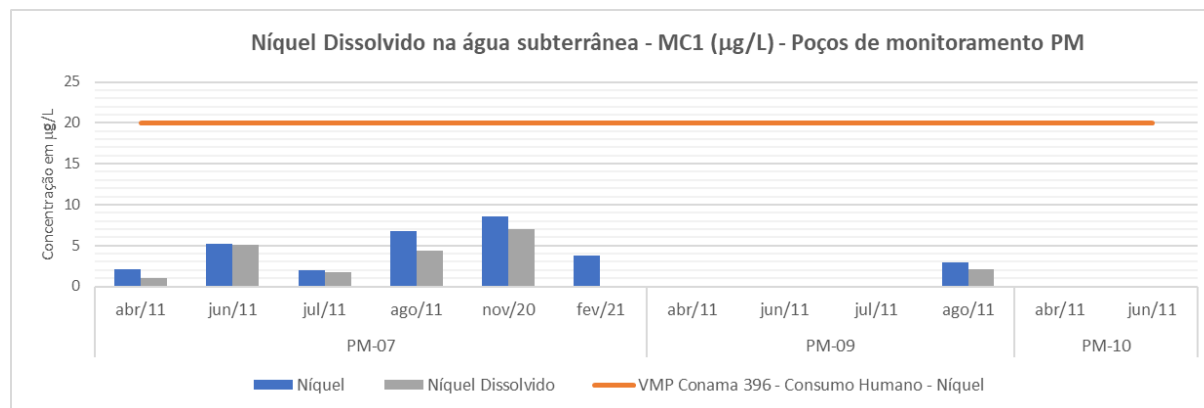


Figura 11.1-48: Níquel Dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PM.



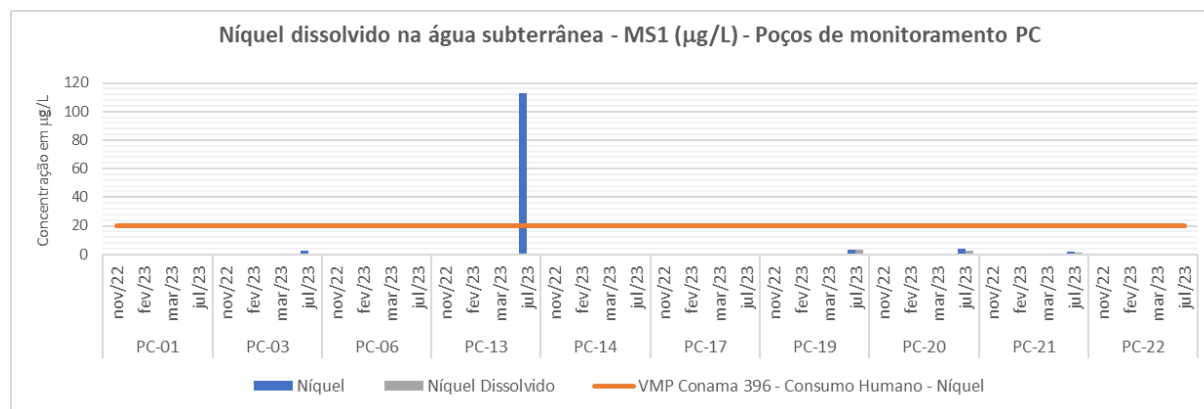


Figura 11.1-49: Níquel dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

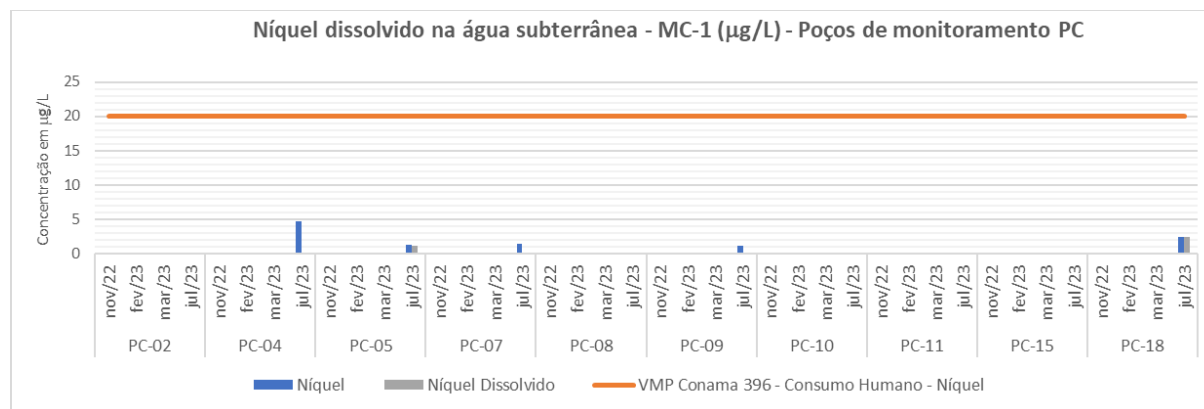


Figura 11.1-50: Níquel dissolvido na água subterrânea - MC-1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

#### 11.1.12.4.2.1.12. Urânio

O urânio dissolvido não foi quantificado em todas as amostras provenientes das unidades MS-1 e MC-1 obtidas nas campanhas de 2011 e 2021 dos poços “PM”. Apesar da Unidade MC-1 abrigar a jazida de urânio, as amostras de água subterrânea obtidas a partir dos poços PM não estão sobre a áreas da jazida.

A única amostra que apresentou 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 ocorrência 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 total identificada foi de 1,85 µg/L no PM-05, sendo inferior ao VMP de 15 µg/L da CONAMA 396/2008.

Na campanha de 2022 e 2023, urânio dissolvido foi quantificado nas amostras coletadas a partir dos poços PC em 30 das 40 amostras (75%) na unidade MS-1 e em 36 das 40 amostras (90%) coletadas na unidade MC-1. Destas, seis amostras da unidade MS-1 e nove amostras da unidade MC-1 apresentaram concentrações de urânio dissolvido acima do VMP CONAMA 396/2008 de 15 µg/L. Destaque para o poço PC-03 (MS-1) que apresentou concentrações elevadas e o PC-02 (MC-1) que apresentou as maiores concentrações acima do VMP CONAMA 396/2008 e em todas as campanhas realizadas. Os demais poços apresentaram oscilação entre as campanhas.

Nas campanhas de 2022 e 2023 dos poços de abastecimento “SQ”, o urânio dissolvido foi quantificado em 16 das 22 amostras (72,7%), sendo que cinco amostras provenientes dos poços SQ-07, SQ-08, SQ-11 e SQ-12 urânio dissolvido ultrapassou o VMP CONAMA 396/2008 de 15 µg/L, com destaque para o poço SQ-12 que apresentou concentração 40,2 µg/L. Nas campanhas de 2022 e 2023 dos poços PC, mostraram que a Unidade Hidrogeológica MC1 apresenta a maior concentração, de 298,77 µg/L na amostra coletada no poço PC-02 em novembro de 2022.

O Quadro 11.1-194 a seguir mostra, para cada campanha, as concentrações mínimas, máximas e médias de urânio dissolvido na água subterrânea.

**Quadro 11.1.12.71: Concentrações mínima, máxima e média de urânio dissolvido na Água Subterrânea.**

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
MS-1	2011 e 2021	1,85	1,85	1,85

Unidade Hidrogeológica	Campanha	Mínima (µg/L)	Máxima (µg/L)	Média (µg/L)
	2022 e 2023	1,02	46,20	11,42
MC-1	2011 e 2021	<LQ	<LQ	<LQ
	2022 e 2023	1,53	298,77	34,82
Poços de abastecimento	2022 e 2023	2,05	40,16	12,86

<LQ: concentrações inferiores ao limite de quantificação (não quantificado).

Fonte: BTB Explorers.

Foi possível aplicar a análise estatística da tendência das concentrações de urânio dissolvido apenas aos poços amostrados nas campanhas de 2022 e 2023 (poços PC). Não foram obtidos dados suficientes para a realização de análise estatística da tendência nas concentrações de urânio dissolvido dos poços de abastecimento SQ e PM (campanhas de 2011 e 2021). O Quadro 11.1-195 a seguir resume os resultados, cujas planilhas de saída se encontram no Volume V - Anexos.

**Quadro 11.1.12.72: Resumo dos resultados da análise estatística para urânio dissolvido.**

Campanhas 2022 e 2023 - Urânio dissolvido										
Unidade Hidrogeológica MS-1										
Tendência	PC-01	PC-03	PC-06	PC-13	PC-14	PC-17	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
Crescendo		X					X			
Provavelmente crescendo										
Estável			X	X	X	X				
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo										
Sem tendência	X							X	X	X
Não analisado										
Unidade Hidrogeológica MC-1										
Tendência	PC-02	PC-04	PC-05	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10	PC-11	PC-15	PC-18
Crescendo				X						
Provavelmente crescendo										
Estável		X	X						X	
Provavelmente decrescendo										
Decrescendo	X									
Sem tendência					X	X	X	X		X
Não analisado										

MS-: Unidade Meta-Sedimentar. MC-: Unidade Meta-Carbonática.

*Fonte: BTB Explorers.*

Observa-se de maneira geral, que tanto na unidade MS-1 quanto na MC-1 as concentrações de urânio dissolvido se encontram estáveis ou sem tendência porém, em dois poços, PC-03 e PC-19 da unidade MS-1 e o poço PC-07 da unidade MC-1 apresentam tendência de crescimento das concentrações.

A Figura 11.1-323 a Figura 11.1-325 ilustram a ocorrência de urânio na água subterrânea da MS-1 e MC-01 e nos poços de abastecimento. Não foram gerados gráficos para as campanhas envolvendo os poços PM devido à baixa ocorrência (1 amostra na fração total).

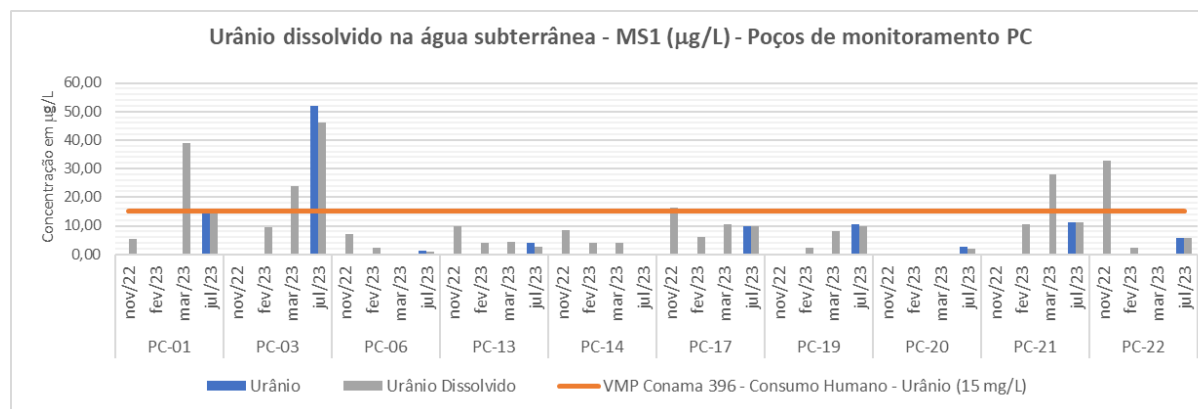


Figura 11.1-51: Urânio dissolvido na água subterrânea - MS1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.

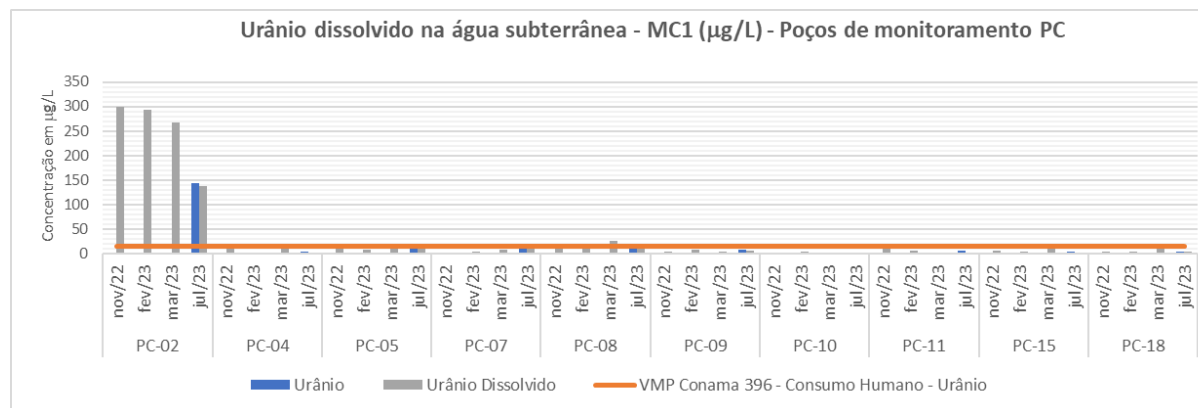


Figura 11.1-52: Urânio dissolvido na água subterrânea - MC1 (mg/L) - Poços de monitoramento PC.



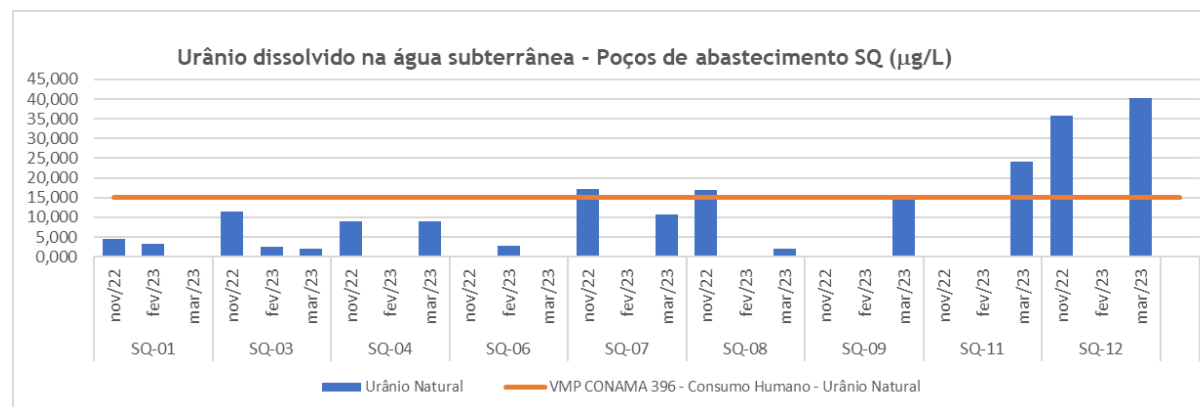


Figura 11.1-53: Urânio dissolvido na água subterrânea - Poços de abastecimento SQ ( $\text{mg/L}$ ).

#### 11.1.12.4.2.1.13. Demais Parâmetros Inorgânicos

Os parâmetros inorgânicos quantificados em ocorrências esporádicas e em baixas concentrações nas campanhas dos poços PM e PC são o chumbo, cobalto, cobre, cromo, lítio, molibdênio, nitrito, vanádio e zinco. Estes elementos são naturais devido à composição das rochas e dos solos da região, com os quais a água subterrânea entra em contato.

#### 11.1.12.4.2.1.14. Parâmetros Orgânicos

Dentre os parâmetros orgânicos analisados nas campanhas de 2011 e 2023, apenas o parâmetro Fenóis foi quantificado em ambas as campanhas, com as ocorrências inferiores aos VMP CONAMA 396/2008. Adicionalmente, também foram quantificadas na campanha de julho de 2023 dos novos poços PC, os seguintes parâmetros orgânicos:

- Benzeno
- Benzo(a)antraceno
- Benzo(b) fluoranteno
- Cloreto de Vinila
- Criseno
- 1,2-Dicloroetano
- Estireno
- Etilbenzeno

Destes, apenas estireno ultrapassa os VMP CONAMA 396/2008 de 20 µg/L para consumo humano, nas amostras dos poços PC-01, PC-06, e PC-20 da unidade MS-1 e PC-02, PC-07 e PC-11 da unidade MC-1.

A ocorrência de tais compostos orgânicos não é esperada para o ambiente monitorado, pois trata-se de substâncias de origem antrópica, relacionadas a grupos como hidrocarbonetos de petróleo ou solventes orgânicos clorados e a aleatoriedade de ocorrência, bem como os valores obtidos, sugerem que estas ocorrências podem ser oriundas de contaminação cruzada (ex.: material empregado nos poços, equipamentos utilizados no processo de instalação e amostragem, motor a combustão funcionando próximo dos pontos de coleta no momento da amostragem).

Estas ocorrências de compostos orgânicos devem ser acompanhadas em monitoramentos futuros para embasar conclusões assertivas sobre sua origem na água subterrâneas das duas unidades hidrogeológicas.

O Quadro 11.1-196 mostra os resultados dos compostos orgânicos obtidos a partir da campanha de julho de 2023 nos poços de monitoramento PC (novos).

**Quadro 11.1.12.73: Resultados dos compostos orgânicos obtidos a partir da campanha de julho de 2023 nos poços de monitoramento PC.**

Parâmetros (µg/L)	VR CONAMA 396/2008	MS-1	MC-01	MS-1	MC-01	MC-01	MS-1	MC-01	MC-01	MC-01	MC-01
		PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10
		jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23
Acrilamida	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzeno	5,00	<0,5	<0,5	0,70	0,50	<0,5	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(a)antraceno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto de vinila	5,00	<0,5	<0,5	<0,5	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,30
Clorofórmio	200,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Criseno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
1,2-Diclorobenzeno	1000,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,4-Diclorobenzeno	300,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
1,2-Dicloroetano	10,00	<0,3	<0,3	<0,3	0,70	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
1,1-Dicloroetano	30,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
cis-1,2-Dicloroetano	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
trans-1,2-Dicloroetano	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	50,00	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano	20,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>Estireno</b>	20,00	<b>23,90</b>	<b>32,40</b>	4,30	18,80	18,40	<b>28,40</b>	<b>22,10</b>	14,30	<1	8,80
Etilbenzeno	200,00	1,20	1,40	<1	<1	<1	1,30	1,10	<1	<1	<1
Índice de Fenóis	3,00	2,20	<1	1,30	<1	1,20	<1	1,20	<1	<1	<1
Indeno(1,2,3,cd)pireno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB's	0,50	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
PCB 28	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 101	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 118	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 138 + PCB 158	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PCB 153	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 180	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloroeto de Carbono	2,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,3-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,4-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3,5-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Triclorobenzenos	20,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tetracloroetano	40,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetano	70,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Tolueno	170,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
m,p-Xilenos	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
o-Xileno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Parâmetros (µg/L)	VR CONAMA 396/2008	MS-1	MC-01	MS-1	MC-01	MC-01	MS-1	MC-01	MC-01	MC-01	MC-01
		PC-01	PC-02	PC-03	PC-04	PC-05	PC-06	PC-07	PC-08	PC-09	PC-10
		jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23
Xilenos	300,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

Parâmetros (µg/L)	VR CONAMA 396/2008	MC-01	MS-1	MS-1	MC-01	MS-1	MC-01	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
		PC-11	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
		jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23
Acrilamida	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzeno	5,00	<0,5	<0,5	0,70	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(a)antraceno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto de vinila	5,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Clorofórmio	200,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Criseno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Diclorobenzeno	1000,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,4-Diclorobenzeno	300,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
1,2-Dicloroetano	10,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,40	<0,3	<0,3	<0,3
1,1-Dicloroetano	30,00		<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
cis-1,2-Dicloroetano	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
trans-1,2-Dicloroetano	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
1,2-Dicloroetano (cis+trans)	50,00	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano	20,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Estireno	20,00	25,00	17,50	<1	15,30	3,50	<1	2,00	22,80	<1	18,10
Etilbenzeno	200,00	1,30	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,30	<1	1,30
Índice de Fenóis	3,00	1,40	<1	1,20	<1	<1	<1	<1	1,40	<1	<1
Indeno(1,2,3,cd)pireno	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB's	0,50	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
PCB 28	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 101	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 118	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 138 + PCB 158	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
PCB 153	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 180	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloroeto de Carbono	2,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2,3-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,4-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3,5-Triclorobenzeno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Triclorobenzenos	20,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tetracloroetano	40,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetano	70,00	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

Parâmetros (µg/L)	VR CONAMA 396/2008	MC-01	MS-1	MS-1	MC-01	MS-1	MC-01	MS-1	MS-1	MS-1	MS-1
		PC-11	PC-13	PC-14	PC-15	PC-17	PC-18	PC-19	PC-20	PC-21	PC-22
		jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23	jul/23
Tolueno	170,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
m,p-Xilenos	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
o-Xileno	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Xilenos	300,00	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

(VR) Valor de referência para o padrão de qualidade ambiental estabelecido pela resolução CONAMA 396/2008 para consumo humano de águas subterrâneas. ( - ) Sem valor de referência na resolução CONAMA 396. Valor em cinza: composto abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico. Valor em vermelho: composto acima do VMP CONAMA 396/2008, portanto desenhado dos padrões de qualidade adotados.

#### 11.1.12.4.2.1.15. Coliformes termotolerantes e E.coli

Os resultados de coliformes termotolerantes e *E.coli* das campanhas de 2011 a 2021 apresentaram alterações de padrões de qualidade nas amostras dos poços no PM-03 (2020 e 2021) PM-05 (2011), PM-07 (2011) e PM-10 (2011). 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.

A campanha de 2023 realizada a partir dos novos poços “PC” instalados em 2022 (Geohidro, 2023) não quantificou a presença (ausentes) de coliformes termotolerantes e *E.coli*, em todas as amostras dos 20 poços “PC”. Campanhas futuras devem confirmar este cenário de ausência deste tipo de contaminante. O Quadro 11.1-197 mostra os resultados destas análises da campanha de julho de 2023.

**Quadro 11.1.12.74: Resultados das análises de microrganismos da campanha de julho de 2023.**

Microrganismos		Coliformes Termotolerantes (E. coli)	Coliformes Fecais	Enterococcus
VMP CONAMA 396/2008		Ausente	Ausente	-
PC-01	jul/23	Ausente		<1
PC-02	jul/23	Ausente		<1
PC-03	jul/23	Ausente		1
PC-04	jul/23	Ausente		4
PC-05	jul/23	Ausente		18
PC-06	jul/23	Ausente		<1
PC-07	jul/23	Ausente		1
PC-08	jul/23	Ausente		<1
PC-09	jul/23	Ausente		<1
PC-10	jul/23	Ausente		7



Microrganismos		Coliformes Termotolerantes (E. coli)	Coliformes Fecais	Enterococcus
PC-11	jul/23	Ausente		9
PC-12	jul/23	N/A	N/A	N/A
PC-13	jul/23	Ausente		<1
PC-14	jul/23	Ausente		41
PC-15	jul/23	Ausente		<1
PC-17	jul/23	Ausente		<1
PC-18	jul/23	Ausente		2
PC-19	jul/23	Ausente		4
PC-20	jul/23	Ausente		6
PC-21	jul/23	Ausente		20
PC-22	jul/23	Ausente		1

N/A: não amostrado.

#### 11.1.12.5. Considerações Finais do Capítulo de Qualidade das Águas Subterrâneas

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas na área de estudo foi realizada a partir de dados regionais e locais. A nível regional a Área de Influência Indireta (All), utilizou dados do Diagnóstico da Região Hidrográfica do Acaraú (COGERH, 2022), que se concentram na análise de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). Estes dados indicam que, nos aquíferos cársticos, a maioria das captações produz água potável com SDT abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP) de 1.000.000 µg/L da Resolução CONAMA nº 396/2008. Contudo, nas rochas cristalinas (aquíferos fissurais), uma parcela significativa das captações (40,34%) apresenta água imprópria para consumo humano devido a concentrações superiores ao VMP. As interferências antrópicas mais comuns na All, como esgotos domésticos, descarte inadequado de resíduos sólidos e criação de animais, são os potenciais causadores de contaminação por bactérias, vírus patogênicos e substâncias orgânicas e inorgânicas.

Para a caracterização da Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA), foram coletadas amostras de água subterrânea do poço INB e de poços de monitoramento (PM) instalados em 2011 e 2022/23. As campanhas de amostragem, realizadas entre 2011 e 2021, abrangeram variações sazonais, permitindo a avaliação das condições nas estações seca e chuvosa. A partir de 2022, o Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO) ampliou o monitoramento para 21 poços (PC) e nove poços de abastecimento (SQ), com análises focadas em radionuclídeos e inorgânicos.

A metodologia de coleta das amostras seguiu rigorosos padrões, como a norma ABNT NBR 15847/2010 e o Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. A

amostragem por baixa vazão e a filtração em campo para análise de metais dissolvidos foram cruciais para garantir a representatividade das amostras, minimizando a interferência de particulados sólidos e turbidez, que poderiam levar a falsos positivos em análises de metais totais. A avaliação estatística dos dados foi realizada utilizando o software GSI Mann-Kendall Toolkit, que permite identificar tendências de aumento, diminuição ou estabilidade nas concentrações dos parâmetros ao longo do tempo, considerando o fator de confiança e o coeficiente de variação.

Os padrões de qualidade adotados para o estudo, baseiam-se nos Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008. Esta resolução é fundamental para a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, considerando o contexto geoquímico natural e o uso e ocupação atual da área. Embora a Portaria GM/MS nº 888/2021 tenha atualizado os padrões de potabilidade para consumo humano, a Resolução CONAMA nº 396/2008 foi mantida como referência, devido não ser utilizado para este fim, e sim para a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

Os laudos analíticos, abrangendo campanhas de 2011, 2020, 2021, 2022 e 2023, incluindo parâmetros inorgânicos, orgânicos, agrotóxicos e microrganismos, sendo crucial a diferenciação de metais totais e dissolvidos, uma vez que as concentrações de metais totais podem ser influenciadas pela turbidez da água, enquanto as análises de metais dissolvidos, realizadas após filtração em campo, oferecem uma representação mais precisa da hidroquímica da água subterrânea.

Uma parcela significativa dos parâmetros avaliados, especialmente compostos orgânicos e agrotóxicos, não foi quantificada (não detectada) nas amostras, indicando concentrações abaixo dos limites de detecção dos métodos analíticos. Apenas o estireno extrapolou o VMP de 20 µg/L em alguns poços (PC-01, PC-06, PC-20 na MS-1 e PC-02, PC-07, PC-11 na MC-1), na campanha de julho/2023, sendo essas ocorrências pontuais e possivelmente relacionadas a contaminação cruzada operacional.

Diversos parâmetros apresentaram concentrações acima dos VMPs estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, tanto no poço INB quanto nos poços de monitoramento (PM) e de abastecimento (SQ). É importante ressaltar que muitas dessas ocorrências são atribuídas a características geoquímicas naturais da região, e não necessariamente a contaminação antrópica. Desta forma é apresentado a seguir os parâmetros principais levantados:

+ Sólidos Dissolvidos Totais (SDT): As concentrações de SDT frequentemente excederam o VMP de 1.000.000 µg/L. Esta frequência de excessos é coerente com o cenário regional de águas subterrâneas em regiões quentes e áridas, onde a alta evaporação e baixa pluviosidade favorecem a concentração de sais. A unidade MC1 historicamente apresentou maiores concentrações de SDT, embora nas campanhas mais recentes a unidade MS1 tenha mostrado médias mais elevadas. A continuidade do monitoramento nos novos poços PC será crucial para um melhor entendimento do padrão local de ocorrência de SDT. A análise estatística de tendência para SDT foi limitada devido à insuficiência de dados em alguns poços, mas onde aplicável, indicou tendências de estabilidade ou ausência de tendência.

+ Cloreto: um dos principais responsáveis pela salinidade da água, foi quantificado em todas as amostras das análises. Embora o cloreto não apresente toxicidade direta ao ser humano em concentrações elevadas, pode conferir sabor salgado à água. A ocorrência natural é atribuída à percolação da água através de solos e rochas, embora fontes antrópicas como esgotos domésticos também possam contribuir. A análise estatística de tendência para cloreto mostrou padrões de estabilidade ou decréscimo em alguns poços, e ausência de tendência em outros.

+ Nitrato: foi quantificado em diversas amostras, com uma única ocorrência acima do VMP de 10.000 µg/L no poço INB, que registrou 16.300 µg/L (63% acima do VMP) em junho/2011. Esta ocorrência não se confirmou em campanhas posteriores. As concentrações de nitrato, em geral, estão abaixo do VMP, caracterizando-as como valores basais. As potenciais fontes de nitrato na área estão relacionadas a dejetos de animais de criação. A análise estatística de tendência para nitrato indicou estabilidade ou decréscimo em alguns poços, e ausência de tendência em outros.

+ Sódio: constituinte natural das águas e abundante na região, foi quantificado em todas as amostras. A unidade MC1 geralmente apresenta maiores concentrações de sódio. Embora o aumento das concentrações de sódio possa estar relacionado a lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais, não foram identificadas fontes ativas significativas na AID e ADA. A análise estatística de tendência para sódio mostrou predominantemente estabilidade ou ausência de tendência, com alguns casos de tendência crescente ou decrescente.

+ Sulfato: comum em águas subterrâneas e de origem natural (decomposição de rochas e solos) e antrópica (esgotos, efluentes industriais), foi quantificado em todas as amostras. As maiores concentrações foram observadas na unidade MS1 nas campanhas mais recentes e nos poços de abastecimento SQ. A análise estatística de

tendência para sulfato indicou estabilidade ou decréscimo em alguns poços, e ausência de tendência em outros.

+ Alumínio: metal mais abundante na crosta terrestre, ocorre naturalmente no ambiente. Concentrações elevadas são associadas à origem natural, devido à composição dos solos e rochas da região. As análises estatísticas de tendência para alumínio dissolvido mostraram estabilidade ou ausência de tendência nas unidades MS1 e MC1.

+ Bário: ocorre naturalmente na forma combinada em rochas e solos, foi quantificado em quase todas as amostras, sugerindo ocorrência natural. Todas as concentrações de bário dissolvido estiveram abaixo do VMP de 700 µg/L. A análise estatística de tendência para bário dissolvido indicou estabilidade ou tendência crescente em alguns poços, e ausência de tendência em outros.

+ Boro: ocorre naturalmente na água subterrânea por lixiviação de rochas e solos, foi quantificado em quase todas as amostras. Apenas uma amostra na unidade MC1 (PC-11) em 2023 apresentou boro dissolvido de 855 µg/L (71% acima do VMP de 500 µg/L) e boro total de 921 µg/L (84,2% acima do VMP). A análise estatística de tendência para boro dissolvido indicou estabilidade ou tendência decrescente em alguns poços, e ausência de tendência em outros.

+ Ferro: As elevadas concentrações de ferro, assim como o alumínio e manganês, são de origem natural, devido à composição dos solos e rochas da região. O ferro dissolvido foi amplamente distribuído e quantificado em muitas amostras acima do VMP de 300 µg/L. A análise estatística de tendência para ferro dissolvido mostrou estabilidade, ausência de tendência ou decréscimo das concentrações.

+ Fluoreto: foram detectadas amostras com fluoreto acima do VMP nos poços de abastecimento e em alguns poços PC; por exemplo, nas séries SQ observam-se leituras até 2.240 µg/L em algumas campanhas e em PCs há amostras acima de 1.500 µg/L

+ Manganês: ocorre naturalmente na água subterrânea, foi amplamente quantificado em muitas amostras acima do VMP de 100 µg/L. As elevadas concentrações são de origem natural, com a unidade MS1 apresentando teores mais elevados. A análise estatística de tendência para manganês dissolvido mostrou predominantemente estabilidade das concentrações.

+ Níquel: O níquel dissolvido foi quantificado em diversas amostras, mas nenhuma delas apresentou concentrações acima do VMP de 20 µg/L. A análise

estatística de tendência para níquel dissolvido indicou estabilidade ou ausência de tendência.

+ Urânio: O urânio dissolvido foi quantificado em muitas amostras, especialmente nas campanhas de 2022 e 2023 nos poços PC e SQ. Algumas amostras, tanto na unidade MS1 quanto na MC1 e nos poços SQ, apresentaram concentrações acima do VMP de 15 µg/L. A unidade MC1 e o poço SQ-12 se destacaram com as maiores concentrações. A análise estatística de tendência para urânio dissolvido mostrou estabilidade ou ausência de tendência, com alguns poços apresentando tendência de crescimento das concentrações.

+ Parâmetros microbiológicos: registros de coliformes termotolerantes / E. coli e enterococos apareceram em alguns poços, porém as amostras com desenquadramento microbiológico são pontuais e associadas a condições locais. Foram detectadas E. coli no SQ-07 (mar/2023) e PC-12 (nov/2022), e Enterococcus no SQ-05 (ago/2022). Todas as ocorrências foram pontuais, sem recorrência nas campanhas seguintes, e provavelmente relacionadas a falhas temporárias na vedação ou proteção sanitária dos poços.

Conforme a Resolução CONAMA nº 396/2008, as águas das Unidades Hidrogeológicas MS1 e MC1 podem ser enquadradas na Classe 2, que se refere a águas de aquíferos sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, mas que podem exigir tratamento dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais. Isso é evidenciado pelas concentrações naturalmente elevadas de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), cloreto, sódio, ferro, manganês, e em menor grau, alumínio, bário, boro e urânio, que frequentemente excedem os Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano, mas que são intrínsecos ao ambiente geoquímico local.

A linha de base para o monitoramento futuro deve considerar esses valores basais naturais. Para os compostos orgânicos e agrotóxicos, que em sua maioria não foram quantificados, a não detecção deve ser mantida como o padrão basal. Para os parâmetros que apresentam concentrações naturalmente elevadas, o monitoramento deve focar na identificação de desvios significativos em relação a esses padrões basais, que possam indicar impactos decorrentes das atividades do empreendimento. É fundamental que o monitoramento futuro não apenas compare os resultados com os VMPs, mas também com os valores basais identificados, especialmente para parâmetros como SDT, cloreto, sódio, ferro, manganês, alumínio, boro e urânio, onde as concentrações naturais já excedem os limites de potabilidade. Por exemplo, para o SDT, que naturalmente atinge valores como 7.586.000 µg/L (658,6% acima do VMP) no poço PC-21, ou para o urânio, que no poço PC-02 alcançou



298,770 µg/L (1891,8% acima do VMP), o foco deve ser na detecção de aumentos anômalos em relação a esses patamares já elevados, e não apenas na ultrapassagem do VMP.

O monitoramento contínuo deve ser realizado com a mesma metodologia rigorosa de amostragem e análise, incluindo a diferenciação entre metais totais e dissolvidos, para garantir a comparabilidade dos dados. A aplicação de ferramentas estatísticas como o GSI Mann-Kendall Toolkit é essencial para identificar tendências e avaliar a estabilidade ou alteração das concentrações ao longo do tempo. A qualidade das águas subterrâneas na área de estudo é predominantemente influenciada por fatores geoquímicos naturais. O monitoramento futuro deve focar na detecção de alterações que possam ser atribuídas às atividades do empreendimento, utilizando a linha de base estabelecida pelos valores basais naturais e os VMPs da Resolução CONAMA nº 396/2008 como referência para a proteção da qualidade da água e a gestão ambiental adequada.



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](http://www.tetramais.com.br)

**ANEXO X**

---

**PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO**

A large collage of four diamond-shaped images. Top-left: A lush green forested hill under a cloudy sky. Top-right: An aerial view of a large industrial mining or processing site with heavy machinery and conveyor belts. Bottom-left: A close-up of a rocky cave entrance with a bright blue light beam entering. Bottom-right: A close-up of high-voltage electrical transmission towers and power lines, with a warm orange glow overlaid.

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-A**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

Outubro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objeto:** Volume II-A\_Rev01\_Cap. Espeleologia

**Contato:** José Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Outubro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIA_rev01_espeleo	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra +	<b>APROVADO POR:</b> Carla Conde	<b>DATA:</b> Outubro/2025
--	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

 +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](http://www.tetramais.com.br)



## SUMÁRIO

<b>11.1.13. Patrimônio Espeleológico .....</b>	<b>758</b>
11.1.13.1. Introdução .....	759
11.1.13.2. Metodologia .....	760
11.1.13.2.1. Levantamento bibliográfico .....	760
11.1.13.2.2. Prospecção Complementar .....	761
11.1.13.2.2.1. Potencial espeleológico .....	761
11.1.13.2.2.2. Caminhamento espeleológico .....	763
11.1.13.2.2.3. Cadastro espeleológico .....	763
11.1.13.2.2.4. Espeleotopografia .....	764
11.1.13.2.3. Aplicação do Art. 12º da IN MMA N.º 02/2017 .....	765
11.1.13.2.4. Geoespeleologia .....	765
11.1.13.2.4.1. Campo .....	765
11.1.13.2.4.2. Inserção na paisagem .....	766
11.1.13.2.4.3. Análise litoestrutural .....	766
11.1.13.2.4.4. Morfologia e espeleometria .....	766
11.1.13.2.4.5. Hidrologia .....	766
11.1.13.2.4.6. Depósitos clásticos, químicos e orgânico .....	767
11.1.13.2.4.7. Espeleogênese .....	767
11.1.13.2.5. Aspectos Socioeconômicos e Histórico-Culturais .....	767
11.1.13.2.6. Bioespeleologia .....	767
11.1.13.2.6.1. Sazonalidade amostral .....	767
11.1.13.2.6.2. Atividades de campo .....	769
11.1.13.2.6.3. Atividades de laboratório .....	770
11.1.13.2.6.4. Análises .....	771
11.1.13.2.7. Análise de Relevância .....	772
11.1.13.2.7.1. Discriminação litológica .....	772
11.1.13.2.7.2. Escalas de análise .....	772
11.1.13.2.7.3. Análise de relevância .....	773
11.1.13.2.8. Área de Influência Espeleológica .....	775
11.1.13.2.9. Avaliação de Impacto ao Patrimônio Espeleológico .....	776
11.1.13.2.9.1. Campanha de campo .....	776
11.1.13.2.9.2. Levantamento de dados sobre o empreendimento .....	777
11.1.13.2.9.3. Índice de vulnerabilidade a impactos .....	777
11.1.13.2.9.4. Classificação dos impactos potenciais .....	777
11.1.13.2.9.5. Proposição de medidas de controle e monitoramento .....	781

11.1.13.3.	<i>Resultados compilados.....</i>	782
11.1.13.3.1.	<i>Prospecção espeleológica e topografia .....</i>	782
11.1.13.3.2.	<i>Aplicação do Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017.....</i>	787
11.1.13.3.2.1.	<i>Zona afótica.....</i>	787
11.1.13.3.2.2.	<i>Relevância histórico-cultural ou religiosa .....</i>	788
11.1.13.3.2.3.	<i>Depósitos clásticos, químicos e biogênicos .....</i>	788
11.1.13.3.2.4.	<i>Função hidrológica expressiva para o sistema cárstico .....</i>	789
11.1.13.3.2.5.	<i>Resultado .....</i>	790
11.1.13.3.3.	<i>Diagnóstico espeleológico.....</i>	790
11.1.13.3.4.	<i>Classificação de relevância espeleológica.....</i>	791
11.1.13.3.5.	<i>Proposta de Área de Influência Espeleológica (AIE) .....</i>	793
11.1.13.3.6.	<i>Avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico do PSQ.....</i>	795
11.1.13.4.	<i>Considerações finais .....</i>	797

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.1-329: Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas de acordo com a litologia, segundo Jansen et al. (2012). .....	762
Figura 11.1-330 - Convenção para se determinar o início da cavidade, segundo CECAV/ICMBIO. ....	764
Figura 11.1-331: Avaliação das lapíás junto aos afloramentos da área, para interpretação do direcionamento das águas meteóricas junto aos maciços residuais. ....	767
Figura 11.1-332: 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. ....	768
Figura 11.1-333: Classificação de importância relativa aos atributos da cavidade natural subterrânea avaliados sob os enfoques local e regional. ....	775
Figura 11.1-334: Fluxograma de classificação de relevância conforme IN MMA n.º 02/2017. ....	775
Figura 11.1-335: Classificação do potencial espeleológico da área por variável adotada na análise multicritério. O polígono tracejado em branco indica a área alvo do questionamento pelo IBAMA. ....	788
Figura 11.1-336: Registros do caminhamento em campo. Os pontos de controle são representados pelo símbolo de foto, as linhas de caminhamento estão em verde, a pilha de fosfogesso em azul escuro e o buffer de 250 m do projeto em vermelho. As fotos ao lado representam os pontos de controle registrados no interior da área de alto potencial questionada pelo IBAMA. ....	786

Figura 11.1-337: Histórico dos registros espeleológicos no Projeto Santa Quitéria. ....	787
Figura 11.1-338: Localização das AIE. ....	795

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.1-198: Variáveis, classes e respectivos pesos da análise multicritério para definição do potencial espeleológico da área do projeto .....	761
Quadro 11.1-199: Responsáveis pelas identificações apresentadas no estudo.....	771
Quadro 11.1-200: Matriz para aplicação do índice de vulnerabilidade a impactos do patrimônio espeleológico .....	778
Quadro 11.1-201: Critérios adotados para classificação dos impactos potenciais.....	781
Quadro 11.1-202: Classificação da importância relativa e da relevância das cavidades avaliadas.....	791
Quadro 11.1-203: Áreas de influências propostas e cavidades protegidas.....	794

### 11.1.13. Patrimônio Espeleológico

O presente Estudo do Patrimônio Espeleológico teve como objetivo atualizar o trabalho anterior do PSQ (Carste, 2021), incorporando as mudanças no layout do projeto, as considerações do Ibama no Parecer Técnico n.º 148/2022 (SEI n.º 14359621), além dos novos preceitos legais estabelecidos pelo Decreto Federal n.º 10.935/2022 e a atualização da lista nacional da fauna ameaçada de extinção publicada na Portaria MMA n.º 148/2022. Pata tal, reapresenta-se o estudo completo, visando maior segurança dos dados e informações referentes ao tema, de forma a facilitar a análise do órgão.

Devido a uma discreta alteração no layout da ADA do empreendimento, fez-se necessária a complementação da prospecção espeleológica em uma área de 5,17 ha, em agosto de 2023.

Além disso, visando mitigar eventuais impactos sobre as cavidades da área de estudos, considerando a implantação e a operação do empreendimento, foi elaborado o estudo sismográfico voltado ao patrimônio espeleológico, que objetivou a definição dos limites de vibração para cada cavidade, incluindo a caracterização da vibração a ser emitida (modelo numérico), e também o limite operacional e elementos de controle de emissão de vibrações.

Considerando que o estudo pretérito foi realizado à luz de uma legislação revogada, elaborou-se um estudo integrado, com metodologia padronizada para toda a amostra de cavidades localizadas na área de estudo (ADA do empreendimento + buffer de 250 metros). Tais procedimentos foram realizados em conformidade com a Instrução Normativa (IN) do Ministério do Meio Ambiente nº 02/2017, a normativa em vigor no atual momento, elucidando tanto os questionamentos no Parecer Técnico 02001.003419/2016-12 COMOC/Ibama (SEI nº 3025688), como do Parecer Técnico n.º 148/2021 (SEI n.º 14359621). Todos os elementos gráficos (mapas e ilustrações) consideraram as normas estabelecidas referentes ao tema, além das exigências do TR.

As atividades de coleta da fauna cavernícola foram embasadas pela 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 úmida. A sazonalidade amostral foi corroborada não só com os dados pluviométricos da estação meteorológica mais próxima do projeto, mas também com as características da fitofisionomia típica do Bioma da região (Caatinga).

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 11.1.13-1

#### 11.1.13.1. Introdução

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. No ano de 2020, após a alteração do plano diretor do projeto e a consequente redução da área diretamente afetada - ADA foi realizada a abertura do novo Processo junto ao Ibama, de n.º 02001.014391/2020-17. Nesse contexto, novos estudos espeleológicos foram concluídos em 2021, com o objetivo de apresentar:

- I. Prospecção espeleológica 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, incluindo a proposta de compensação espeleológica.

A análise desse trabalho pelo Ibama, bem como de todo o Estudo de Impacto Ambiental do projeto, resultou no Parecer Técnico n.º 148 (SEI n.º 14359621), emitido em dezembro de 2022.

Esta nova versão dos estudos espeleológicos do Projeto Santa Quitéria objetiva, assim, atender às colocações do Parecer n.º 148, considerando ainda as alterações posteriores no layout do projeto e as modificações legais sobre o tema. Assim como no documento anterior (Carste 2021), este estudo incorpora, de modo específico:

- Atualização da prospecção espeleológico em trechos até então não percorridos da nova ADA acrescida do *buffer* de 250 m;
- Atualização da Lista nacional de espécies ameaçadas de extinção, de acordo com a portaria MMA n.º 148 de 07 de junho de 2022;



- Revisão da classificação de relevância das cavernas, com base na reavaliação dos atributos “espeleotemas únicos” e “estrutura geológica de interesse científico”, bem como na incorporação dos atributos de máxima relevância do Decreto Federal n.º 10935/2022;
- Complementação das informações sobre a espécie nova *Lonchophylla* sp. nov. com a taxonomista especialista Dra. Patricia Pilatti, pesquisadora da UFPB;
- Dados sobre os abrigos da espécie ameaçada *Furipterus horrens*, com base em novos inventários de campo apresentados no EIA;
- Reporte sobre o andamento das descrições dos táxons considerados novos;
- Discussão sobre o estudo de telemetria a ser realizado, a fim de averiguar o raio de forrageamento da espécie ameaçada *Furipterus horrens*;
- O detalhamento sobre a função das descontinuidades estruturais na delimitação das áreas de contribuição hidrossedimentar das cavidades;
- Atualização da avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico, incluindo reanálise dos critérios de classificação dos impactos; e
- Numeração em todas as figuras e quadros e referência às mesmas no texto.

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.

#### 11.1.13.2. Metodologia

##### 11.1.13.2.1. 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).

#### 11.1.13.2.2. *Prospecção Complementar*

##### 11.1.13.2.2.1. *Potencial espeleológico*

A avaliação do potencial espeleológico consistiu 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.

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 aerolevante 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). O Quadro 11-198 a seguir apresenta as variáveis e respectivas classes estabelecidas para a análise de multicritério, bem como os pesos considerados, aplicados para a área.

**Quadro 11.1-198: 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
<b>Litologia</b>	0,40	Alto	3	Tetra Mais (2021)
		Médio	2	
<b>Afloramentos</b>	0,30	Presença	4	Traçados a partir do aerolevante com VANT (Veículo Aéreo Não-Tripulado)
		Ausência	1	
<b>Densidade de estruturas (km/km<sup>2</sup>)</b>	0,07	0 - 0,38	1	Carta geológica SB.24-V-B-V - Itatira (CPRM 2008, escala 1:100.000)
		0,38 - 1,11	2	
		1,11 - 2,07	3	
		2,0 - 3,80	4	

VARIÁVEIS	PESOS DAS VARIÁVEIS	CLASSES	PESOS DAS CLASSES	FONTE
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	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	

Elaboração: Carste, 2023.

Para o enquadramento das unidades litoestratigráficas nas classes litológicas estabelecidas, foram adotadas as considerações de Jansen et al. (2012), com pequenas adaptações, conforme Figura 11.1-329.



Figura 11.1-329: Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas de acordo com a litologia, segundo Jansen et al. (2012).

#### 11.1.13.2.2.2. 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 três campanhas. A primeira no período entre 01 a 07 de dezembro, e 18 a 23 de dezembro de 2020, com uma equipe de campo, a segunda entre 06 a 25 de janeiro de 2021, com duas equipes, e a terceira entre 14 e 18 de agosto de 2023, também com duas equipes. Essa última campanha teve como objetivo complementar o caminhamento na nova ADA do projeto, em uma área de 5,17 ha.

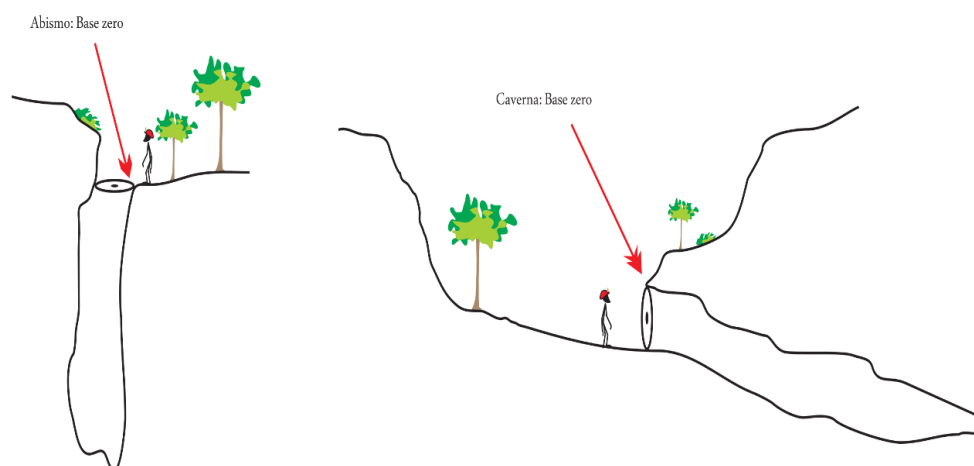
#### 11.1.13.2.2.3. Cadastro espeleológico

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, fuma 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 foram registradas pela prospecção na área do empreendimento, assumindo, ainda, como condição para o cadastro, o fechamento do plano do ponto zero (ou seção inicial).

A metodologia 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 Mendes (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 foi mais inclinado na medida em que o conduto assim o faz, até tornar-se horizontal em condutos verticais ou abismos.



**Figura 11.1-330: 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 foram 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. 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.

#### 11.1.13.2.2.4. 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 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). A campanha de 2023 não cadastrou novas cavidades.

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.

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.

#### *11.1.13.2.3. Aplicação do Art. 12º da IN MMA N.º 02/2017*

A Instrução Normativa n.º 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 científico, 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 Estudos Espeológicos do PSQ, incluso no Anexo 11.1.13-1

#### *11.1.13.2.4. Geoespeleologia*

##### *11.1.13.2.4.1. 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.

#### 11.1.13.2.4.2. *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.

#### 11.1.13.2.4.3. *Análise litoestrutural*

Objetiva identificar e caracterizar o litotipo no qual as cavidades se desenvolvem. Estruturas geológicas presentes foram descritas e, quando possível, medidas. As medidas das estruturas foram tomadas com bússola de marca Brunton Geo, modelo DF5008.

#### 11.1.13.2.4.4. *Morfologia e espeleometria*

Na análise morfológica, buscou-se interpretar o padrão planimétrico das cavidades, bem como as macro, meso e microformas 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.

#### 11.1.13.2.4.5. *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). Em resposta aos apontamentos do IBAMA no Parecer Técnico n.º 135/2025-Comip/CGTef/Dilic (SEI n.º 23843469), para aquelas cavernas visitadas na estação seca durante os estudos geoespeleológicos, foram consultados os registros sobre a hidrologia realizados pelos estudos bioespeleológicos durante a estação úmida. Dessa forma, não houve comprometimento da classificação do atributo em função da estação climática da visita das equipes do meio físico.



**Figura 11.1-331: Avaliação das lapiás junto aos afloramentos da área, para interpretação do direcionamento das águas meteóricas junto aos maciços residuais.**

*11.1.13.2.4.6. 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.

*11.1.13.2.4.7. Espeleogênese*

Com base nas principais referências bibliográficas sobre a gênese de cavernas carbonáticas e em gnaiss e na análise e correlação dos atributos físicos, a espeleogênese foi discutida, considerando especialmente os possíveis fatores controladores e os indicadores da evolução.

*11.1.13.2.5. Aspectos Socioeconômicos e Histórico-Culturais*

Esta análise foi realizada por meio de diagnóstico arqueológico não interventivo de cavidades naturais (Peruaçu 2021) apresentado no Anexo 11.1.13-1 do Estudo completo do Patrimônio Espeleológico do PSQ.

*11.1.13.2.6. Bioespeleologia*

*11.1.13.2.6.1. 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.

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.

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 11.1-332: 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.**



#### 11.1.13.2.6.2. 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.

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 encontravam inacessíveis devido ao cenário de pandemia que acometeu o país e o mundo. Dessa forma, o 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 11.1.13-1).

Para a realização do levantamento faunístico foi utilizado o método de busca ativa. Os invertebrados coletados foram acondicionados em recipientes contendo álcool 70% para fixação. O tempo de coleta variou conforme a heterogeneidade de substratos observados na cavidade, sendo estimado um período de 30 minutos por 10 m<sup>2</sup>, 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 e medição de dados biométricos. A identificação foi feita preferencialmente em campo, com auxílio de bibliografia especializada, e os indivíduos liberados após os procedimentos.



No caso em que houve dúvidas taxonômicas e/ou para servir de voucher, alguns exemplares foram coletados para posterior identificação. Conforme solicitado no Parecer Técnico n.º 148, o procedimento de eutanásia foi realizado de acordo com as diretrizes da resolução do CFBlo 301, de 08 de dezembro de 2012, das normativas do CONCEA (2023) visando minimizar o stress animal e do *Animal Care and Use Comitee* (Sikes et al 2016) que dispõe sobre os procedimentos éticos para o tratamento de animais de laboratório e silvestres. Destaca-se que a Carste desenvolveu um protocolo de eutanásia e treinou todos os seus biólogos por meio da bióloga e veterinária especialista em animais silvestres, Dra. Flávia Miranda. Tal procedimento consiste em anestésiar os exemplares de morcego com uma mistura de Cetamina 10%, Xilazina 2% e Cloreto de Potássio 10%. Os morcegos coletados serão posteriormente encaminhados para depósito em coleção científica conforme carta de aceite emitida pela Universidade Federal de Minas Gerais.

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; Umidade do piso; Água; Organismos fotossintetizantes e fungos; Substratos orgânicos classificados em sete tipos: I) guano de morcegos, aves e insetos; II) material vegetal; III) detritos; IV) raízes; V) carcaças; VI) fezes de vertebrados não voadores; e VII) bolotas de regurgitação; Interações ecológicas; População excepcional em tamanho; Nidificação de aves silvestres.

#### 11.1.13.2.6.3. 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.

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, conforme quadro adiante.

**Quadro 11.1-199: Responsáveis pelas identificações apresentadas no estudo**

GRUPO TAXONÔMICO	TAXONOMISTA RESPONSÁVEL
<b>Annelida</b>	MsC. Nathalie Sanches
<b>Gastropoda</b>	Prof. Dr. Luiz Ricardo Simone (USP)
<b>Amblypygi, Araneae, Opiliones, Scorpiones, Schizomida</b>	Prof. Dr. Adalberto Santos (UFMG)
<b>Acari</b>	PhD. Marcel Araújo (UFSCar)
<b>Pseudoscorpiones</b>	Dra. Renata de Andrade
<b>Collembola</b>	Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho (UEPB)
<b>Blattaria, Dermaptera, Diptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Hymenoptera, Neuroptera, Orthoptera, Zygentoma</b>	PhD. Luciane Pereira (UFV)
<b>Archaeognatha, Coleoptera, Diplura, Diptera, Homoptera, Hymenoptera, Isoptera, Psocoptera</b>	Dra. Laila Heringer (UFMG)
<b>Lepidoptera</b>	MsC. Christie Moraes (UFOP)
<b>Diplopoda, Chilopoda</b>	MsC. Jéssica Scaglione Gallo (UFSCar)
<b>Isopoda</b>	Dra. Camile Sorbo Fernandes (UFSCar)
<b>Anura, Reptilia</b>	Dr. Felipe Leite (UFV)
<b>Chiroptera</b>	Dra. Carla Nobre (UFMG), Dra. Patricia Pilatti Alves (UFPE), Marina Bento, Marcela Talyuli, Vitor Alves da Silva

#### 11.1.13.2.6.4. 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. 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).

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. A estimativa de diversidade foi calculada com base na abundância absoluta de espécies de invertebrados e de vertebrados amostradas em campo.

Para a avaliação da similaridade, aplicou-se o índice de Sørensen 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.

#### *11.1.13.2.7. 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, no Decreto Federal n.º 10935/2022 e na IN MMA n.º 02, de 30 de agosto de 2017.

##### *11.1.13.2.7.1. 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.

##### *11.1.13.2.7.2. 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. No presente estudo, a definição das escalas de análise se pautou em referências da literatura comumente aplicadas nos estudos da região.

Conforme apresentado na página 96 do relatório espeleológico (Carste 2023), para compor a escala regional, foram incluídas oito cavernas carbonáticas, além daquelas estudadas no âmbito do Projeto Santa Quitéria, situadas no Grupo Ceará. De acordo com a base geológica utilizada (Pinéo et al 2020, escala 1: 500.000), essas cavidades se localizam na Formação Arneiroz, que se diferente, portanto, da Formação Itataia, embora ambas pertençam ao mesmo grupo geológico. Porém, conforme § 2º do Art. 2º do Decreto Federal n.º 10935/2022:

*“A unidade espeleológica entendida como a área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico, como dolinas, sumidouros, ressurgências, vale cegos, lapíás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação e que engloba, no mínimo, um grupo ou formação geológica e suas relações com o ambiente no qual se insere”* (destaque dos autores).

Dessa forma, conforme conceito presente na norma vigente, o critério para definição da Unidade Espeleológica pode ser o grupo ou a formação geológica. Além disso, entende-se que o ambiente deposicional ou processos metamórficos e deformacionais distintos entre as rochas das duas formações não implica necessariamente em mudanças significativas no desenvolvimento cavernícola, a ponto de inviabilizar comparações. Em ambos os casos, trata-se de mármore, com características litoestruturais típicas para a formação e desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas. Adicionalmente, vale ressaltar que agregar cavernas na amostra para as comparações da análise de relevância é uma tarefa sempre válida, objetivando compor um cenário mais próximo da realidade sobre as características espeleológicas de uma determinada região.

Em resposta aos apontamentos do IBAMA no Parecer Técnico n.º 135/2025-Comip/CGTef/Dilic (SEI n.º 23843469), na ausência de outras cavernas no entorno do projeto, optou-se por selecionar aquelas presentes no mesmo grupo geológico, conforme banco de dados disponível para consulta. Dessa forma, entende-se que o critério considerado para a delimitação da Unidade Espeleológica e a seleção de outras cavernas para compor a amostra está coerente com a norma em vigor.

#### 11.1.13.2.7.3. Análise de relevância

A definição do grau máximo de relevância depende da presença de, pelo menos, um dos sete atributos listados no inciso 4º do Decreto n.º 10.935 de 12 de janeiro de 2022:

- I - gênese única ou rara na amostra regional;
- II - dimensões notáveis em extensão, área ou volume;
- III - espeleotemas únicos;
- IV - abrigo essencial para a preservação de populações de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais;
- V - habitat essencial para preservação de troglóbios raros;

VI - destacada relevância histórico-cultural ou religiosa;

VII - cavidade considerada abrigo essencial para manutenção permanente de congregação de morcegos, com, no mínimo, dezenas de milhares de indivíduos, e que tenha a estrutura trófica e climática de todo o seu ecossistema modificada e condicionada à presença dessa congregação.

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 11.1.13-1 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.



NÚMERO DE GRUPOS DE ATRIBUTOS MINIMAMENTE SIGNIFICATIVOS		
	ENFOQUE LOCAL	ENFOQUE REGIONAL
ACENTUADA	4 a 8	2 a 4
SIGNIFICATIVA	1 a 3	1
BAIXA	0	0

Figura 11.1-333: Classificação de importância relativa aos atributos da cavidade natural subterrânea avaliados sob os enfoques local e regional.

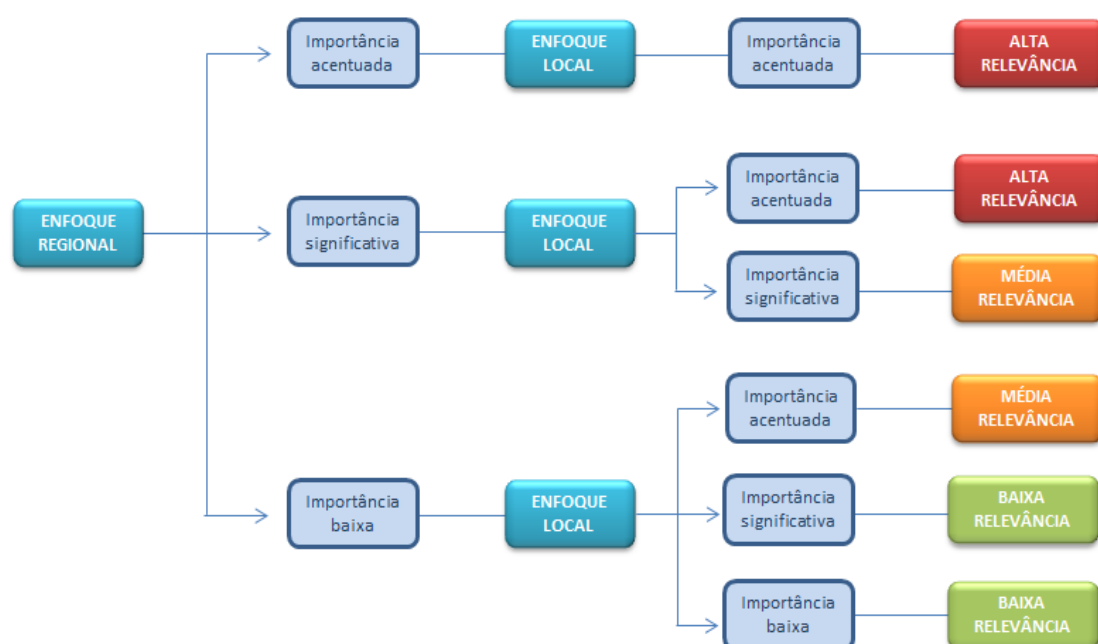


Figura 11.1-334: Fluxograma de classificação de relevância conforme IN MMA n.º 02/2017.

#### 11.1.13.2.8. 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 N° 347, de 10 de setembro de 2004. As diretrizes apresentadas nos documentos técnicos do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV 2022, 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 (2022), 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 (2022) 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 troglóxena/acidental e dos sistemas radiculares no abastecimento trófico das cavidades.

Sendo assim, subsidiados pelas orientações estabelecidas por ICMBio/CECAV (2022), 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.

#### *11.1.13.2.9. Avaliação de Impacto ao Patrimônio Espeleológico*

##### *11.1.13.2.9.1. Campanha de campo*

Os trabalhos de campo ocorreram do dia 15 a 28/03/2021, por equipe composta por uma geógrafa, um biólogo e um auxiliar de campo. Também foram incorporadas as informações coletadas nos estudos geo e bioespeleológico. O objetivo dessa etapa foi de promover o reconhecimento da área, validar e complementar algumas informações relevantes ao tema, tais como características do entorno das cavernas, sazonalidade das feições hidrológicas, e estado de conservação das feições e suas AIEs.

#### *11.1.13.2.9.2. Levantamento de dados sobre o empreendimento*

A primeira fase dos estudos envolveu a reunião dos dados já produzidos para as cavidades da área ao longo dos últimos anos. Adicionalmente, foram listadas as cavernas situadas dentro da ADA do projeto, sujeitas à supressão.

Na análise prévia dos dados, foram avaliados ainda os aspectos e atividades descritos no capítulo de Caracterização do Empreendimento do documento “EIA Projeto Santa Quitéria” revisado pela empresa Tetra Mais (2023a). A avaliação dos estudos foi direcionada à identificação das atividades previstas para as fases de planejamento, instalação, operação e desativação do empreendimento, que possam interagir e influenciar nas características físicas e biológicas atuais das cavidades e respectivas áreas de influência. Para tanto, foram espacializadas as estruturas previstas para cada fase do empreendimento, conforme Plano Diretor do projeto, correlacionando-as ao conjunto espeleológico em questão. Nesta versão 2023 dos estudos espeleológicos, foram consideradas as atualizações no layout do projeto e na caracterização do empreendimento.

Outra vertente desta etapa de levantamento de dados refere-se ao planejamento das demais etapas, adotando como base os termos de referência relacionados ao tema, os requisitos legais estabelecidos, bem como referências presentes na literatura.

#### *11.1.13.2.9.3. Índice de vulnerabilidade a impactos*

Além de relacionar os impactos potenciais sobre o patrimônio espeleológico local, o trabalho buscou ainda estabelecer uma classificação das cavernas e áreas de influência que reflita o quão essas estão sujeitas a um determinado impacto potencial. Para tanto, foi definido um “índice de vulnerabilidade” aos impactos previstos. Metzger et al (2006) e Schoter et al (2004) relacionaram o conceito de vulnerabilidade ao grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos negativos provenientes de mudanças globais.

Para a obtenção do índice de vulnerabilidade, inicialmente selecionaram-se atributos que sabidamente influenciam na susceptibilidade de uma caverna ou áreas de influência à ocorrência dos impactos ambientais sinalizados. Maiores detalhes sobre os métodos de aplicação do índice de vulnerabilidade podem ser consultados em item específico disponível nos Estudos Espeleológicos do PSQ, incluído no Anexo 11.1.13-1.

#### *11.1.13.2.9.4. Classificação dos impactos potenciais*

O estudo avaliou a natureza, intensidade, temporalidade, reversibilidade e a sinergia de cada impacto elencado na avaliação ambiental. Destaca-se que tal classificação foi aplicada somente para aqueles impactos potenciais decorrentes das atividades futuras do Projeto Santa Quitéria. A definição e a forma de classificação de cada um desses critérios

são apresentadas no Quadro 11.1-200. Em função das considerações do Parecer Técnico n.º 148, algumas classificações foram alteradas nesta versão 2023 da análise.

Além de cumprir um requisito normativo, a classificação dos impactos tem como objetivo contribuir para a avaliação do órgão licenciador quanto à importância dos impactos potenciais relacionados. Essa análise vale tanto para a decisão quanto à viabilidade do empreendimento, como também para o planejamento das ações de controle e monitoramento.

**Quadro 11.1-200: Matriz para aplicação do índice de vulnerabilidade a impactos do patrimônio espeleológico**

IMPACTOS	VARIÁVEIS	PESO	CLASSES	VALOR
Alteração da dinâmica dos aerossóis na AIE	Distância	0,6	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Direção dos ventos	0,4	Desfavorável	0
			Favorável	1
Alteração da dinâmica dos aerossóis na cavidade	Distância	0,6	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Barreiras topográficas	0,2	Sim	0
			Não	1
	Direção dos ventos	0,15	Desfavorável	0
			Favorável	1
	Entrada voltada para a fonte	0,05	Não	0
			Sim	1
Alteração da dinâmica hidrossedimentar na AIE	Distância	0,4	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Inserção	0,6	Intervenções não ocorrem topograficamente acima da AIE	0
			Intervenções ocorrem topograficamente acima da AIE	1
Alteração da dinâmica hidrossedimentar na cavidade	Distância	0,3	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Inserção	0,4	Intervenções não ocorrem topograficamente acima da AIE	0
			Intervenções ocorrem topograficamente acima da AIE	1

IMPACTOS	VARIÁVEIS	PESO	CLASSES	VALOR
	Posição das entradas	0,1	Posicionamento das entradas não favorece a entrada direta de material da vertente	0
			"Posicionamento de captura" das entradas, possibilitando que o transporte sedimentar na vertente adentre de forma direta na cavidade	1
	Rota de drenagem	0,2	Não há rota de escoamento/drenagem entre a caverna e a intervenção	0
			Há rota de escoamento/drenagem entre a caverna e a intervenção	1
Alteração da integridade física das cavernas	Distância da cava	0,35	Acima de 250 m	0
			Entre 50 e 250 m	0,5
			Até 50 m	1
	Distância do britador	0,2	Acima de 250 m	0
			Entre 50 e 250 m	0,5
			Até 50 m	1
	Distância dos acessos	0,1	Acima de 250 m	0
			Entre 50 e 250 m	0,5
			Até 50 m	1
	Distância da ADA	0,3	*Valor bruto	Entre 0 - 1
Alteração na estruturação da fauna (ruído)	Indicativos de instabilidade física	0,05	Não observado	0
			Presença	1
	Distância da ADA	0,4	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Presença de morcego	0,15	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de guano	0,05	Ausência	0
			Presença	1



IMPACTOS	VARIÁVEIS	PESO	CLASSES	VALOR
	Presença de outros vertebrados	0,1	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de fezes de vertebrados não voadores	0,05	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de detritos de origem animal	0,05	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de espécie ameaçada	0,2	Ausência	0
			Presença	1
Alteração na estruturação da fauna	Distância da ADA	0,4	*Valor bruto	Entre 0 - 1
	Riqueza da fauna	0,15	Baixa	0
			Média	0,5
			Alta	1
	Diversidade da fauna	0,15	Baixa	0
			Média	0,5
			Alta	1
	Presença de troglóxico	0,1	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de material vegetal afetando positivamente a fauna	0,1	Ausência	0
			Presença	1
	Presença de raízes afetando positivamente a fauna	0,1	Ausência	0
			Presença	1

Elaboração: Carste, 2023.

## Quadro 11.1-201: Critérios adotados para classificação dos impactos potenciais

<div>NATUREZA</div> <div>Indica quando o impacto tem efeitos benéficos ou adversos sobre o meio ambiente.</div>	<div>POSITIVA</div> <div>Alteração de caráter benéfico.</div>	<div>NEGATIVA</div> <div>Alteração de caráter adverso.</div>	
<div>TEMPORALIDADE</div> <div>Refere-se à duração do impacto ou modificação ambiental. Este indicador permite direcionar os esforços necessários à implementação das ações específicas para um determinado período maior ou menor em função da classificação.</div>	<div>TEMPORÁRIA</div> <div>A alteração passível de ocorrer tem caráter transitório em relação à duração da etapa do projeto considerada.</div>	<div>PERMANENTE</div> <div>A alteração passível de ocorrer permanece durante a etapa do projeto considerada e persiste, mesmo quando cessada a atividade que a desencadeou.</div>	
<div>SINERGIA</div> <div>Refere-se à capacidade de um determinado impacto de potencializar outro(s) impacto(s) e/ou ser potencializado por outro(s) impacto(s) podendo ou não estar associado a um mesmo empreendimento e/ou atividade. Trata-se de um efeito resultante da conjunção de dois ou mais fatores, de forma que o resultado excede à mera soma dos impactos (Ibama 2012).</div>	<div>NÃO SINÉRGICO</div> <div>Quando não há possibilidade de potencialização nos efeitos de um ou mais impactos em decorrência da interação espacial e/ou temporal entre eles.</div>	<div>SINÉRGICO</div> <div>Quando há possibilidade de potencialização nos efeitos de um ou mais impactos em decorrência da interação espacial e/ou temporal entre eles.</div>	
<div>REVERSIBILIDADE</div> <div>Avalia a possibilidade de reversibilidade do efeito causado. A classificação é feita conforme a definição do conceito disposto na IS n.º 08/2017 - Revisão 1 e IN MMA n.º 01/2017.</div>	<div>REVERSÍVEL</div> <div>Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que não implique na sua supressão ou no comprometimento de sua integridade e preservação e que seja passível de restauração, de recuperação ou de mitigação.</div>	<div>IRREVERSÍVEL</div> <div>Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que implique na sua supressão total ou em alteração parcial não mitigável do ecossistema cavernícola, com o comprometimento da sua integridade e preservação (conf. inc. II do art. 3º da IN ICMBio nº 1, de 2017).</div>	
<div>INTENSIDADE</div>	<div>BAIXA</div> <div>Cavidades que apresentam baixa vulnerabilidade ao impacto avaliado, de acordo com o índice proposto.</div>	<div>MÉDIA</div> <div>Cavidades que apresentam média vulnerabilidade ao impacto avaliado, de acordo com o índice proposto.</div>	<div>ALTA</div> <div>Cavidades que apresentam alta vulnerabilidade ao impacto avaliado, de acordo com o índice proposto.</div>

### 11.1.13.2.9.5. Proposição de medidas de controle e monitoramento

Partindo do princípio de que a implantação do empreendimento deve ser acompanhada da adoção de medidas visando reduzir, eliminar ou compensar os impactos negativos, procedeu-se à proposição de ações de controle ambiental com enfoque no patrimônio espeleológico. Essas ações partiram de todo o referencial de informações geradas durante o estudo, especialmente dos resultados da avaliação de impactos potenciais. Quando associados à mitigação de aspectos ambientais geradores de impactos potenciais às cavernas ou áreas de influência, os planos de controle já indicados no EIA do empreendimento foram

referenciados. Ações adicionais consideradas importantes ao controle dos impactos, com enfoque na espeleologia, também foram indicadas.

Já os monitoramentos permitem confirmar ou não as previsões realizadas, e, conseqüentemente, alertar sobre a necessidade de ajustes e correções no planejamento e execução das atividades. Assim, a gestão ambiental integrada deve considerar a avaliação conjunta e periódica dos controles ambientais e dos resultados dos monitoramentos. Os programas sugeridos para o acompanhamento do patrimônio espeleológico a longo prazo no entorno do projeto pautaram-se nos impactos potenciais listados, bem como na vulnerabilidade ambiental indicada. Cada tipo de impacto previsto requer um tipo de monitoramento, direcionado à observação dos indicadores ambientais associados.

#### *11.1.13.3. Resultados compilados*

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, o Decreto Federal n.º 10.935/2022, a Portaria MMA n.º 148/2022 e a IN n.º 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, com o objetivo de subsidiar o licenciamento ambiental do empreendimento.

##### *11.1.13.3.1. Prospecção espeleológica e topografia*

Com o objetivo de promover o levantamento completo em toda a ADA acrescida de *buffer* de 250 m do projeto, e uma varredura sistemática nas áreas avaliadas como de maior potencial, a Carste Ciência Ambiental procedeu ao complemento da prospecção espeleológica na área de estudos em duas campanhas de campo em 2020 e 2021, conforme detalhado na metodologia. Adicionalmente, em 2023, nova complementação foi realizada, considerando as modificações na ADA.

O somatório das campanhas de campo realizadas em etapa recente resultou em um caminhamento total de 245 km em uma área de 8,38 km<sup>2</sup>. O caminhamento recobriu 100% da área. A densidade de caminhamento total foi de 29,7 km/km<sup>2</sup>.

Considerando o potencial espeleológico, a densidade dos caminhamentos variou conforme as classes definidas, de modo que, à medida que se aumenta o grau de potencialidade houve um incremento na densidade de caminhamento.

Os valores obtidos de densidade de caminhamento foram coerentes com as classes de potencial. As áreas classificadas como de maior potencial, apresentaram a densidade de caminhamento superior a 30 km/km<sup>2</sup>. Nos locais de baixo e médio potencial, a densidade de caminhamento foi superior a 20 km/km<sup>2</sup>.

Durante os caminhamentos realizados pela Carste Ciência Ambiental, 26 pontos de controle terrestres e 20 aéreos foram registrados, com o objetivo de evidenciar as características ambientais da área de estudo. Os pontos foram selecionados como representativos dos tipos de paisagem da área, que, por sua vez, são elementos diagnóstico sobre o potencial espeleológico definido.

A catalogação completa das cavidades existentes na área do Projeto Santa Quitéria envolveu três etapas: i) revisita e mapeamento das 74 cavernas cadastradas pelos estudos anteriores (Arcadis 2013); ii) consulta aos bancos de dados espeleológicos disponíveis (CANIE, SBE), de modo a incorporar eventuais cavernas registradas posteriormente aos estudos; iii) inclusão das novas cavidades inventariadas durante a complementação recente da prospecção, realizada pela Carste em 2020 e 2021.

A revisita e mapeamento das 74 cavidades anteriormente registradas ocorreu em duas campanhas de campo: 29/10 a 23/11/2020 e 11/11 a 30/11/2020. Esse trabalho teve como objetivo promover a representação completa de toda a extensão das feições e validar suas coordenadas geográficas no Datum SIRGAS 2000. Após a conclusão dessa etapa, constatou-se que nove cavernas da amostra apresentam inconsistências no registro, conforme detalhado no quadro a seguir. A duplicidade de cadastro e a unificação de feições têm origem possivelmente no fato de nem todas as cavernas terem sido topografadas quando do cadastro, ou por explorações incompletas. Para os casos de cavidades em tálus, com duas ou mais entradas, muito próximas entre si, com presença de “quebra-corpos” entre passagens, como é o caso de grande parte das ocorrências da área de estudo, a probabilidade desses problemas ocorrerem se eleva. Cabe ressaltar ainda que algumas cavidades apresentaram grande deslocamento em relação às coordenadas de cadastro, como a N-01, que foi localizada a uma distância superior a 100 m do ponto inicial.

Dessa forma, das 74 cavidades relacionadas nos estudos anteriores, apenas 65 foram validadas e mantidas no inventário espeleológico do projeto.

Em relação aos bancos de dados espeleológicos, a consulta ao CANIE (CECAV 2022) revelou as mesmas 74 cavidades reportadas nos estudos iniciais do projeto. Na consulta realizada no CNC (SBE 2021), não se identificaram cavidades cadastradas no município abarcado pelo projeto. Sendo assim, não cabem complementos de dados secundários na amostra de cavernas do estudo.

Como resultado da prospecção complementar realizada pela Carste em 2020 e 2021, foram identificadas e cadastradas 61 novas cavernas, nomeadas com o prefixo SQ, seguido por quatro dígitos sequenciais: “SQ-0000”. Na prospecção de 2023 não foram encontradas

cavidades. Durante os trabalhos de espeleotopografia dessas feições, duas foram descaracterizadas: SQ-0025 e SQ-0053. A primeira caverna uniu-se à SQ-0026, e a segunda foi caracterizada como um espaço subterrâneo inacessível ao ser humano, com entrada inferior a 25 cm de altura, que impossibilita o pleno acesso. Dessa forma, 59 cavidades foram incorporadas ao inventário espeleológico da ADA acrescida de *buffer* de 250 m.

A presença de afloramentos rochosos, onde estruturas geológicas se manifestam de forma mais expressiva, e a ocorrência de rupturas de declive são os critérios que mais corroboram, no contexto espeleológico da área de estudo, para a manifestação de cavidades naturais subterrâneas. Estas se concentram nas áreas classificadas com grau de potencial alto e muito alto, que equivalem a 44% de toda área de estudo. A maior parte das cavernas identificadas na fase atual da prospecção (85%) se localiza na Serra da Igreja, na porção noroeste da área, onde ocorrem as rochas carbonáticas (Formação Alcantil).

Em resposta ao IBAMA no Parecer Técnico n.º 135/2025-Comip/CGTef/Dilic (SEI n.º 23843469), a área situada a leste da pilha de fosfogesso foi classificada como de muito alto potencial espeleológico em função de dois fatores, especialmente: i) presença de afloramento de rocha e ii) declividade superior a 30°. A litologia dessa área é representada por gnaisses pelíticos aluminosos da Formação Barrigas, conforme base geológica da Tetra Mais (2023). Conforme Jansen et al (2012), esse substrato rochoso é avaliado como de médio potencial para ocorrência de cavernas, já que rochas gnáissicas e pelíticas não apresentam composição mineralógica favorável à dissolução química, que consiste no principal processo no desenvolvimento de formas cársticas. Assim, é importante ressaltar que, embora a área apresente afloramentos pontuais, elevada declividade do terreno, fatores interpretados como favoráveis à localização de cavidades, como tipo de rocha, não é promissor ao desenvolvimento dessas formas. As cavernas cadastradas nesta área foram identificadas nos depósitos de tálus.

A Figura 11.1-335 apresenta o detalhamento da classificação do potencial espeleológico na área sinalizada pelo IBAMA, demonstrando os fatores responsáveis pela classificação do potencial espeleológico. Os pontos de controle registrados durante o caminhamento ilustram as características da área, conforme Figura 11.1-336. Cabe mencionar que o relatório técnico (Carste 2023) apresenta apenas os pontos de controle selecionados, avaliados como mais representativos.



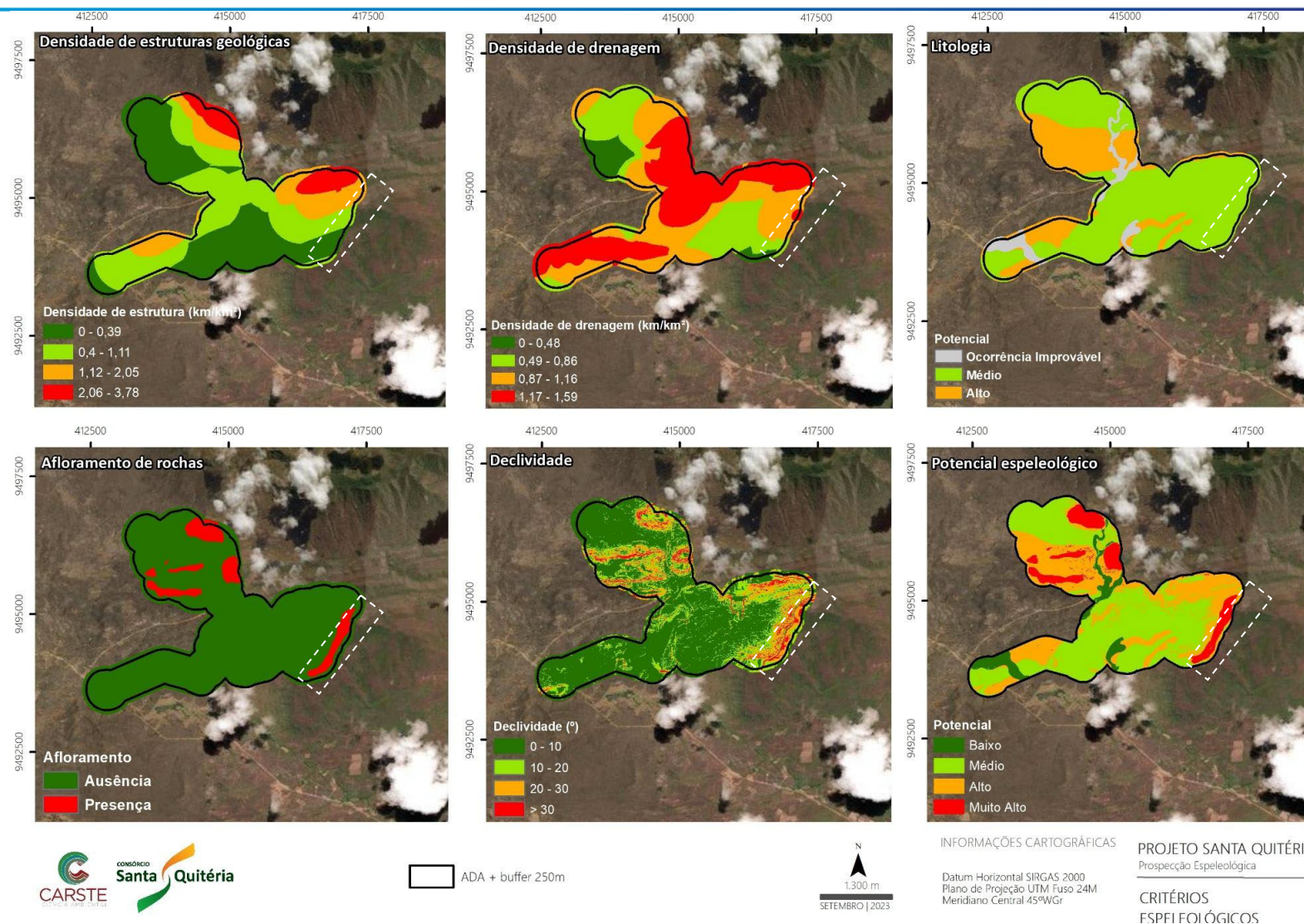


Figura 11.1-335: Classificação do potencial espeleológico da área por variável adotada na análise multicritério. O polígono tracejado em branco indica a área alvo do questionamento pelo IBAMA



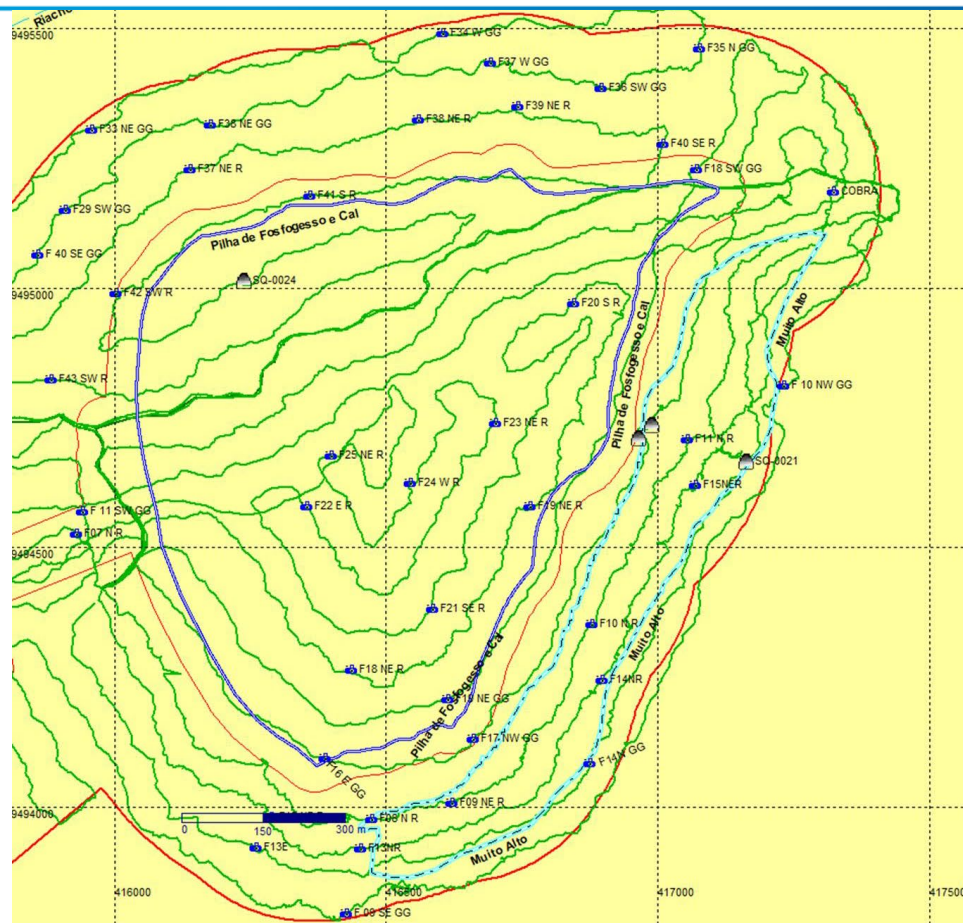


Figura 11.1-336: Registros do caminhamento em campo. Os pontos de controle são representados pelo símbolo de foto, as linhas de caminhamento estão em verde, a pilha de fosfogesso em azul escuro e o buffer de 250 m do projeto em vermelho. As fotos ao lado representam os pontos de controle registrados no interior da área de alto potencial questionada pelo IBAMA (representada pela linha tracejada em azul claro)

Isso posto, como pode ser observado na FIGURA 2 e no mapa de caminhamento do projeto apresentado no relatório (Carste 2023), a área sinalizada como de muito alto potencial a leste do projeto foi caminhada em sua totalidade pelas equipes de campo. O espaçamento entre linhas variou de 40 m a 80 m nessa porção e a densidade das linhas é coerente com a visibilidade do terreno e com a baixa ocorrência de afloramentos. Como indicado pelas fotos, a vegetação seca do tipo caducifólia durante os trabalhos permitiu que as equipes tivessem boa visualização do entorno. Quando afloramentos e depósitos de tálus foram localizados, esses tiveram seu perímetro percorrido na busca por cavidades. Portanto, na avaliação da consultoria, o adensamento do caminhamento não se faz necessário na área sinalizada pelo IBAMA já que os poucos afloramentos existentes foram devidamente explorados, resultando na localização de três cavidades na porção leste de pilha de fosfogesso (SQ-0021, SQ-0022 e SQ-0023).

Assim, o inventário completo de cavernas do projeto soma 124 cavidades (Figura: 11.1-335:).



**Figura 11.1-337: Histórico dos registros espeleológicos no Projeto Santa Quitéria.**

As validações e complementações do cadastro espeleológico local, portanto, 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.

#### 11.1.13.3.2. Aplicação do Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017

##### 11.1.13.3.2.1. Zona afótica

Devido às pequenas dimensões das 34 cavidades avaliadas nesse contexto, atestou-se a penetração de luz parcial ou total em todas elas. Algumas constituem pequenos fendas verticais de dissolução, contendo ou não teto parcialmente obstruído por blocos, com

entrada direta de luz, como exemplo as cavidades P-15, P-04, E-10, W-12, SQ-0017 e SQ-0043. Outras cavidades apresentam entrada ampla ou claraboias (E-05, SQ-0021, SQ-0056 e SQ-0061), com entrada direta de luz ou penumbra. Portanto, constatou-se que as 34 cavidades menores do que 5 m não têm ocorrência de zona afótica.

#### 11.1.13.3.2.2. Relevância histórico-cultural ou religiosa

A avaliação arqueológica das cavidades da amostra foi efetuada *in loco*, de forma não interventiva, por profissionais arqueólogos especialistas. Foi realizado o estudo dos vestígios arqueológicos presentes nas cavidades, avaliando sua representatividade, particularidade e relação com a arqueologia regional, e com o contexto da história local.

O Laudo Arqueológico contendo as descrições e análises pormenorizadas para cada cavidade de estudo (Peruaçu 2021) pode ser consultado no Anexo 11.1.13-1 dos Estudos Espeleológicos do PSQ.

#### 11.1.13.3.2.3. Depósitos clásticos, químicos e biogênicos

Quanto ao tipo de depósitos clásticos das cavernas com DL < 5 m, cerca de 90% da amostra apresenta sedimentos de granulometria fina de origem alóctone, dispostos de forma generalizada no piso ou associados a protocondutos. Esses materiais apresentam aspecto terrígeno, e consistem em argilas/siltos e areias, por vezes associados a matéria orgânica. Os sedimentos de frações granulométricas maiores (seixos, calhaus e matacões) também ocorrem com expressividade, a maior parte de origem autóctone, relacionada a processos de desagregação no interior das cavidades.

Depósitos sedimentares com geometria específica do tipo rampa consistem em indicativos de processos da dinâmica evolutiva das cavernas. Esse tipo de depósito foi visualizado em onze cavidades: E-10, P-04, SQ-0011, SQ-0014, SQ-0019, SQ-0022, SQ-0023, SQ-0028, SQ-0031, SQ-0036 e SQ-0043. A característica granulométrica é variada, ocorrendo rampas de sedimento fino, misto ou cascalhento. Rampa de sedimento fino e areia ocorrem nas cavidades E-10, P-04, SQ-0011, SQ-0019, SQ-0031 e SQ-0056. Na cavidade SQ-0019 os sedimentos mais finos como areia fina, silte e grânulos estão associados à dinâmica hidrossedimentar, sendo carregados para dentro da caverna pela ação da água através da sua entrada principal.

Na cavidade SQ-0022 e SQ-0011 ocorrem rampa de sedimentos mal selecionados, que vêm da porção distal para a porção proximal (desde areia até seixo, associados à matéria orgânica). As rampas de sedimentos cascalhento foram constatadas nas cavidades SQ-0011, SQ-0014 e SQ-0043, formadas por calhaus e matacões angulosos e seixos.



Não foi observada presença de depósitos do tipo brecha, terraço ou conglomerado, ou outros tipos de depósitos de notável importância para compreender e balizar temporalmente a história evolutiva das cavernas da área ou da região em que se inserem (Laureano et al 2016). Desta forma, diante dos elementos considerados, nenhuma cavidade apresentou depósitos clásticos de valor científico, cênico ou ecológico.

Os depósitos químicos foram identificados em 80% das cavernas com DL inferior a 5 m. Em todos os casos, a ocorrência é pontual e os tipos de espeleotemas são comuns, comparados com a amostra da escala local e regional da área de estudos. Correspondem a coraloides milimétricos a centimétricos, escorrimentos, crostas e microtravertinos. Não foi observado espeleotema raro, ou de expressivo valor científico ou cênico.

Coraloides são os espeleotemas mais frequentes, sendo observados em 26 cavernas, nos dois litotipos. São produto de filmes de água gerados por condensação, exudação ou mesmo pelo respingo de água de gotejamento. Apresentam variação morfológica do tipo couve-flor, sendo também encontrados coraloides milimétricos de topo arredondado (bojudo), e coraloides de topo pontiagudo. Nas cavidades em gnaisse, a coloração dos coraloides é bege, e apresentam tamanho milimétrico. As crostas foram registradas em 24 cavernas com DL inferior a 5 m, e variam de crosta branca a crosta vermelha. Geralmente ocorrem de forma generalizada, são delgadas e se concentram principalmente nas áreas de escoamento de água pluvial. Escorrimentos foram visualizados em nove cavidades dessa amostra. Na entrada da caverna P-04 ocorre escorrimento branco com coraloides associados. Na cavidade SQ-0009 há escorrimento com formação de microtravertinos de coloração branca. Esses últimos consistem em micro represas geradas por águas circulantes. Dessa forma, os depósitos químicos presentes nas 34 cavidades consistem em ocorrências comuns, tanto nas escalas de comparação, quanto na litologia em que ocorrem.

Em relação aos depósitos biogênicos, todas as cavidades apresentam matéria orgânica como folhíço e materiais diversos que compõe a serrapilheira no meio epígeo. O material é encontrado no piso, disposto de forma generalizada, principalmente, próximo à entrada das cavidades. Não foi observada nas cavernas ocorrência expressiva de guano, fezes, carcaça, bolotas de regurgitação, que denotem significativo valor científico, cênico ou ecológico.

#### 11.1.13.3.2.4. *Função hidrológica expressiva para o sistema cárstico*

Em todas as cavidades avaliadas foram visualizadas feições hidrológicas que respondem a eventos de precipitação. Foram evidenciados escoamento ou marcas de escoamento no piso e paredes, além de gotejamentos.



As feições intermitentes ativas registradas ocorreram em dias com o tempo chuvoso, indicando que essas cavidades sofrem influência em relação às águas meteóricas. Isto se dá principalmente devido à pouca profundidade que as mesmas apresentam em relação à superfície. Além disso, 62% das cavernas com DL inferior a 5 m apresentam claraboias ou diversos interstícios no teto, por vezes formados entre blocos, facilitando a infiltração de água e gotejamentos.

O escoamento intermitente é evidenciado por sulcos centimétricos em paredes e canais secos no piso, que funcionam como caminhos preferenciais de fluxos concentrados intermitentes, em período chuvoso. A cavidade QUI-05 apresenta um canal no piso em declive, que funciona captação de escoamento pluvial. Entretanto essa caverna se encontra em um lajedo bastante fraturado, com fendas de dissolução N-S, não constituindo o único ponto de absorção de água do maciço.

No caso das cavernas em mármore, devido à alta porosidade secundária do maciço e à natureza autogênica do carste local, essas cavidades não apresentam drenagens perenes, estando sua função hidrológica relacionada aos processos de vertente. Quanto às cavidades em gnaiss, estão no contexto de quebras de relevo ou talus, apresentando também dinâmica hidrológica associada aos fluxos de vertente. Não foi constatada função hidrológica expressiva para o sistema cárstico ou para o sistema hidrológico como um todo.

#### 11.1.13.3.2.5. Resultado

A análise dos quatro atributos de classificação de relevância para cavidades com desenvolvimento linear inferior à 5 m, conforme o Art. 12º da IN MMA N° 02/2017, resultou na classificação das 34 cavidades com grau baixo de relevância.

#### 11.1.13.3.3. Diagnóstico espeleológico

De uma maneira geral, 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 gnaiss (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, no entanto 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 “troglóxico 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.

#### 11.1.13.3.4. Classificação de relevância espeleológica

A classificação final de relevância das 124 cavidades do projeto, por fim, é apresentada em quadro na sequência, resgatando o resultado da aplicação do Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017 e do Decreto n.º 10.935. Como resultado final da análise, 20 cavidades (16%) foram classificadas com grau máximo de relevância, por se enquadrarem em três atributos: “dimensões notáveis em extensão, área ou volume”, “espeleotemas únicos” e “abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais”. Outras 55 cavernas (44%) atingiram grau alto, 14 (11%), médio, e 35 (28%), baixo (Quadro 11.1-202).

Quadro 11.1-202: Classificação da importância relativa e da relevância das cavidades avaliadas

CAVIDADE	LITOLOGIA	ENFOQUE LOCAL		ENFOQUE REGIONAL		RELEVÂNCIA PROPOSTA
		Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	
E-01	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
E-02	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
E-03	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
E-04	Carbonática	5	Acentuada	1	Significativa	Alta
E-05	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
E-06	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
E-07	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
E-08	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
E-09	Carbonática	2	Significativa	2	Acentuada	Alta
E-10	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
E-11	Carbonática	4	Acentuada	1	Significativa	Alta
E-12	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
E-13	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Alta
E-14	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
E-15	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
E-16	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
E-17	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
E-18	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
E-19	Carbonática	4	Acentuada	1	Significativa	Alta
N-01	Gnaíse	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta

CAVIDADE	LITOLOGIA	ENFOQUE LOCAL		ENFOQUE REGIONAL		RELEVÂNCIA PROPOSTA
		Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	
N-02	Gnaíse	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
N-03	Gnaíse	4	Acentuada	1	Significativa	Alta
N-04	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
P-01	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-02	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-03	Carbonática	4	Acentuada	1	Significativa	Alta
P-04	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
P-05	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-06/P-07	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-08	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
P-09	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
P-11	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-12	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
P-14	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
P-15	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
P-16	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
P-17	Carbonática	2	Significativa	2	Acentuada	Alta
P-18	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
QUI-01	Carbonática	7	Acentuada	1	Significativa	Máxima
QUI-02	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
QUI-03	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
QUI-05	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
QUI-06	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
QUI-07	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
QUI-08	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
QUI-09	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
QUI-10	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
S-01	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
S-03	Carbonática	6	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
SQ-0001	Carbonática	7	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
SQ-0002	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0003	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
SQ-0004	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0005	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0006	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0007	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0008	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0009	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0010	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0011	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0012	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0013	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0014	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0015	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0016	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0017	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0018	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0019	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0020	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0021	Gnaíse	2	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0022	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0023	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0024	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0026	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0027	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0028	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0029	Gnaíse	4	Acentuada	1	Significativa	Alta

CAVIDADE	LITOLOGIA	ENFOQUE LOCAL		ENFOQUE REGIONAL		RELEVÂNCIA PROPOSTA
		Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	Nº de grupos de atributos minimamente significativos	Grau de importância	
SQ-0030	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0031	Gnaíse	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0032	Gnaíse	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0033	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
SQ-0034	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Máxima
SQ-0035	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0036	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0037	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0038	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0039	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0040	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0041	Carbonática	2	Significativa	0	Baixa	Baixa
SQ-0042	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0043	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0044	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0045	Carbonática	2	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0046	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0047	Carbonática	4	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0048	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0049	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
SQ-0050	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0051	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0052	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0054	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0055	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Máxima
SQ-0056	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
SQ-0057	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
SQ-0058	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
SQ-0059	Carbonática	2	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0060	Carbonática	2	Significativa	2	Acentuada	Alta
SQ-0061	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
W-01	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
W-02	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
W-03	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Máxima
W-04	Carbonática	4	Acentuada	2	Acentuada	Alta
W-05	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
W-10	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Máxima
W-11	Carbonática	7	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
W-12	Carbonática	Classificação pelo Art. 12º da IN MMA n.º 02/2017				Baixa
W-13	Carbonática	2	Significativa	1	Significativa	Média
W-14	Carbonática	3	Significativa	2	Acentuada	Alta
W-16	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
W-17	Carbonática	4	Acentuada	1	Significativa	Alta
W-18	Carbonática	7	Acentuada	2	Acentuada	Máxima
W-19	Carbonática	3	Significativa	1	Significativa	Média
W-20	Carbonática	5	Acentuada	2	Acentuada	Alta
W-21	Gnaíse	3	Significativa	2	Acentuada	Alta

#### 11.1.13.3.5. Proposta de Área de Influência Espeleológica (AIE)

A Resolução CONAMA n.º 347, de 10 de setembro de 2004, conceitua área de influência espeleológica como aquela que “compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola”.

Conforme já apontado, a delimitação das áreas de influência espeleológicas foi pautada nos critérios dispostos nas orientações do ICMBio (2022): manutenção da integridade, manutenção da dinâmica evolutiva das cavidades, manutenção do aporte de nutrientes para o interior das cavidades e manutenção da conectividade subterrânea.

A avaliação desses critérios foi apresentada por grupos de cavidades, conforme a distribuição espacial das mesmas na área de estudo. Detalhes sobre cada critério abordado para embasar a delimitação das AIEs propostas podem ser consultados nos Estudos Espeleológicos do PSQ, que se encontra no Anexo 11.1.13-1.

O Grupo 01, a noroeste do projeto, inclui apenas a cavidade N-04. O Grupo 02 foi dividido em três áreas dispostas no Serrote do Bode. O Grupo 03, situado na Serra da Igreja, corresponde ao maior valor em área. Esse grupo foi subdividido em três outros grupos, com destaque para G3-A, que engloba setenta e duas cavidades, em 28,8 ha. O Grupo 04 corresponde às áreas com cavernas no Serrote dos Canudos, dividido em A (extremo leste) e B (extremo oeste). O Grupo 05 envolve as cavernas S-01 e S-03, a oeste da área do Projeto. O Grupo 06 está inserido no setor sudeste da ADA, na Serra da Mata Fome, e foi dividido em A e B com quatro cavidades no total.

O Quadro 11.1-203 apresenta as áreas de influências propostas, os respectivos valores de área e as cavernas associadas. A espacialização das AIEs é apresentada na sequência.

**Quadro 11.1-203: Áreas de influências propostas e cavidades protegidas**

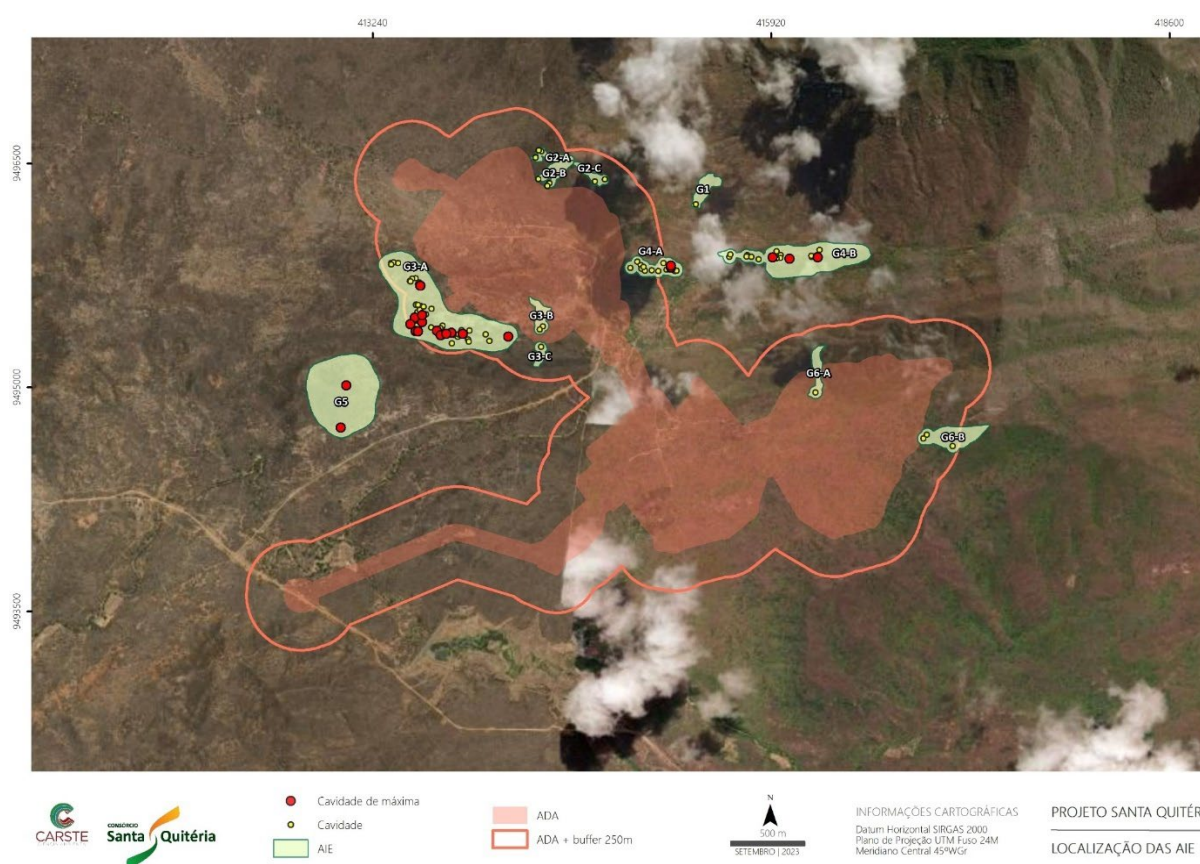
ÁREAS DE INFLUÊNCIA PROPOSTAS	ÁREA (ha)	CAVIDADES
G1	2,3	N-04
G2-A	1,4	N-01, N-02, SQ-0028
G2-B	2,3	SQ-0031, SQ-0029, SQ-0030
G2-C	1,4	N-03, SQ-0032
G3-A	28,8	QUI-01, QUI-02, QUI-03, QUI-05, QUI-06, QUI-07, QUI-08, QUI-09, QUI-10, SQ-0001, SQ-0002, SQ-0003, SQ-0004, SQ-0005, SQ-0006, SQ-0007, SQ-0008, SQ-0009, SQ-0010, SQ-0011, SQ-0012, SQ-0013, SQ-0014, SQ-0015, SQ-0016, SQ-0017, SQ-0018, SQ-0019, SQ-0020, SQ-0026, SQ-0027, SQ-0033, SQ-0034, SQ-0035, SQ-0036, SQ-0037, SQ-0038, SQ-0039, SQ-0040, SQ-0041, SQ-0042, SQ-0043, SQ-0044, SQ-0045, SQ-0046, SQ-0047, SQ-0048, SQ-0049, SQ-0050, SQ-0051, SQ-0052, SQ-0054, SQ-0055, SQ-0056, SQ-0057, SQ-0058, SQ-0059, SQ-0060, SQ-0061, W-02, W-03, W-04, W-05, W-10, W-11, W-14, W-15, W-16, W-17, W-18, W-19, W-20
G3-B	2,0	W-12 e W-13
G3-C	1,1	W-21
G4-A	4,1	P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06/P-07, P-08, P-09, P-11, P-12, P-14, P-15, P-16, P-17, P-18



ÁREAS DE INFLUÊNCIA PROPOSTAS	ÁREA (ha)	CAVIDADES
G4-B	15,2	E-01, E-02, E-03, E-04, E-05, E-06, E-07, E-08, E-09, E-10, E-11, E-12, E-13, E-14, E-15, E-16, E-17, E-18, E-19
G5	21,5	S-01, S-03
G6-A	2,1	SQ-0024
G6-B	5,5	SQ-0021, SQ-0022, SQ-0023

Elaboração: Carste, 2023.

As áreas delimitadas para a proteção do patrimônio espeleológico totalizam 87,7 hectares.



**Figura 11.1-338: Localização das AIE.**

#### 11.1.13.3.6. Avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico do PSQ

Com enfoque na análise das cavidades e respectivas áreas de influência localizadas na área diretamente afetada e entorno de 250 m do Projeto Santa Quitéria, a avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico buscou realizar um prognóstico das consequências da futura implantação e operação do empreendimento ao patrimônio espeleológico local, refinando a análise nesta nova versão do estudo.

No cenário atual, as cavernas apresentam, no geral, bom estado de conservação. Alterações foram observadas em apenas 2,5% das feições, são pontuais e relacionadas à presença de atividades de prospecção mineral no entorno ou visita localizada. Três cavernas foram identificadas com alteração visual: na QUI-06 há uma pichação e nas cavernas S-01 e P-08 há resíduos plásticos. Considerando a área de influência prévia, 39,5% dessas apresentam-se alteradas no contexto atual, seja por estradas não pavimentadas ou alterações promovidas por prospecção mineral (sondagens e praças de sondagens). As mesmas alterações atingem quatro das 12 áreas de influência propostas. De acordo com as avaliações, as intervenções mapeadas nas áreas de influência espeleológica não implicaram em impactos às cavidades.

O prognóstico dos impactos apontou que uma pequena parcela das cavidades da área será afetada por impactos negativos irreversíveis não mitigáveis em função da implantação do Projeto Santa Quitéria. Das 124 cavidades, cinco se situam dentro da ADA do empreendimento ou no seu limite (W-12, W-13 e SQ-0022, SQ-0023 e SQ-0024). O item de considerações finais do relatório em Anexo 11.1.13-1 apresenta a formalização do pedido de supressão dessas cavernas, juntamente com a proposta de compensação espeleológica para a avaliação do órgão ambiental licenciador.

A avaliação dos demais impactos potenciais abarcou, portanto, 119 cavernas e suas respectivas áreas de influência espeleológica, excluindo-se a amostra relacionada para a supressão. Essas 119 cavidades/AIE estão sujeitas a impactos mitigáveis, passíveis de controle. São eles: alteração da dinâmica dos aerossóis, alteração da dinâmica hidrossedimentar, alteração da integridade física e alteração da fauna cavernícola. Sua definição considerou as atividades e aspectos ambientais previstos na área do projeto, principalmente ao longo das etapas de instalação, operação e desativação.

Com o objetivo de indicar o quanto os objetos de análise estão sujeitos aos impactos elencados, foram estabelecidos índices de vulnerabilidade, a partir de variáveis julgadas influentes na manifestação ou não dessas alterações. Essa referência quantitativa auxilia na sinalização de áreas ou cavernas com maior risco aos impactos avaliados, representando, assim, uma ferramenta de gestão ambiental espeleológica, permitindo ações mais direcionadas e efetivas.

A avaliação das áreas de influência revelou que 20% delas apresenta alta vulnerabilidade aos impactos potenciais a partir das atividades previstas para o empreendimento. Isso porque ocorrem, em geral, muito próximas a ADA. Os valores de média e baixa vulnerabilidade atingiram 50% e 30% respectivamente). Destaque para a AIE G3-A,

que apresentou alta vulnerabilidade para os dois impactos levantados, considerando o posicionamento da mesma no entorno da área prevista para lavra.

Sobre as cavidades naturais subterrâneas avaliadas, considerando também a média dos índices de vulnerabilidade obtidos para cada impacto potencial analisado, nota-se que a maior parte das cavernas apresentou alta vulnerabilidade (52%) às alterações avaliadas. Enquanto 29,4% das cavernas alvo da análise apresentou vulnerabilidade média e 18,4% da amostra baixa. Nota-se que a elevação da vulnerabilidade espeleológica está correlacionada ao impacto potencial de “alteração da dinâmica dos aerossóis”, seguido de “alteração da dinâmica hidrossedimentar” (Quadro 11.1-200). Dessa forma, o controle ambiental desses impactos deve ser efetivo durante as fases do empreendimento.

#### 11.1.13.4. Considerações finais

Esta nova versão dos estudos espeleológicos do Projeto Santa Quitéria foi pautada nos procedimentos e critérios estabelecidos nas normas de abrangência nacional, como a Resolução CONAMA n.º 347/2004, a Portaria MMA n.º 148 de 07 de junho de 2022, o Decreto Federal n.º 10.935/2022 e a IN n.º 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, com o objetivo de subsidiar o licenciamento ambiental do empreendimento. Adicionalmente, foram consideradas as manifestações do Ibama no Parecer Técnico n.º 148, e a mudança no layout do projeto, ocorrida em 2023.

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 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 foi revisado nesta versão, buscando 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.

A implantação do Projeto Santa Quitéria resultará em impactos negativos de ordem irreversível 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 10.935/2022. 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. Os outros impactos previstos a esse patrimônio são passíveis de controle. Para esses, foram recomendadas ações que poderão compor um programa de gestão ambiental espeleológica do empreendimento.

Com base em todas as informações discutidas, este documento apresenta ao órgão ambiental licenciador o requerimento de supressão das cavidades SQ-0022, SQ-0023, SQ-0024, W-12 e W-13, embasado no Decreto Federal n.º 10.935/2022, que define:

*"Art. 4º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental.*

*§ 4º No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.*

*§ 5º No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância baixo, o empreendedor não estará obrigado a adotar medidas e ações para assegurar a preservação de outras cavidades naturais subterrâneas."*

Assim, o Consórcio Santa Quitéria apresenta, como proposta de compensação ambiental da cavidade W-13, de média relevância, o desenvolvimento de ações de educação ambiental junto à comunidade local, especialmente em escolas da região de entorno do projeto, fomentando o conhecimento sobre a importância das cavernas e a razão pela qual elas devem ser protegidas. As ações incluem, entre outras atividades, a elaboração de um material impresso (cartilha) sobre as cavernas da região, com o objetivo de possibilitar uma maior identificação dos estudantes com as áreas naturais em que vivem, onde cavidades configuram formas importantes. O detalhamento das ações de cunho educativo abarcadas pela proposta será apresentado na fase de LI do empreendimento.

Por fim, uma vez aprovada pelo órgão ambiental competente a supressão das cavidades pleiteadas pelo Consórcio Santa Quitéria, é importante considerar a revisão do limite de área de influência proposto para o Grupo 6-A. O mesmo inclui originalmente as cavidades SQ-0021, SQ-0022, SQ-0023. Se aprovada a supressão dessas duas últimas, situadas na parte baixa da vertente, não há justificativa técnica para manter o limite da AIE até a base da encosta, uma vez que a cavidade SQ-0021 se posiciona na média vertente, e apresenta interrelação apenas com a região à montante. Assim, o mapa apresentado nas Considerações finais do Relatório de Espeleologia do PSQ (Anexo 11.1.13-1) apresenta a alteração da AIE do Grupo 6-A, quando da aprovação da supressão das cavidades requeridas. Da mesma forma, as AIEs do Grupo 3-B e Grupo 6-B perderão sua função protetiva com a supressão das cavidades W-12, W-13 e SQ-0024, respectivamente.





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](http://www.tetramais.com.br)

## ANEXO XI

---

### RELATÓRIO DA PRIMEIRA CAMPANHA DE MONITORAMENTO DE *Furipterus Horrens*

CARSTE CIÊNCIA AMBIENTAL

# PROJETO SANTA QUITÉRIA

***FURIPTERUS HORRENS***



PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA  
ESPÉCIE AMEAÇADA *FURIPTERUS HORRENS*  
CAMPANHA SECA

OUTUBRO DE 2025



# PROJETO SANTA QUITÉRIA

## RELATÓRIO TÉCNICO

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESPÉCIE  
AMEAÇADA *FURIPTERUS HORRENS*  
CAMPANHA SECA

SUGESTÃO DE CITAÇÃO: CARSTE (2025) PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA  
ESPÉCIE AMEAÇADA *FURIPTERUS HORRENS*. RELATÓRIO TÉCNICO. BELO HORIZONTE.

BELO HORIZONTE, OUTUBRO DE 2025

# FICHA TÉCNICA

## EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

FOSFATADOS DO NORTE-NORDESTE S.A.  
AVENIDA DRA RUTH CARDOSO, 4777, ANDAR 11  
BAIRRO JARDIM UNIVERSIDADE-PINHEIROS  
SÃO PAULO – SÃO PAULO - CEP 05477-903  
CNPJ: 32.112.142/0001-37  
CONTATO: CHRISTIANO LEMOS DE MORAES BRANDÃO  
cmbrandao@galvani.ind.br

## EMPRESA RESPONSÁVEL PELO RELATÓRIO

CARSTE CIÊNCIA AMBIENTAL  
ALAMEDA IPÊ AMARELO, 830, SÃO LUIZ  
BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS  
CEP: 31275-090  
CNPJ: 08.000.418/0001-00  
TELEFONE: (31) 2517-6800

## RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

AUGUSTO AULER | GEÓLOGO, PHD | CREA MG 72.076/D  
**COORDENADOR GERAL**

LÍGIA MOREIRA | BIÓLOGA, MSC | CRBIO 093.308/04-D  
**COORDENADORA DO PROJETO**

CARLA NOBRE | BIÓLOGA, DRA | CRBIO 067.746/04-D  
**ESCRITA DO RELATÓRIO**

## EQUIPE TÉCNICA

ELIANA SANTOS | GEOGRAFA, DRA | CREA MG 93.199/D  
**CARTOGRAFIA E GIS**

JACKSON SOUZA | BIÓLOGO | CRBIO 123.193/04-D  
**CAMPO**

VITOR CAETANO | BIÓLOGO | CRBIO 087.326/04-D  
**CAMPO**



# RESUMO EXECUTIVO

Após a apresentação dos estudos espeleológicos realizados na área do Projeto Santa Quitéria, o Parecer Técnico n.º 148/2022-COMIP/CGTEF/DILIC (SEI n.º 14359621) indicou a necessidade da avaliação do uso do espaço pelo morcego ameaçado de extinção *Furipterus horrens*. Nos meses de setembro e outubro de 2025 foi realizada a primeira campanha do monitoramento da referida espécie na área de estudo, durante a estação seca. A metodologia incluiu incursões diurnas nos abrigos naturais e artificiais da área de estudo, visando maximizar os esforços de captura, além de acompanhamento noturno dos indivíduos selecionados. Um total de oito espécimes foram capturados e tiveram radiotransmissores afixados. De uma maneira geral, houve baixa disponibilidade de indivíduos nos abrigos durante o período de amostragem.

Os resultados das análises indicaram áreas de Mínimo Polígono Convexo (MCP) variando entre 227,41 e 1299,39 hectares de uso e, as áreas de forrageio preferencial ou “core áreas” variando entre 45,21 e 482,09 ha, para os indivíduos que apresentaram dados suficientes para as análises. Os espécimes não apresentaram, durante a campanha seca, preferência de forrageio por quaisquer áreas entre as classes de usos do solo consideradas.





# RESUMO GRÁFICO

**1 Incursão diurna**  
Acesso aos abrigos naturais e artificiais

---

**2 Radiotelemetria**  
Acompanhamento do uso do espaço  
pelos indivíduos

---

**3 Análises da paisagem**  
Mínimos polígonos convexos entre  
227,41 e 1299,39 hectares

---

**4 Área de forrageio  
preferencial**  
*Core areas* entre 45,21 e 482,09  
hectares

---



## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
INTRODUÇÃO.....	8
METODOLOGIA.....	11
DADOS DE OCORRÊNCIA DA ESPÉCIE NA ÁREA DE ESTUDO.....	11
SAZONALIDADE CLIMÁTICA E CICLO LUNAR.....	13
CETAS E ACOMPANHAMENTO POR MÉDICO VETERINÁRIO.....	15
INCURSÃO DIURNA.....	18
MONITORAMENTO POR RADIOTELEMETRIA.....	19
BUSCA ATIVA POR INDIVÍDUOS.....	19
ANÁLISE DE DADOS.....	24
RESULTADOS.....	26
USO DOS ABRIGOS DIURNOS E TÉCNICA DE <i>HOMING</i> .....	26
USO DO ESPAÇO POR <i>FURIPTERUS HORRENS</i> .....	32
Indivíduo 2_063.....	32
Indivíduo 2_181.....	35
Indivíduo 2_365.....	38
Indivíduo 2_544.....	41
Indivíduo 2_752.....	44
Indivíduos 2_123, 2_245 e 2_451.....	47
AVALIAÇÃO DO USO DO ESPAÇO.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## APRESENTAÇÃO

O contexto de licenciamento ambiental do Projeto Santa Quitéria 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 Pareceres Técnicos por esse órgão ambiental durante as análises, dentre os quais destacam-se os últimos documentos: Parecer Técnico n.º 02001.003419/2016-12 COMOC/IBAMA e Parecer Técnico n.º 99/2017-COMIP/CGTEF/DILIC.

Em uma etapa mais recente, a alteração do plano diretor do projeto e a consequente redução da área diretamente afetada – ADA resultaram na abertura do novo processo de licenciamento 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 pelo 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, o documento Carste (2021) apresentou os resultados dos estudos sobre o patrimônio espeleológico local para a apreciação do órgão ambiental licenciador. Em resposta a esse documento, foi emitido o Parecer Técnico n.º 148/2022-COMIP/CGTEF/DILIC (SEI n.º 14359621), que solicitou estudos complementares para avaliar a área de vida da espécie *Furipterus horrens*, com redação a seguir:

*“Para Furipterus horrens os limites traçados para as AIEs incluíram uma média de 350 m a partir das cavidades com registro, considerando áreas vegetadas de entorno imediato na delimitação de aporte de guano e permanência da espécie nas cavidades. Reitera-se a solicitação de mais esclarecimentos a respeito da escolha desse limite que garanta a sobrevivência dessa espécie ameaçada, tais como informações sobre a espécie e estudos com uso de telemetria etc.”*

Dessa forma, considerando as solicitações colocadas, inclusive em comunicações orais durante reuniões técnicas com o órgão licenciador, foi executada a primeira campanha, referente à estação seca, dos estudos de área de vida da espécie em questão. Os estudos transcorreram em conformidade com o Plano de Trabalho apresentado para a obtenção da Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) n.º 1775/2025, e seus serão apresentados nos itens seguintes.

## INTRODUÇÃO

Os morcegos são os únicos mamíferos capazes de realizar voo mecânico verdadeiro e contam atualmente com 1.498 espécies registradas no mundo (Simmons e Cirranello 2025), sendo 186 espécies apenas no Brasil (Garbino et al 2024). Apresentam os mais diversos hábitos alimentares, incluindo o consumo de néctar, frutos, insetos, sangue e outros vertebrados (Kalko et al 1996, Reis et al 2007).

Devido a esses hábitos, morcegos são importantes polinizadores, regeneradores de áreas florestais e controladores das populações de insetos e pequenos vertebrados (Kunz et al 2011). Oferecem também importantes serviços ecossistêmicos, representando economia de até 3,7 bilhões de dólares ao ano para agricultura (Boyles et al 2011). O uso da paisagem por morcegos é tema amplamente discutido na literatura, variando entre áreas preservadas (Fenton et al 1992, Medellín et al 2000), áreas naturalmente heterogêneas (Bernard e Fenton 2007) e ambientes antropizados (Faria 2006, Gorrensens e Willig 2004, Meyer et al 2008, Meyer e Kalko 2008). Em áreas antrópicas, o tipo de matriz influencia a utilização do espaço por morcegos, quando próximos de florestas (Faria 2006) ou matrizes mais hostis, como pastagens e plantações não sombreadas (Gorrensens e Willig 2004, Nobre 2010, Nobre et al 2025).

O uso do espaço por morcegos pode estar relacionado à disponibilidade de recursos alimentares, à necessidade de abrigo, ao tamanho corporal e a estratégias de forrageio (Kalko et al 2008, Norberg 1994, Norberg e Rayner 1987). A mesma espécie pode apresentar variações nos padrões de uso e ocupação da paisagem de acordo com o ambiente, como observado para *Carollia perspicillata*, morcego de hábitos frugívoros que, em área savânica na Amazônia apresentou deslocamentos de mais de 200 ha e, em áreas de floresta atlântica no Sudeste, apresentou menor uso, de 32 ha (Bernard e Fenton 2007, Trevelin et al 2013).

A família Furipteridae é exclusivamente neotropical e é formada por apenas duas espécies: *Amorphochilus schnablii*, restrita em sua distribuição pela Cordilheira dos Andes e *Furipterus horrens*, (Chiroptera, Furipteridae) com maior distribuição ocorrendo desde América Central até a América do Sul (Figura 1). No território brasileiro, *F. horrens* ocorre nos biomas Amazônia, Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica (Reis et al 2007, Novaes et al 2012, Portela et al 2017, Monteiro et al 2024). Cabe ressaltar que a solicitação do presente estudo se insere em um contexto de escassez de estudos específicos sobre o uso de espaço e área de vida de *F. horrens* na literatura científica, o que confere, portanto, a este relatório, o duplo propósito de atender a uma exigência do licenciamento e gerar conhecimento para a conservação desta espécie ameaçada.





Figura 1. *Furipterus horrens* capturado na cavidade S-03 e sua distribuição conforme IUCN (2025)

Apresentando pequeno tamanho corporal (33-41 mm; 3,1-4,2 g), a espécie conta com o polegar inserido no patágio, o que lhe confere o nome popular de “thumbless bat”, ou morcego-sem-

polegar (Arroyo-Cabrales 2019). A espécie apresenta a maior parte dos seus registros vinculados aos ambientes rochosos, que incluem cavidades naturais subterrâneas, fendas, paredões rochosos e pedrais em leitos de rios (e.g. Xingu), embora existam também observações de colônias em ocos de árvores e construções humanas, como edificações e minas abandonadas, canais de irrigação e escoamento de água (Arroyo-Cabrales 2019, Simmons e Voss 1998). Essa relação mais próxima com os ambientes cavernícolas e rochosos representa uma fragilidade na perpetuação dessa espécie, uma vez que esses ambientes estão sob pressão devido à mineração e construção de hidroelétricas (Tavares et al 2025). Dessa forma, a espécie, em escala global, está categorizada como “pouco preocupante” (IUCN 2025) e, nacionalmente, consta como vulnerável (MMA 2022) sob o critério C2a(i), que indica que sua população é inferior a 10.000 indivíduos maduros e a população está passando por um declínio continuado (IUCN 2022).

A espécie se alimenta de insetos e seu forrageio indica que voam próximo ao solo, procurando por mariposas, que são mais abundantes em sua dieta do que dípteros e coleópteros. Tendem a não abandonar seus abrigos antes do pôr-do-sol, embora possam iniciar o voo em torno do crepúsculo (Arroyo-Cabrales 2019). Pouco se conhece sobre sua biologia e estudos recentes vêm elucidando padrões até então não descritos, especialmente no contexto de ambientes cavernícolas no Brasil. Brobrowieck et al (2025) indicaram que, na região de Carajás, a espécie apresenta reprodução do tipo unimodal (único evento reprodutivo ao ano) com pico durante a estação seca. Os eventos reprodutivos em morcegos tendem a estar associados à disponibilidade de alimentos (Carvalho et al 2019, Neweiller 2000) e a estação do ano pode exercer forte papel na sua área de forrageio, especialmente em um ambiente xérico, como a área do Projeto Santa Quitéria. Estudos moleculares realizados com a espécie no Brasil indicam que há uma elevada diversidade críptica do táxon ao longo de sua distribuição em território nacional (Nobre 2019, Moras et al 2025) e, em um estudo de área de vida conduzido na região Amazônica, a espécie apresentou uma média de 185 ha de área de vida, com preferência de uso de ambientes não florestais, como as cangas e pastagens (Ribeiro 2019, Tavares et al 2025).

Partindo das informações apresentadas, o objetivo do presente estudo é compreender o uso da paisagem e de abrigos em área de caatinga preservada na região do Projeto Santa Quitéria, localizado no município de Santa Quitéria, estado do Ceará, pela espécie de morcego ameaçada *Furipterus horrens*. Os objetivos específicos são:

1. Avaliar o uso dos abrigos naturais e artificiais pela espécie;
2. Verificar, através da técnica de “homing”, o deslocamento entre abrigos;
3. Avaliar o uso do espaço pelos indivíduos de *Furipterus horrens* na área de estudo.

## METODOLOGIA

Para execução do Programa de Monitoramento da espécie *Furipterus horrens*, duas metodologias distintas foram propostas, conforme descrito a seguir. Destaca-se que todas as atividades realizadas em campo foram autorizadas pela Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) n.º 1775/2025, emitida pela Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), constante no Anexo I.

### DADOS DE OCORRÊNCIA DA ESPÉCIE NA ÁREA DE ESTUDO

Os estudos de inventariamento bioespeleológico (Carste 2023) e o estudo de impacto ambiental (Tetra 2023) nortearam a seleção das cavidades e abrigos a serem monitorados. Conforme solicitação do IBAMA, as áreas indicadas para avaliação estiveram distribuídas em dois conjuntos de abrigos, sendo Área 1, os abrigos artificiais vistoriados por Tetra (2023), e Área 2, as cavidades estudadas por Carste (2023). A listagem e coordenadas encontram-se na Tabela 1 e a Figura 2 mostra as localidades vistoriadas.

Tabela 1. Abrigos com ocorrência da espécie *Furipterus horrens*

Cavidade/Abrigo	Coordenada		Grupo	Tipo de abrigo
	SIRGAS 2000, Fuso 24M			
	X	Y		
EXT_01	413678	9492888	Área 1	Artificial
EXT_02	416169	9491769	Área 1	Artificial
EXT_03	414640	9492751	Área 1	Artificial
EXT_04	415397	9492416	Área 1	Artificial
QUI-01	413587	9495462	Área 2	Cavidade
S-01	413047	9494750	Área 2	Cavidade
S-03	413081	9495034	Área 2	Cavidade
SQ-0001	413688	9495405	Área 2	Cavidade
SQ-0003	413713	9495375	Área 2	Cavidade
SQ-0033	413543	9495402	Área 2	Cavidade
SQ-0034	413561	9495399	Área 2	Cavidade
SQ-0049	413510	9495447	Área 2	Cavidade
SQ-0055	413587	9495509	Área 2	Cavidade
W-03	413862	9495385	Área 2	Cavidade
W-10	413786	9495391	Área 2	Cavidade
W-16	413574	9495705	Área 2	Cavidade



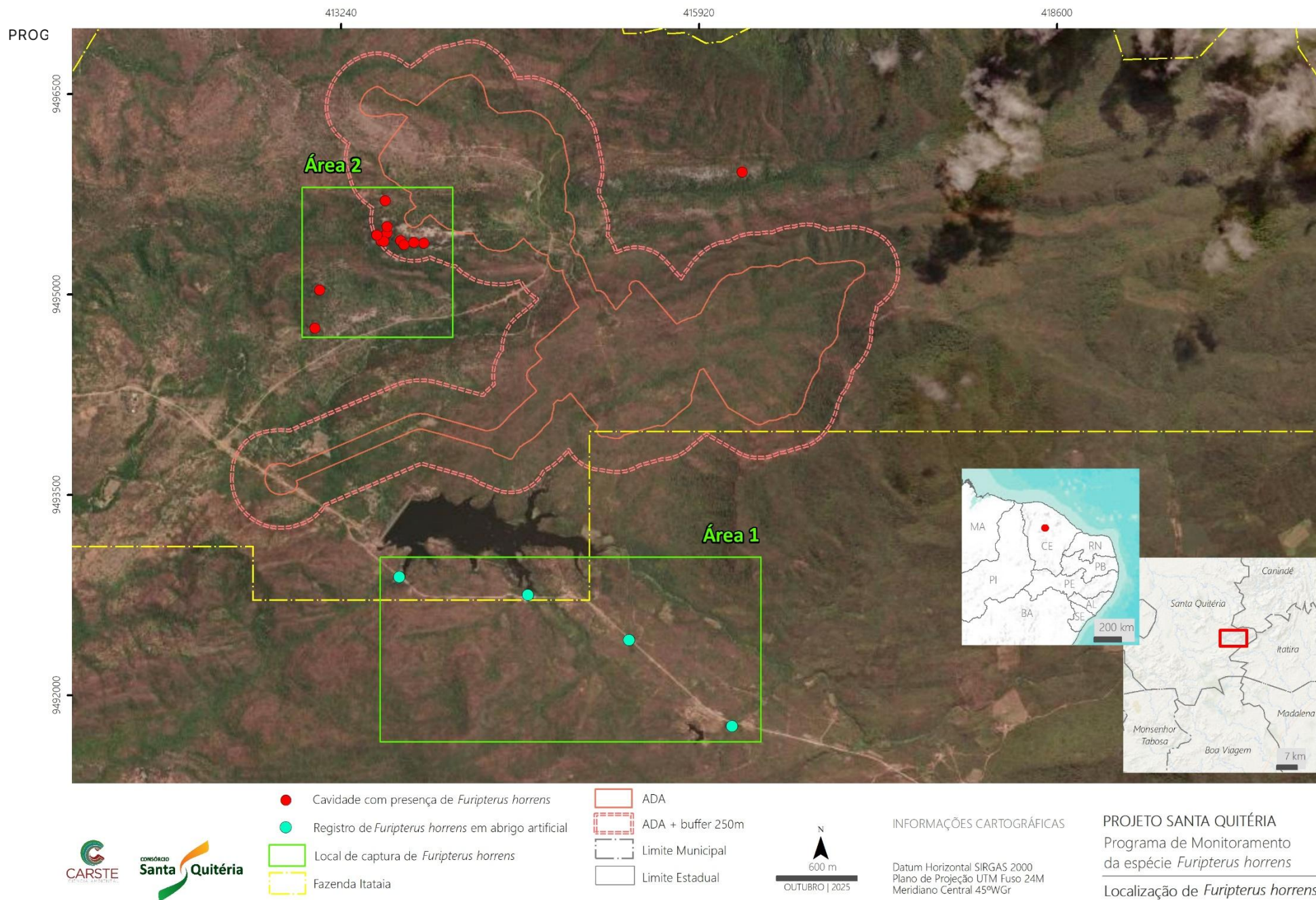


Figura 2 . Localização da área de estudo e cavidades monitoradas

## SAZONALIDADE CLIMÁTICA E CICLO LUNAR

A primeira campanha de monitoramento da espécie ameaçada *Furipterus horrens* foi realizada durante a estação seca, conforme os dados de pluviosidade disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) (Figura 3).

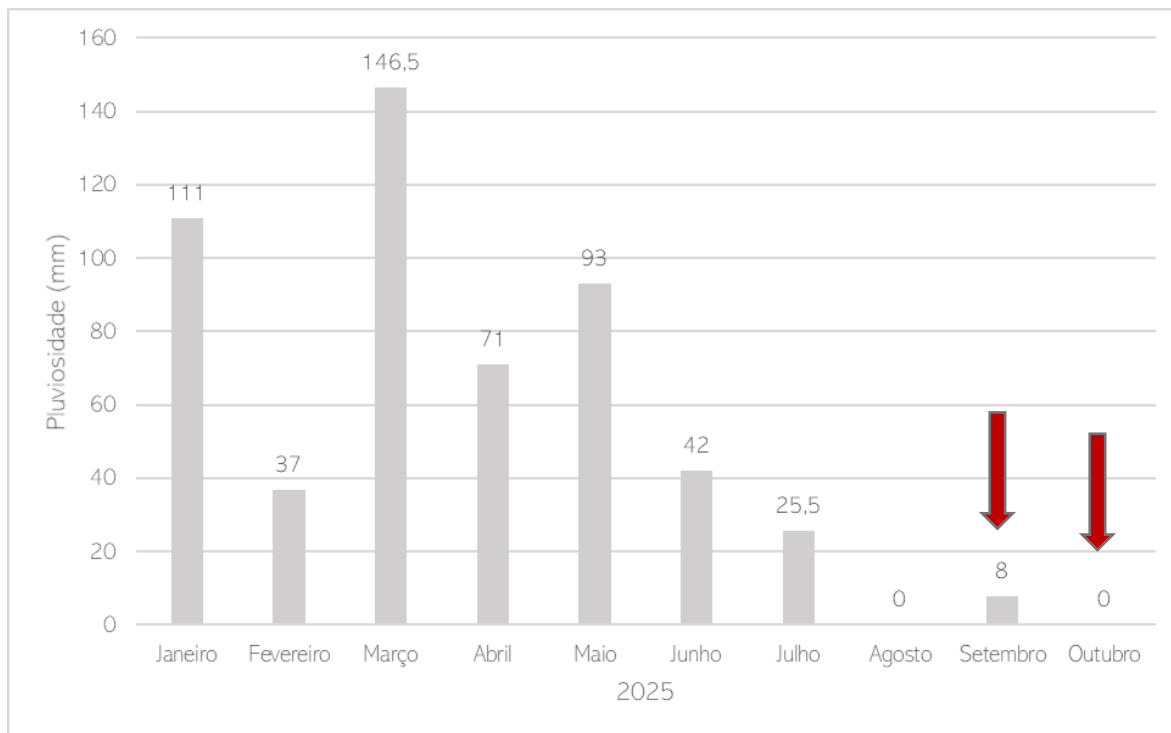


Figura 3. Pluviosidade registrada no ano de 2025 em Lagoa do Mato. Dados: FUNCEME ([http://www.funceme.br/?page\\_id=2694](http://www.funceme.br/?page_id=2694)). Setas vermelhas indicam os períodos da realização da campanha

As imagens seguintes representam o estado caducifólio da vegetação durante a campanha realizada (Figura 4), entre os dias 26 de setembro e 05 de outubro de 2025.















Figura 4. Vegetação caducifólia da área do Projeto Santa Quitéria durante a campanha seca de radiotelemetria no ano de 2025

Dada a sua duração de 10 dias, a realização da campanha contemplou dois ciclos lunares distintos, iniciando entre as fases de lua nova e crescente e finalizando na proximidade da lua cheia (Quadro 1).

Quadro 1. Datas de campo e período lunar de cada noite amostral

Mês	Setembro					Outubro				
Dia	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05
Fase	N-C	N-C	C	C	C	C	C	C-Ch	C-Ch	C-Ch
Lua										

Legenda: N-C - lua nova-crescente; C – lua crescente; C-Ch - lua crescente-cheia

## CETAS E ACOMPANHAMENTO POR MÉDICO VETERINÁRIO

Conforme solicitação e o Plano de Trabalho que subsidiou a autorização para a execução das atividades de monitoramento, foi alocada uma unidade de um Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) móvel para a realização das atividades de captura e manuseio dos espécimes de *Furipterus horrens*, considerando tanto as atividades de afixação dos transmissores quanto a busca ativa nos abrigos diurnos. A localização estabelecida para o CETAS considerou um ponto central na área de estudo visando facilitar o deslocamento das equipes em caso de necessidade de atendimento de algum espécime (Figura 7).

Em reunião prévia ao início do campo, o protocolo de manuseio foi adequado pelo médico veterinário Dr. Vinicius Gasparotto, que indicou a suplementação via oral com Glicocil®, suplemento de aminoácidos, complexo B e glicose, visando minimizar os efeitos negativos do manuseio e *stress* sobre os indivíduos manejados. Seguindo esse ajuste, apenas um dos espécimes capturados necessitou de atendimento durante a etapa de afixação dos radiotransmissores. Ressalta-se que durante a captura e marcação com anilhas, nenhum indivíduo precisou de atendimento veterinário e as atividades realizadas não resultaram em óbito de qualquer espécime.

Durante as atividades de busca ativa no abrigo diurno, o profissional acompanhou as equipes em campo, com equipamentos médicos portáteis para pronto atendimento. Na Figura 5 e Figura 6 encontra-se o registro da estrutura montada e o atendimento veterinário realizado.





Figura 5. Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) móvel



Figura 6. Atendimento realizado pelo Dr. Vinicius Gasparotto na estrutura do CETAS móvel



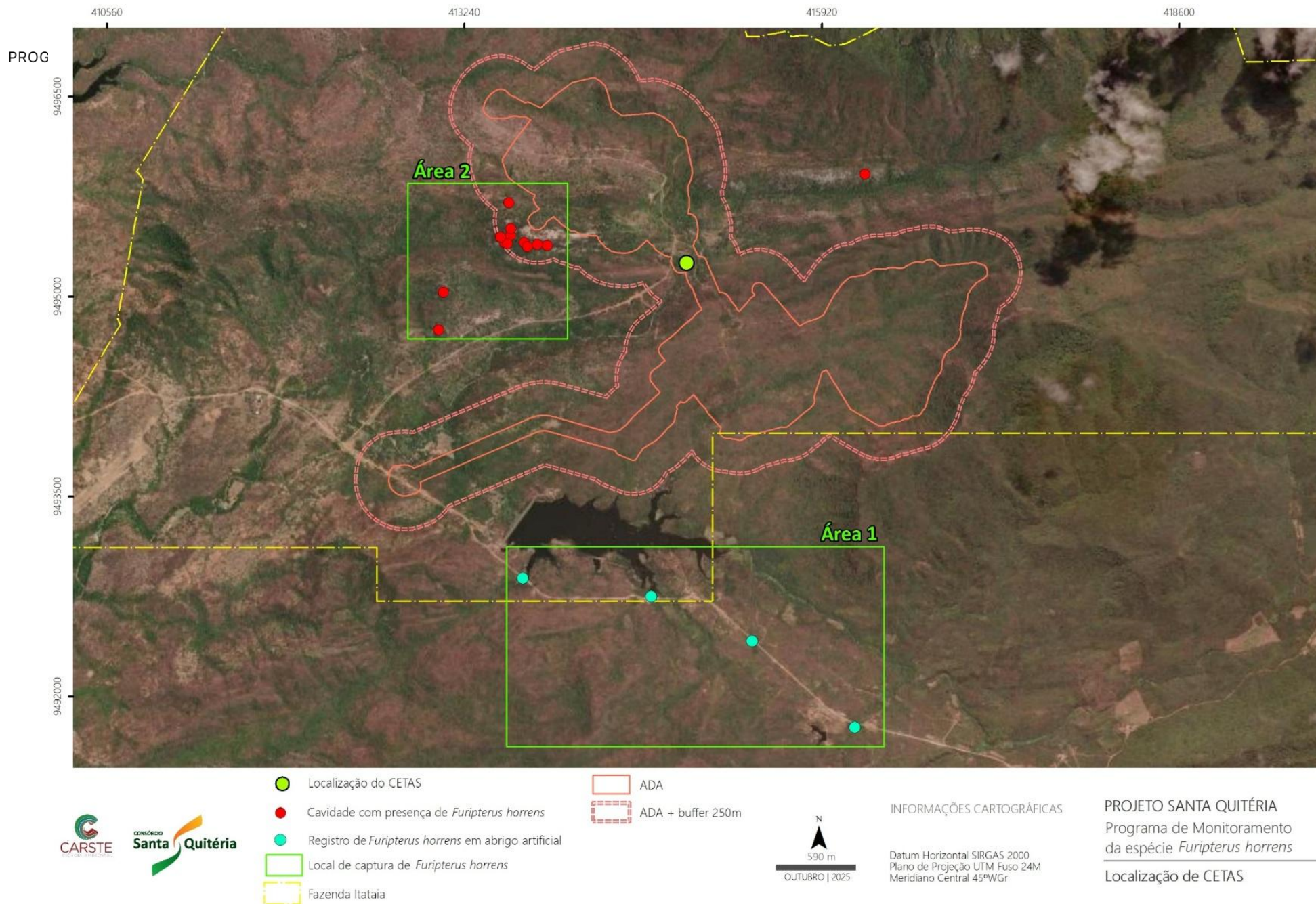


Figura 7. Localização do CETAS em relação aos pontos de registro de *Furipterus horrens* na área de estudo conforme Carste (2023) e Tetra (2023)

## INCURSÃO DIURNA

A incursão diurna foi realizada para avaliação de ocupação da caverna pela espécie, contando com estimativa visual do tamanho e a composição da colônia presente no local, além da captura de espécimes com puçás de hastes extensíveis, visando avaliar a permanência e fidelidade da colônia à cavidade. Os procedimentos de captura e coleta estão de acordo com as normas da resolução CFBio n.º 706, de 22/06/2024, que dispõe sobre captura, contenção e eutanásia de vertebrados, e com as sugestões do *Animal Care and Use Committee* (Sikes et al 2016). Destaca-se que, conforme indicação do veterinário responsável, todos os espécimes foram alimentados com Glicocil © visando minimizar os efeitos do *stress* sobre os indivíduos antes do início das etapas de triagem e identificação.

Todos os indivíduos capturados foram acondicionados individualmente em sacos de algodão. Foram aferidas medidas-padrão, como o comprimento do antebraço, obtido com uso de paquímetro de precisão de 0.05 mm, e o peso em gramas, aferido com o auxílio de dinamômetro apropriado ao porte do animal. Os indivíduos foram categorizados como juvenil ou adulto, de acordo com o grau de ossificação das epífises das falanges. Em termos do seu *status* reprodutivo, os machos foram classificados como reprodutivamente ativos, quando apresentaram os testículos descendentes, e adultos reprodutivamente inativos, quando os testículos se encontravam no interior da cavidade abdominal. As fêmeas foram categorizadas em grávidas, quando detectada a presença do feto durante a palpação do abdômen, e lactantes, quando as mamas estiveram secretando leite (Altringham 1998). As informações morfométricas dos espécimes capturados estão listadas no Anexo II.

A identificação foi preferencialmente realizada em campo, utilizando-se chaves e descrições encontradas nos trabalhos de Lim e Engstrom (2001), Gardner (2008) e literatura específica, quando apropriado. A taxonomia seguiu Simmons (2005), com adequações sugeridas por Garbino et al (2024). Os indivíduos capturados foram marcados com colares plásticos (braçadeira do tipo *tie-pin*) portando uma anilha metálica (BAND & TAG Co.) numerada individualmente. Depois de capturados, manuseados, triados e identificados, os indivíduos foram soltos no local de captura.



## MONITORAMENTO POR RADIOTELEMETRIA

### BUSCA ATIVA POR INDIVÍDUOS

Durante a busca ativa por indivíduos, todas as cavidades da Área 2 e os abrigos da Área 1 que contaram com registros durante os estudos de relevância (Carste 2023) foram visitados na primeira campanha. A Tabela 2 apresenta a listagem de abrigos visitados e a ocorrência de indivíduos de *Furipterus horrens* nas feições. No Anexo III consta a plotagem da ocorrência da espécie nos mapas topográficos das cavidades.

Tabela 2. Abrigos avaliados para o acompanhamento das populações (\*) Espécimes marcados com radiotransmissor; (AV) avistamento, sem captura

Cavidade/Abrigo	Coordenada SIRGAS 2000, Fuso 24M		Grupo	Tipo de abrigo	Presença da espécie
	X	Y			
EXT_01	413678	9492888	Área 1	Artificial	Sim
EXT_02	416169	9491769	Área 1	Artificial	-
EXT_03	414640	9492751	Área 1	Artificial	Sim*
EXT_04	415397	9492416	Área 1	Artificial	Sim
QUI-01	413587	9495462	Área 2	Cavidade	-
S-01	413047	9494750	Área 2	Cavidade	-
S-03	413081	9495034	Área 2	Cavidade	Sim*
SQ-0001	413688	9495405	Área 2	Cavidade	-
SQ-0003	413713	9495375	Área 2	Cavidade	-
SQ-0033	413543	9495402	Área 2	Cavidade	-
SQ-0034	413561	9495399	Área 2	Cavidade	Sim
SQ-0049	413510	9495447	Área 2	Cavidade	Sim*
SQ-0055	413587	9495509	Área 2	Cavidade	Sim - AV
W-03	413862	9495385	Área 2	Cavidade	-
W-10	413786	9495391	Área 2	Cavidade	-
W-16	413574	9495705	Área 2	Cavidade	-

Foi observado um baixo número de espécimes de *Furipterus horrens* nas cavidades monitoradas, o que já era esperado para esse tipo de estudo. Isso ocorreu devido à baixa disponibilidade de espécimes adultos com o peso mínimo nos abrigos naturais e artificiais. Esse resultado é similar ao observado durante os estudos de inventariamento das cavidades (Carste 2023), as quais apresentaram menores quantitativos dos espécimes na estação seca. No item de Resultados, a

sazonalidade observada será tratada de forma comparativa entre as etapas de inventariamento e monitoramento.

Seguindo o Programa de monitoramento da espécie ameaçada *Furipterus horrens* proposto, as atividades de radiotelemetria consistiram no rastreo de indivíduos por emissão e recepção de sinais de radiofrequência (VHF). Os morcegos foram capturados no interior e entorno das cavidades S-03 e SQ-0049 e do abrigo artificial EXT\_03. Os morcegos foram triados e tiveram afixados ao seu dorso um radiotransmissor miniaturizado (modelo LB-2X, Holohil Systems, Canadá - Figura 8) com cola cirúrgica de cianoacrilato. Os transmissores apresentaram peso total de 0,27g (disposto em escala na Figura 9), representando o limite de 5% do peso total corporal (peso médio ~4g), conforme regra da carga máxima (Aldridge e Brigham 1988).



Figura 8. Transmissor LB-2X, Holohil System (Fonte: Holohil)



Figura 9. escala do Transmissor LB-2X, Holohil System

Para atender a uma das etapas do monitoramento, adequou-se o uso da técnica de “*homing*”, ou seja, rastrear os abrigos diurnos da espécie em questão. Antes do início das atividades de rastreamento dos indivíduos, os abrigos diurnos foram vistoriados, visando avaliar a ocupação dos espécimes e sua subsistência após a afixação do transmissor.

De forma complementar, visando estabelecer o uso do espaço pela espécie, utilizou-se a técnica de triangulação, na qual as equipes, portando um radiorreceptor modelo RX-SPECIAL *Tracking System* (*Communication Specialists Inc.*, Canadá) e uma antena direcional YAGI acoplada, registraram através da angulação, o posicionamento dos indivíduos, tomado com bússola Suunto modelo KB-14/360r. Cada local de registro teve também a coordenada registrada com o auxílio de GPS (Garmin 60x). As frequências utilizadas foram previamente consultadas quanto à interferência com redes de rádio locais, aeroportos e demais empresas na área de estudo, sendo tais dados fornecidos pelo contratante.

Abaixo estão listadas as frequências utilizadas e o número de localizações válidas das quais são estimados o posicionamento a partir das triangulações de campo (Tabela 3). Todas as informações obtidas foram registradas em fichas de campo específicas para a atividade.

Tabela 3. Tabela frequências utilizadas durante a primeira campanha

Modelo	Frequência	Pulso	Peso	N. localizações válidas
LB-2X	172.063	0,58	0,27	32
LB-2X	172.123	0,57	0,27	2
LB-2X	172.181	0,57	0,27	9
LB-2X	172.245	0,60	0,27	3
LB-2X	172.365	0,57	0,27	6
LB-2X	172.451	0,57	0,27	6
LB-2X	172.544	0,58	0,27	42
LB-2X	172.752	0,58	0,27	33

Três equipes percorreram toda a área de estudo acompanhando os sinais de radiofrequência individualizados, sendo ao todo, oito indivíduos marcados na primeira campanha de monitoramento. Os registros foram tomados durante sete horas de atividade, considerando dois picos de atividade dos quirópteros, contemplando 1h do período prévio à saída dos espécimes (Aguar e Marinho-Filho 2004, Thies et al 2006). A varredura aconteceu de forma contínua para todas as frequências, durante seis noites subsequentes para cada indivíduo na campanha, com duração total de dez dias, e todos os registros foram contabilizados para análises posteriores. Destaca-se que, devido ao pequeno tamanho corporal da espécie monitorada, há limitação da duração da bateria do transmissor, uma vez que a bateria do equipamento deve ser suficientemente menor, conforme relatado também em Ribeiro (2019).

A Figura 10 indica os procedimentos metodológicos realizados nas atividades de campo, incluindo o esforço de captura dos espécimes nas cavidades e abrigos artificiais, a triagem do indivíduo e a afixação e acompanhamento por radiotelemetria.





Figura 10. Procedimentos metodológicos das atividades de campo. superior à direita: instalação de redes de neblina na cavidade S-01; superior central: captura ativa com puçás; superior à esquerda: captura ativa nos dutos de drenagem pluvial; Central à esquerda: administração de suplemento alimentar; central e à esquerda: triagem dos espécimes, inferior à esquerda e central: transmissor de rádio; inferior à direita: técnico em atividade de triangulação



Destaca-se que a área de estudo foi setorizada para o acompanhamento dos espécimes, considerando as dificuldades associadas à elevada declividade do relevo na região. Para todos os setores, o primeiro pico de atividade dos morcegos foi contemplado (entre 17:30 e 19:30), visando amostrá-los adequadamente e equitativamente, incluindo pontos dentro da Área Diretamente Afetada (ADA), nas Áreas de Influência Espeleológicas (AIEs) propostas e no entorno dos abrigos diurnos. Na Figura 12 estão caracterizados os setores e os raios de alcance de cada equipe de triangulação, conforme aferição realizada.

## ANÁLISE DE DADOS

Os dados de presença da espécie analisada foram comparados quanto a sua ocorrência na estação climática para os dados do inventariamento bem como os de monitoramento. Para isso foram submetidos ao teste de homogeneidade das variancias (Levene) e, partindo disso, análises não paramétricas (Kruskal-Wallis) ou paramétrica (ANOVA) foram realizadas visando testar a diferença entre os grupos de dados avaliados. Todas as análises foram realizadas nos *softwares* PAST (Hammer 2001) e R (R Core Team 2019).

Para a análise de radiotelemetria, os dados obtidos a partir da triangulação foram submetidos aos estimadores *Maximum likelihood* e *Best Biangulation* após a correção magnética dos azimutes, utilizando o *software* LOAS 4.0 (*Ecological Software Solutions, Inc.*). As localizações estimadas para cada indivíduo monitorado foram subsequentemente analisadas no *software* Biotas 2.0 (*Ecological Software Solutions, Inc.*), nas quais foram estimadas as áreas de vida (*Home range*) e o polígono de ocorrência (Mínimo polígono convexo - MCP) para os registros. O conceito de *home range* esteve de acordo com a definição de Kernohan et al (2001), considerando assim a área com maior probabilidade de ocorrência durante um intervalo de tempo definido. As estimativas de Kernel foram definidas como as áreas de maior probabilidade de ocorrência e estimadas nos *softwares* mencionados. Todos os dados gerados foram incorporados ao ArcGis (Figura 11).

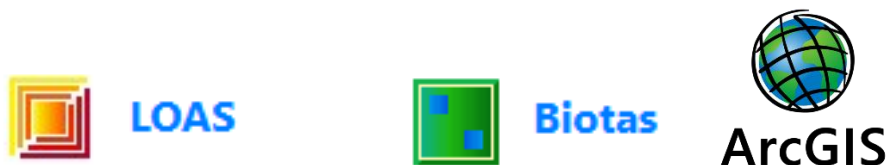


Figura 11. *Softwares* utilizados para as análises de uso do espaço pela espécie *Furipterus horrens*

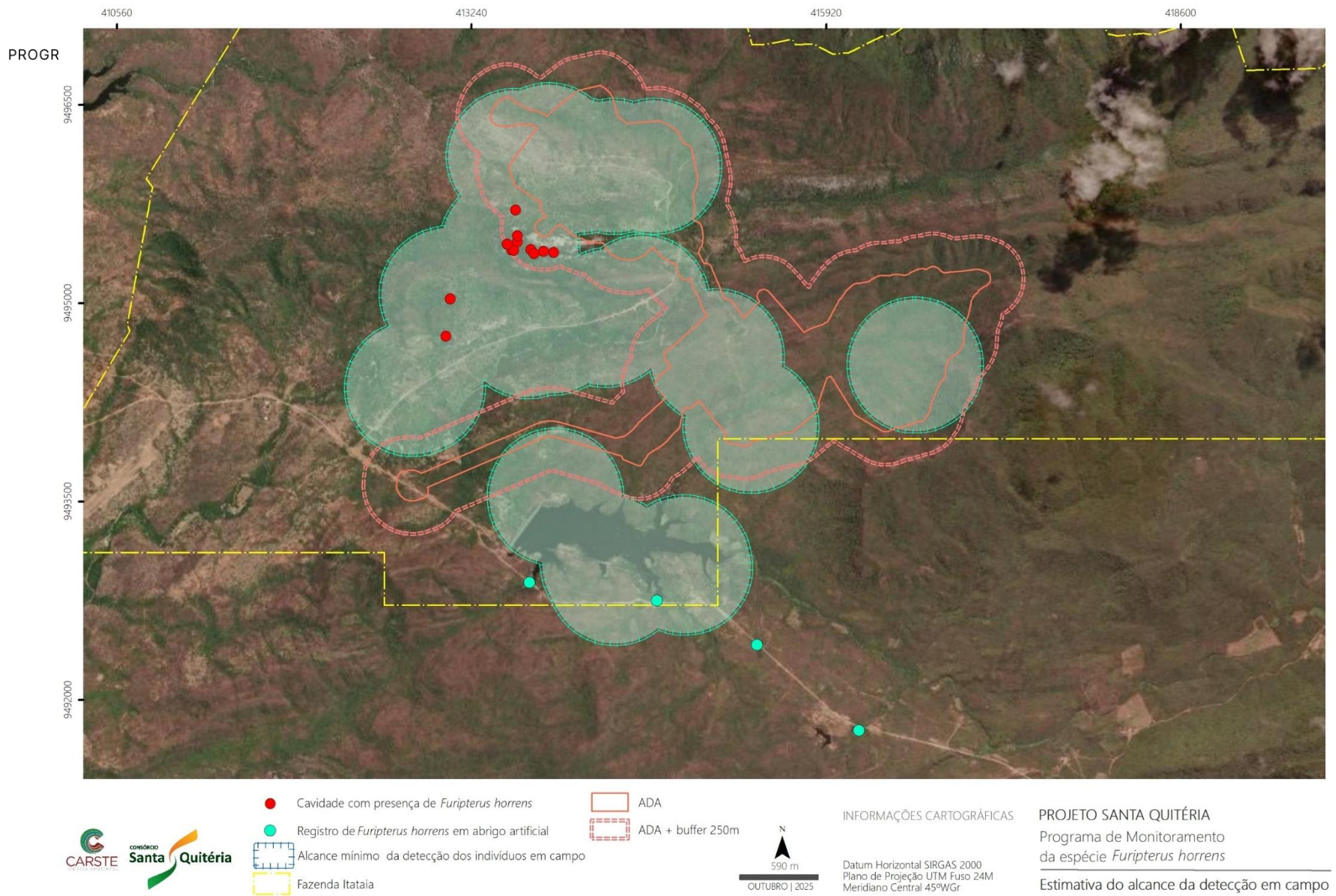


Figura 12. Alcance mínimo dos radiodetectores em campo e a cobertura espacial do estudo

## RESULTADOS

As atividades realizadas no escopo do monitoramento da espécie ameaçada *Furipterus horrens* serão tratadas individualmente conforme a metodologia aplicada. Os resultados iniciam com as primeiras avaliações da ocupação dos abrigos pela espécie e resultados das técnicas de “homing” e, em seguida, as informações obtidas pela análise espacial através dos métodos da radiotelemetria.

### UDO DOS ABRIGOS DIURNOS E TÉCNICA DE *HOMING*

A campanha realizada durante a estação seca evidenciou uma baixa ocupação das cavidades pela espécie, contando com registros de capturas em apenas três cavidades: S-03, SQ-0034 e SQ-0049 e um avistamento na SQ-0055, conforme Quadro 2. A maior parte dos espécimes registrados esteve nos abrigos localizados sob a estrada de acesso à área de estudo, em três das quatro manilhas localizadas na região. O menor número de espécimes na estação seca vai ao encontro dos dados obtidos durante os estudos de inventariamento bioespeleológico, que contou com a ocorrência de *Furipterus horrens* em seis das 13 cavidades com a presença do táxon durante a mesma estação. Quando considerada a estação úmida, houve incremento no quantitativo registrado (Carste 2023).

Quadro 2. Ocorrência comparativa da espécie *Furipterus horrens* nas cavidades da área de estudo (\*) Dados em Tetra (2023)

Etapa	Inventariamento		Monitoramento
Cavidades/Estação	Seca	Úmida	Seca
QUI-01	21	-	-
S-01	-	53	-
S-03	14	61	8
SQ-0001	-	41	-
SQ-0003	30	53	-
SQ-0033	2	-	-
SQ-0034	-	1	6
SQ-0049	8	-	4
SQ-0055	3	-	1 (avistamento)
W-03	-	4	-
W-10	-	10	-
W-16	-	23	-
EXT_01	1*	-	9

Etapa	Inventariamento		Monitoramento
Cavidades/Estação	Seca	Úmida	Seca
EXT_02	1*	-	-
EXT_03	1*	-	7
EXT_04	-	-	6

Ao todo, 24 espécimes foram capturados durante as atividades em campo e, desse valor, 19 foram machos e cinco fêmeas. Dentro desse quantitativo, cinco indivíduos jovens foram registrados em todas as capturas (Figura 13). Com novas campanhas será possível realizar análises sobre as diferenças entre machos e fêmeas nos abrigos e no uso do espaço o que será uma contribuição relevante para o conhecimento da ecologia da espécie e da avaliação do uso de acordo com o escopo do monitoramento.

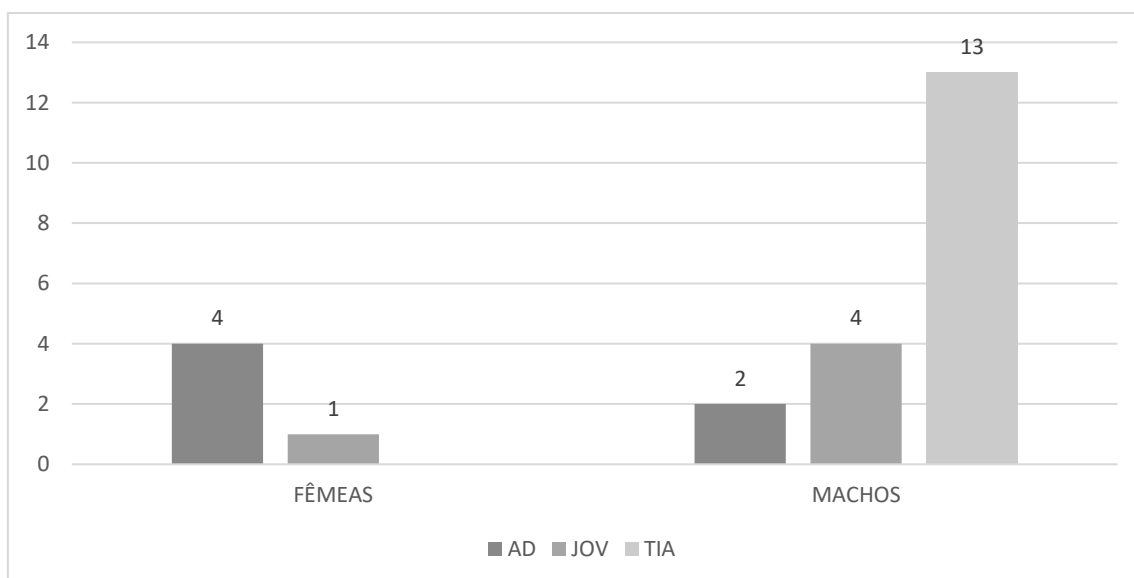


Figura 13. Registros de machos e fêmeas na primeira campanha de monitoramento do Projeto Santa Quitéria, Legenda: AD - Adulto, JOV – jovens, TIA – testículo intra-abdominal

A literatura indica que, usualmente, *Furipterus horrens* ocupam regiões específicas das cavidades, em buracos nas paredes, que representam uma proteção adicional no interior da cavidade (Arroyo-Cabrales 2019). O que foi possível observar durante a campanha é que a espécie evade rapidamente das cavidades, que são usualmente dispostas em tálus e apresentam diversas entradas e claraboias. Os locais de ocupação das colônias de *Furipterus* nas cavidades estão plotados no Anexo III. Ao longo das campanhas, o uso das cavidades também será avaliado conforme a estação climática (Figura 18).



A maioria dos indivíduos registrados durante a primeira campanha esteve associada aos abrigos artificiais, representados por construções que permitem a passagem de água de drenagens intermitentes sob a estrada intermunicipal CE-366. Dois tipos distintos de construções foram observados, formados por estruturas arredondadas e pré-moldadas de concreto e retangulares de alvenaria, conforme a Figura 14 exemplifica. Não foi observada, durante a campanha, a preferência por uma configuração específica desses abrigos.



Figura 14. Abrigos artificiais (antrópicos) utilizados por *Furipterus horrens* na área de estudo

Os dados de acompanhamento pelo método de *homing* indicaram que alguns dos espécimes marcados modificaram seu abrigo original durante a campanha realizada. No quadro abaixo estão listados os espécimes, seu abrigo (natural ou artificial) original e as mudanças de ocupação diurna durante os dias subsequentes da campanha.

Quadro 3. Espécimes acompanhados e mudanças em relação ao abrigo original

Indivíduo	Frequência	Sexo	Abrigo inicial	Abrigos secundários
2_063	172.063	Fêmea	EXT_03	Fenda no entorno da S-03
2_123	172.123	Macho	EXT_03	-
2_181	172.181	Fêmea	S-03	-



Indivíduo	Frequência	Sexo	Abrigo inicial	Abrigos secundários
2_245	172.245	Macho	S-03	-
2_365	172.365	Macho	SQ-0049	Fenda entre SQ-0031 e SQ-0034
2_451	172.451	Fêmea	SQ-0049	SQ-0048
2_544	172.544	Fêmea	EXT_03	-
2_752	172.752	Macho	EXT_03	-

Conforme indicado, três indivíduos apresentaram modificações em relação à captura original. Um marcado originalmente no abrigo artificial e dois registrados na cavidade SQ-0049. O indivíduo 2\_063 foi capturado e registrado inicialmente no abrigo EXT\_03 nos dois primeiros dias e, nos dias subsequentes, foi identificado nas fendas localizadas à montante da cavidade S-03.



Figura 15. Fenda à montante da cavidade S-03 onde o indivíduo 2\_063 foi registrado

Já o indivíduo 2\_365, capturado originalmente na cavidade SQ-0049 foi registrado, em um dos eventos de *homing*, em uma fenda entre as cavidades SQ-0031 e SQ-0034 (Figura 16). O segundo indivíduo capturado na cavidade SQ-0049, 2\_451, foi registrado na cavidade ao lado, SQ-0048, no terceiro dia após a captura. Os demais permaneceram em seus abrigos originais.



Figura 16. Fenda ocupada pelo indivíduo 2\_365, inicialmente marcado na cavidade SQ-0049

Para as cavidades com ocorrência da espécie, a estação seca pode afetar o uso desses ambientes. As temperaturas máximas registradas na região de Lagoa do Mato nos meses de setembro e outubro estão na casa dos 34°C (Climatempo

2025) e, com a ausência de folhagens na vegetação, esses ambientes podem apresentar temperaturas mais elevadas em relação à estação úmida. Utilizando os dados do inventariamento (Carste 2023), percebe-se maior valor de registros e mais cavidades com ocorrência da espécie, embora seja marginalmente significativo ( $F=3,73$ ;  $p=0,052$

- Figura 17). A preferência observada, nessa campanha, pelos abrigos artificiais pode estar relacionada às características desses

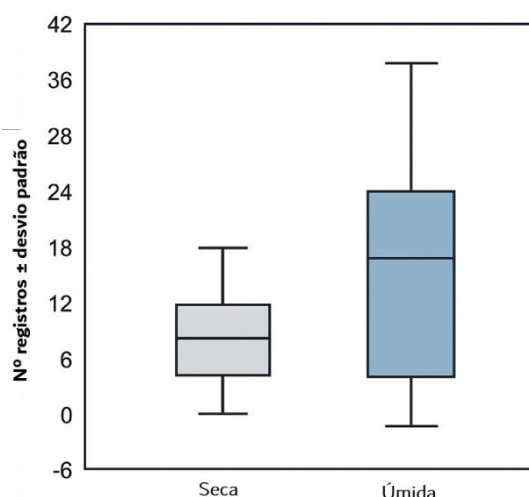


Figura 17. *Boxplot* com os dados de inventariamento para a ocupação das cavidades entre as estações

ambientes, que contam com maior cobertura de vegetação arbórea (embora sem folhas, oferece sombra) e a proximidade com o maior corpo d'água da região, um açude a cerca de 400 m do abrigo mais próximo. Será interessante avaliar se existirá modificações nos padrões de ocupação do táxon em relação aos abrigos artificiais *versus* cavidades na campanha referente à estação úmida. No mapa a seguir encontra-se a espacialização das ocorrências de *Furipterus horrens* nos abrigos e cavidades durante a primeira campanha do monitoramento (Figura 18).



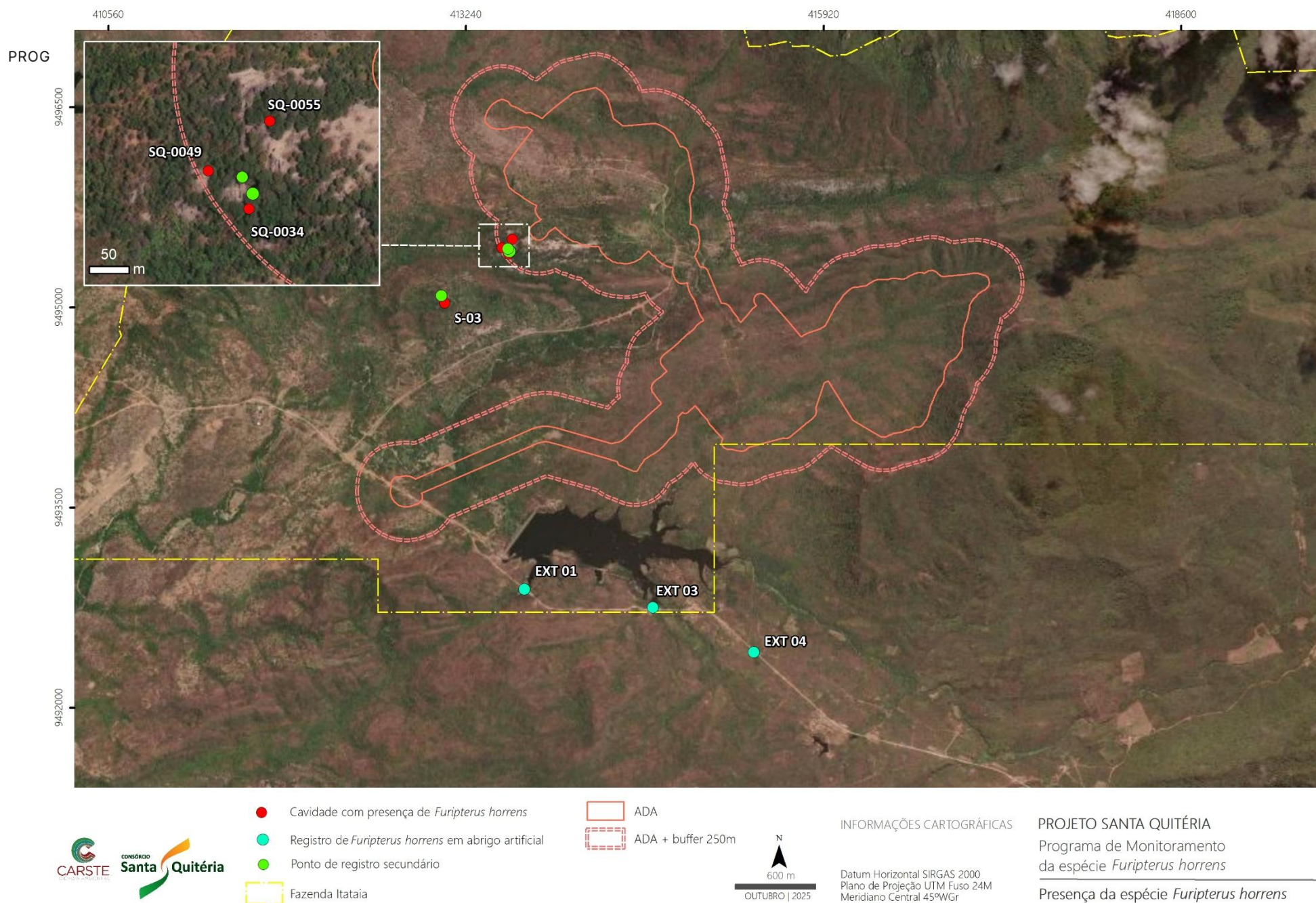


Figura 18. Ocorrência da espécie *Furipterus horrens* na área de estudo durante a campanha seca

## USO DO ESPAÇO POR *FURIPTERUS HORRENS*

As atividades de campo efetivamente amostraram oito indivíduos com radiotransmissores, sendo quatro machos e quatro fêmeas. Ressalta-se o baixo número de indivíduos ocupando os abrigos e a presença de espécimes jovens, os quais não podem ser marcados de acordo com os manuais de boas práticas no manejo da fauna (CFBio 2024, Sikes et al 2016). Uma segunda limitação, conforme apresentado no plano de trabalho, é o tamanho corporal dos indivíduos, que foi considerado na seleção dos espécimes. Na descrição dos resultados cada indivíduo será abordado separadamente e, posteriormente, os dados serão discutidos visando estabelecer as áreas de forrageio preferencial da espécie. Destaca-se ainda que os presentes resultados são competentes para avaliação na sazonalidade em que foram realizados os estudos. As eventuais peculiaridades no uso do espaço decorrentes de variações sazonais poderão ser detectadas com a campanha de estação úmida.

### INDIVÍDUO 2\_063

O indivíduo 2\_063 foi inicialmente capturado na manilha EXT\_03, sendo uma fêmea adulta sem características reprodutivas. As análises de movimento do indivíduo indicaram que não há preferência em relação aos ambientes e que as mudanças de direção são aleatórias ( $R=0,19$ ,  $p=0,18$ - Figura 19). A área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) totalizou 1140,81 ha (Figura 20). Suas elipses de movimentação indicam as áreas preferenciais de voo, a partir dos dados de campo.

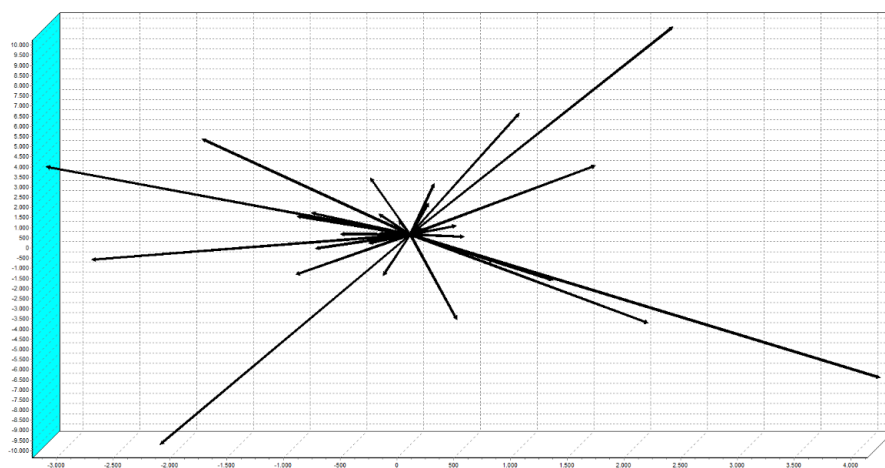


Figura 19. padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_063 (m)

Ao avaliar a ocupação do polígono gerado, no contexto atual da área de estudo, a fitofisionomia mais representativa foi savana arbórea, seguido pela savana florestal (Figura 20). No cenário de implantação e operação do empreendimento, a área sobrepõe estruturas como a mina, a pilha, o dique, acessos e áreas operacionais, conforme a Figura 21.



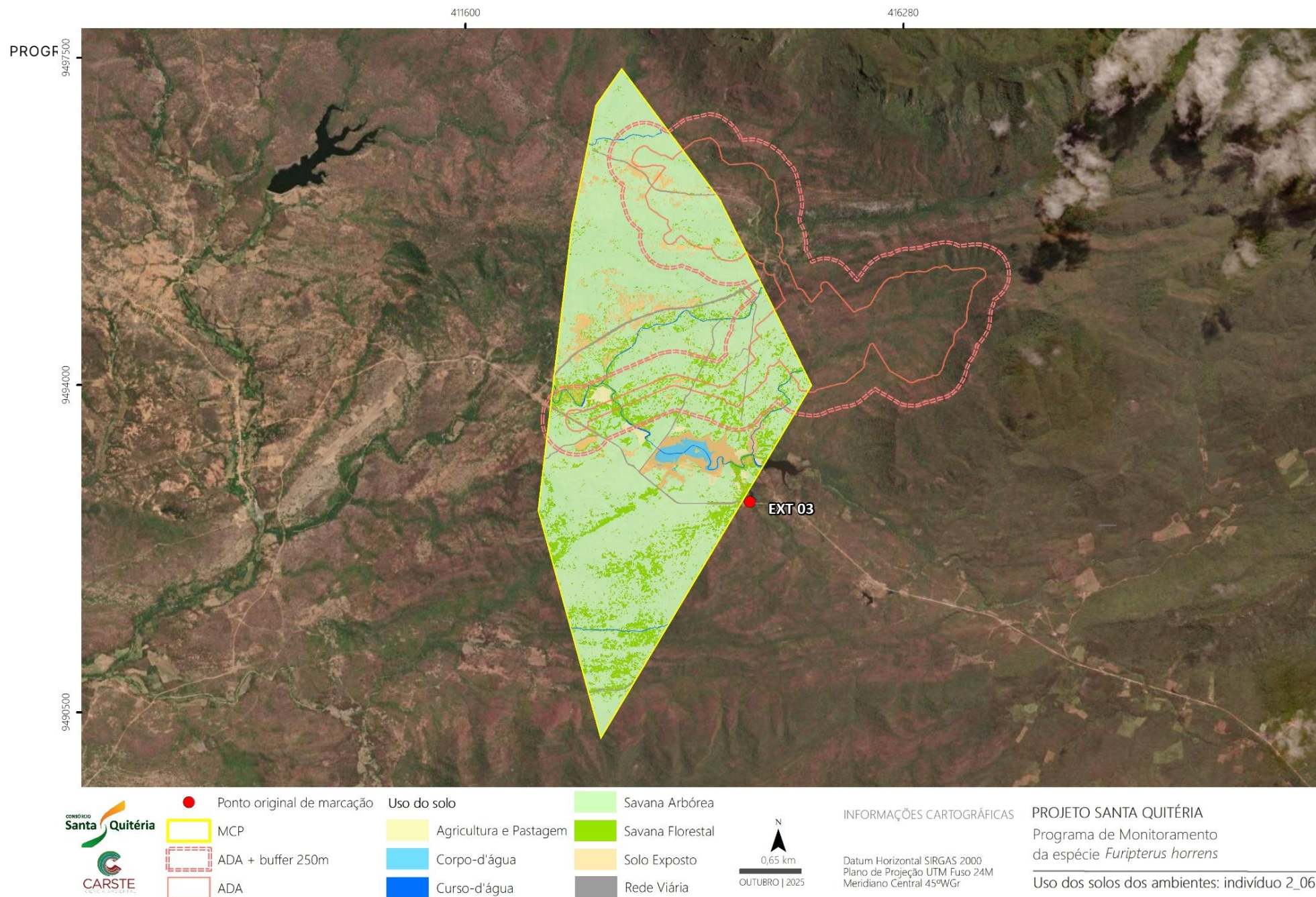


Figura 20. Uso e ocupação do solo na área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) do indivíduo 2\_063



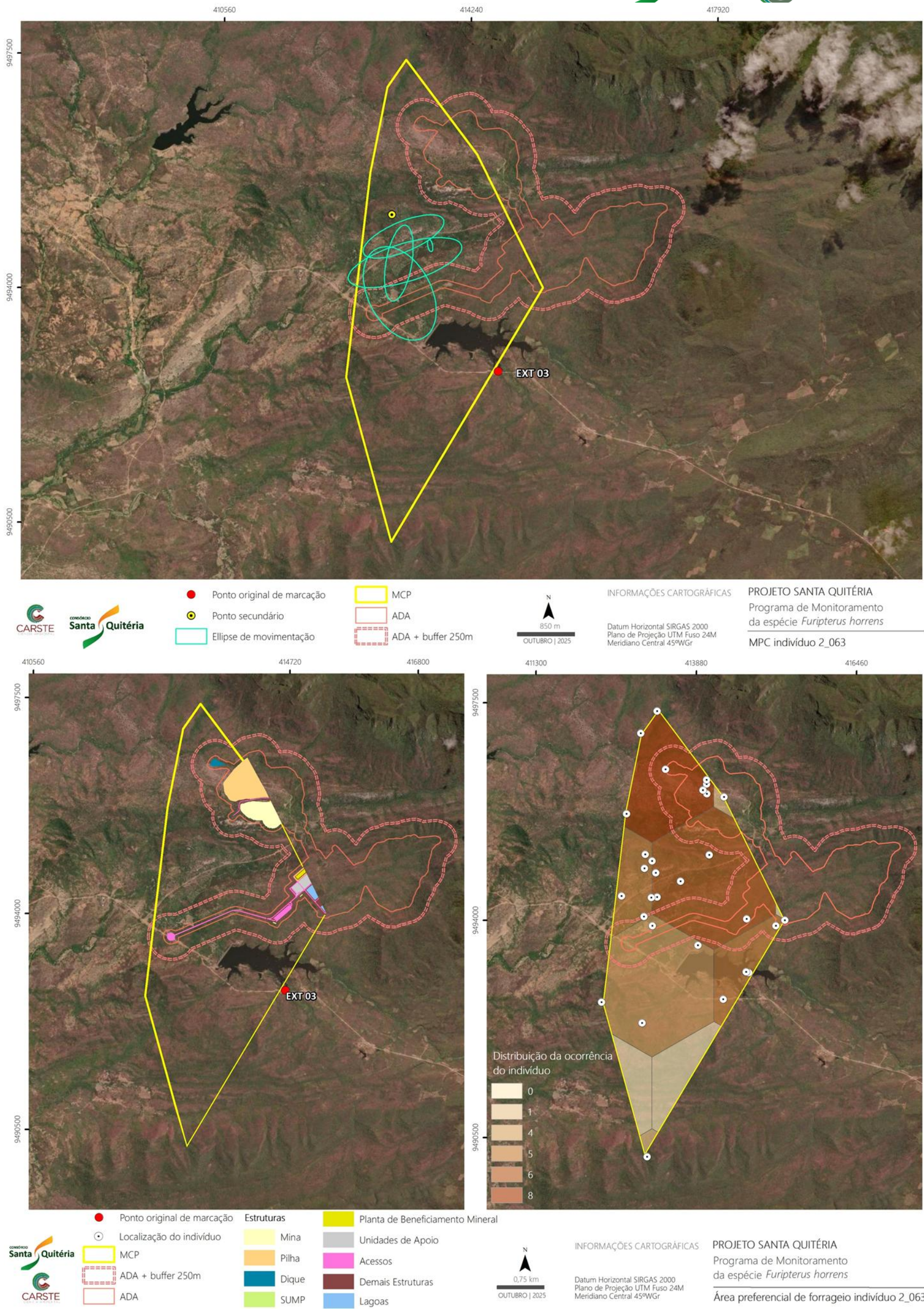


Figura 21. Mínimo Polígono Convexo (MCP), pontos de abrigos diurnos, estruturas da área diretamente afetada (ADA) e polígonos de frequência dos pontos estimados do indivíduo 2\_063



## INDIVÍDUO 2\_181

O indivíduo 2\_181 foi inicialmente capturado na manilha EXT\_03, sendo uma fêmea adulta sem características reprodutivas. As análises de movimento do indivíduo indicaram que não há preferência em relação aos ambientes e que as mudanças de direção são aleatórias ( $R=0,013$ ,  $p=0,35$ -Figura 22). Suas elipses de movimentação indicam as áreas preferenciais de voo, a partir dos dados de campo.



Figura 22. padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_181 (m)

O indivíduo monitorado apresentou a área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) de 227,41 ha, com predominância das fitofisionomias de savanas arbustivas e arbóreas, conforme disposto na Figura 23. No cenário considerando as alterações previstas para a etapa de operação do empreendimento, a área MCP do indivíduo sobrepõe apenas aos acessos, conforme a Figura 24.

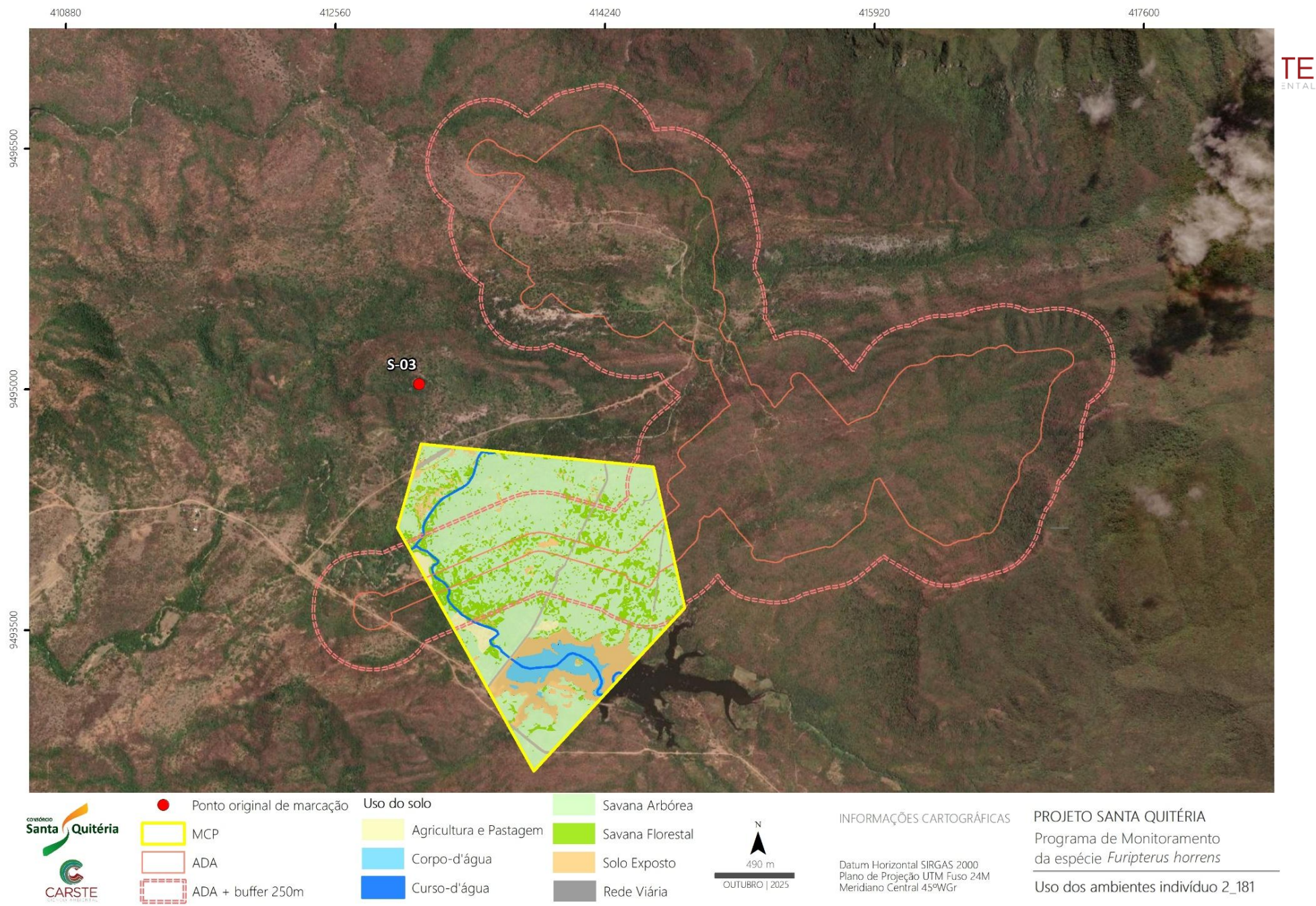


Figura 23. Uso e ocupação do solo na área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) do indivíduo 2\_181



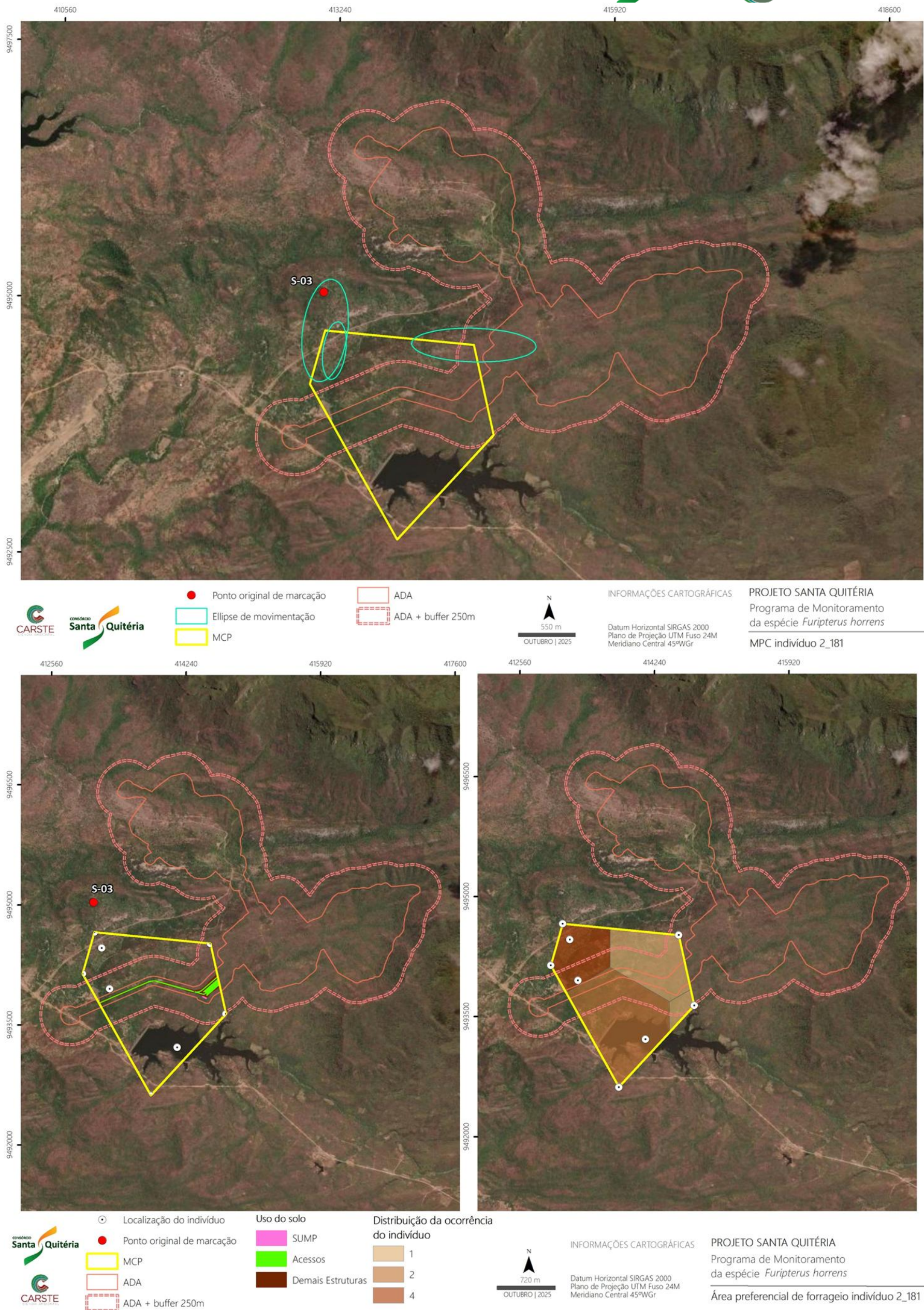


Figura 24. Mínimo Polígono Convexo (MCP), pontos de abrigos diurnos, estruturas da área diretamente afetada (ADA) e polígonos de frequência dos pontos estimados do indivíduo 2\_181



## INDIVÍDUO 2\_365

O indivíduo 2\_365 foi inicialmente capturado na cavidade SQ-0049, sendo um macho adulto sem características reprodutivas. As análises de movimento do indivíduo indicaram que não há preferência em relação aos ambientes e que as mudanças de direção são aleatórias ( $R=0,208$ ,  $p=0,06$  –Figura 25. O mapa indica também as elipses de movimentação, que correspondem às áreas preferenciais de voo, a partir dos dados obtidos em campo.

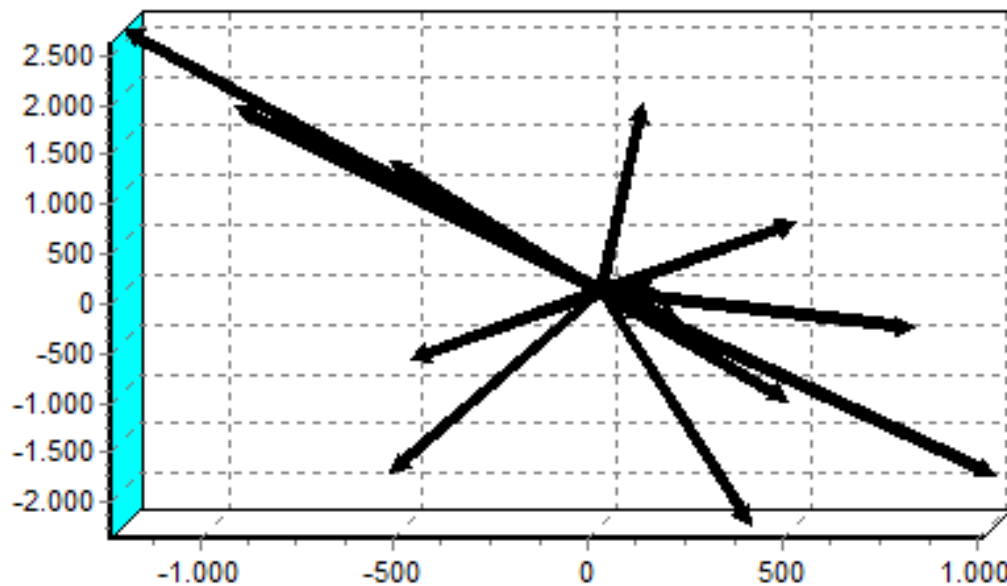


Figura 25. Padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_365 (m)

Apresentou a área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) de 369,53 ha, com predominância da fitofisionomia de savana arbórea, que ocupa a maior parte do MCP estimado (Figura 26).

No cenário do empreendimento, a área sobrepõe estruturas como a mina, a pilha e a planta de beneficiamento mineral, conforme Figura 27.



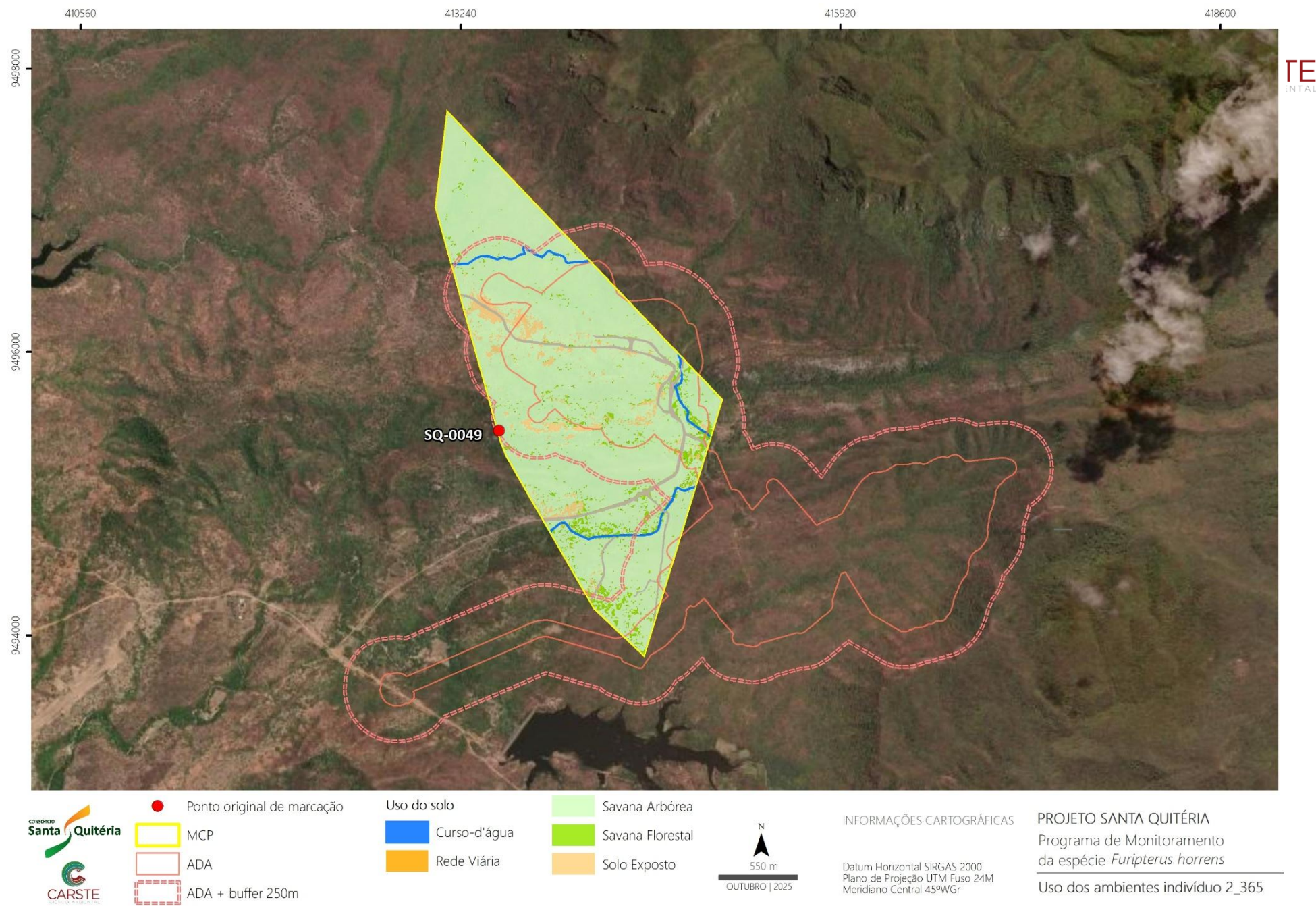


Figura 26. Uso e ocupação do solo na área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) do indivíduo 2\_365



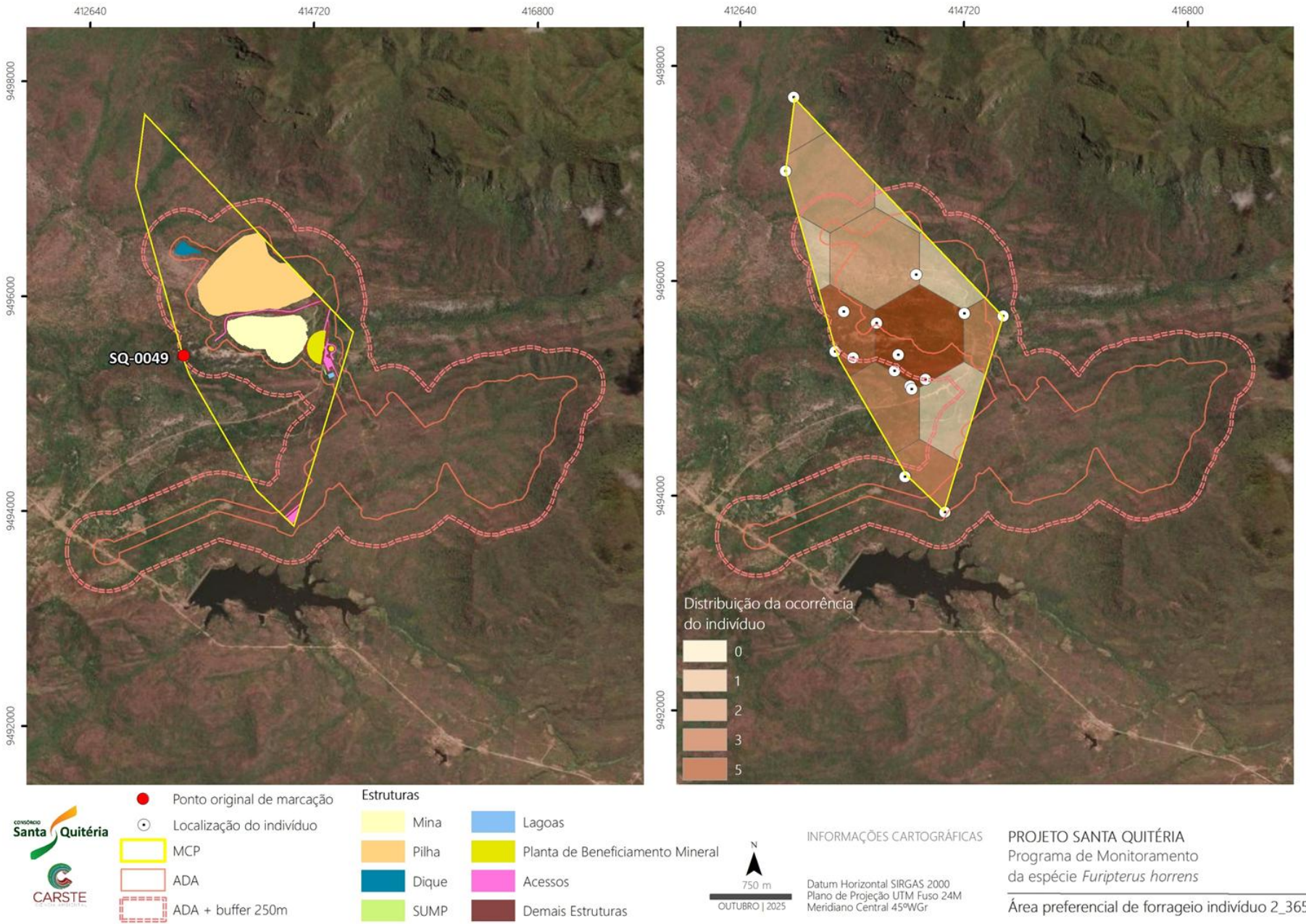
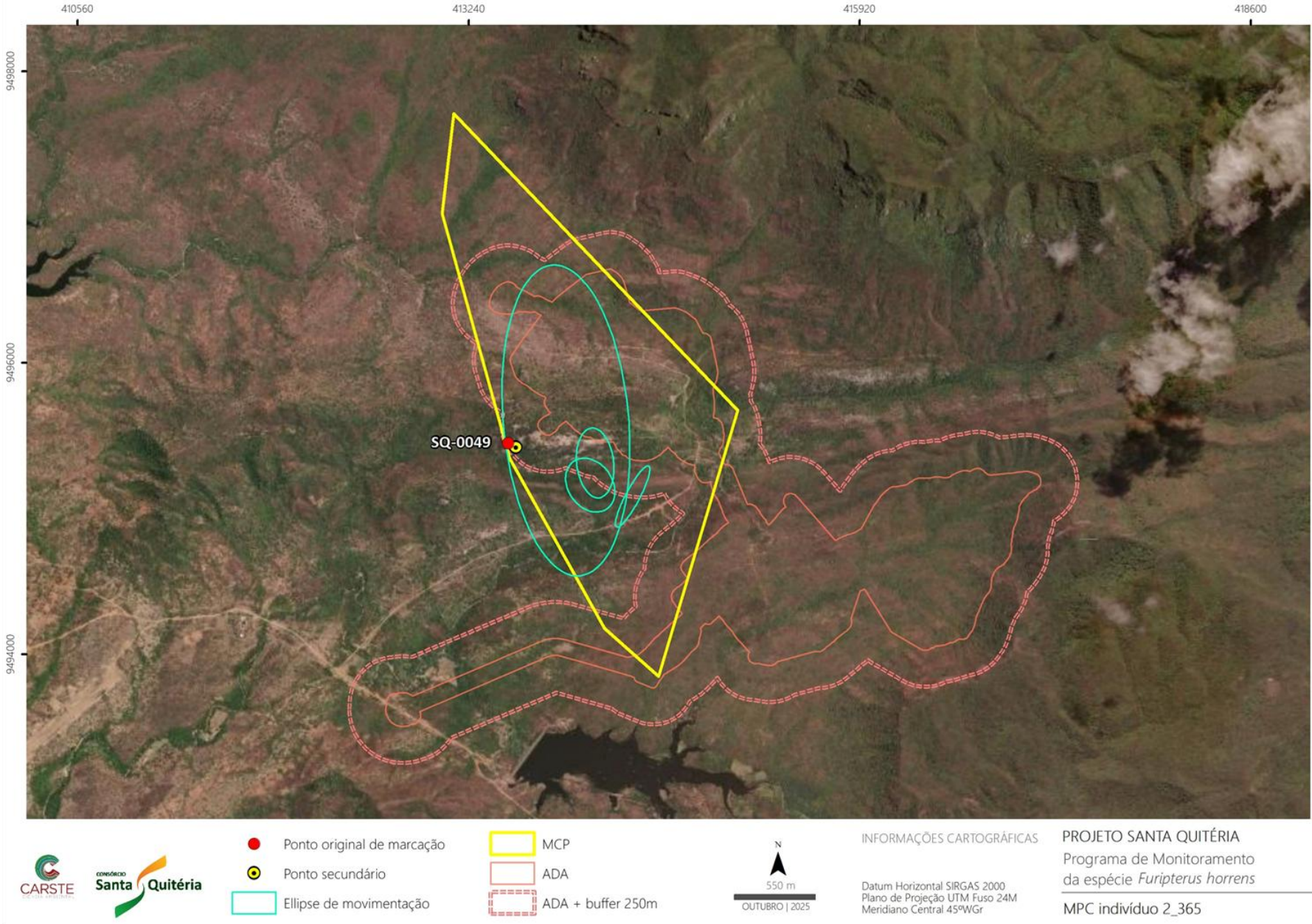


Figura 27. Mínimo Polígono Convexo (MCP), pontos de abrigos diurnos, estruturas da área diretamente afetada (ADA) e polígonos de frequência dos pontos estimados do indivíduo 2\_365



## INDIVÍDUO 2\_544

O indivíduo 2\_544 foi inicialmente capturado na manilha EXT\_03, sendo uma fêmea adulta sem características reprodutivas. As análises de movimento do indivíduo indicaram que não há preferência em relação aos ambientes e que as mudanças de direção são aleatórias ( $R=0,185$ ,  $p=0,023$  - Figura 28). O mapa indica também as elipses de movimentação, que correspondem às áreas preferenciais de voo, a partir dos dados obtidos em campo.

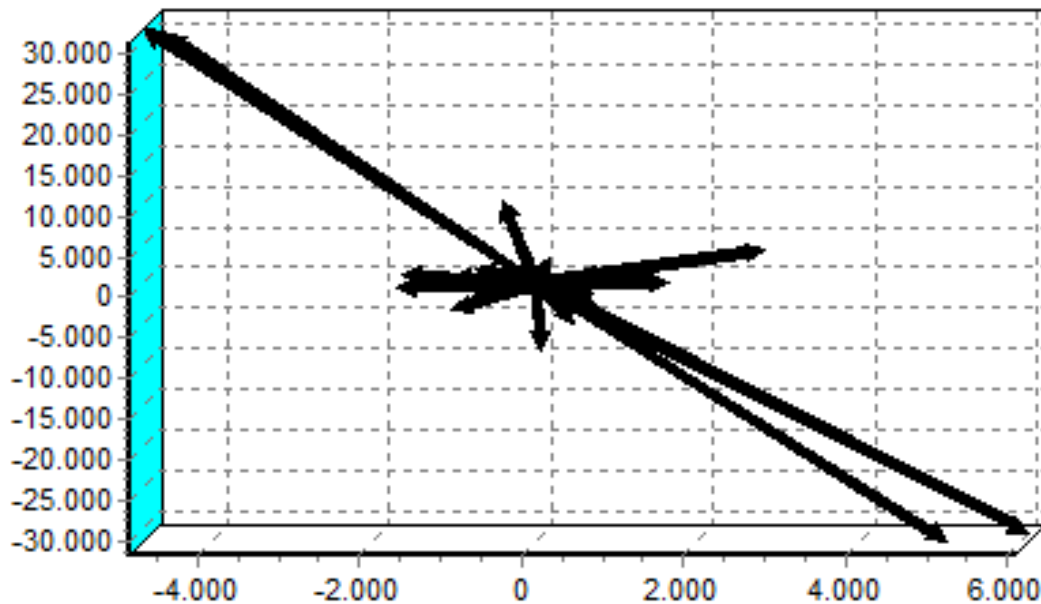


Figura 28. Padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_544 (m)

O indivíduo apresentou a área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) correspondente a 784,97 ha, com predominância da fitofisionomia de savana arbórea, predominante na região (Figura 29).

No cenário de operação do empreendimento, a área sobrepõe estruturas como a mina, a pilha e acessos, conforme ilustrado na Figura 30.

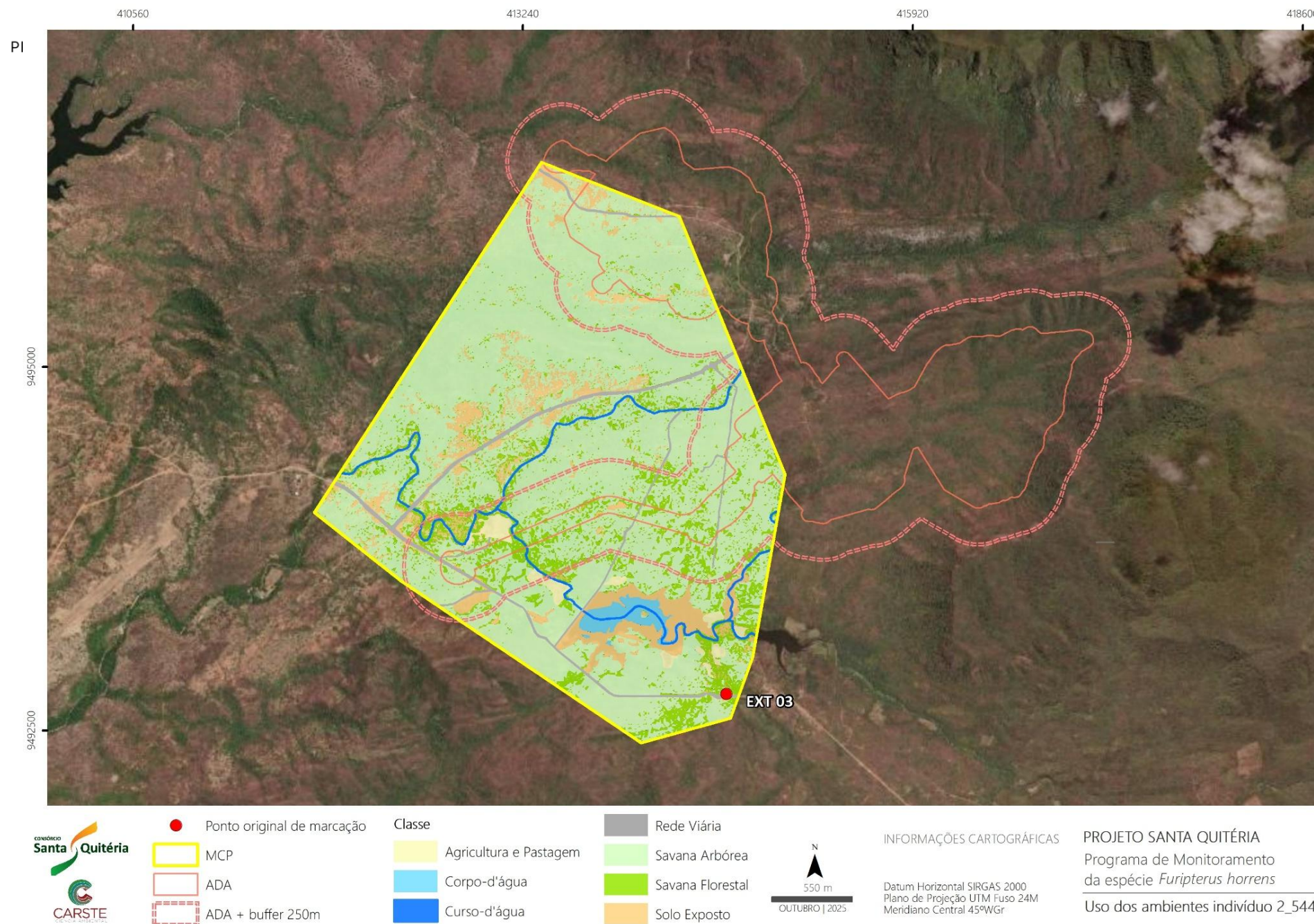


Figura 29. Uso e ocupação do solo na área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) do indivíduo 2\_544



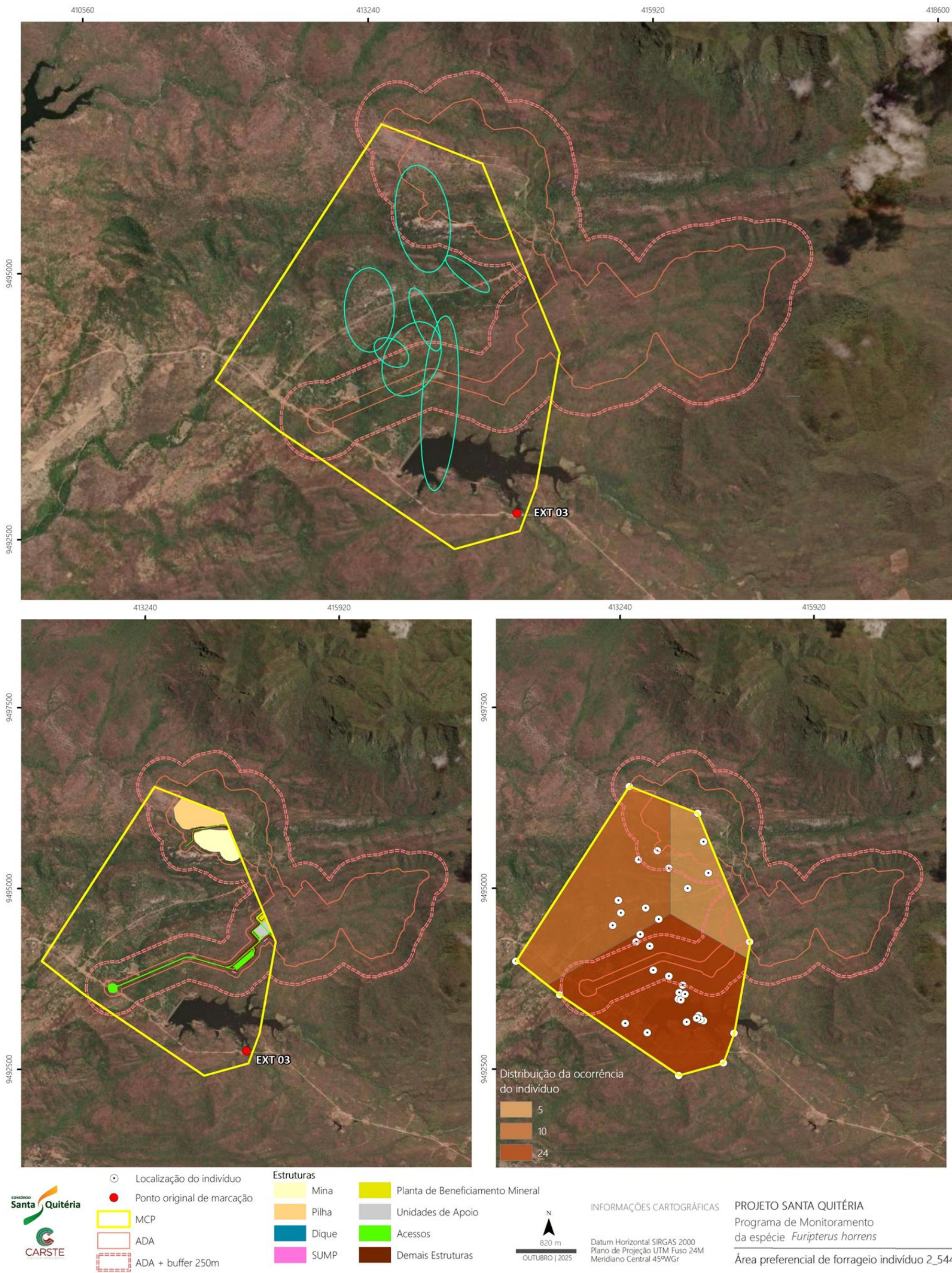


Figura 30. Mínimo Polígono Convexo (MCP), pontos de abrigos diurnos, estruturas da área diretamente afetada (ADA) e polígonos de frequência dos pontos estimados do indivíduo 2\_544



## INDIVÍDUO 2\_752

O indivíduo 2\_752 foi inicialmente capturado na manilha EXT\_03, sendo um macho adulto sem características reprodutivas. As análises de movimento do indivíduo indicaram que não há preferência em relação aos ambientes e que as mudanças de direção indicadas são aleatórias ( $R=0,138$ ,  $p=0,05$  - Figura 31). Apresentou a área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) de 1299,39 ha, com predominância da fitofisionomia de savana florestal e arbórea (Figura 32).

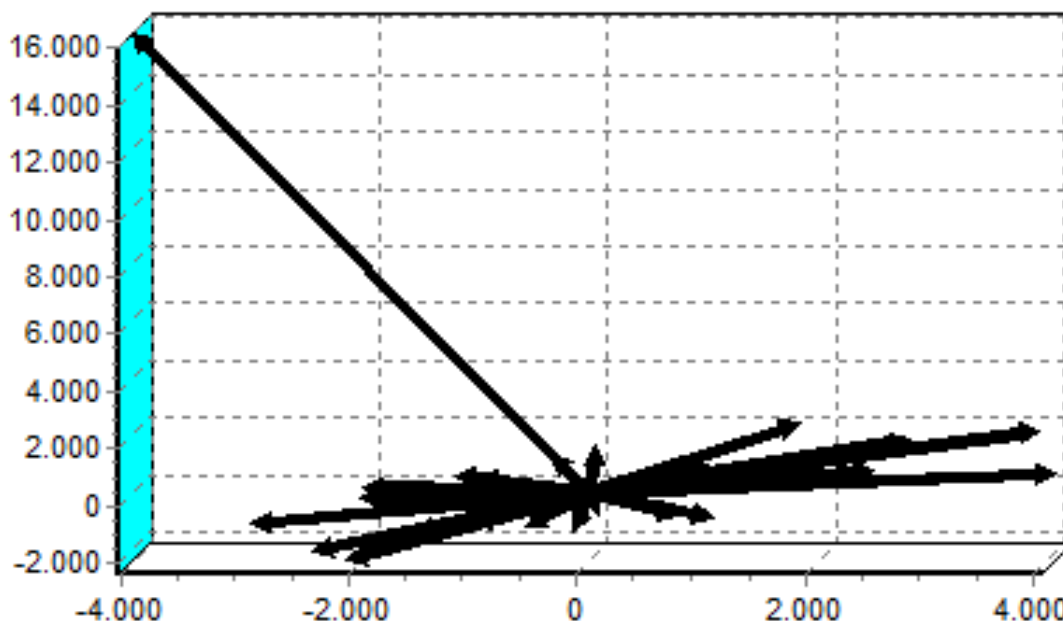


Figura 31. Padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_752 (m)

As elipses de movimentação do indivíduo se concentram no entorno do seu abrigo diurno, EXT\_03, com a maior concentração das localizações registradas no hexágono mais escuro, totalizando 19 dos pontos em seu interior (Figura 32).

No cenário de operação do empreendimento, a área sobrepõe estruturas como a mina, a pilha, o dique, acessos e áreas operacionais, conforme a Figura 33.

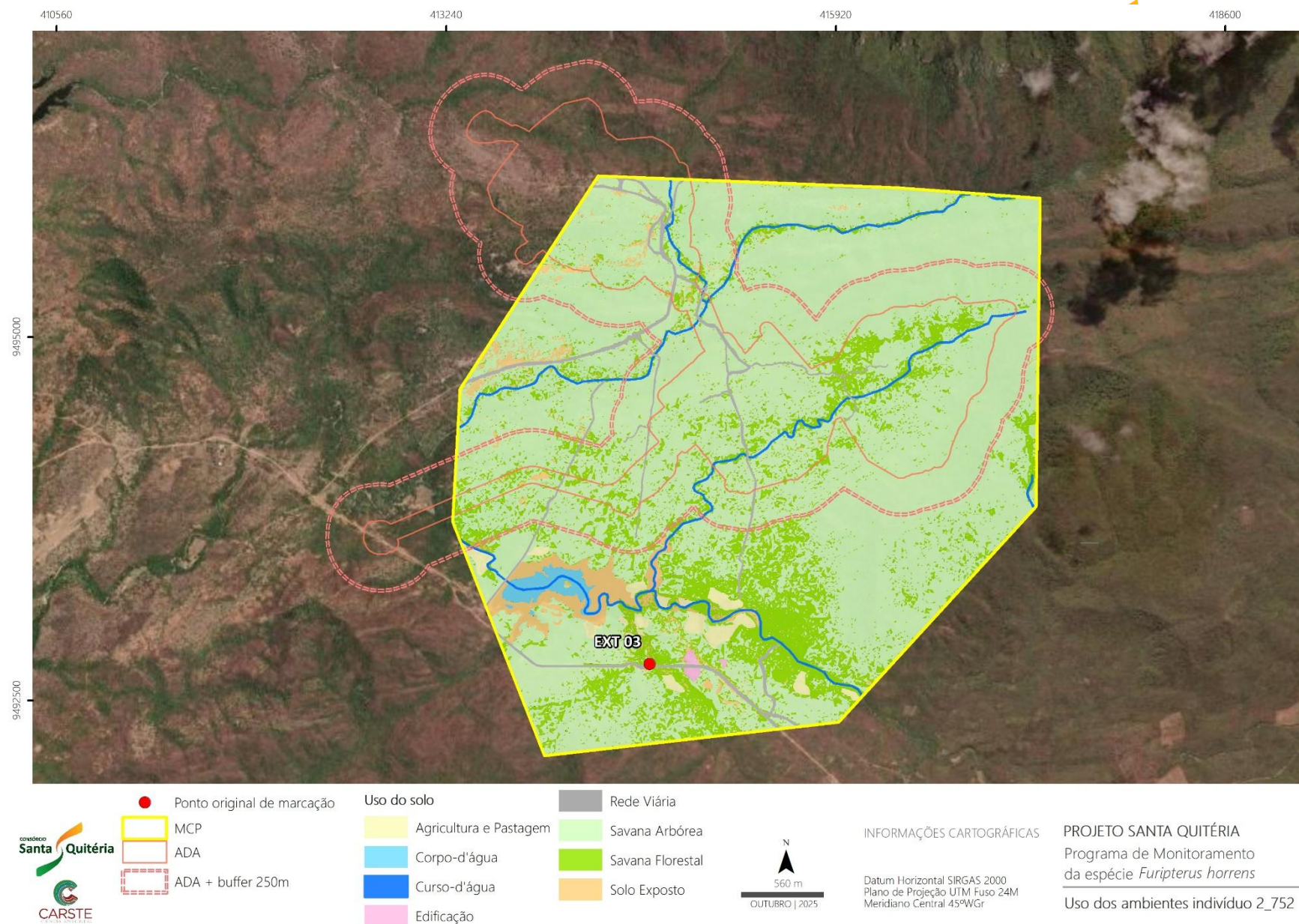
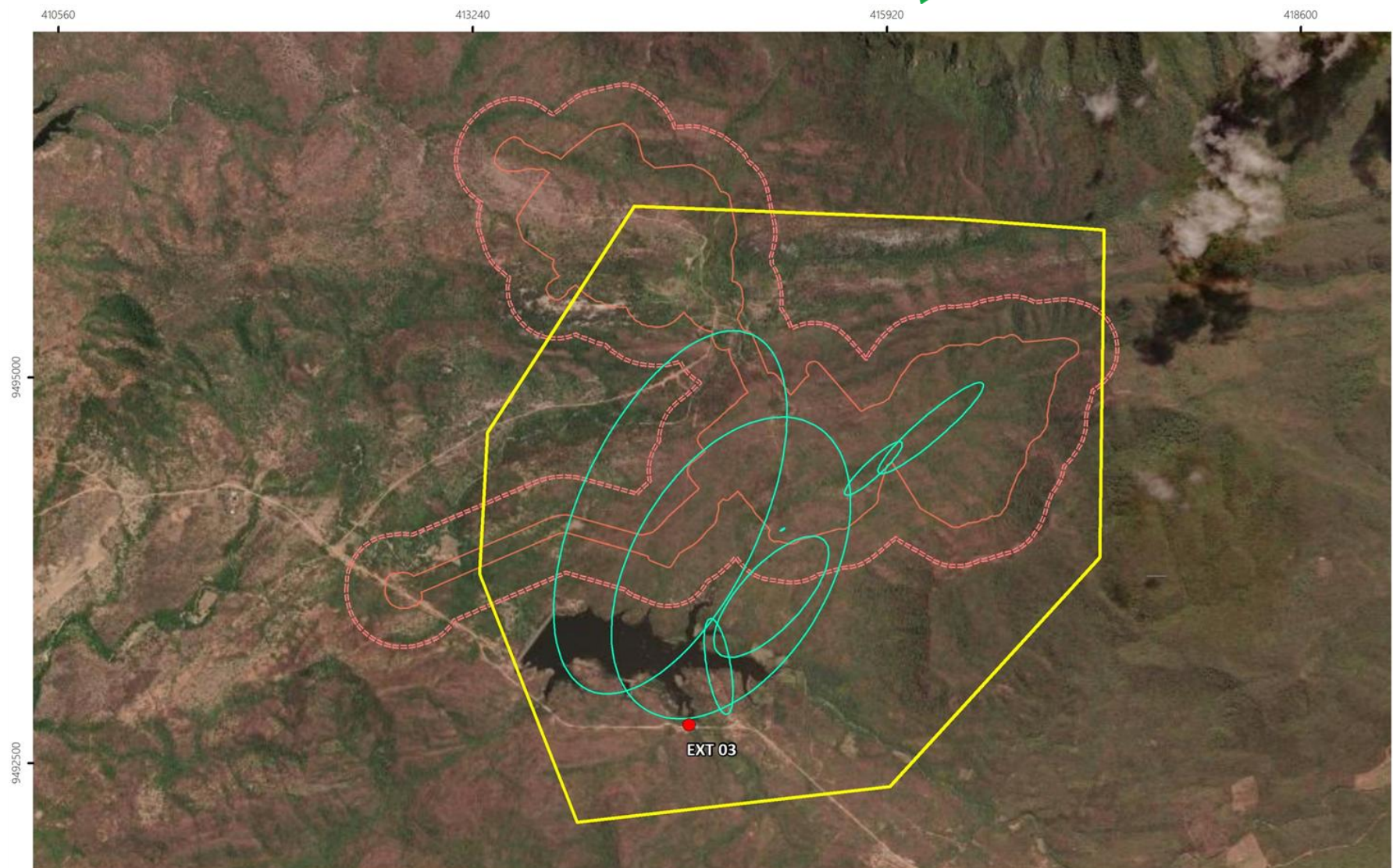


Figura 32. Uso e ocupação do solo na área do Mínimo Polígono Convexo (MCP) do indivíduo 2\_752





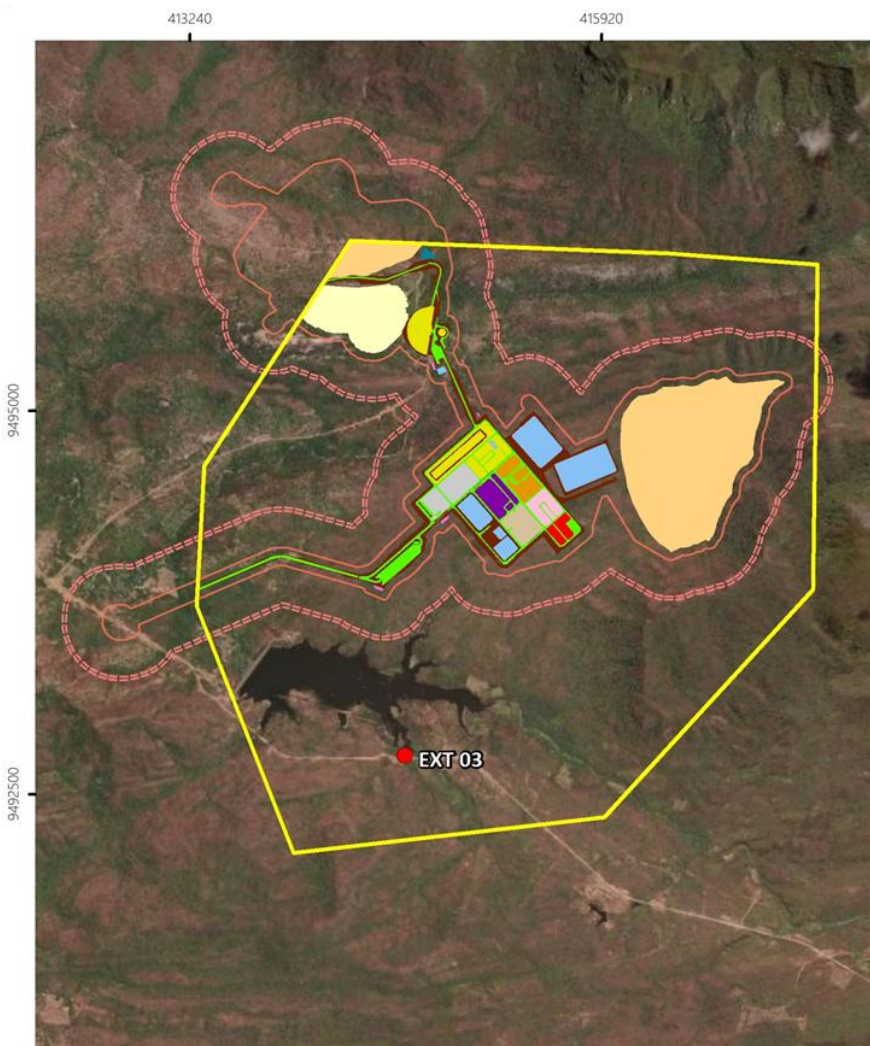
- Ponto original de marcação
- Elipse de movimentação
- MCP

- ADA
- ADA + buffer 250m



INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS  
Datum Horizontal SIRGAS 2000  
Plano de Projeção UTM Fuso 24M  
Meridiano Central 45°WGr

PROJETO SANTA QUITÉRIA  
Programa de Monitoramento  
da espécie *Furipterus horrens*  
MPC indivíduo 2\_752



- Ponto original de marcação
- Localização do indivíduo
- MCP
- ADA
- ADA + buffer 250m

- Estruturas
- Mina
  - Pilha
  - Dique
  - SUMP
  - Lagoas
  - Planta de Beneficiamento
  - Planta de Fertilizantes
  - Planta de Ácido Sulfúrico
  - Planta de Fosfato Bicalcico
  - Planta de Ácido Fosfórico

- Instalação de Urânio
- Unidades de Apoio
- Acessos
- Demais Estruturas



INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS  
Datum Horizontal SIRGAS 2000  
Plano de Projeção UTM Fuso 24M  
Meridiano Central 45°WGr

PROJETO SANTA QUITÉRIA  
Programa de Monitoramento  
da espécie *Furipterus horrens*  
Área preferencial de forrageio indivíduo 2\_752

Figura 33. Mínimo Polígono Convexo (MCP), pontos de abrigos diurnos, estruturas da área diretamente afetada (ADA) e polígonos de frequência dos pontos estimados do indivíduo 2\_752



### INDIVÍDUOS 2\_123, 2\_245 E 2\_451

Os três indivíduos, 2\_123, 2\_245 e 2\_451, apresentaram o menor número de pontos detectados na área de estudo, conforme apresentado na Tabela 3. Com o baixo número de registros, as análises de MCP e movimentos foram realizadas apenas para o 2\_451 (Figura 34), e os demais tiveram suas localizações estimadas plotadas na Figura 35.

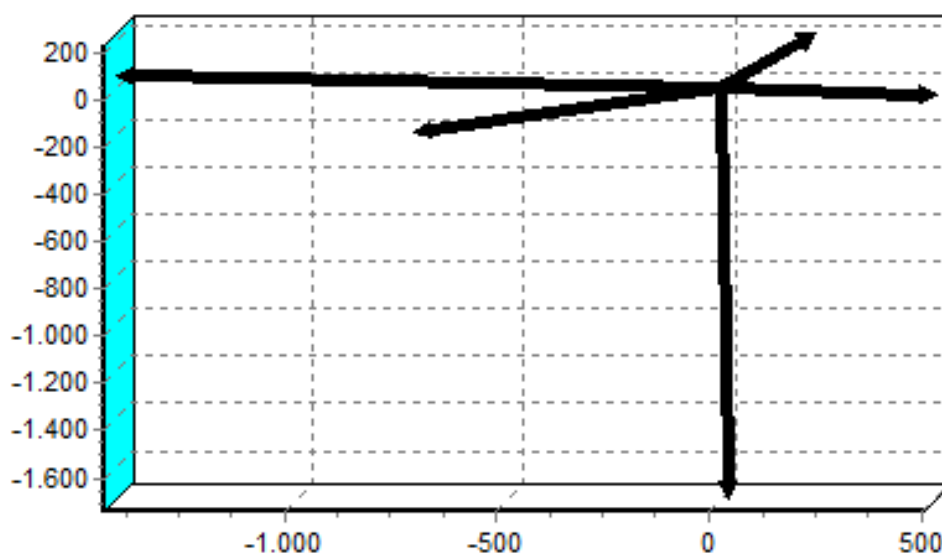


Figura 34. Padrões de movimentação registrados para o indivíduo 2\_451 (m)

Para os indivíduos 2\_123 e 2\_451, que foram registrados em seus abrigos diurnos durante as atividades de *homing*, entende-se que, considerando a cobertura da área de estudo apresentada na Figura 35, esses espécimes utilizaram outras áreas para forrageamento, fora dos limites monitorados durante as atividades de campo.

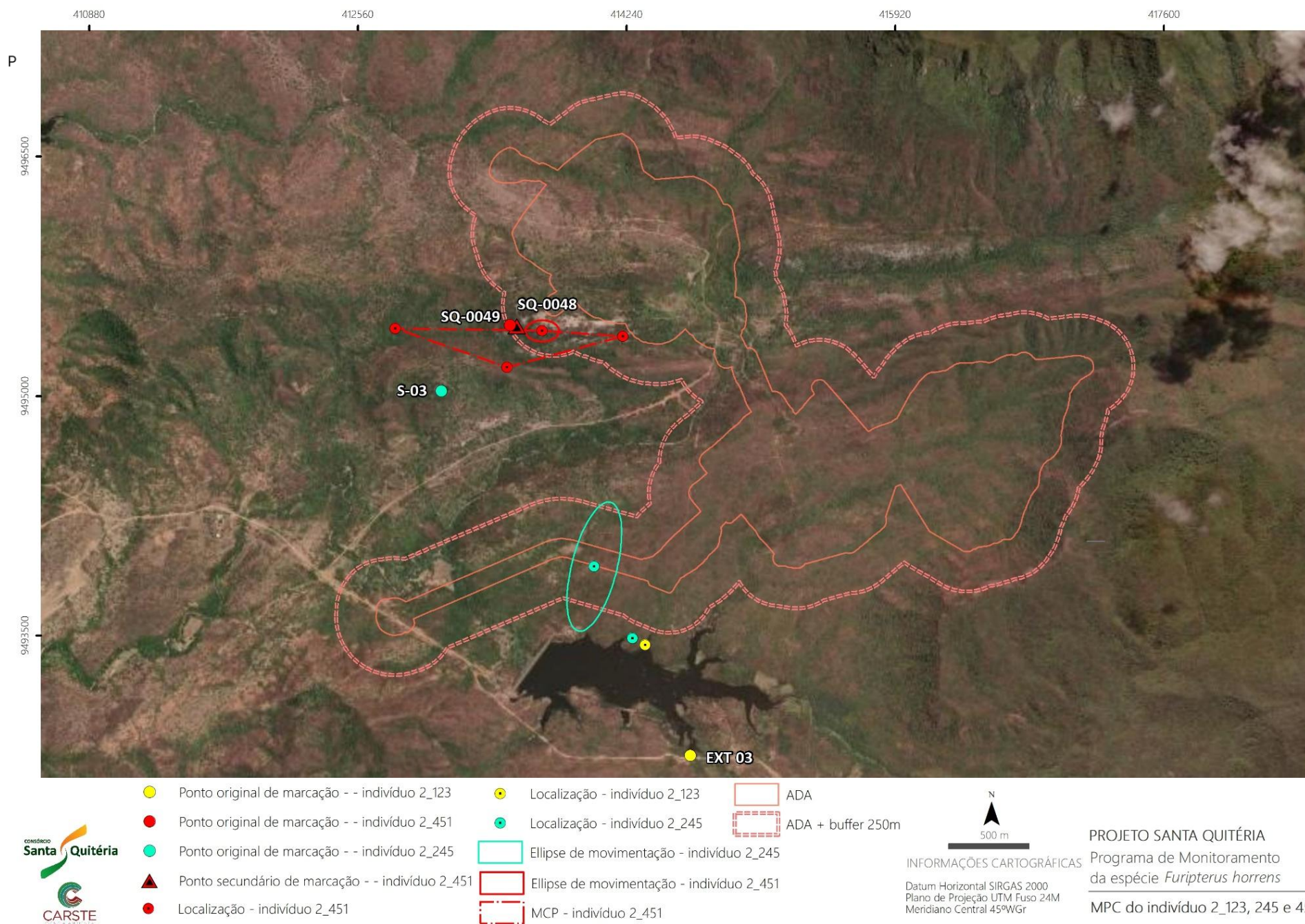


Figura 35. MCP do indivíduo 2\_451 e os pontos estimados para os espécimes 2\_123 e 2\_245



## AVALIAÇÃO DO USO DO ESPAÇO

Os indivíduos acompanhados com a metodologia de radiotelemetria apresentaram áreas de Mínimo Polígono Convexo (MCP) variando entre 227 e 1.299 ha (Quadro 4), partindo dos pontos de localização estimados na campanha seca.

Quadro 4. Dados de Mínimo polígono convexo (MCP) para os indivíduos monitorados

Indivíduo	Sexo	MCP (ha)	Core area (ha) Kernel 50	Número de core areas	Número de localizações
2_063	Fêmea	1140,81	126,48	2	30
2_181	Fêmea	227,41	482,09	1	8
2_365	Macho	369,53	45,21	1	17
2_544	Fêmea	784,97	196,49	1	36
2_752	Macho	1299,39	213,13	2	32
Média		764,42 ± 467,06	212,68 ± 164,56	-	-

Avaliando a preferência de habitats dos indivíduos no cenário atual da área de estudo, o maior número de localizações registradas se deu na savana arbórea, que se constitui na fitofisionomia mais frequente na região. Duas localizações se deram sobre corpos d'água, provenientes dos indivíduos 2\_181 e 2\_544, marcados originalmente na cavidade S-03 e nas manilhas de água, respectivamente. As análises sugerem que há preferência pelos ambientes savânicos na área de estudo ( $H_c=23,3$ ;  $p=0,006$ ).

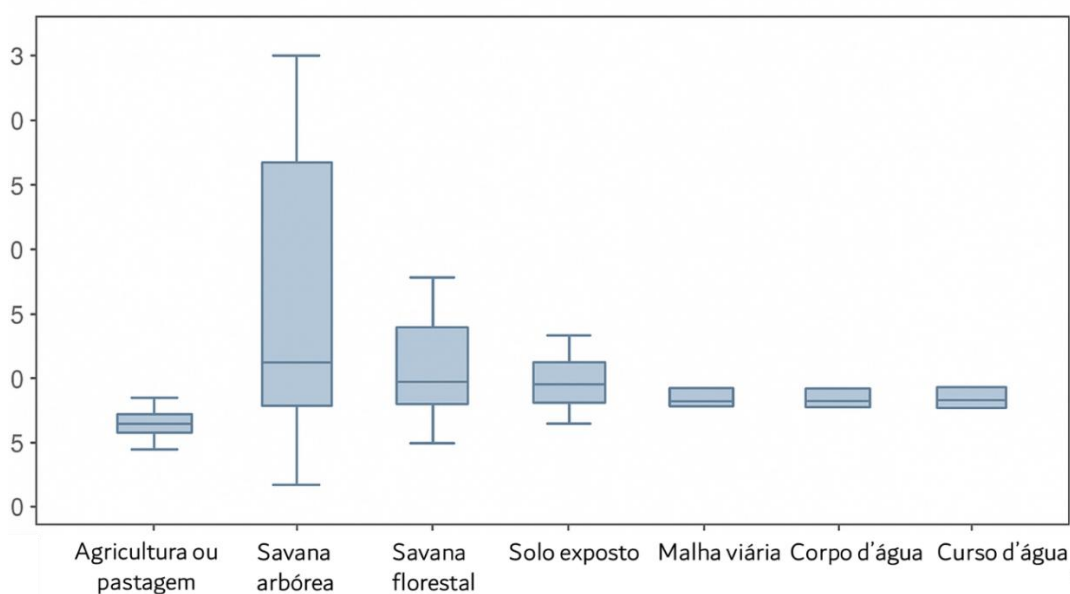


Figura 36. Preferência de habitats da espécie *Furcifer horreus* na área de estudo

Ao comparar os valores médios da MCP (área mínima de polígono convexo) entre os sexos, observou-se que os machos apresentaram áreas médias de uso ligeiramente maiores (834,46 ha) do que as fêmeas (717,73 ha). A análise das diferenças entre machos e fêmeas em termos de mobilidade é relevante, pois pode refletir variações nos hábitos de forrageamento, nas estratégias de reprodução e nos deslocamentos realizados para atender às demandas energéticas de cada sexo (Hayes e Wilkins 2000, Burnham et al 2017). No entanto, considerando apenas os dados obtidos durante a estação seca, essa diferença não foi estatisticamente significativa ( $z = -0,2$ ;  $p > 0,05$ ;

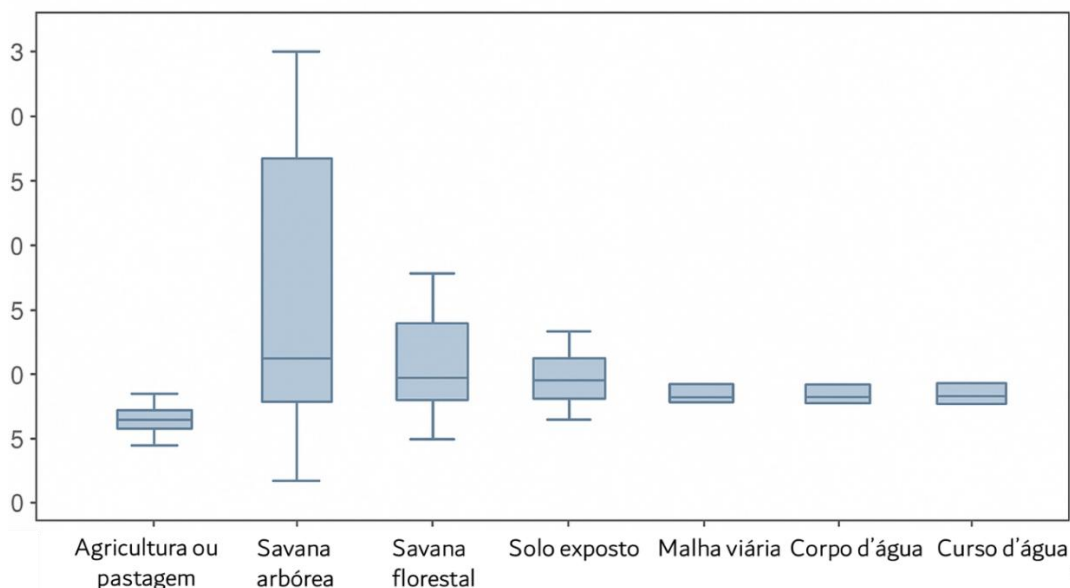


Figura 36), indicando que machos e fêmeas utilizaram áreas de forrageamento de extensão semelhante nesse período.

No cenário futuro de implantação e operação do empreendimento, verificou-se que as áreas estimadas de uso (MCPs) apresentaram sobreposição de 10,91% com a área diretamente afetada (ADA) do projeto (Figura 39). Entre os 123 pontos registrados para os cinco indivíduos com dados suficientes para análise espacial, 16 localizam-se em áreas correspondentes às futuras estruturas do empreendimento (Figura 39). As análises estatísticas não indicaram diferenças significativas na frequência de registros entre os diferentes tipos de estruturas previstas ( $H_c = 6,02$ ;  $p > 0,05$ ), sugerindo ausência de preferência dos indivíduos por qualquer categoria específica de área destinada à implantação. Contudo, ao se comparar os registros localizados dentro e fora das áreas de influência direta das estruturas, observou-se diferença estatisticamente significativa ( $H_c = 6,8$ ;  $p = 0,009$ ), com predominância de registros fora da área diretamente afetada, indicando uma tendência de maior utilização de ambientes externos à zona de intervenção proposta.

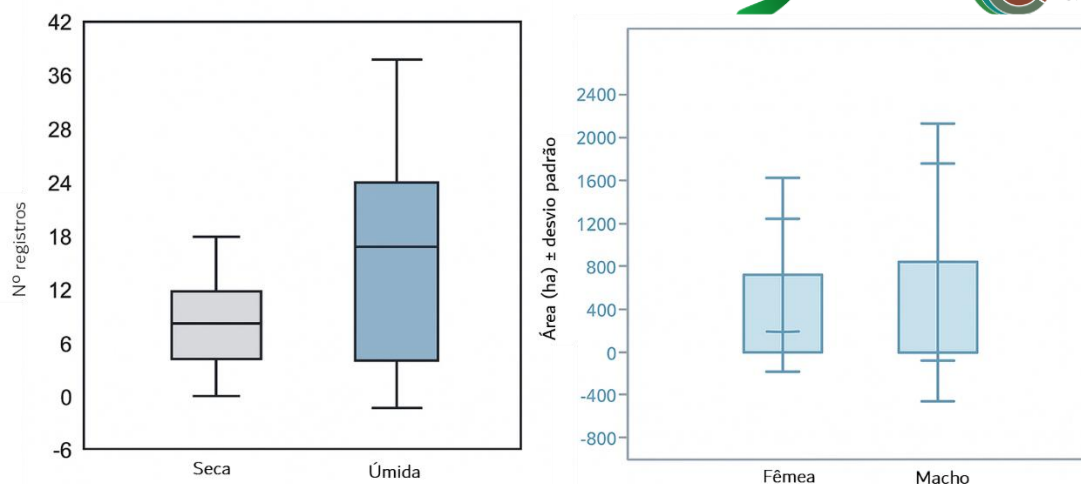


Figura 37. *Boxplot* com os valores de localizações estimadas entre ADA e outras paisagens (à esquerda) e comparação das áreas de mínimo polígono convexo (MCP) entre machos e fêmeas (à direita)

As elipses de movimentação e as estimativas de Kernel indicaram áreas de forrageio preferencial (AFP) de menor extensão quando comparadas aos valores obtidos por meio do MCPs na região de estudo (Figura 39).

As estimativas de Kernel baseiam-se na probabilidade de ocorrência dos indivíduos a partir dos registros espaciais obtidos, delimitando as áreas de maior concentração de uso, denominadas “*core áreas*”, as quais correspondem às zonas de forrageamento mais intensamente utilizadas pela espécie. Essa diferença entre os métodos é esperada, uma vez que o Kernel representa de forma mais acurada o uso efetivo do espaço, destacando as áreas de maior atividade, enquanto o MCP tende a superestimar a área total de deslocamento ao incluir regiões pouco ou não utilizadas pelos indivíduos. A avaliação da sobreposição das AFPs com as Áreas de Influência Espeleológicas (AIEs) indicou que, do total estimado para os indivíduos, entre 14 e 20ha apresentaram intersecção com os limites definidos, abrangendo três das AIEs (G3-A, G3-C e G5), totalizando 37% de sobreposição, conforme Figura 38. Considerando as localizações dos indivíduos, dos 123 pontos computados, apenas oito ocorreram dentro das AIEs.

Ressalta-se que, as cavidades localizadas na Área 2 apresentaram baixa densidade de espécimes residentes, e seis dos indivíduos monitorados tiveram seus pontos de captura registrados em locais mais afastados das estruturas críticas do empreendimento, como cava e pilha de estéril. Cabe destacar, ainda, que as Áreas de Influência Espeleológicas foram definidas com o objetivo de assegurar a manutenção das populações associadas às cavidades, funcionando como zonas de atratividade e suporte ecológico. Assim, a utilização dessas áreas e de seu entorno como locais de forrageamento reforça sua importância para a conservação da espécie e a conectividade funcional entre os abrigos espeleológicos e as áreas de alimentação.



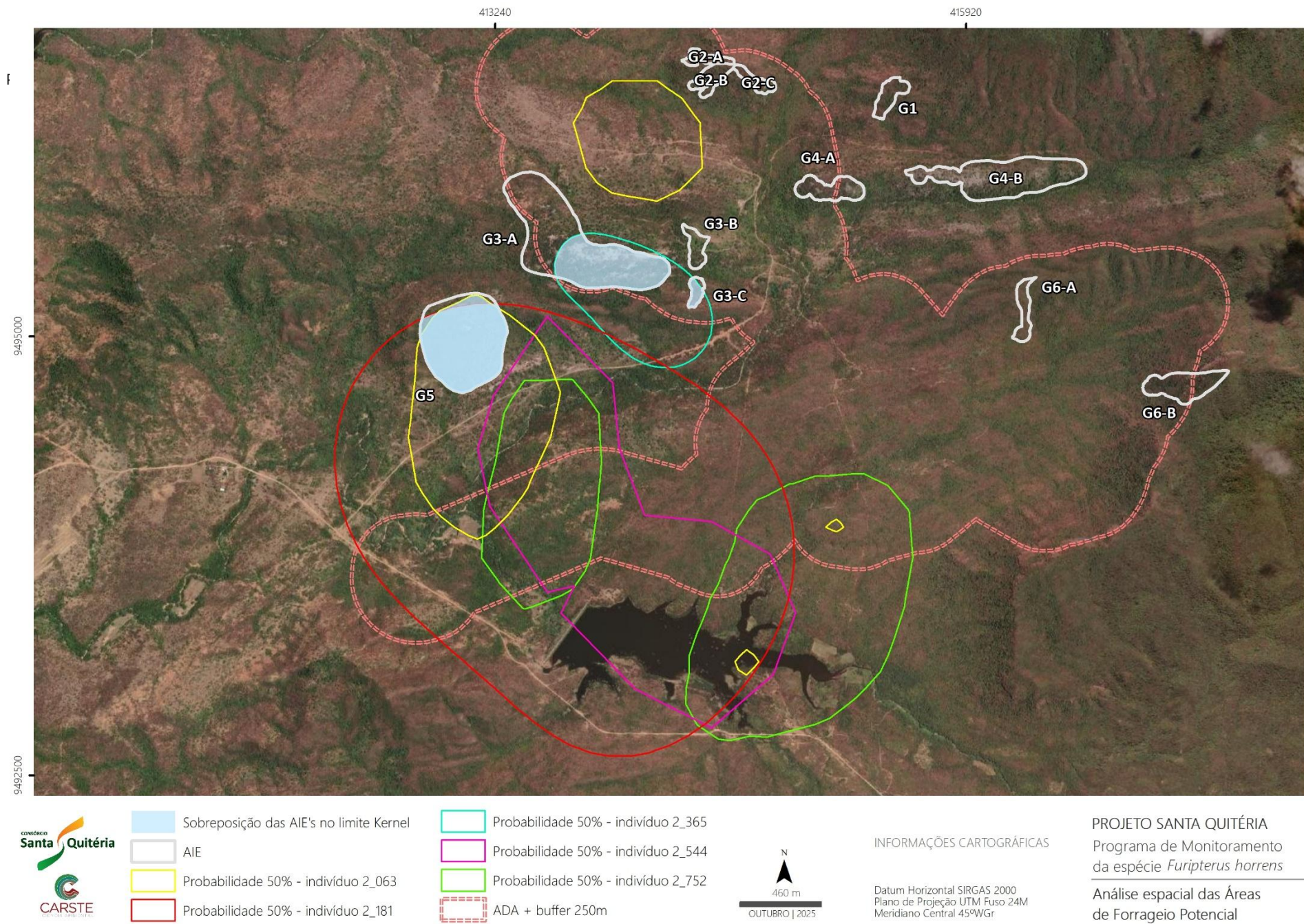
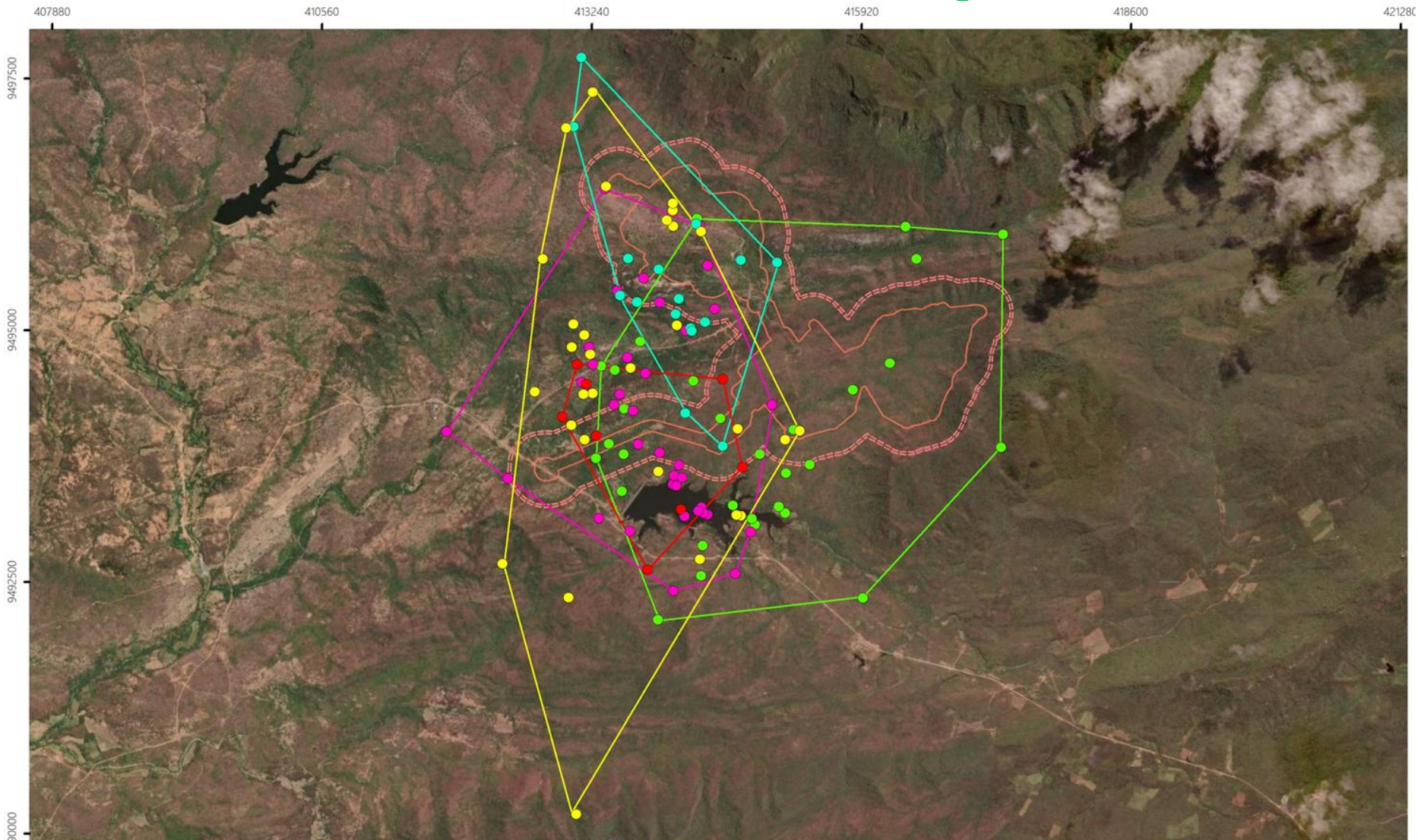


Figura 38. Avaliação das Áreas De Forrageio Potencial (AFPs) e as Áreas de influências espeleológicas propostas em Carste (2023)



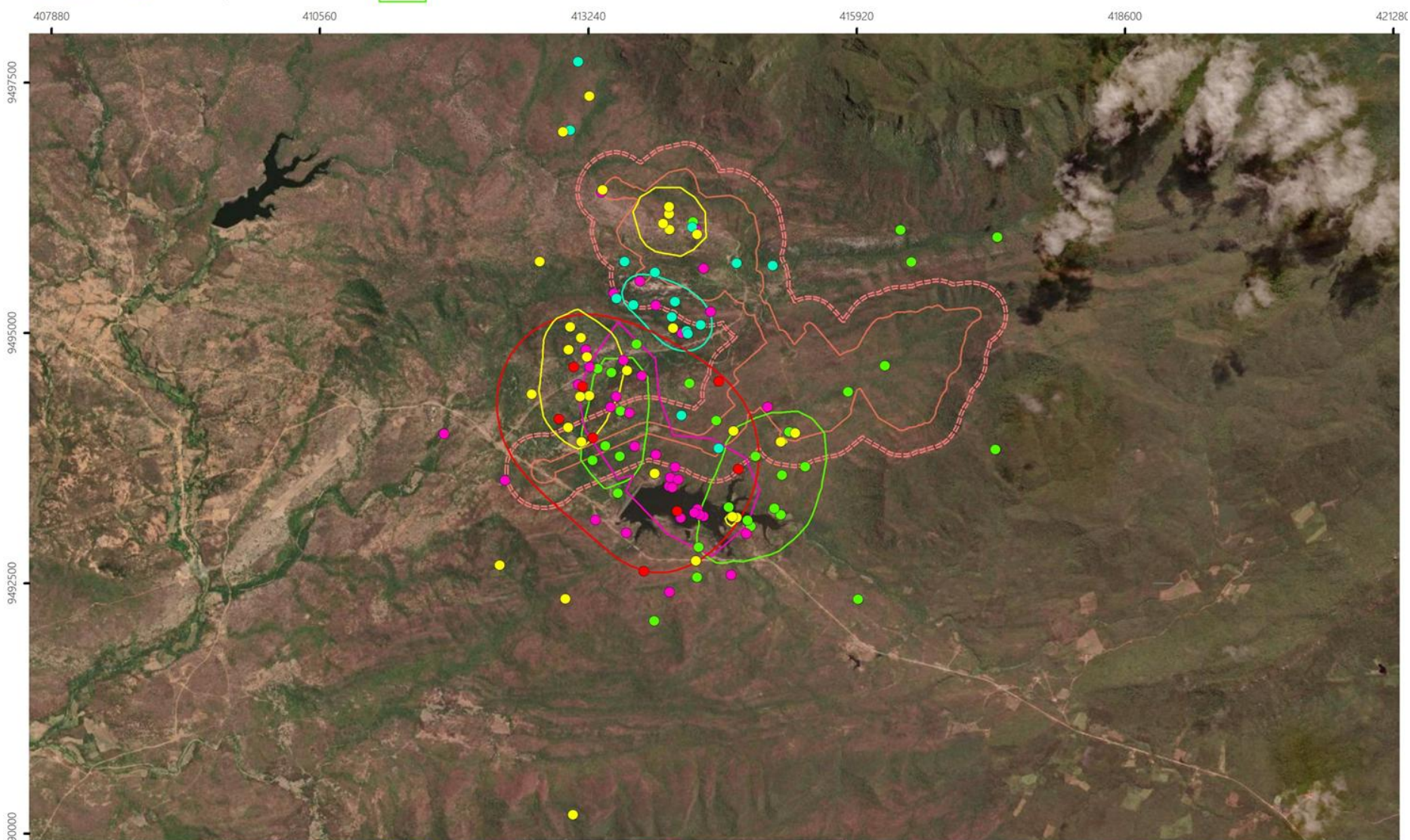


- Localização do indivíduo 2\_063
- Localização do indivíduo 2\_181
- Localização do indivíduo 2\_365
- Localização do indivíduo 2\_544
- Localização do indivíduo 2\_752
- MCP do indivíduo 2\_063
- MCP do indivíduo 2\_181
- MCP do indivíduo 2\_365
- MCP do indivíduo 2\_544
- MCP do indivíduo 2\_752
- ADA
- ADA + buffer 250m



INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS  
Datum Horizontal SIRGAS 2000  
Plano de Projeção UTM Fuso 24M  
Meridiano Central 45°WGr

PROJETO SANTA QUITÉRIA  
Programa de Monitoramento  
da espécie *Furipterus horrens*  
Uso do espaço por *Furipterus horrens*



- Localização do indivíduo 2\_063
- Localização do indivíduo 2\_181
- Localização do indivíduo 2\_365
- Localização do indivíduo 2\_544
- Localização do indivíduo 2\_752
- Probabilidade indivíduo 2\_063
- Probabilidade indivíduo 2\_181
- Probabilidade indivíduo 2\_365
- Probabilidade indivíduo 2\_544
- Probabilidade indivíduo 2\_752
- ADA
- ADA + buffer 250m



INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS  
Datum Horizontal SIRGAS 2000  
Plano de Projeção UTM Fuso 24M  
Meridiano Central 45°WGr

PROJETO SANTA QUITÉRIA  
Programa de Monitoramento  
da espécie *Furipterus horrens*  
Áreas de forrageio preferenciais

Figura 39. Pontos de cada indivíduo, MCPs e AFPs dos espécimes monitorados na área do Projeto Santa Quitéria



A instalação de empreendimentos minerários pode afetar a dinâmica de forrageamento de espécies de morcegos (Franco-Rozo et al 2024, Tavares et al 2025, Theobald et al 2020) e as características biológicas da espécie podem influenciar sua habilidade de transpor matrizes não-florestais ou mesmo antrópicas (Bernard e Fenton 2003, Estrada e Coates-Estrada 2000, Faria 2006). A estimativa de uso do espaço considerando a ADA pretendida pode ser divergente da utilizada após a instalação das estruturas do Projeto Santa Quitéria, especialmente quando outras variáveis, como luminosidade e ruídos, podem influenciar no forrageio nesses locais (Bunkley et al 2015, Schaub et al 2008).

Na região de Carajás, no bioma amazônico, a espécie *Furipterus horrens* não apresentou divergências nas distâncias percorridas em paisagens minerárias quando comparado às outras fitofisionomias, embora os indivíduos tenham evitado as áreas antropizadas e forrageado preferencialmente em paisagens naturais (Ribeiro 2019, Tavares 2025). A preferência dessa espécie por lepidópteros (Arroyo-Cabrales 2019) pode ditar a área necessária para forrageio, devido à dependência desse recurso alimentar que, por sua vez, tem relação direta com as características da paisagem em que estão inseridos.

Ambientes sazonais ou com características xerofíticas podem apresentar maior oscilação na disponibilidade de recursos tróficos e lepidópteros tendem a apresentar alta flutuação populacional conforme a sazonalidade climática (Amorim et al 2009, Yela e Herrera 2009) e a tipologia de habitats. Essa flutuação populacional pode ocasionar uma maior necessidade de deslocamento da espécie durante o forrageio, dependendo da disponibilidade dos recursos. Para *Furipterus horrens* em Carajás, o padrão oposto foi observado, com os indivíduos voando, em média, menos na estação seca que na úmida (Tavares et al 2025). Isso, entretanto pode se resultar de um padrão local de distribuição de recursos. Para espécies com maior restrição alimentar, as áreas de uso podem ser incrementadas, como o observado para os hematófagos *Desmodus rotundus* e *Diphylla ecaudata* que, na região do Alto da Ribeira, apresentou padrões de movimentação e deslocamento maiores que *D. rotundus*, por apresentar maior nível de especialização alimentar, tendo que deslocar mais durante as atividades de forrageio (Trajano 1996).

Assim, os resultados apresentados neste documento representam apenas um recorte temporal das características de uso do espaço pela espécie, não extinguindo possíveis variações e peculiaridades no uso do habitat que poderão ser detectadas para caracterizar plenamente seu padrão espacial.

Estudos com avaliação do uso do espaço por morcegos indicaram que, a mesma espécie pode responder de formas distintas de acordo com o ambiente. Para o morcego frugívoro *Carollia*

*perspicillata*, quando em área naturalmente fragmentada, obtiveram entre 155-320 ha de área de uso (Bernard e Fenton 2003, 2007) e, em uma paisagem agropastoril circundada por fragmentos florestais no estado de São Paulo, somaram 32 ha, onde também foi observado o uso de floresta secundária, restaurada e exótica (Trevelin et al. 2013).

Em que pese os dados obtidos tenham sido plenamente representativos pra caracterizar o uso do espaço durante a campanha, a realização de amostragem na estação úmida é essencial para permitir uma avaliação mais robusta e representativa do uso do espaço pela população estudada. A realização da campanha seca em dias de luas crescente e cheia podem ter interferido no número total de registros, uma vez que a literatura relata os efeitos da fobia lunar em diversas espécies de morcegos (Esbérard 2007, Santos-Moreno et al 2010), especialmente sobre as atividades de forrageio. Para a realização da campanha da estação úmida, uma vez que a ABIO já foi emitida, esse ajuste deverá ser realizado, visando executar a amostragem no período de ciclo lunar favorável.

Os dados indicaram a preferência da espécie por ambientes naturais, tendendo a forragear sobre principalmente sobre as savanas arbóreas e secundariamente sobre as savanas florestais. Em Carajás, a espécie também apresentou preferência por ambientes preservados, embora tenha sobrevoado mais áreas de canga nessa região, que também correspondem aos ambientes savânicos (Ribeiro 2019, Tavares et al 2025). Os ambientes mais preservados tendem a apresentar maior diversidade de mariposas e coleópteros (Braga e Diniz 2015, Samways 1993) e, a proximidade com esses ambientes pode determinar a necessidade de deslocar por áreas mais ou menos extensas (Ribeiro 2019).

Apesar de apresentarem grandes áreas de MCP na área de estudo, suas áreas de forrageio preferenciais (AFP ou *core area*) estiveram mais próximas aos ambientes de entorno de seus abrigos. Exceção foi observada para os espécimes 2\_063 e 2\_752, que apresentaram as maiores áreas de forrageamento registradas no estudo, sendo também os únicos a exibirem dois núcleos distintos de uso identificados nas análises de densidade Kernel, o que pode indicar a utilização de múltiplas zonas de alimentação dentro da paisagem.

Considerando as diferenças de tamanho corporal, foi levantada a hipótese de que machos e fêmeas poderiam apresentar distintas extensões de área de forrageamento. Estudos anteriores indicam que fêmeas não reprodutivas tendem a utilizar maiores áreas de forrageio quando comparadas às fêmeas em fase reprodutiva (Zeale et al 2012). No entanto, durante a estação seca, os dados obtidos não evidenciaram diferenças significativas entre os sexos quanto à amplitude de forrageamento, sugerindo um padrão espacial semelhante entre machos e fêmeas neste período.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instalação de empreendimentos minerários pode exercer influência significativa sobre a dinâmica de forrageamento de espécies de morcegos, uma vez que suas características biológicas determinam a capacidade de transposição de matrizes não florestais ou ambientes antropizados. Em ambientes sazonais, como observado em áreas de Caatinga, a variação na disponibilidade de recursos alimentares — especialmente associada às flutuações populacionais de insetos — tende a afetar diretamente o comportamento de forrageamento, ampliando a necessidade de deslocamento durante o período seco.

Os resultados obtidos até o momento indicam uma preferência da espécie por ambientes naturais, com maior atividade de forrageamento registrada em áreas de savanas arbóreas e florestais. Essa tendência reflete a relação entre a integridade ambiental e a disponibilidade de presas, uma vez que áreas mais preservadas geralmente sustentam maior diversidade e abundância de insetos. Apesar de alguns indivíduos apresentarem áreas de uso relativamente amplas, as zonas de forrageamento preferencial permaneceram próximas aos abrigos, com exceções pontuais de indivíduos que exploraram áreas mais extensas, conforme também observado em estudos prévios (Tavares et al 2025).

Embora diferenças morfológicas entre machos e fêmeas possam influenciar a extensão das áreas utilizadas, essa distinção não foi evidenciada durante o período seco. Assim, reforça-se a necessidade de continuidade do monitoramento na estação úmida, a fim de abranger o ciclo sazonal completo e permitir uma avaliação mais robusta dos padrões espaciais e comportamentais da espécie. Somente com a incorporação desses dados será possível validar a efetividade das áreas protetivas propostas e assegurar a permanência de *Furipterus horrens* na região de estudo. Nesse contexto, destaca-se que, nas fases subsequentes do licenciamento, o monitoramento com o uso de radiotelemetria deverá ser continuado, com o objetivo de avaliar eventuais modificações no uso do espaço frente ao avanço do projeto e acompanhar a subsistência da espécie no cenário futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altringham JD (1998) Bats: Biology and Behavior Oxford University Press, New York
- Arroyo-Cabrales J. (2019) Family Furipteridae (Smoky Bat and Thumbless Bat). Handbook of the Mammals of the World, 9, 412-417.
- Aguiar LMDS, Marinho-Filho J (2004) Activity patterns of nine Phyllostomid bat species in a fragment of the Atlantic Forest in southeastern Brazil. Revista Brasileira de Zoologia, 21, 385-390
- Aldridge H, Brigham RM (1988) Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% "rule" of radio-telemetry. Journal of mammalogy, 69(2), 379-382.
- Amorim FW, DeÁvila Jr RS, Camargo AJ, Vieira AL, Oliveira PE (2009) A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. Journal of Biogeography, 36(4), 662-674.
- Bobrowiec PED, Trevelin LC, Benathar TCM, Appel G, Prous X, Ribeiro MS, ... & Tavares VC (2025). Reproductive phenology and sex ratio variation of the Thumbless bat *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828) (Furipteridae). Acta Amazonica, 55, e55bc24397.
- Braga L., Diniz IR (2015). Importance of habitat heterogeneity in richness and diversity of moths (Lepidoptera) in Brazilian Savanna. Environmental entomology, 44(3), 499-508.
- Bernard E, Fenton MB (2007) Bats in a fragmented landscape: species composition, diversity and habitat interactions in savannas of Santarém, Central Amazonia, Brazil. Biological Conservation, 134(3), 332-343
- Boyles JG, Cryan PM, McCracken GF, Kunz TH (2011) Economic importance of bats in agriculture. Science, 332(6025), 41-42
- Burnham KK, Wichmann G.J, Johnson DR. (2017) Differences in migration ecology between male and female bats. Journal of Mammalogy, v. 98, n. 5, p. 1257-1265.
- Bunkley JP, McClure CJ, Kleist NJ, Francis CD, Barber JR (2015) Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls. Global Ecology and Conservation, 3, 62-71
- Carste (2023) Espeleologia do Projeto Santa Quitéria: Prospecção, Topografia, Classificação pelo Art 12º da IN MMA n.º 02/2017, Diagnóstico e Relevância Espeleológicos, Área de Influência Espeleológica, Avaliação de Impactos ao Patrimônio Espeleológico. Relatório Técnico. Belo Horizonte



IUCN (2022) Diretrizes para o Uso das Categorias e Critérios da Lista Vermelha da IUCN. Versão 15.1. Preparada pelo Comitê de Padrões e Petições. Disponível em <https://www.iucnredlist.org/resources/redlistguidelines>

Carvalho WD, Martins MA, Dias D, Saldaña-Vázquez RA, Palmeirim JM, Esbérard CEL (2019). Reproductive constraints in frugivorous phyllostomid bats: seasonal and elevational variation in reproductive rates in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy*, 100(2), 487-499.

Monteiro JC., Oliveira ACM, Andrade FAG, Sousa L.S, Lima RS, Reis SMC, ... Costa, ÂGT (2024). New record of *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828)(Chiroptera, Furipteridae) in eastern Brazilian Amazonia. *Check List*, 20(1), 29-39.

Esbérard CE (2007) Influência do ciclo lunar na captura de morcegos Phyllostomidae. *Iheringia. Série Zoologia*, 97, 81-85

Estrada A, Coates-Estrada R (2001). Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, 24(1), 94-102

Faria D (2006) Phyllostomid bats of a fragmented landscape in the north-eastern Atlantic forest, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 22(5), 531-542

Fenton MB, Acharya L, Audet D, Hickey MBC, Merriman C, Obrist MK, Adkins B (1992) Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 440-446

Franco-Rozo MC., Blanco-Torres A, Gómez-Valencia B, Ette, A (2024). Biodiversity responses to landscape transformations caused by open-pit coal mining: An assessment on bats and dung beetles in a Colombian tropical dry forest. *Environmental and Sustainability Indicators*, 21, 100335.

Garbino GST, Gregorin R LimaIP, Loureiro L., Moras L., Moratelli R., Nogueira MR, Pavan AC, Tavares VC., Nascimento MC, Novaes RLM, Peracchi AL. (2024). Updated checklist of Brazilian bats: versão 2024. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil—CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (Sbeq). Acessado em: 10/10/2025

Gardner AL (Ed) (2008) *Mammals of South America*, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats (Vol. 2). University of Chicago Press

Gorresen PM, Willig MR (2004) Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic forest of Paraguay. *Journal of Mammalogy*, 85(4), 688-697

Biotas TM (2003). *Ecological Software Solutions* LLC.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1), 2001. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

Hayes JP; Wilkins KT (2000) Differential habitat use by sexes of bats: considerations of methodology and implications for conservation. *Wildlife Society Bulletin*, v. 26, n. 3, p. 453-460.

Kalko EK, Handley JR CO, Handley D (1996) Organization, diversity, and long-term dynamics of a Neotropical bat community. In *Long-term studies of vertebrate communities* (pp. 503-553). Academic Press

Kalko, E. K., Estrada Villegas, S., Schmidt, M., Wegmann, M., & Meyer, C. F. (2008). Flying high—assessing the use of the aerosphere by bats. *Integrative and Comparative Biology*, 48(1), 60-73.

Kernohan BJ, Gitzen RA, Millspaugh JJ (2001) Analysis of animal space use and movements. In *Radio tracking and animal populations*. p 125-166. Academic Press

Kunz TH, Braun de Torrez E, Bauer D, Lobova T, Fleming TH (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 1-38

Lim BK, Engstrom MD (2001) Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: implications for conservation. *Biodiversity & Conservation*, 10, 613-657

Medellín RA, Equihua M, Amin MA (2000) Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation biology*, 14(6), 1666-1675

Meyer CF, Kalko EK (2008). Bat assemblages on Neotropical land-bridge islands: nested subsets and null model analyses of species co-occurrence patterns. *Diversity and Distributions*, 14(4), 644-654.

Moras L.M, Nobre CC, Vasconcelos S, Garbino GS., Souza ÉM, Santos FR, ... & Tavares VC (2025). Almost two hundred years of monotypy and a poorly known life history: multiple lineages of *Furipterus* (Chiroptera: Furipteridae) were hidden by rocks. *Mammalian Biology*, 105(2), 153-166.

Nobre CC (2010) Estudo da comunidade de morcegos em fragmentos remanescentes de floresta atlântica do litoral sul do Estado de Pernambuco (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco)

Neuweiler G (2000). *The biology of bats*. Oxford University Press.

Nobre CC, Alves VCS, Dornellas LMSM, Auler AS, Silva PG (2025) Monitoring of the *Anoura geoffroyi* (chiroptera: phyllostomidae) bat colony in the Tico-tico mine, Minas Gerais, Brazil. In: 19<sup>o</sup>ICS, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Norberg UM, Rayner JM (1987) Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 316(1179), 335-427

Norberg, U. M. (1994). Use in Bats. Ecological morphology: integrative organismal biology, 205.

Novaes RLM, de França Souza R., Felix S., Sauwen C., Jacob G., dos Santos Avill, L. (2012). New record of *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828)(Mammalia, Chiroptera) from the Cerrado of Tocantins state with a compilation of the known distribution within Brazil. Check List, 8(6), 1359-1361.

Portaria MMA Nº. 148, de 7 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção.

Portella TP, Kaku-Oliveira NY, S Barros J, Sessegolo GC (2017) First record of the Vulnerable bat *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828)(Chiroptera: Furipteridae) in the state of Paraná, southern Brazil. Check List, 13(4), 127.

R CORE TEAM (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing

Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. (Eds.). (2007). Morcegos do brasil. Londrina, Brazil: Univesidade Estadual de Londrina.

Resolução CFBio nº. 706, de 22 de junho de 2024. Dispõe sobre os procedimentos de estudo, registro, captura, contenção, marcação, soltura e coleta de animais vertebrados in situ e ex situ, e dá outras providências. Disponível em: <https://cfbio.gov.br/2024/07/10/resolucao-no-706-de-22-de-junho-de-2024>.

Ribeiro MS (2019) Estudos de uso do espaço por *Furipterus horrens* (Chiroptera) na Amazônia Oriental, PA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Vertebrados, PUC-MG

Samways MJ (1993). Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. Biodiversity & Conservation, 2(3), 258-282.

Santos-Moreno A, Ruiz Velásquez E, Sánchez Martínez A (2010) Efecto de la intensidad de la luz lunar y de la velocidad del viento en la actividad de murciélagos filostómidos de Mena Nizanda, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3), 839-845.

Schaub A, Ostwald J, Siemers BM (2008) Foraging bats avoid noise. *Journal of experimental Biology*, 211(19), 3174-3180

Sikes RS, Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists (2016) Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of mammalogy*, 97(3), 663-688.

Simmons NB, Cirranello AL.(2025). Bat Species of the World: A taxonomic and geographic database. Version 1.9. Accessed on 10/29/2025.

Simmons NB (2005) Order Chiroptera, in *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* (Wilson, D. E., And D. M. Reeder, eds.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. p. 312–529

Simmons NB, Voss RS (1998) The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the AMNH*; no. 237

Ecological Software Solutions. (2010). LOAS: location of a signal. Ver. 4.0. 3.8.

Tavares VC., Ribeiro MS, Prous X., Notini AA, Kaku-Oliveira NY., Maciel LM, ... & Trevelin, L C (2025). Do you have enough space? Habitat selection of insectivorous cave-dwelling bats in fragmented landscapes of Eastern Amazon. *Plos one*, 20(1), e0296137

Tetra Mais (2023) Estudo de Impacto Ambiental do Projeto Santa Quitéria. Relatório técnico. São Paulo.

Theobald E, Hosken DJ, Foster P, Moyes K (2020). Mines and bats: the impact of open-pit mining on bat activity. *Acta Chiropterologica*, 22(1), 157-166.

Thies W, Kalko EK, Schnitzler HU (2006) Influence of environment and resource availability on activity patterns of *Carollia castanea* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Mammalogy*, 87(2), 331-338

Trajano E (1996) Movements of cave bats in southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*, 121-129



Trevelin LC, Silveira M, Port-Carvalho M, Homem DH, Cruz-Neves AP (2013) Use of space by frugivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a restored Atlantic forest fragment in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 291, 136-143

Yela JL, Herrera C.M (1993) Seasonality and life cycles of woody plant-feeding noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) in Mediterranean habitats. *Ecological Entomology*, 18(3), 259-269.

Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. 2nd ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc

Zeale MR, Davidson-Watts I, Jones G (2012) Home range use and habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*): implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 93(4), 1110-1118.



**Serviço Público Federal**  
**CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA - 5ª REGIÃO**

<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA ART</b>	Nº: 5-51319/23
---	----------------

**CONTRATADO**

Nome: LIGIA MARIA SABACK MOREIRA	Registro CRBio: 93.308/S-05
CPF: 01496112695	Tel: 8773-8337
E-Mail: sabackli@gmail.com	
Endereço: R. Correias, 305 - APTO 800	
Cidade: Belo Horizonte	Bairro: Sion
CEP: 30315-340	UF: MG


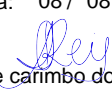
**CONTRATANTE**

Nome: Carste Consultores Associados LTDA	
Registro Profissional:	CPF/CGC/CNPJ: 08.000.418/0001-00
Endereço: R. Brazópolis, 139	
Cidade: Belo Horizonte	Bairro:
CEP: 30150-170	UF: MG
Site:	

**DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL**

Natureza: Prestação de Serviços - 1.7			
Identificação: Estudos ambientais em cavidades naturais - Projeto Santa Quitéria			
Município do Trabalho: Santa Quitéria	UF: CE	Município da sede: Santa Quitéria	UF: CE
Forma de participação: Equipe		Perfil da equipe: biólogo, geólogo, geógrafo	
Área do conhecimento: Ecologia		Campo de atuação: Meio ambiente	
Descrição sumária da atividade: Coordenadora Geral das atividades de monitoramento de fauna (quirópteros) em cavidades naturais subterrâneas e seu entorno, localizadas na área de estudo do Projeto Santa Quitéria / Indústria Nucleares do Brasil - INB. Coleta, triagem, identificação, processamento do material biológico em laboratório e elaboração de relatórios técnicos. Declaro que apesar do valor descrito deve-se considerar o salário mensal estabelecido em meu contrato de trabalho.			
Valor: R\$ 0,00		Total de horas: 200	
Início: 02/08/2023		Término:	

**ASSINATURAS**

<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>	
Data: 08 / 08 / 2023  Assinatura do profissional	Data: 08 / 08 / 2023  Assinatura e carimbo do contratante

Para verificar a autenticidade desta ART acesse o **CRBio05-24** horas Online em nosso site e depois o serviço **Conferência de ART**

<p><b>Solicitação de baixa por distrato</b></p> <p>Nº do protocolo:</p> <p>Data:     /     /</p> <p>Assinatura do Profissional</p> <p>Data:     /     /</p> <p>Assinatura e carimbo do contratante</p>	<p><b>Solicitação de baixa por conclusão</b></p> <p>Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.</p> <p>Nº do protocolo: 400036393/NET</p> <p>Data:     /     /                      Assinatura do profissional</p> <p>Data:     /     /                      Assinatura e Carimbo do contratante</p>
--	---

## ANEXO XII

---

## AVIFAUNA

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-B**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE



## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** Estudo de Impacto Ambiental

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Avifauna

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIB	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra+	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
----------------------------------	---------------------------------	--	-------------------------------

## SUMÁRIO

11.2 Meio biótico.....	93
11.2.1 Ecossistemas Terrestres .....	93
11.2.1.1 Fauna .....	93
11.2.1.1.4 Avifauna .....	93
A. Introdução.....	93
B. Metodologia .....	95
C. Resultados e Discussão .....	101
D. Considerações Finais.....	148
E. Relatório Fotográfico .....	150

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.2.1-45: Levantamento da avifauna a partir das listas de Mackinnon. ....	99
Figura 11.2.1-46: Levantamento da avifauna a partir das listas de Mackinnon. ....	99
Figura 11.2.1-47: Famílias mais representativas quanto ao número de espécies de aves catalogadas a partir dos dados primários na área influência do Projeto Santa Quitéria.....	103
Figura 11.2.1-48: Curva de acumulação obtida para a avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria. ....	128
Figura 11.2.1-49: Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com o uso de habitat (PARKER III <i>et al.</i> , 1996). ....	138
Figura 11.2.1-50: Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com sensibilidade a distúrbios ambientais (SILVA <i>et al.</i> , 2003). ....	139
Figura 11.2.1-51: 20 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 <i>et al.</i> (2003) e Wilman <i>et al.</i> (2014). ....	140
Figura 11.2.1-52: Riqueza de espécies de aves estimada para cada área de influência e controle registradas durante o levantamento da avifauna do Projeto Santa Quitéria. ....	142
Figura 11.2.1-53: Estimativa de diversidade de acordo com o índice de Shannon-Wiener (Shannon H) por área de influência calculado a partir dos dados obtidos o levantamento da avifauna realizado nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria. ....	143
Figura 11.2.1-54: 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. ....	145
Figura 11.2.1-55: Riqueza de espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria em cada campanha de amostragem. ....	146
Figura 11.2.1-56: <i>Crypturellus tataupa</i> (Inhambu-chintã) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 13. ..	150
Figura 11.2.1-57: <i>Coragyps atratus</i> (urubu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ....	150
Figura 11.2.1-58: <i>Cathartes aura</i> (urubu-de-cabeça-vermelha) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 8. ...	150
Figura 11.2.1-59: <i>Rupornis magnirostris</i> (gavião-carijó) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ...	150

Figura 11.2.1-60: <i>Anopetia gounellei</i> (rabo-branco-de-cauda-larga) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5. ....	151
Figura 11.2.1-61: <i>Chionomesa fimbriata</i> (beija-flor-de-garganta-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 12. ....	151
Figura 11.2.1-62: <i>Chlorostilbon lucidus</i> (besourinho-de-bico-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 6. ....	151
Figura 11.2.1-63: <i>Chrysolampis mosquitos</i> (beija-flor-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5. ....	151
Figura 11.2.1-64: <i>Campephilus melanoleucos</i> (pica-pau-de-topete-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7. ....	152
Figura 11.2.1-65: <i>Picumnus limae</i> (picapauzinho-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ...	152
Figura 11.2.1-66: <i>Piculus chrysochloros</i> (pica-pau-dourado-escuro) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 10. ....	152
Figura 11.2.1-67: <i>Veniliornis passerinus</i> (pica-pau-pequeno) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 10. ..	152
Figura 11.2.1-68: <i>Nystalus maculatus</i> (rapazinho-dos-velhos) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7. ...	153
Figura 11.2.1-69: <i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (arapaçu-de-cerrado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7. ....	153
Figura 11.2.1-70: <i>Synallaxis frontalis</i> (petrim) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 9. ....	153
Figura 11.2.1-71: <i>Formicivora melanogaster</i> (formigueiro-de-barriga-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ....	153
Figura 11.2.1-72: <i>Thamnophilus capistratus</i> (choca-barrada-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ....	154
Figura 11.2.1-73: <i>Thamnophilus pelzelni</i> (choca-do-planalto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5. ...	154
Figura 11.2.1-74: <i>Casiornis fuscus</i> (caneleiro-enxofre) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 6. ....	154
Figura 11.2.1-75: <i>Myiarchus tyrannulus</i> (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 11. ....	154
Figura 11.2.1-76: <i>Myiodynastes maculatus</i> (bem-te-vi-rajado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 9. ...	155
Figura 11.2.1-77: <i>Tolmomyias flaviventris</i> (bico-chato-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 13. ....	155
Figura 11.2.1-78: <i>Vireo chivi</i> (Juruviara) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5. ....	155
Figura 11.2.1-79: <i>Cyanocorax cyanopogon</i> (gralha-cancã) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ...	155

Figura 11.2.1-80: <i>Coryphospingus pileatus</i> (tico-tico-rei-cinza) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ...	156
Figura 11.2.1-81: <i>Nemosia pileata</i> (saíra-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 1. ...	156
Figura 11.2.1-82: <i>Paroaria dominicana</i> (cardeal-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7. ...	156
Figura 11.2.1-83: <i>Sporophila albogularis</i> (golinho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7. ....	156
Figura 11.2.1-84: <i>Molothrus bonariensis</i> (chupim) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2. ....	157
Figura 11.2.1-85: <i>Pachyramphus polychopterus</i> (caneleiro-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.	157
Figura 11.2.1-86: <i>Pachyramphus validus</i> (caneleiro-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 11. ....	157

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.2.1-7: Relação dos pontos amostrais e datas de amostragem durante as quais foram feitos os levantamentos da avifauna nas áreas de influência e controle do empreendimento.....	96
Quadro 11.2.1-8: Lista de espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria no decorrer do levantamento da avifauna .....	104
Quadro 11.2.1-9: Índice de frequência nas listas (IFL), frequência de ocorrência (FO) e categoria de Frequência de Ocorrência (FO) com base na frequência de ocorrência das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, em ordem decrescente.....	122
Quadro 11.2.1-10: 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 (2022), o MMA (2022), estadual (SEMACE, 2022) e CITES (2023) .....	130
Quadro 11.2.1-11: Espécies de aves endêmicas registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.....	135
Quadro 11.2.1-12: 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	143



## 11 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 11.2 Meio biótico

#### 11.2.1 Ecossistemas Terrestres

##### 11.1.1.1 Fauna

##### 11.2.1.1.4 Avifauna

#### A. Introdução

Atualmente, são reconhecidas 1.971 espécies de aves com ocorrência no Brasil (PACHECO *et al.*, 2021). Destas, 548 espécies ocorrem dentro do domínio morfoclimático da Caatinga, compreendendo cerca de 28% da avifauna já registrada no território brasileiro (ARAUJO; SILVA, 2017). Do total de espécies conhecidas para a Caatinga, 509 são de aves residentes, ou seja, espécies que apresentam períodos reprodutivos dentro dos limites do domínio. Ainda, 32 espécies de aves são visitantes, das quais 22 provêm do Hemisfério Norte e 10 são oriundas do Hemisfério Sul (ARAUJO; SILVA, 2017).

Do total de espécies conhecidas na Caatinga, 67 táxons (sendo estes espécies ou subespécies) são apontados como tendo origem dentro desse domínio morfoclimático, ou seja, são táxons considerados endêmicos à região. No que diz respeito à conservação da avifauna da Caatinga, 35 espécies, cerca de 6%, são classificadas como ameaçadas de extinção, tanto em nível global (IUCN, 2022) quanto nacional (MMA, 2022). Não obstante, 83% das aves ameaçadas apresentam uma baixa capacidade adaptativa, ou seja, são espécies encontradas majoritariamente em paisagens com ecossistemas intactos ou quase não perturbados (ARAUJO; SILVA, 2017). Além disso, a Caatinga é reconhecida por ser uma região bastante heterogênea ambientalmente, o que reflete em uma avifauna nativa adaptada a um complexo de gradientes e condições ambientais e em uma grande variação de composição e riqueza das comunidades no tempo e no espaço (ARAUJO; SILVA, 2017). Localmente, as comunidades de aves na Caatinga são distintamente sazonais, sendo o número de espécies e indivíduos nitidamente maiores na estação chuvosa em relação à seca (OLMOS *et al.*, 2005; ARAUJO, 2009).

Já com relação à avifauna de ocorrência no estado do Ceará, são apontadas entre 443 e 461 espécies de aves para o estado (SEMACE, 2022; WIKIAVES, 2023), o que corresponde a cerca de 23% da avifauna conhecida e registrada no Brasil. Essas espécies de aves ocorrem desde os ambientes costeiros até as áreas típicas das Caatingas de baixada, bem como em áreas de florestas secas localizadas nas áreas de chapada, como nas Chapadas do Araripe e de Ibiapaba. Ainda, podem ser observadas espécies de aves típicas das florestas úmidas encontradas nos topos de serra, localmente conhecidas como “Brejos de altitude”, como as da região das serras de Baturité, Maranguape e Aratanha (NASCIMENTO *et al.*, 2000a; FARIAS,

2005; OLMOS *et al.*, 2005; ALBANO; GIRÃO, 2008). De acordo com a lista de espécies de aves ameaçadas do estado do Ceará, e considerando o total de espécies listadas para o estado, 75 espécies de aves são apontadas como ameaçadas de extinção, 12 são indicadas como extintas ou regionalmente extintas, e 71 espécies são categorizadas com dados insuficientes ou não são classificadas quanto a esses critérios de avaliação (SEMACE, 2022).

A partir dessa contextualização, é possível afirmar que a conservação efetiva da biodiversidade requer um mínimo de conhecimento sobre os alvos dessa proteção. Nessa perspectiva, os estudos ambientais associados à implantação de empreendimentos diversos tornaram-se uma necessidade, tendo em vista as crescentes alterações às quais os habitats naturais estão submetidos (TAUK-TORNISIELO *et al.*, 1995). Ainda que muitos desses estudos apresentem amostragens espacial e temporalmente reduzidas, os dados que estes geram são de grande interesse (CHEREM, 2005), pois podem contribuir para o conhecimento da distribuição e da ecologia dos distintos táxons e 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 neste sentido, portanto, que alguns exemplares da fauna podem ser considerados como bioindicadores, uma vez que estabelecem relações recíprocas com o meio físico (PINTO-COELHO, 2009), respondendo às influências externas de acordo com os seus níveis de sensibilidade e em função das alterações presentes no ambiente.

Nesse panorama, o estudo da avifauna pode revelar distintos níveis de interferência antrópica no ambiente. Por exemplo, as espécies da avifauna apresentam diferentes exigências ecológicas e 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 de ações e empreendimentos humanos (ARAUJO, com. Pers.). 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).

Dito isso, o presente levantamento foi executado visando atingir demandas específicas do processo de licenciamento ambiental do empreendimento Projeto Santa Quitéria, a fim de determinar medidas eficientes para mitigar os possíveis impactos sobre a biodiversidade e os ecossistemas naturais durante a instalação e operação do empreendimento em questão. A adoção futura dessas medidas tem o potencial de proteger as funções ecossistêmicas locais, com consequente fornecimento dos serviços que são tão necessários à manutenção

da biodiversidade e, consequentemente, ao usufruto humano. Tais serviços incluem a provisão de recursos alimentares à fauna, o armazenamento de carbono pela vegetação, a polinização e dispersão de sementes e, em outras instâncias, o fornecimento de espaços para lazer, contemplação e manifestações culturais para as populações humanas locais. Desta forma, o planejamento de estratégias para proteger as espécies e os ecossistemas, baseado nos levantamentos feitos nestes estudos, pode, por fim, trazer benefícios socioambientais também às populações humanas impactadas indiretamente pelo empreendimento.

## B. Metodologia

### B.1. Levantamento de 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 da base de dados on-line Wikiaves (2023). Por fim, foram utilizados relatórios técnicos de pesquisas realizadas na área de estudo. Seguem as bases de consulta utilizadas nesse levantamento:

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, foram listadas 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 Ceará 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, cerca de 220 e 200 km do município de Santa Quitéria. Assim, foram incorporados aos dados secundários o registro de 123 espécies de aves listadas pelos autores.

ARCADIS LOGOS (2014) - Neste trabalho foram reunidas as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários realizado para a elaboração 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.

WIKIAVES (2023) - Wikiaves é uma plataforma on-line ([www.wikiaves.com](http://www.wikiaves.com)) que organiza e disponibiliza registros sonoros e/ou fotográficos de espécimes de aves feitos por ornitólogos amadores ou profissionais em todo o Brasil. Com base nesse banco de dados, foi realizada uma pesquisa considerando as espécies registradas dentro de um raio de 50 km do município de Santa Quitéria, Ceará, município no qual o empreendimento está localizado. Como resultado, foi compilada uma lista com 232 espécies de aves com potencial de ocorrência nas áreas de influência do empreendimento, porém três espécies não foram consideradas, pois apresentam um único registro, e este foi realizado durante as atividades do atual estudo. Dessa forma, a lista de aves utilizada foi composta por 229 espécies de aves.

### B.2. Levantamento de Avifauna - Dados Primários

As três amostragens de campo ocorreram durante 14 dias consecutivos cada. A primeira campanha ocorreu entre os dias 5 e 18 de novembro de 2020, referente à estação seca I, enquanto a segunda campanha foi realizada entre 31 de janeiro e 13 de fevereiro de 2021, também durante a estação seca e alusiva à estação seca II, pois, embora considerado como período chuvoso, naquele ano a chuva tardou, e a amostragem ocorreu em um ambiente de vegetação típica da época de seca com poucas árvores ou arbustos apresentando folhas verdes. A terceira campanha ocorreu entre 24 de abril e 07 de maio de 2023, durante a estação chuvosa (estação chuvosa I. Desta forma, as campanhas para o grupo de avifauna, para compor o presente diagnóstico, abrangeram o período de seca e chuva.

Em cada campanha, as atividades *in situ* foram desenvolvidas ao longo de um dia em cada ponto amostral (Quadro 11.2.1-7). A localização geográfica e imagens representativas de cada unidade amostral durante as três campanhas foram apresentadas na seção Área de Estudo e Unidades Amostrais no início da seção de Meio Biótico. As mesmas ocorriam no início da manhã a partir do alvorecer até por volta das 10 horas, e no fim tarde, a partir das 16 horas até o escurecer, períodos de maior atividade das aves. Nesse período, a avifauna foi inventariada a partir da utilização de metodologia não interventiva, aplicando o método de Listas de Mackinnon. Esse 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 (e.g., capturas por redes-neblina). Contudo, foram incluídos também registros ocasionais feitos por outros integrantes da equipe de monitoramento de fauna.



**Quadro 11.2.1-7: Relação dos pontos amostrais e datas de amostragem durante as quais foram feitos os levantamentos da avifauna nas áreas de influência e controle do empreendimento**

UA	DATA DE AMOSTRAGEM			FITOFISIONOMIA	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	C1	C2	C3		
UA1	16/11/20	07/02/21	27/04/23	SEA	AID
UA2	05/11/20	31/01/21	25/04/23	SEF	AID
UA3	11/11/20	02/02/21	04/05/23	SEA	ADA
UA4	08/11/20	06/04/21	05/05/23	SEF	AID
UA5	14/11/20	04/02/21	30/04/23	SEF	AID
UA6	15/11/20	11/02/21	02/05/23	SEF	AID
UA7	09/11/20	01/02/21	24/04/23	SEA	AID
UA8	17/11/20	09/02/21	06/05/23	SEA	AID
UA9	07/11/20	05/02/21	29/04/23	SEA	AID
UA10	13/11/20	03/02/21	01/05/23	SEF	AID
UA11	06/11/20	13/02/21	28/04/23	SEF	ADA
UA12	10/11/20	10/02/21	03/05/23	SEA	AID
UA13	12/11/20	12/02/21	26/04/23	SEA	ADA
UA14	18/11/20	08/02/21	07/05/23	SEA	Controle

Legenda: UA - unidade amostral; C - campanha. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

Listas de Mackinnon (LM): O método de Listas de Mackinnon (MACKINNON; PHILLIPS, 1993) constitui-se pelo levantamento e registro de todas as espécies detectadas durante os trabalhos de campo, em listagens consecutivas compostas pelo mesmo número de espécies. Nessa metodologia cada espécie que não tenha sido anteriormente detectada é registrada de forma consecutiva, formando uma lista, até se atingir um número predeterminado 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). Adicionalmente, a frequência de ocorrência das espécies nas listas produzidas é

considerada um confiável e consistente índice de abundância (MACLEOD *et al.*, 2011) e foi empregado neste trabalho para o cálculo de outros índices de Diversidade, como Shannon-Wiener e Pielou (ver seção de Análise de dados).

Com o objetivo de padronizar o esforço em cada um dos pontos amostrais, foi estabelecido um número mínimo de 10 listas de Mackinnon em cada um dos 14 pontos a serem amostrados. Contudo, devido às diferenças entre os 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 desde a alvorada, por volta das 5 horas, até aproximadamente 10 horas da manhã. Adicionalmente foram realizadas amostragens no período vespertino, entre 16 e 19 horas, contemplando amostragens noturnas. Cada ponto amostral foi visitado pelo menos uma vez (um dia), somando 8 horas por dia e 112 horas por campanha, totalizando 336 horas ao longo do estudo (8 horas/dia \* 14 dias \* 3 campanhas).

Durante as observações em campo, os especialistas utilizaram binóculo Nikon Monarch 10x42, recomendado para estudos ornitológicos (Figura 11.2.1-45 e Figura 11.2.1-46). Os espécimes de aves foram identificados em nível específico por observação ou por meio do reconhecimento de suas vocalizações, que geralmente é responsável por até 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 com câmera fotográfica 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 capturado ou coletado durante o levantamento da avifauna e, tampouco, foram aplicados métodos invasivos, como a captura com redes-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), cujo 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 três campanhas de levantamento da avifauna foram organizados em uma base de dados contendo a lista de espécies e número de indivíduos

registrados em cada ponto amostral (cada lista de Mackinnon). A classificação taxonômica e nomenclatura das espécies seguiu a classificação proposta pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (PACHECO *et al.*, 2021). Ainda, as espécies registradas foram categorizadas quanto à sua dependência de floresta em três categorias, são elas: 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, e 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 à sua importância econômica e cinegética (CITES, 2023) e padrão de migração (RODA, 2003; SOMENZARI *et al.*, 2018; CEMAVE, 2020).



Figura 11.2.1-45: Levantamento da avifauna a partir das listas de Mackinnon.



Figura 11.2.1-46: Levantamento da avifauna a partir das listas de Mackinnon.

Adicionalmente, as espécies registradas foram classificadas quanto ao endemismo da Caatinga (ARAUJO; SILVA, 2017), além de serem classificadas quanto à sensibilidade a distúrbios no habitat, sendo: Alta (A) - apresenta alta sensibilidade aos distúrbios ambientais; Média (M) - apresenta média sensibilidade aos distúrbios ambientais; e Baixa (B) - apresenta baixa sensibilidade aos distúrbios ambientais. Tal classificação foi baseada em informações contidas na literatura (PARKER III *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2003; ARAUJO; SILVA, 2017). Também foram classificadas quanto ao seu grupo trófico, sendo: IN - espécies que apresentam invertebrados como principal item alimentar; ON - espécies que apresentam diversos itens alimentares em sua dieta, sem a predominância de um item; PS - espécies que consomem grãos e outras partes vegetais, exceto frutos e néctar, como principais itens alimentares; FN - espécies que apresentam frutos e/ou néctar como principais itens alimentares; VFS - espécies que apresentam outros vertebrados como principais itens alimentares (SILVA *et al.*, 2003; RODA, 2003; WILMAN *et al.*, 2014).

### B.3. Análise de Dados

Para a quantificação e análise da diversidade entre os pontos amostrais, foi utilizado o Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), que é baseado na abundância proporcional das espécies e, portanto, considera tanto a riqueza das espécies quanto a sua equidade. Esse método é geralmente escolhido pela sua alta capacidade discriminante entre amostras (MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989), além de ser o índice mais frequentemente utilizado em trabalhos com avifauna. A equitabilidade foi avaliada utilizando o índice da Equidade de Pielou ( $J'$ ). Esse índice varia entre 0 e 1, em que valores menores do que 0,5 indicam que existe a dominância de uma ou mais espécies na comunidade estudada, enquanto valores maiores do que 0,5 indicam uma distribuição mais uniforme entre as abundâncias das espécies na amostra (MARTINS; SANTOS, 1999).

Adicionalmente, foi calculada a frequência de ocorrência (FO) das aves registradas ao longo do estudo nas áreas de influência (ADA e AID) e na área controle do empreendimento. Para tanto, foi usada a seguinte equação:  $FO = nx100/N$  (VIELLIARD; SILVA, 1990), sendo  $n$  o número de vezes que a espécie “i” aparece na amostra, ou seja, no número de pontos amostrais em que a espécie “i” foi registrada, e  $N$  o número total de visitas aos pontos amostrais (3 campanhas x 14 pontos amostrais,  $N=42$ ). Foram consideradas as seguintes categorias quanto à frequência de ocorrência (FO), de acordo com as espécies de aves registradas, são elas: 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).

Adicionalmente, foi calculado o Índice de Frequência nas Listas (IFLs), seguindo a seguinte fórmula:  $IFL = n(i)/LM$ , em que  $n(i)$  = número de contatos (listas) com a espécie  $i$ ;  $LM$  = número total de listas de Mackinnon construídas durante o estudo (RIBON, 2010).

A eficiência amostral foi determinada pela construção de curvas de acumulação de espécies (*sensu* GOTELLI; COLWELL, 2001). Essas curvas consistem em um 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 dessa curva, pode-se prever, a partir de estimadores de riqueza, o número de espécies que ainda não foram observadas na área (CHAZDON *et al.*, 1998). Nessa análise, cada lista de Mackinnon foi considerada uma unidade amostral (UA), totalizando 436 UAs, das quais 146 UAs foram obtidas na primeira campanha, 132 UAs na segunda campanha e 158 UAs na terceira campanha. Para balizar essa estimativa, foram utilizados os estimadores de riqueza Chao 2 e Jackknife 1, os quais apresentaram melhor *performance* em testes em áreas de Caatinga (ARAUJO, 2009). As análises referentes



à curva de acumulação e estimativa de riqueza de espécies foram realizadas utilizando-se o software Estimates 9.1 (COLWELL, 2013).

Em seguida, com base no índice de similaridade de Jaccard, foi realizada uma análise de agrupamentos (UPGMA), a fim de verificar a relação entre as áreas amostradas, de acordo com o compartilhamento de espécies registradas ao longo de cada ponto amostral. Esse índice foi selecionado devido ao conjunto de dados empregados na análise de similaridade utilizar apenas informações de presença e ausência, dessa forma, permitindo o uso de dados obtidos a partir de métodos que não possibilitam a captura de índices relativos à abundância, como as Listas de Mackinnon, além de métodos não sistemáticos (encontros ocasionais) ao longo da coleta de dados. Assim, foram incluídas espécies que ocorrem nas áreas amostradas, porém não foram registradas pelos métodos padronizados, o que possibilitou uma maior representatividade das espécies que ocorrem nas áreas estudadas. Nessa 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 realizados 4361 registros que culminaram em 161 espécies de aves inventariadas pertencentes a 46 famílias e 23 ordens (Quadro 11.2.1-8), sendo que 157 destas foram registradas por meio das listas de Mackinnon e quatro incluídas por meio de registros ocasionais. Do total de espécies de aves inventariadas, 126 (78,26%) foram observadas na primeira campanha, 129 (80,12%) foram catalogadas durante a segunda campanha e 118 (73,29%) espécies foram inventariadas no decorrer da terceira campanha, indicando uma riqueza similar entre as três campanhas realizadas, principalmente entre aquelas realizadas na estação seca (primeira e segunda campanhas).

A riqueza total observada no presente estudo (N=161 espécies) foi superior à riqueza apontada no EIA de 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), que registrou 146 espécies na região. Comparando com outros estudos em áreas de Caatinga com fitofisionomias semelhantes, verificou-se que a riqueza observada na AI do empreendimento foi similar ou um pouco inferior às riquezas relatadas em alguns outros estudos. Por exemplo, os estudos de ARAUJO *et al.* (2012) e VIEIRA-FILHO *et al.* (2018) registraram 162 e 164 espécies de aves em áreas de caatinga arborizada e florestada, respectivamente, na Paraíba, o que foi similar ao encontrado no presente levantamento. Ainda, Nascimento *et al.* (2000a) e Nascimento *et al.* (2000b) registraram, respectivamente, 193 espécies de aves na Chapada do Araripe e 154 na Estação Ecológica de Aiuaba. Já Farias *et al.* (2005) observaram 174 espécies de aves para a Serra das Almas. Todos esses levantamentos foram conduzidos no estado do Ceará em áreas

que apresentam algum grau de conservação, o que pode favorecer o registro de uma maior diversidade de espécies de aves.

Por outro lado, Pereira *et al.* (2014) registraram 112, 121 e 137 espécies de aves em três áreas de Caatinga no Rio Grande do Norte e Nascimento (2000b) observou 116 espécies na Estação Ecológica do Seridó, também no Rio Grande do Norte. Já Olmos *et al.* (2005) catalogaram 102 e 91 espécies de aves na região de Mombaça e Pedra Branca, ambos municípios no estado do Ceará. Tais riquezas amostradas nesses estudos foram inferiores à encontrada na AI do Projeto Santa Quitéria. Diante desse resultado, pode-se inferir que a riqueza de aves encontrada no presente estudo foi semelhante à riqueza de espécies em áreas de Caatinga com fitofisionomias similares e em bom estado de conservação.

No que diz respeito às famílias com maior diversidade de espécies, verificou-se que, no presente estudo, as famílias mais representativas foram: Tyrannidae, com 24 (14,81%) espécies, Thraupidae, com 14 (8,64%) espécies, Columbidae, com nove espécies (5,56%) e Picidae, com sete (4,32%) espécies (Figura 11.2.1-47). Essas famílias também estiveram entre as mais diversas ao longo das atividades desenvolvidas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014), indicando que a diversidade da avifauna local foi mantida quase que semelhante durante os últimos 12 anos, no que diz respeito à representatividade das famílias de aves registradas. Além disso, estudos realizados em outras áreas de Caatinga observaram essas famílias entre as mais diversas (*e.g.*, NASCIMENTO *et al.*, 2000a; NASCIMENTO *et al.*, 2000b; SANTOS, 2004; ROOS *et al.*, 2006; ARAUJO; RODRIGUES, 2011; NUNES; MACHADO, 2012; LASCASAS *et al.*, 2012; OLMOS; ALBANO, 2012; SILVEIRA; MACHADO, 2012; SILVEIRA; SANTOS, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2013). Ainda, ao analisar a comunidade de aves na Caatinga em sua totalidade, essas famílias foram sempre apontadas como as mais diversas em termos de quantidade de espécies (ARAUJO; SILVA, 2017). Dessa forma, a comunidade de aves aqui observada refletiu o padrão de riqueza dentre famílias de aves encontradas no domínio da Caatinga como um todo.

Quanto à frequência de ocorrência, verificou-se que a maioria das espécies foram classificadas como regulares (N=68; 43%), enquanto 27 espécies (17%) foram classificadas como comuns. Por sua vez, 39 espécies (25%) foram classificadas como pouco comuns e 23 espécies (15%) como raras (Quadro 11.2.1-9). Essa predominância de espécies regulares não é surpreendente, visto que 509 das 548 espécies já registradas na Caatinga são de espécies residentes (ARAUJO; SILVA, 2017). É esperado, contudo, que os levantamentos rápidos, costumeiramente realizados no âmbito dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), possam reduzir a chance de detecção das espécies, especialmente das raras, que são registradas com esforço amostral contínuo (OLMOS *et al.*, 2005; SILVEIRA, 2010). Apesar disso, obteve-se uma amostra representativa e significativa da comunidade no que tange à

compreensão dos impactos ambientais que poderão advir do empreendimento. Os monitoramentos futuros do grupo servirão ao registro das espécies de menor detectabilidade.

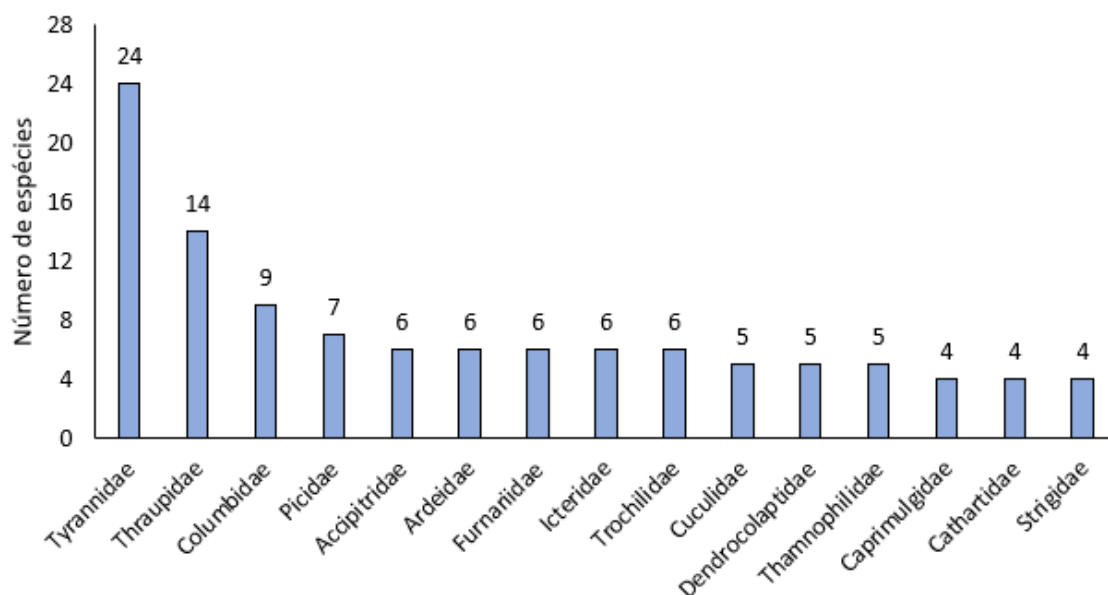


Figura 11.2.1-47: Famílias mais representativas quanto ao número de espécies de aves catalogadas a partir dos dados primários na área influência do Projeto Santa Quitéria.

De toda forma, as espécies regulares, ou seja, as mais frequentes detectadas a partir das listas de Mackinnon, foram espécies comuns aos ambientes de Caatinga e, no geral, também foram apontadas entre as espécies mais frequentes em outros estudos realizados no domínio, (e.g. SANTOS, 2004; OLMOS *et al.*, 2005; ROOS *et al.*, 2006; ARAUJO; RODRIGUES, 2011), como *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza), *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado), *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) e *Polioptila atricapilla* (balança-rabo-do-nordeste), espécies amplamente distribuídas pela Caatinga e facilmente detectadas. Essas espécies também são regulares quando se avalia a FO por ponto amostral, o que reforça o quanto comum essas espécies são à região amostrada, pois podem ser facilmente observadas em diversos pontos dentro das áreas de influência e da área controle do Consórcio Santa Quitéria.

Quadro 11.2.1-8: Lista de espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria no decorrer do levantamento da avifauna

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
Tinamiformes Huxley, 1872												
Tinamidae Gray, 1840												
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827)	inhambu-chororó	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		
<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815)	inhambu-chintã	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	ON	Cin		
<i>Nothura maculosa</i> (Temminck, 1815)	codorna-amarela	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON	Cin		
Anseriformes Linnaeus, 1758												
Anatidae Leach, 1820												
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	Irerê	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789)	marreca-ananaí	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC			B	ON	Cin		
Galliformes Linnaeus, 1758												
Cracidae Rafinesque, 1815												
<i>Penelope jacucaca</i> Spix, 1825	Jacucaca	1 <sup>a</sup>	VU	VU	VU		3	A	FN	Cin	CAA	
Podicipediformes Fürbringer, 1888												
Podicipedidae Bonaparte, 1831												
<i>Tachybaptus dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	mergulhão-pequeno	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC			M	IN			



NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	mergulhão-caçador	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
Suliformes Sharpe, 1891												
Phalacrocoracidae Reichenbach, 1849												
<i>Nannopterum brasilianum</i> (Gmelin, 1789)	Biguá	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC			B				
Pelecaniformes Sharpe, 1891												
Ardeidae Leach, 1820												
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783)	socó-boi	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	Socozinho	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	garça-vaqueira	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
<i>Ardea cocoi</i> Linnaeus, 1766	garça-moura	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	garça-branca-grande	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	garça-branca-pequena	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC			B	ON			
Cathartiformes Seebohm, 1890												
Cathartidae Lafresnaye, 1839												
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Cathartes burrovianus</i> Cassin, 1845	urubu-de-cabeça-amarela	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	VFS			

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	urubu-preto	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Sarcoramphus papa</i> (Linnaeus, 1758)	urubu-rei	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	VFS			
Accipitriformes Bonaparte, 1831												
Accipitridae Vigors, 1824												
<i>Geranospiza caerulescens</i> (Vieillot, 1817)	gavião-pernilongo	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	VFS			
<i>Heterospizias meridionalis</i> (Latham, 1790)	gavião-caboclo	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	gavião-carijó	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Geranoaetus albicaudatus</i> (Vieillot, 1816)	gavião-de-rabo-branco	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Geranoaetus melanoleucus</i> (Vieillot, 1819)	águia-serrana	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	VFS			
<i>Buteo nitidus</i> (Latham, 1790)	gavião-pedrês	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	VFS			
Gruiformes Bonaparte, 1854												
Rallidae Rafinesque, 1815												
<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	saracura-três-potes	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	A	ON	Cin		
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	galinha-d'água	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON	Cin		

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
Charadriiformes Huxley, 1867												
Charadriidae Leach, 1820												
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
Recurvirostridae Bonaparte, 1831												
<i>Himantopus mexicanus</i> (Statius Muller, 1776)	pernilongo-de-costas-negras	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
Scolopacidae Rafinesque, 1815												
<i>Tringa solitaria</i> Wilson, 1813	maçarico-solitário	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			MGT
Jacanidae Chenu & Des Murs, 1854												
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	Jaçanã	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
Columbiformes Latham, 1790												
Columbidae Leach, 1820												
<i>Columbina passerina</i> (Linnaeus, 1758)	rolinha-cinzenta	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON	Cin		
<i>Columbina minuta</i> (Linnaeus, 1766)	rolinha-de-asa-canela	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	rolinha-roxa	1 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	rolinha-fogo-apagou	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	rolinha-picuí	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	pomba-asa-branca	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	PS	Cin		
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	avoante	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Cin		ND
<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855	juriti-pupu	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	PS	Cin		
<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	juriti-de-testa-branca	1 <sup>a</sup>	LC	LC	VU		3	M	PS	Cin		
Cuculiformes Wagler, 1830												
Cuculidae Leach, 1820												
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Crotophaga major</i> Gmelin, 1788	anu-coroca	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC			M	ON			
<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	anu-preto	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON			
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	anu-branco	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	VFS			
<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	saci	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
Strigiformes Wagler, 1830												



NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
Strigidae Leach, 1820												
<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	corujinha-do-mato	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	2	B	IN			
<i>Glaucidium brasilianum</i> (Gmelin, 1788)	caburé	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	2	B	IN			
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	coruja-buraqueira	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	1	M	VFS			
<i>Aegolius harrisii</i> (Cassin, 1849)	caburé-acanelado	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II		A	ON			
Nyctibiiformes Yuri, Kimball, Harshman, Bowie, Braun, Chojnowski, Hackett, Huddleston, Moore, Reddy, Sheldon, Steadman, Witt & Braun, 2013												
Nyctibiidae Chenu & Des Murs, 1851												
<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	urutau	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
Caprimulgiformes Ridgway, 1881												
Caprimulgidae Vigors, 1825												
<i>Nyctidromus albicollis</i> (Gmelin, 1789)	bacurau	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Nyctidromus hirundinaceus</i> (Spix, 1825)	bacurauzinho-da-caatinga	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1				CAA	
<i>Hydropsalis parvula</i> (Gould, 1837)	bacurau-chintã	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			MP R
<i>Nannochordeiles pusillus</i> (Gould, 1861)	bacurauzinho	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1					
Apodiformes Peters, 1940												
Apodidae Olphe-Galliard, 1887												

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	andorinhão-do-temporal	2ª	LC	LC	LC			M	IN			MG T
<i>Tachornis squamata</i> (Cassin, 1853)	andorinhão-do-buriti	2ª	LC	LC	LC		1	B	IN			
Trochilidae Vigors, 1825												
<i>Anopetia gounellei</i> (Boucard, 1891)	rabo-branco-de-cauda-larga	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC	II	3	-	FN		CAA	
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-tesoura	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC	II	1	B	FN			
<i>Chrysolampis mosquitus</i> (Linnaeus, 1758)	beija-flor-vermelho	1ª; 3ª	LC	LC	LC	II	1	B	FN			
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1812)	besourinho-de-bico-vermelho	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC	II	2	B	FN			
<i>Chionomesa fimbriata</i> (Gmelin, 1788)	beija-flor-de-garganta-verde	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC	II	2	B	FN			
<i>Helimaster squamosus</i> (Temminck, 1823)	bico-reto-de-banda-branca	1ª; 3ª	LC	LC	LC	II	3	M	FN			
Coraciiformes Forbes, 1844												
Alcedinidae Rafinesque, 1815												
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	martim-pescador-grande	1ª	LC	LC	LC		1	B	VFS			
Galbuliformes Fürbringer, 1888												

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
Bucconidae Horsfield, 1821												
<i>Nystalus maculatus</i> (Gmelin, 1788)	rapazinho-dos-velhos	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			
Piciformes Meyer & Wolf, 1810												
Picidae Leach, 1820												
<i>Picumnus limae</i> Snethlage, 1924	picapauzinho-da-caatinga	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN		CAA	
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	pica-pau-branco	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	FN			
<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	pica-pau-pequeno	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Piculus chrysochloros</i> (Vieillot, 1818)	pica-pau-dourado-escuro	1 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Celeus ochraceus</i> (Spix, 1824)	pica-pau-ocráceo	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			
<i>Campephilus melanoleucos</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-de-topete-vermelho	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			
Cariamiformes Fürbringer, 1888												
Cariamidae Bonaparte, 1850												
<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	seriema	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
Falconiformes Bonaparte, 1831												

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
Falconidae Leach, 1820												
<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	carcará	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	1	B	VFS			
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linnaeus, 1758)	acauã	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	2	B	VFS			
<i>Falco femoralis</i> Temminck, 1822	falcão-de-coleira	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	1	B	ON			
Psittaciformes Wagler, 1830												
Psittacidae Rafinesque, 1815												
<i>Primolius maracana</i> (Vieillot, 1816)	maracanã	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	NT	LC	EN	I	2	M	PS	Xer		
<i>Eupsittula cactorum</i> (Kuhl, 1820)	periquito-da-caatinga	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	2	M	PS	Xer	CAA	
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	tuim	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC	II	1	B	ON	Xer		
Passeriformes Linnaeus, 1758												
Thamnophilidae Swainson, 1824												
<i>Myrmorchilus strigilatus</i> (Wied, 1831)	tem-farinha-aí	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			
<i>Formicivora melanogaster</i> Pelzeln, 1868	formigueiro-de-barriga-preta	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			
<i>Thamnophilus capistratus</i> Lesson, 1840	choca-barrada-do-nordeste	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN		CAA	



NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Thamnophilus pelzelni</i> Hellmayr, 1924	choca-do-planalto	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	choró-boi	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
Dendrocolaptidae Gray, 1840												
<i>Sittasomus griseicapillus</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-verde	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			
<i>Campylorhamphus trochilrostris</i> (Lichtenstein, 1820)	arapaçu-beija-flor	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	A	IN			
<i>Dendroplex picus</i> (Gmelin, 1788)	arapaçu-de-bico-branco	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-cerrado	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
<i>Xiphocolaptes falcirostris</i> (Spix, 1824)	arapaçu-do-nordeste	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	VU	VU	VU		3	M	IN		CAA	
Furnariidae Gray, 1840												
<i>Furnarius figulus</i> (Lichtenstein, 1823)	casaca-de-couro-da-lama	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
<i>Furnarius leucopus</i> Swainson, 1838	casaca-de-couro-amarelo	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Pseudoseisura cristata</i> (Spix, 1824)	casaca-de-couro	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN		CAA	

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	curutié	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	IN			
<i>Synallaxis frontalis</i> Pelzeln, 1859	petrim	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Synallaxis scutata</i> Sclater, 1859	estrelinha-preta	1 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			
Tityridae Gray, 1840												
<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	caneleiro-preto	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	ON			MP R
<i>Pachyramphus validus</i> (Lichtenstein, 1823)	caneleiro-de-chapéu-preto	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			MP R
Rhynchocyclidae Berlepsch, 1907												
<i>Tolmomyias flaviventris</i> (Wied, 1831)	bico-chato-amarelo	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	ferreirinho-relógio	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	sebinho-de-olho-de-ouro	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	-		2	M	IN			
Tyrannidae Vigors, 1825												
<i>Hirundinea ferruginea</i> (Gmelin, 1788)	gibão-de-couro	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Stigmatura napensis</i> Chapman, 1926	papa-moscas-do-sertão	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	NA		1	M	IN			

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Euscarthmus meloryphus</i> Wied, 1831	barulhento	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	risadinha	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	guaracava-de-barriga-amarela	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	ON			
<i>Elaenia spectabilis</i> Pelzeln, 1868	guaracava-grande	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	ON			MP R
<i>Elaenia chilensis</i> Hellmayr, 1927	guaracava-de-crista-branca	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	ON			MG T
<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)	guaracava-de-crista-alaranjada	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			MP R
<i>Phaeomyias murina</i> (Spix, 1825)	bagageiro	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			ND
<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg, 1822)	piolhinho	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	IN			
<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Muller, 1776)	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Casiornis fuscus</i> Sclater & Salvin, 1873	caneleiro-enxofre	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			MP R
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON			MP R
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	suiriri-cavaleiro	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776)	bem-te-vi-rajado	2ª; 3ª	LC	LC	LC		3	B	ON			MP R
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	neinei	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		2	B	IN			
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	bentevizinho-de-penacho-vermelho	2ª	LC	LC	LC		2	B	ON			
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	suiriri	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		1	B	IN			MP R
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	peitica	2ª; 3ª	LC	LC	LC		2	B	IN			MP R
<i>Myiophobus fasciatus</i> (Statius Muller, 1776)	filipe	2ª	LC	LC	LC		1	B	IN			MP R
<i>Sublegatus modestus</i> (Wied, 1831)	guaracava-modesta	2ª; 3ª	LC	LC	LC		2	M	IN			MP R
<i>Fluvicola albiventer</i> (Spix, 1825)	lavadeira-de-cara-branca	2ª; 3ª	LC	LC	LC			M	IN			MP R
<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	lavadeira-mascarada	1ª; 2ª	LC	LC	LC		1	B	IN			
<i>Arundinicola leucocephala</i> (Linnaeus, 1764)	freirinha	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		1		IN			
Vireonidae Swainson, 1837												
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	pitiguari	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		2	B	IN			



NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Hylophilus amaurocephalus</i> (Nordmann, 1835)	vite-vite-de-olho-cinza	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	M	IN			
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot, 1817)	juruviara	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			MP R
Corvidae Leach, 1820												
<i>Cyanocorax cyanopogon</i> (Wied, 1821)	gralha-cancã	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	M	ON	Xer		
Hirundinidae Rafinesque, 1815												
<i>Progne tapera</i> (Linnaeus, 1766)	andorinha-do-campo	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			MP R
Troglodytidae Swainson, 1831												
<i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823	corruíra	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN	Xer		
<i>Cantorchilus longirostris</i> (Vieillot, 1819)	garrinchão-de-bico-grande	1 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
Poliophtilidae Baird, 1858												
<i>Poliophtila atricapilla</i> (Swainson, 1831)	balança-rabo-do-nordeste	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	IN			
Turdidae Rafinesque, 1815												
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON	Xer		

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	sabiá-poca	2ª	LC	LC	LC		2	B	FN	Xer		MP R
Mimidae Bonaparte, 1853												
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	sabiá-do-campo	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		1	B	IN			
Passerellidae Cabanis & Heine, 1850												
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	tico-tico	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		1	B	PS	Xer		
<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	tico-tico-do-campo	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		1	B	PS			
<i>Arremon taciturnus</i> (Hermann, 1783)	tico-tico-de-bico-preto	1ª	LC	LC	LC		3	M	ON			
Parulidae Wetmore, Friedmann, Lincoln, Miller, Peters, van Rossem, Van Tyne & Zimmer, 1947												
<i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830)	pula-pula	1ª; 3ª	LC	LC	LC		3	M	IN			
Icteridae Vigors, 1825												
<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819)	encontro	1ª; 2ª	LC	LC	LC		2	M	IN	Xer		
<i>Icterus jamacaii</i> (Gmelin, 1788)	corrupião	1ª; 2ª; 3ª	LC	LC	LC		2	B	ON	Xer	CAA	
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819)	pássaro-preto	1ª	LC	LC	LC		1	B	ON	Xer		
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	Garibaldi	1ª; 3ª	LC	LC	LC		1	B	PS			
<i>Agelaioides fringillarius</i> (Spix, 1824)	asa-de-telha-pálido	1ª; 2ª	LC	LC	LC		1	B	IN		CAA	

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	chupim	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN			
Thraupidae Cabanis, 1847												
<i>Paroaria dominicana</i> (Linnaeus, 1758)	cardeal-do-nordeste	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	IN	Xer	CAA	
<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaço-cinzento	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	FN	Xer		
<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert, 1783)	saíra-de-chapéu-preto	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Compsothraupis loricata</i> (Lichtenstein, 1819)	tiê-caburé	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	A	IN		CAA	
<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho	2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Sicalis luteola</i> (Sparrman, 1789)	tipio	1 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Xer		
<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-de-papo-preto	2 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	tiziu	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	ON	Xer		
<i>Coryphospingus pileatus</i> (Wied, 1821)	tico-tico-rei-cinza	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	ON	Xer		
<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert, 1783)	pipira-preta	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		3	B	IN			
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	cambacica	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	FN	Xer		

NOME DO TÁXON	NOME COMUM	CA	IUCN	ICMBIO	CE	CITES	UH	SENS	GT	CIN/XER	END	MIG
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823)	baiano	3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	B	PS	Xer		
<i>Sporophila albogularis</i> (Spix, 1825)	golinho	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		1	M	PS	Xer	CAA	
<i>Sporophila bouvreuil</i> (Statius Muller, 1776)	caboclinho	2 <sup>a</sup>	LC	LC	VU			M	PS	Xer		MP R
Cardinalidae Ridgway, 1901												
<i>Cyanoloxia brissonii</i> (Lichtenstein, 1823)	azulão	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup>	LC	LC	DD		3	M	FN	Xer		
Fringillidae Leach, 1820												
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	fim-fim	1 <sup>a</sup> ; 2 <sup>a</sup> ; 3 <sup>a</sup>	LC	LC	LC		2	B	FN	Xer		
Passeridae Rafinesque, 1815												
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	pardal	2 <sup>a</sup>	LC	LC	NA		1	B	PS	Ex		

Legenda: CA - Campanha de amostragem - 1<sup>a</sup>: primeira campanha; 2<sup>a</sup>: segunda campanha; 3<sup>a</sup>: terceira campanha. Status de ameaça: IUCN - Categoria de ameaça de acordo com a International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2022): (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, 2022): EN - Em perigo, VU - Vulnerável. CE - Lista de espécies ameaçadas de extinção do estado do Ceará (SEMACE, 2022): (DD - Dados insuficientes; EN - Em perigo; LC - Pouco preocupante=não ameaçada); NA - Não avaliada; VU - Vulnerável). CITES - Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (2023) - Apêndice I e II. UH - Uso de Habitat (Parker III et al., 1996; Silva et al., 2003): 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: VFS - carnívoro e/ou detritívoro; FN - frugívoro-nectarívoro; PS - plantas e/ou sementes, menos néctar e frutos; IN - insetívoro; ON - onívoro; Cin/Xer: Cin - Cinegética; Xer - Xerimbabo (espécies criadas como pets); Ex - Exótica; End - Endemismo: Caa - Espécies endêmicas da Caatinga; Mig - espécies com comportamento migratório (Somenzari et al., 2018): MGT - espécie de ave migrante dos Hemisférios Norte ou Sul; MPR - espécie de ave que apresenta parte de sua população migrante e parte residente; ND - dados insuficientes. Elaboração: Tetra Mais, 2023.



Também merece destaque o registro de *Zenaida auriculata* (avoante), espécie bastante comum na região Nordeste do Brasil. Outros estudos mostraram que essa espécie apresenta flutuações populacionais de acordo com a época do ano, sendo possível visualizar suas aglomerações com centenas de indivíduos em áreas com vegetação rasteira/arbustiva e seu deslocamento entre locais de alimentação e descanso (SICK, 1997).

Ainda com relação às espécies consideradas de ocorrência regular, observa-se que estas também foram as mais comuns na área de estudo, de acordo com os IFLs (Índice de Frequência nas Listas), dentre elas, podem ser mencionadas as seguintes: *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga), espécie endêmica da Caatinga usualmente observada em diversas fitofisionomias dentro desse domínio, *Hemitriccus margaritaceiventer* (sebinho-de-olho-de-ouro), *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado), *Polioptila atricapilla* (balança-rabo-do-nordeste) e *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza), as quais, em geral, são espécies facilmente avistadas ao longo da distribuição da Caatinga (OLMOS *et al.*, 2005; ARAUJO; RODRIGUES, 2011). Além dessas espécies, a ocorrência de *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira) entre as comumente encontradas na AI do Consórcio Santa Quitéria deve ser destacada. Essa espécie de psitacídeo é comum na sua área de ocorrência (NUNES, 2003), porém apresenta poucos registros no estado do Ceará (OLMOS *et al.*, 2005).

A presença de espécies com menores IFLs, tais como *Molothrus bonariensis* (chupim), *Sicalis luteola* (tipio) e *Sporophila albogularis* (golinho; Quadro 11.2.1-9), que são espécies de aves facilmente observadas em Caatingas abertas ou com alto grau de antropização, pode ter ocorrido por dois fatores principais. Primeiro, sua presença pode ser um reflexo do atual estado de conservação da região estudada, quando relativamente mais conservada. E segundo, pode ser explicada pela predominância de uma vegetação de savana estépica-arborizada e florestada, onde predomina vegetação densa de médio porte, dificulta a ocorrência dessas espécies. Contudo, essas espécies foram regulares em alguns pontos amostrais, incluindo o ponto controle, corroborando que, apesar dos valores baixos de IFLs, essas espécies podem ser facilmente observadas em áreas onde ocorrem, como na vegetação às margens de corpos aquáticos (Ponto 7).

Além dessas espécies, *Picumnus limae* (picapauzinho-da-caatinga) e *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) merecem menção entre as espécies regulares ou pouco comuns, respectivamente, visto que são espécies endêmicas da Caatinga e, no caso de *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), ameaçada de extinção (IUCN, 2022; MMA 2022; SEMACE, 2022). Além disso, essas espécies podem ser consideradas bioindicadoras da qualidade ambiental segundo Olmos *et al.* (2004). Assim, a presença delas entre outras espécies

bioindicadoras, somada à raridade de algumas espécies típicas de Caatingas abertas, como *Agelaioides fringillarius* (asa-de-telha-pálido), pode ser um indicativo do bom estado de conservação da área de estudo.

Quadro 11.2.1-9: Índice de frequência nas listas (IFL), frequência de ocorrência (FO) e categoria de Frequência de Ocorrência (FO) com base na frequência de ocorrência das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, em ordem decrescente

NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Coryphospingus pileatus</i>	55,275	100,00	Regular
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	47,936	100,00	Regular
<i>Eupsittula cactorum</i>	32,110	97,62	Regular
<i>Polioptila atricapilla</i>	39,450	97,62	Regular
<i>Columbina picui</i>	30,275	95,24	Regular
<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	30,963	95,24	Regular
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	38,761	95,24	Regular
<i>Troglodytes musculus</i>	24,083	95,24	Regular
<i>Euphonia chlorotica</i>	24,541	92,86	Regular
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	33,716	90,48	Regular
<i>Camptostoma obsoletum</i>	20,872	88,10	Regular
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	17,202	88,10	Regular
<i>Zenaida auriculata</i>	23,853	88,10	Regular
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	19,495	85,71	Regular
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	24,083	85,71	Regular
<i>Rupornis magnirostris</i>	19,266	85,71	Regular
<i>Todirostrum cinereum</i>	21,330	85,71	Regular
<i>Columbina squammata</i>	16,284	73,81	Regular
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	16,514	71,43	Regular
<i>Veniliornis passerinus</i>	13,761	71,43	Regular
<i>Nystalus maculatus</i>	12,385	69,05	Regular
<i>Paroaria dominicana</i>	13,303	69,05	Regular
<i>Pitangus sulphuratus</i>	11,927	69,05	Regular
<i>Crypturellus tataupa</i>	10,321	64,29	Regular
<i>Formicivora melanogaster</i>	9,862	64,29	Regular

NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Primolius maracana</i>	15,138	61,90	Regular
<i>Cathartes aura</i>	8,945	59,52	Regular
<i>Cariama cristata</i>	7,339	57,14	Regular
<i>Myiopagis viridicata</i>	11,468	57,14	Regular
<i>Thamnophilus pelzelni</i>	11,697	57,14	Regular
<i>Coragyps atratus</i>	8,028	54,76	Regular
<i>Glaucidium brasilianum</i>	8,257	54,76	Regular
<i>Megarynchus pitangua</i>	8,716	54,76	Regular
<i>Synallaxis frontalis</i>	8,716	54,76	Regular
<i>Elaenia spectabilis</i>	8,486	52,38	Regular
<i>Empidonomus varius</i>	11,927	50,00	Regular
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	5,505	50,00	Regular
<i>Thamnophilus capistratus</i>	8,257	50,00	Regular
<i>Tyrannus melancholicus</i>	12,385	50,00	Regular
<i>Leptotila verreauxi</i>	7,339	47,62	Regular
<i>Coereba flaveola</i>	6,881	45,24	Regular
<i>Colaptes melanochloros</i>	6,193	45,24	Regular
<i>Furnarius leucopus</i>	7,569	45,24	Regular
<i>Icterus jamacaii</i>	7,110	45,24	Regular
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	10,092	45,24	Regular
<i>Ammodramus humeralis</i>	7,339	42,86	Regular
<i>Anopetia gounellei</i>	7,569	38,10	Regular
<i>Casiornis fuscus</i>	7,798	38,10	Regular
<i>Cathartes burrovianus</i>	5,963	38,10	Regular
<i>Chionomesa fimbriata</i>	4,587	38,10	Regular
<i>Nemosia pileata</i>	4,587	38,10	Regular
<i>Turdus rufiventris</i>	5,275	38,10	Regular
<i>Myiodynastes maculatus</i>	6,651	35,71	Regular
<i>Patagioenas picazuro</i>	5,734	35,71	Regular
<i>Volatinia jacarina</i>	8,028	35,71	Regular

NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Forpus xanthopterygius</i>	4,358	33,33	Regular
<i>Pseudoseisura cristata</i>	5,505	33,33	Regular
<i>Sporophila albogularis</i>	5,275	33,33	Regular
<i>Vireo chivi</i>	8,028	33,33	Regular
<i>Caracara plancus</i>	3,899	30,95	Regular
<i>Compsothraupis loricata</i>	3,899	30,95	Regular
<i>Molothrus bonariensis</i>	4,128	30,95	Regular
<i>Phaeomyias murina</i>	3,670	30,95	Regular
<i>Picumnus limae</i>	3,899	30,95	Regular
<i>Piaya cayana</i>	3,670	28,57	Regular
<i>Chrysolampis mosquitos</i>	4,817	26,19	Regular
<i>Columbina minuta</i>	3,899	26,19	Regular
<i>Euscarthmus meloryphus</i>	5,046	26,19	Regular
<i>Campephilus melanoleucos</i>	2,752	23,81	Comum
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	2,752	23,81	Comum
<i>Geranospiza caerulescens</i>	2,294	23,81	Comum
<i>Guira guira</i>	2,752	23,81	Comum
<i>Mimus saturninus</i>	3,440	23,81	Comum
<i>Taraba major</i>	2,752	23,81	Comum
<i>Zonotrichia capensis</i>	2,523	23,81	Comum
<i>Crypturellus parvirostris</i>	3,211	21,43	Comum
<i>Thraupis sayaca</i>	2,752	21,43	Comum
<i>Conirostrum speciosum</i>	1,835	16,67	Comum
<i>Crotophaga ani</i>	1,835	16,67	Comum
<i>Dendroplex picus</i>	1,835	16,67	Comum
<i>Eupetomena macroura</i>	1,835	16,67	Comum
<i>Hirundinea ferruginea</i>	1,606	16,67	Comum
<i>Icterus pyrrhopterus</i>	1,606	16,67	Comum
<i>Vanellus chilensis</i>	3,670	16,67	Comum
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i>	1,606	14,29	Comum



NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Hylophilus amaurocephalus</i>	1,606	14,29	Comum
<i>Falco femoralis</i>	1,147	11,90	Comum
<i>Heterospizias meridionalis</i>	1,147	11,90	Comum
<i>Megascops choliba</i>	1,147	11,90	Comum
<i>Myrmorchilus strigilatus</i>	1,147	11,90	Comum
<i>Nannochordeiles pusillus</i>	1,376	11,90	Comum
<i>Nothura maculosa</i>	1,606	11,90	Comum
<i>Pachyramphus validus</i>	1,606	11,90	Comum
<i>Sarcoramphus papa</i>	1,376	11,90	Comum
<i>Tapera naevia</i>	1,147	11,90	Comum
<i>Phyllomyias fasciatus</i>	1,147	9,52	Pouco comum
<i>Piculus chrysocloros</i>	1,376	9,52	Pouco comum
<i>Aramides cajaneus</i>	0,688	7,14	Pouco comum
<i>Ardea alba</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Arundinicola leucocephala</i>	0,688	7,14	Pouco comum
<i>Basileuterus culicivorus</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Cantorchilus longirostris</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Celeus ochraceus</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Elaenia flavogaster</i>	0,688	7,14	Pouco comum
<i>Gallinula galeata</i>	0,688	7,14	Pouco comum
<i>Jacana jacana</i>	1,376	7,14	Pouco comum
<i>Nannopterum brasilianum</i>	1,147	7,14	Pouco comum
<i>Nyctidromus hirundinaceus</i>	0,917	7,14	Pouco comum
<i>Stigmatura napensis</i>	0,688	7,14	Pouco comum
<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	1,147	7,14	Pouco comum
<i>Agelaioides fringillarius</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Ardea cocoi</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Bubulcus ibis</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Buteo nitidus</i>	0,459	4,76	Pouco comum

NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Butorides striata</i>	0,688	4,76	Pouco comum
<i>Chrysomus ruficapillus</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Columbina talpacoti</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Crotophaga major</i>	0,688	4,76	Pouco comum
<i>Dendrocygna viduata</i>	0,688	4,76	Pouco comum
<i>Egretta thula</i>	0,688	4,76	Pouco comum
<i>Elaenia chilensis</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Fluvicola albiventer</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Fluvicola nengeta</i>	0,917	4,76	Pouco comum
<i>Heliomaster squamosus</i>	0,688	4,76	Pouco comum
<i>Hemithraupis guira</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Himantopus mexicanus</i>	0,917	4,76	Pouco comum
<i>Melanerpes candidus</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Myiozetetes similis</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Sicalis luteola</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Sublegatus modestus</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Synallaxis scutata</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Tigrisoma lineatum</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Tringa solitaria</i>	0,459	4,76	Pouco comum
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Arremon taciturnus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Athene cunicularia</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Chaetura meridionalis</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Columbina passerina</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Furnarius figulus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Gnorimopsar chopi</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Hydropsalis parvula</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Leptotila rufaxilla</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Machetornis rixosa</i>	0,229	2,38	Rara

NOME DA ESPÉCIE	IFL	FO	CATEGORIA DE FO
<i>Megaceryle torquata</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Myiophobus fasciatus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Nyctidromus albicollis</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Passer domesticus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Podilymbus podiceps</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Progne tapera</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Sporophila bouvreuil</i>	0,229	2,38	Rara
<i>sporophila nigricollis</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Tachornis squamata</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Tachybaptus dominicus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Tachyphonus rufus</i>	0,229	2,38	Rara
<i>Turdus amaurochalinus</i>	0,229	2,38	Rara

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

### C.2. Eficiência Amostral

Com base no esforço amostral empregado na área de estudo utilizando as Listas de Mackinnon para o presente estudo, foi realizado o registro de 157 espécies de aves, representando cerca de 91% (N=172 +/- 8) e 87% (N=180 +/- 4) das espécies estimadas por Chao 2 e Jackknife 1, respectivamente (Figura 11.2.1-48). Esse resultado é considerado satisfatório, uma vez que o estudo já permitiu observar uma riqueza de aves semelhante às riquezas observadas em outras áreas de Caatinga em bom estado de conservação (FARIAS *et al.*, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2000a; NASCIMENTO *et al.*, 2000b; ARAUJO *et al.*, 2012), bem como já superou a riqueza de espécies listadas para o EIA realizado em 2011 (N=146; ARCADIS LOGOS, 2014). A tendência à estabilização da curva é clara, no entanto, novas espécies podem ser adicionadas à lista no futuro, mediante maior esforço de campo.

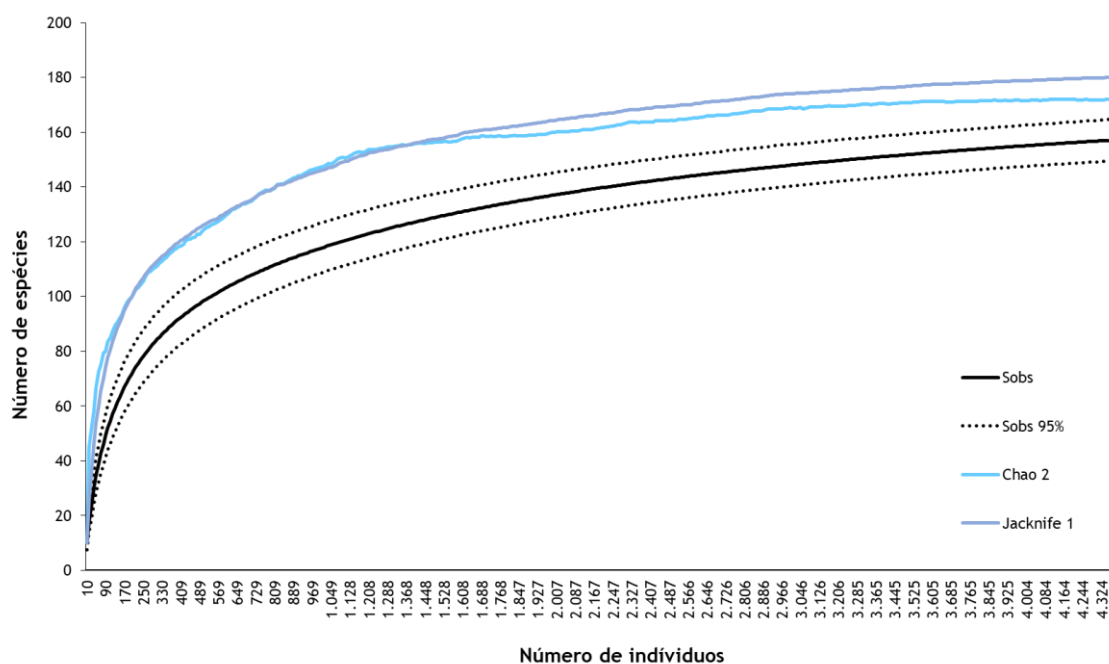


Figura 11.2.1-48: Curva de acumulação obtida para a avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria.

### C.3. Espécies Ameaçadas e Protegidas por Legislação Internacional e/ou Federal e Espécies Cinegéticas e/ou de Interesse Econômico

Durante as três campanhas de campo, foram registradas três espécies de aves classificadas como ameaçadas de extinção, de acordo com a IUCN (2022). Duas dessas foram classificadas como vulneráveis, *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), e uma classificada como quase ameaçada, *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro; Quadro 11.2.1-10). Por sua vez, duas das espécies observadas foram classificadas como vulneráveis em nível nacional (MMA, 2022), são elas: *P. jacucaca* (jacucaca) e *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste; Quadro 11.2.1-10).

Ainda, cinco espécies são classificadas como ameaçadas de extinção, segundo a recente lista de espécies ameaçadas de extinção do estado do Ceará (SEMACE, 2022), sendo que quatro dessas espécies foram listadas como vulneráveis: *P. jacucaca* (jacucaca), *Leptotila verreauxi* (juriti-de-testa-branca), *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) e *Sporophila bouvreuil* (caboclinho); e uma foi listada como em perigo (*P. maracana* - maracanã-verdadeiro; Quadro 11.2.1-10). Do total de espécies ameaçadas de extinção catalogadas, somente *P. maracana* (maracanã-verdadeiro) foi registrada no decorrer das três campanhas, enquanto *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) foi registrada na primeira e segunda campanhas. Por fim, *P. jacucaca* (jacucaca) e *L. verreauxi* (juriti-de-testa-branca) foram registradas apenas na primeira campanha e *S. bouvreuil* (caboclinho) foi observada

apenas na segunda campanha. Abaixo, seguem algumas informações relevantes sobre as espécies mencionadas neste parágrafo:

- + *Penelope jacucaca* (jacucaca): espécie da família Cracidae, que habita florestas secas semidecíduas e Caatingas de porte mais alto, com o estrato superior não inferior a 3-4 metros. Os indivíduos dessa espécie também podem ser vistos em áreas seletivamente exploradas ou degradadas, porém são mais numerosos próximos a rios temporários (del HOYO; KIRWAN, 2020a). Originalmente ocorria nas Caatingas arbóreas do Maranhão a Minas Gerais (SICK, 1997). Atualmente, a espécie está 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). Ainda, essa ave é altamente sensível a alterações ambientais e pressões antrópicas (REDIES, 2013), tendo como principais ameaças o desmatamento e a pressão de caça (SILVEIRA, 2008), comuns 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 estado do Maranhão (SICK, 1997; NUNES, 2003). Indivíduos dessa 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 (2022), a espécie tem como principais ameaças a expansão da agricultura e o comércio ilegal para criação de indivíduos como animais de estimação (xerimbabos).
- + *Xiphocolaptes falcistrostris* (arapaçu-do-nordeste) espécie que habita essencialmente as matas decíduas do Nordeste do Brasil, com ocorrência também em áreas de Caatinga arbórea e até mesmo em matas de beira de rios (STRAUBE; PIACENTINI, 2008). Essa espécie é incomum ou rara em muitos locais onde originalmente se distribuía (MARANTZ *et al.*, 2020). Além disso, é apontada como principal ameaça a essa espécie a perda de habitat decorrente de ações antropogênicas (SILVEIRA; STRAUBE, 2008).
- + *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca): espécie de juriti amplamente distribuída no Brasil, sendo facilmente observada em ambientes florestais com sub-bosque fechado (SICK, 1997). No entanto, o histórico de caça em todo o Brasil, especialmente na região Nordeste, pode ter contribuído para o atual estado de conservação da espécie no estado do Ceará.
- + *Sporophila bouvreuil* (caboclinho): espécie de traupídeo com ocorrência desde o estuário do rio Amazonas (Amapá e Pará), passando pelo Maranhão, ao Rio Grande



do Sul (SICK, 1997). Assim como a espécie anterior, o histórico de captura pode ter levado a espécie a ser categorizada como ameaçada no estado do Ceará, visto que espécies do gênero *Sporophila* são bastante procuradas por criadores de aves canoras (SICK, 1997) e são facilmente encontradas em feiras livres e em gaiolas nas residências rurais (PEREIRA; BRITO, 2005; ARAUJO; RODRIGUES, 2011; ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Adicionalmente, destacamos aqui os Apêndices I e II da Convenção Internacional sobre Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora Selvagem (CITES, 2023), que listam todas as espécies ameaçadas de extinção e de interesse do comércio internacional (Apêndice I) bem como as espécies que podem chegar ao *status* de ameaçadas de extinção em função da livre comercialização, como os raptos (gaviões, falcões ou corujas), os beija-flores e os psitacídeos (Apêndice II; Quadro 11.2.1-10). Do total de espécies registradas na AI do empreendimento, uma espécie foi listada no Apêndice I, *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro), e 15 espécies foram listadas no Apêndice II (2022). Dentre estas, os psitacídeos são dignos de menção, como *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga) e *Forpus xanthopterygius* (tuim), pois compreendem 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 em nível nacional, algumas outras espécies, entre elas alguns passeriformes, merecem destaque relacionado à sua conservação, como *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã), *Icterus pyrrhopterus* (inhapim), *Icterus jamacaii* (corrupião) e *Tangara sayaca* (sanhaçu-cinzento), além de outras espécies de traupídeos (Quadro 11.2.1-10).

Quadro 11.2.1-10: 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 (2022), o MMA (2022), estadual (SEMACE, 2022) e CITES (2023)

TÁXON	NOME COMUM	MMA	IUCN	CE	CITES
Galliformes					
Cracidae					
<i>Penelope jacucaca</i>	jacucaca	VU	VU	VU	
Columbiformes					
Columbidae					
<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti-de-testa-branca	-	LC	VU	
Strigiformes					

TÁXON	NOME COMUM	MMA	IUCN	CE	CITES
Strigidae					
<i>Megascops choliba</i>	corujinha-do-mato	-	LC	-	II
<i>Glaucidium brasilianum</i>	caburé	-	LC	-	II
<i>Athene cunicularia</i>	coruja-boraqueira	-	LC	-	II
<i>Aegolius harrisii</i>	caburé-acanelada	-	LC	LC	II
Apodiformes					
Trochillidae					
<i>Anopetia gounellei</i>	rabo-branco-de-cauda-larga	-	LC	-	II
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	-	LC	-	II
<i>Chrysolampis mosquitus</i>	beija-flor-vermelho	-	LC	-	II
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vermelho	-	LC	-	II
<i>Chiomesa fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde	-	LC	-	II
<i>Heliomaster squamosus</i>	bico-reto-de-banda-branca	-	LC	-	II
Falconiformes					
Falconidae					
<i>Caracara plancus</i>	carcará	-	LC	-	II
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	acaúã	-	LC	-	II
<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira	-	LC	-	II
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Primolius maracana</i>	maracanã	-	NT	EN	I
<i>Eupsittula cactorum</i>	periquito-da-caatinga	-	LC	-	II
<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim	-	LC	-	II
Passeriformes					
Dendrocolaptidae					
<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	arapaçu-do-nordeste	VU	VU	VU	-
Thraupidae					
<i>Sporophila bouvreuil</i>	caboclinho	-	LC	VU	-

Legenda: Status de ameaça: IUCN (2022): LC=preocupação menor; EN=em perigo; VU=vulnerável; NT - quase ameaçada. MMA (2022) CR= criticamente em perigo, EN= em perigo e VU= vulnerável. SEMACE (2022): EN=em perigo; VU=vulnerável. CITES - Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (2023); I - Apêndice I; II - Apêndice II da lista CITES. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

Essas espécies foram categorizadas como xerimbabos (criados como animais de estimação), e já foram visualizadas em gaiolas ou viveiros nas residências rurais e nas cidades no entorno da área amostrada, bem como em cidades vizinhas (FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012) e outras regiões no interior do Nordeste (ALVES *et al.*, 2010; ARAUJO; RODRIGUES, 2011; ALVES *et al.*, 2012).

No que diz respeito à importância econômica e cinegética, as aves constituem um dos grupos de 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). Neste sentido, 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) merecem destaque por apresentarem maior potencial cinegético e, possivelmente, serem alvo frequente de caça na região. Esse fato justifica-se por terem sido encontradas evidências da presença de caçadores, como armadilhas do tipo espera, na AI do empreendimento, o que é reforçado pela caça ser uma atividade bastante comum no interior do Nordeste (PEREIRA; BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; BEZERRA *et al.*, 2011), especificamente do Ceará (FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Nesse contexto, novamente o registro de *Penelope jacucaca* (jacucaca) merece destaque. Essa espécie é endêmica e ameaçada de extinção tanto em nível nacional como internacional, além de ser historicamente caçada na Caatinga devido ao seu valor alimentício (OLMOS *et al.*, 2005; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Também a ocorrência de *Primolius maracana* (maracanã-verdadeiro) deve ser ressaltada, devido ao grau de ameaça em nível global, além de a espécie apresentar longo histórico de capturas e poucos registros no estado do Ceará (NUNES, 2003; OLMOS *et al.*, 2005; WIKIAVES, 2023). Além dessas, outras espécies comuns à Caatinga, que geralmente são abundantes na natureza e pouco caçadas, merecem destaque, como espécies pertencentes à ordem Columbiformes (rolinhas, pombas e avoante). Esse grupo é conhecido ao redor do mundo, em especial na região Nordeste do Brasil, devido à importância dos seus usos tradicionais para as culturas locais (OLMOS *et al.*, 2005). Além dessas, foram registradas *Gallinula galeata* (galinha-d'água) e *Cariama cristata* (seriema), espécies apontadas como de interesse alimentício em toda a região Nordeste (OLMOS *et al.*, 2005; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Nessa perspectiva, a literatura indica que o monitoramento dessas espécies tem se mostrado um importante indicador da interferência antrópica, uma vez que as aves cinegéticas foram aquelas intensamente caçadas ou capturadas pelos humanos. Essas ações

de caça/captura podem ocasionar graves danos às populações de aves, uma vez que estão entre os principais fatores responsáveis pelas reduções populacionais observadas em muitas espécies (FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Além dessas espécies, aves canoras são muito apreciadas na região Nordeste do Brasil com grande importância econômica devido ao seu comércio ilegal (OLMOS *et al.*, 2005). Essas espécies são conhecidas como xerimbabos (animais de estimação) e geralmente são pássaros canoros, dotados de vocalizações melodiosas e/ou de grande habilidade de imitação. As aves que melhor se enquadram nessa categoria são espécies das famílias Psittacidae, Thraupidae e Icteridae (Quadro 11.2.1-8). Contudo, somente os psitacídeos são listados pela CITES (2023). No presente estudo, 22 espécies de aves tradicionalmente criadas como xerimbabos foram registradas na AI do empreendimento, com destaque para *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste), *Icterus jacamacaii* (corrupião) e espécies do gênero *Sporophila*, especialmente *Sporophila bouvreuil* (caboclinho), espécie ameaçada de extinção em nível estadual. Essas aves são comumente vistas em gaiolas pelo interior do Nordeste do Brasil, como dito anteriormente, além de estarem entre as espécies mais comercializadas em feiras livres em diversas cidades dessa região (PEREIRA; BRITO, 2005; ALVES *et al.*, 2010; BEZERRA *et al.*, 2011; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012).

Além do registro dessas espécies, Pereira e 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 ao mercado ilegal de animais silvestres na região, sendo todas registradas na AI do Projeto Santa Quitéria.

#### C.4. Espécies Bioindicadoras, Endêmicas, 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 habitat (TERBORGH, 1977; TURNER, 1996). Nesse contexto, Olmos *et al.* (2004) consideram como bioindicadoras espécies de aves pertencentes a 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 do habitat pelas espécies, como mencionado anteriormente. Assim, ao analisar a listagem total de espécies a partir dos dados primários, verificou-se que cerca de 18% (N=29) das espécies foram dependentes de florestas, enquanto aproximadamente 34% (N=54) foram semidependentes. Ainda, foram registradas cinco espécies (3,11%) com alta sensibilidade a distúrbios ambientais e 51 espécies (31,68%) com média sensibilidade. A ocorrência dessas espécies nas áreas de influência do empreendimento possivelmente ocorreu devido à presença de uma savana estépica florestada ou arborizada, principalmente no sopé da serra do Céu e/ou às margens de um riacho temporário (Ponto amostral 10). Tais características sugerem que a região estudada ainda apresenta um bom estado de conservação, mesmo com a presença de residências rurais e a criação de animais domésticos.

Não obstante, é necessário acompanhar e monitorar as espécies enquadradas na primeira categoria indicada por Olmos *et. al.* (2004). Esse monitoramento diz respeito tanto às espécies independentes de florestas, representadas aqui por *Columbina picui* (rolinha-picui), *Zenaida auriculata* (avoante) e *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste), como às que apresentam alguma dependência, como *Leptotila verreauxi* (juriti-pupu), *Eupsittula 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 recreativos (xerimbabos; BEZERRA *et. al.*, 2011; ALVES *et. al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et. al.*, 2012). Essas espécies possibilitaram o entendimento sobre os diversos usos do habitat na região estudada, uma vez que as espécies independentes tenderam a ser mais abundantes em habitats alterados enquanto as que apresentam alguma dependência tenderam a ser mais raras (ARAUJO, 2009).

Adicionalmente, é preciso também acompanhar as espécies frugívoras de grande e médio portes que são apontadas como indicadoras de qualidade ambiental, de acordo com o sugerido por Pizo (2001). Tais espécies foram consideradas importantes frugívoras e se enquadram tanto no primeiro como no segundo grupo de espécies biodicadoras apontadas por Olmos *et. al.* (2004), aqui representadas por *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira). Além disso, *P. maracana* (maracanã-verdadeira) possui uma das poucas populações registradas para o estado do Ceará (NUNES, 2003; OLMOS *et. al.*, 2005; WIKIAVES, 2023).



## C.5. Espécies Cinérgicas, Domésticas, Invasoras e Exóticas

No decorrer das atividades de campo, foram registradas 13 espécies de aves que possuem distribuição restrita ao Nordeste brasileiro, especificamente à Caatinga, ou que têm sua origem dentro da Caatinga (ARAÚJO; SILVA, 2017; Quadro 11.2.1-11). Destas, podem ser destacadas as espécies: *P. jacucaca* (jacucaca), ameaçada de extinção e historicamente caçada na região; *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 gounellei* (rabo-branco-de-cauda-larga), espécie de beija-flor que habita áreas mais úmidas com arbustos ou árvores e vegetação rasteira densa, além de ser observada em áreas abertas e semiabertas ou até mesmo em ambientes perturbados (HINKELMANN *et. al.*, 2020).

Quadro 11.2.1-11: Espécies de aves endêmicas registradas durante o levantamento da avifauna na área de influência do Projeto Santa Quitéria

TÁXON	NOME COMUM	CAMPANHA	Nº DE IND.
<i>Penelope jacucaca</i>	jacucaca	1ª	1
<i>Nyctidromus hirundinaceus</i>	bacurauzinho-da-caatinga	1ª	4
<i>Anopetia gounellei</i>	rabo-branco-de-cauda-larga	1ª; 2ª; 3ª	33
<i>Picumnus limae</i>	picapauzinho-da-caatinga	1ª; 2ª; 3ª	17
<i>Eupsittula cactorum</i>	periquito-da-caatinga	1ª; 2ª; 3ª	140
<i>Thamnophilus capistratus</i>	choca-barrada-do-nordeste	1ª; 2ª; 3ª	36
<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	arapaçu-do-nordeste	1ª; 2ª	5
<i>Pseudoseisura cristata</i>	casaca-de-couro	1ª; 2ª; 3ª	24
<i>Icterus jamacaii</i>	corrupião	1ª; 2ª; 3ª	31
<i>Agelaioides fringillarius</i>	asa-de-telha-pálido	1ª; 2ª	2
<i>Paroaria dominicana</i>	cardeal-do-nordeste	1ª; 2ª; 3ª	58
<i>Compothraupis loricata</i>	tiê-caburé	1ª; 2ª; 3ª	17
<i>Sporophila albogularis</i>	golinho	1ª; 2ª; 3ª	23

Legenda: Campanha: Indica qual a campanha de amostragem a espécie foi registrada (1ª - Primeira campanha; 2ª - Segunda campanha; 3ª - Terceira campanha). Nº de ind.: Número de indivíduos registrados durante as três campanhas de levantamento da avifauna. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

Por sua vez, foram registradas duas espécies de aves domésticas na AI do empreendimento ou áreas vizinhas. Essas espécies, contudo, não foram contabilizadas na listagem geral. São elas: *Gallus gallus* (galinha-doméstica) e *Numida meleagris* (galinha-de-

angola). Essas aves são criadas em todo o Brasil com a finalidade alimentícia, juntamente com outros animais domésticos.

Por fim, foi observada uma espécie de ave exótica (*Passer domesticus* - pardal) na AI do Consórcio Santa Quitéria, especificamente no ponto amostral 01 durante a segunda campanha. Essa espécie é considerada exótica ao Brasil (SICK, 1997) e, neste estudo, foi facilmente observada em locais próximos às áreas de influência do empreendimento, como no distrito de Lagoa do Mato, município de Itatira/CE, bem como próximos às residências localizadas em áreas rurais vizinhas à AI.

#### C.6. Espécies Migratórias

A migração pode ser definida como um comportamento de movimentação executado por uma população, ou parte de uma população, entre pelo menos um local ao qual exibe fidelidade (local de reprodução) 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 (aproximadamente 1,9% das espécies registradas), das quais duas foram observadas durante a segunda e terceira campanhas (*Tringa solitaria* - maçarico-solitário e *Elaenia chilensis* - guaracava-de-crista-branca), e uma somente no decorrer da segunda campanha (*Chaetura meridionalis* - andorinhão-do-temporal). As espécies *Tringa solitaria* (maçarico-solitário) e *Chaetura meridionalis* (andorinhão-do-temporal) são migrantes do Hemisfério Norte, enquanto *Elaenia chilensis* (guaracava-de-crista-branca) é oriunda do Hemisfério Sul. Esse achado pode ser um reflexo de a segunda campanha de levantamento de dados ter sido realizada ao fim da época de estiagem, o que evidenciou a chegada precoce (antes do início das chuvas) das espécies migrantes na Caatinga e sua permanência no local durante a estação chuvosa subsequente na região (representada aqui pela terceira campanha).

Ainda, foram registradas 17 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; Quadro 11.2.1-8). 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), *Empidonamus varius* (peitica), *Myiophobus fasciatus* (filipe), *Sublegatus modestus* (guaracava-modesta), *Fluvicola albiventer* (lavadeira-de-cara-branca), *Vireo chivi* (juruviera), *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 espécies foram registradas durante a primeira campanha, três durante a segunda campanha, seis espécies no decorrer da segunda e terceira campanhas e seis espécies ao longo das três campanhas.

Além das migrações conspícuas e em escala continental efetivadas por certas espécies, existem muitos outros deslocamentos sazonais, denominados migrações regionais, envolvendo populações de aves neotropicais e 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 (*e.g.*, *Zenaida auriculata* - avoante, *Volatinia jacarina* - tiziu e *Sporophila albogularis* - golinho). Segundo Olmos *et al.* (2005), as comunidades de aves da Caatinga exibem alta heterogeneidade no tempo e no espaço, chegando a apresentar uma baixa similaridade entre elas quando comparadas 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).

No caso de *Elaenia chilensis* (guaracava-de-crista-branca), Marini e 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 para a calha do Paraguai. O período de registro dessa espécie na região corrobora com os estudos de Araujo (2009), que registrou indivíduos da espécie entre fevereiro e junho em uma área de Caatinga na Paraíba. Adicionalmente, é apontada 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 no presente estudo.

Diante do exposto, verifica-se que, apesar de as duas primeiras campanhas de campo terem ocorrido durante a estação seca, a ocorrência de espécies de aves migratórias, principalmente durante a segunda campanha, sugere que algumas espécies migratórias podem aparecer na região antes do início das chuvas, como apontado para diversos tiranídeos na região central do Brasil (NEGRET, 1988). No entanto, diversas espécies migrantes aqui registradas são consideradas migrantes parciais, espécies cujas populações

são em parte migrantes e em parte residentes, o que explica a ocorrência de indivíduos dessas espécies mesmo na época de seca (OLMOS *et al.*, 2005; SOMENZARI *et al.*, 2018).

### C.7. Uso de Habitat, Sensitividade e Categoria Trófica

Entre as espécies de aves registradas ao longo das campanhas de levantamento na AI do Projeto Santa Quitéria, há 78 (48,45%) espécies de aves classificadas como independentes de floresta, ou seja, espécies associadas apenas a vegetações abertas, e outras 54 (33,54%) espécies semidependentes, ou seja, espécies que ocorrem nos mosaicos formados pelo contato entre florestas e formações vegetais abertas e semiabertas. Por fim, 29 (18,01%) espécies são dependentes de florestas, uma vez que somente ocorre em ambientes florestais, tais como florestas semiperenes, florestas estacionais, caatingas arbóreas e cerradões (SILVA *et al.*, 2003; Figura 11.2.1-49). No geral, foi observado que as proporções de aves independentes, semidependentes e dependentes de ambientes florestais em cada uma das campanhas realizadas se mantém, indicando uma predominância de espécies independentes de ambientes florestais 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* (sabiá-laranjeira) e *Coereba flaveola* (cambacica), são indicadoras de habitats perturbados, tais como florestas secundárias, segundo Stotz *et al.*, (1996), conforme encontrado em alguns pontos amostrais na AI, onde essas espécies foram observadas.

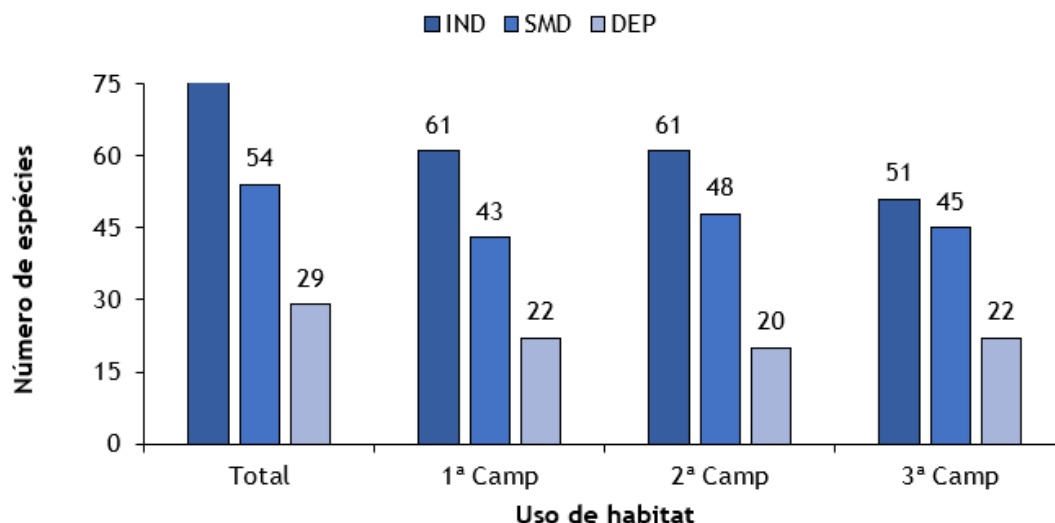


Figura 11.2.1-49: Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com o uso de habitat (PARKER III *et al.*, 1996).

IND - Independente de ambientes florestados; SMD - Semidependente de ambientes florestados.

De toda forma, há uma predominância de espécies independentes de florestas na Caatinga. Silva *et al.* (2003) apontam que, do total de espécies de aves da Caatinga (N=548), 185 espécies, aproximadamente 40%, são de espécies de aves associadas apenas a vegetações abertas, proporção semelhante à encontrada no presente levantamento. Além disso, em estudos realizados em outras áreas de Caatinga também foi observada a predominância de espécies independentes de florestas (ARAUJO *et al.*, 2012; SILVEIRA; MACHADO, 2012). Apesar disso, deve-se destacar a importância da manutenção dos fragmentos com vegetação de Caatinga arbórea/arbustiva e florestais na área estudada, visto que as espécies dependentes dessas formações são as que mais sofrem com a fragmentação da vegetação natural, seja na Caatinga ou em outros tipos vegetacionais (MARINI; GARCIA, 2005).

Apesar da predominância de espécies típicas de ambientes abertos, foram registradas cinco espécies (3,11%) com alta sensibilidade a distúrbios ambientais e 51 espécies (31,68%) com média sensibilidade (Figura 11.2.1-50), evidenciando a importância dos fragmentos florestais, principalmente nos pontos amostrais próximos à Serra do Céu e nas margens dos riachos e rios, para a manutenção dessas espécies. Ainda, o registro de espécies dependentes e semidependentes de ambientes florestados e com média ou alta sensibilidade a distúrbios ambientais na AI do empreendimento, como *P. jacucaca* (jacucaca) e *X. falcistrostris* (arapaçu-do-nordeste) que, além de serem espécies ameaçadas de extinção, também apresentam populações reduzidas no Ceará, como *P. maracana* (maracanã-verdadeira), o que revela a importância dessas formações na manutenção da avifauna local.

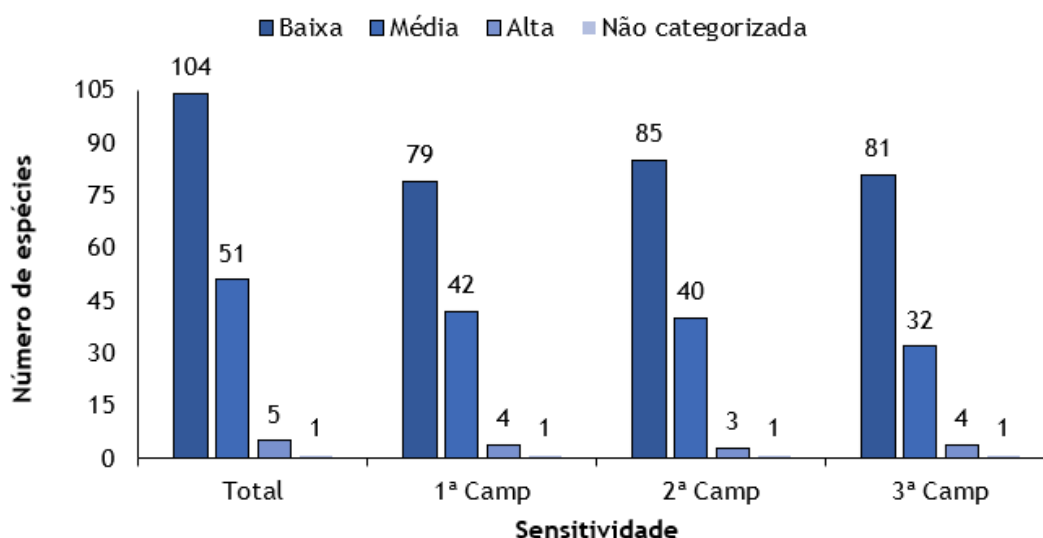


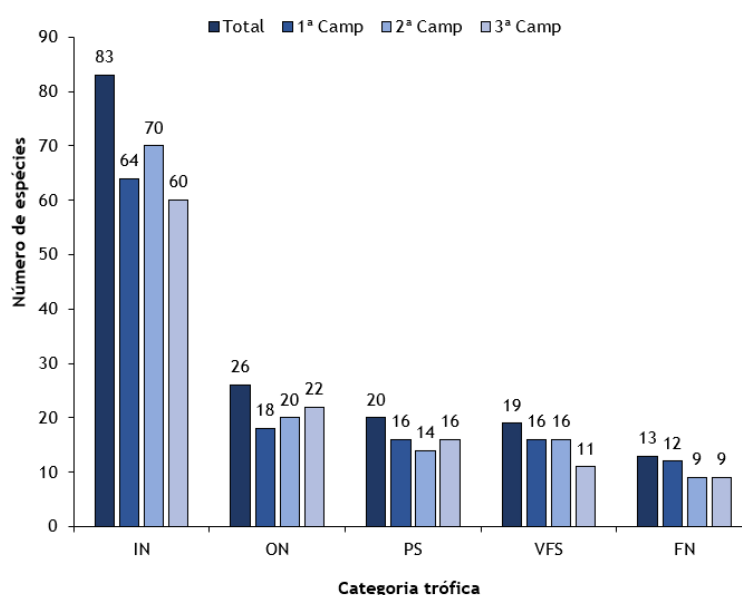
Figura 11.2.1-50: Riqueza relativa das espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria, de acordo com sensibilidade a distúrbios ambientais (SILVA *et al.*, 2003).

*Baixa* - Baixa sensibilidade a distúrbios ambientais; *Média* - Média sensibilidade a distúrbios ambientais; *Alta* - Alta sensibilidade a distúrbios ambientais.



Por fim, foram catalogadas 104 (64,60%) 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, como apontado para a região da Caatinga como um todo (ARAUJO; SILVA, 2017).

Com relação à categoria trófica, verificou-se que, do total de espécies registradas, cerca de 70% (N=83) das espécies são classificadas como insetívoras, ou seja, consomem predominantemente artrópodes. Em seguida, encontrou-se que aproximadamente 22% (N=26) são de espécies classificadas como onívoras, isto é, são espécies que compõem sua dieta com alimentos de origem vegetal e animal, e aproximadamente 17% (N=20) são de espécies de aves granívoras, ou seja, espécies que consomem primariamente sementes e outras partes da planta, exceto frutos e néctar (Figura 11.2.1-51). No geral, essas categorias foram as mais diversas na análise das categorias tróficas predominantes em cada campanha de campo individualmente (Figura 11.2.1-51). Tendo em vista que as aves insetívoras sabidamente migram na Caatinga durante a estação chuvosa acompanhando o aumento da disponibilidade de insetos, o registro significativo de aves insetívoras é esperado na estação chuvosa, indicando que a sazonalidade foi dequadamente cumprida na amostragem.



**Figura 11.2.1-51: 20 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) e Wilman et al. (2014).**

*IN - Insetívoros (espécies de aves que apresentam mais de 75% da sua dieta composta por invertebrados, principalmente artrópodes); ON - Onívoros (espécies de aves que apresentam diversos itens alimentares em sua dieta, sem predominância de um item); PS - Granívoros (espécies de aves que apresentam grãos, sementes e outros itens vegetais em sua dieta, exceto frutos e néctar); VFS - Carnívoros e Detritívoros (espécies de aves que apresentam a predominância de outros vertebrados em sua dieta); FN - Frugívoro-nectarívoro (Espécies de aves que apresentam fruto e néctar como os principais itens alimentares).*

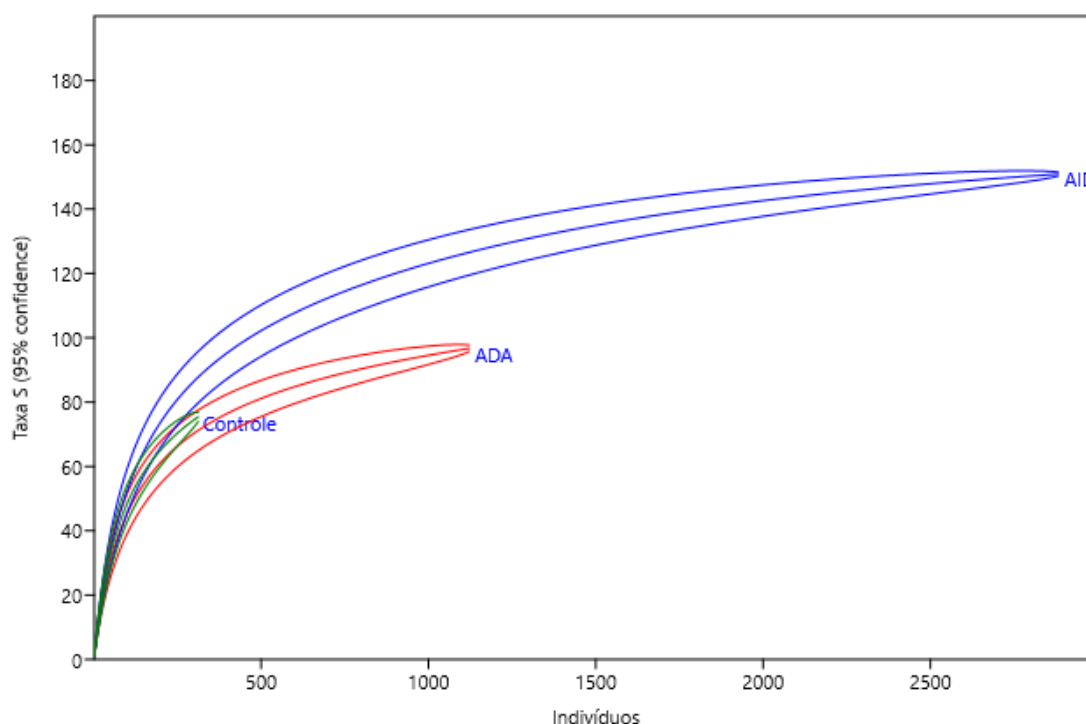
De fato, é sabido que há uma predominância de espécies insetívoras e onívoras em comunidades de aves em florestas tropicais (MOTTA-JUNIOR, 1990; POULIN *et al.*, 1994). Ainda, a predominância dessas categorias tróficas também foi relatada em outros estudos realizados em áreas de Caatinga (LAS-CASAS *et al.*, 2012; ARAUJO *et al.*, 2012; SILVEIRA; MACHADO, 2012), indicando que os resultados aqui apresentados condizem com o esperado para áreas de Caatinga.

#### C.8. Comparação entre Áreas, Riquezas, Índices de Diversidade e Similaridade

Do total de espécies catalogadas a partir das Listas de Mackinnon (N=157), 151 (96,18%) espécies de aves foram registradas na AID do empreendimento, sendo que, destas, 46 espécies foram catalogadas exclusivamente na AID. Por sua vez, 97 (61,78%) foram observadas na ADA e 76 (48,41%) na área-controle, sendo duas espécies exclusivas à ADA e quatro espécies exclusivas à área-controle (Quadro 11.2.1-12). De todo modo, verifica-se uma maior riqueza estimada na AID, enquanto na área controle e na ADA a riqueza estimada é semelhante (Figura 11.2.1-52), isso de forma absoluta.

Porém, como os esforços empregados nas três áreas são distintos, verifica-se a riqueza observada considerando-se a partir da área com menor esforço empregado (Controle); têm-se uma sobreposição entre as riquezas observadas quando se analisam as curvas de rarefeção com seus respectivos intervalos de confiança (Figura 11.2.1-52). Ainda, é possível verificar que as curvas de rarefeção para a Área controle (Controle) e diretamente afetada (ADA) estão ascendentes, indicando que mais espécies podem ser acrescentadas com novos esforços, porém, mesmo com essa ascendência, a riqueza de aves observada na Área de Influência Direta (AID) tende a ser maior do que nas outras duas áreas (Figura 11.2.1-52).

De todo modo, vale salientar que diversas variáveis podem influenciar na capacidade de detecção dos indivíduos pertencentes à avifauna, como a densidade das espécies, com aquelas consideradas raras apresentando baixa densidade, sendo, portanto, mais difíceis de serem detectadas (GOERCK, 1997), e a distribuição espacial dos recursos alimentares, os quais podem estar distribuídos em manchas dentro do habitat, impondo deslocamentos e migrações (SOMENZARI *et al.*, 2018), além de outros aspectos que influenciam na distribuição das espécies no tempo e no espaço, como período reprodutivo e ciclo de muda (SWADDLE; WITTER, 1997; HEMBORG, 1999).



**Figura 11.2.1-52: Riqueza de espécies de aves estimada para cada área de influência e controle registradas durante o levantamento da avifauna do Projeto Santa Quitéria.**

Com base no índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) estimado para as áreas de influência do empreendimento, observa-se que o valor calculado para a ADA ( $H'=3,978$ ) e controle ( $H'=3,992$ ) é inferior ao valor calculado para AID ( $H'=4,313$ ; Quadro 11.2.1-12; Figura 11.2.1-53). Isso já era esperado, uma vez que a riqueza na ADA e na área controle correspondem a cerca de 61% e 48%, respectivamente, enquanto a riqueza encontrada na AID corresponde a cerca de 96% da riqueza total. Acredita-se que esses resultados reflitam as diferenças de esforço amostral aplicado nas respectivas AI e controle. Assim, para possibilitar a comparação entre as áreas, foi feita uma padronização do esforço, considerando a riqueza obtida em relação ao número de registros/indivíduos.

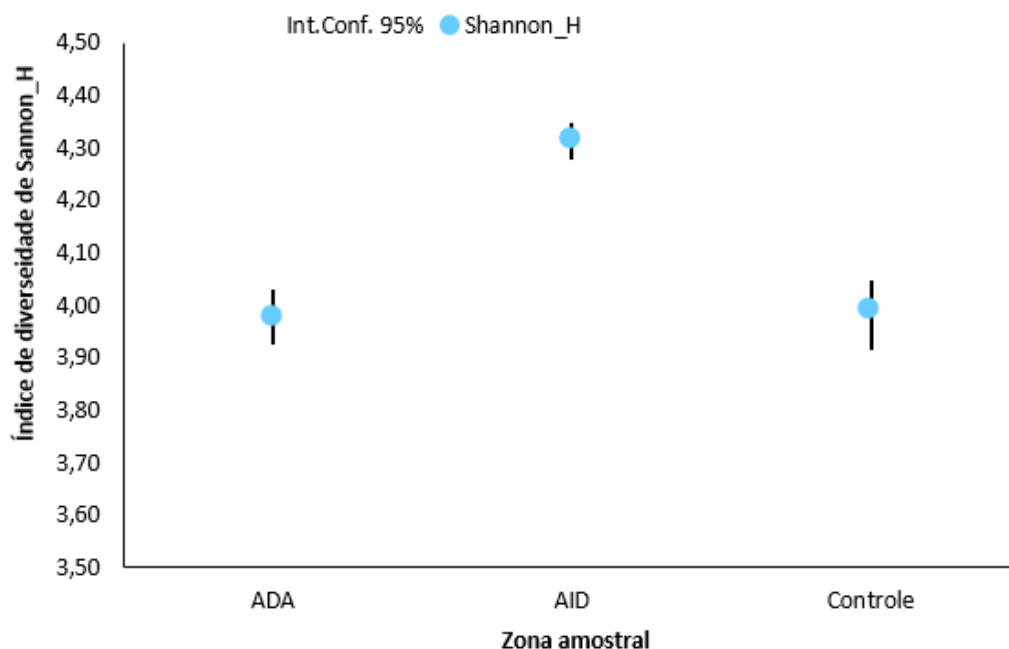
Adicionalmente, as fitofisionomias encontradas na região estudada apresentam uma predominância de savana estépica arborizada com presença de vegetação arbustiva densa e arbustiva-aberta, o que sugeria, inicialmente, uma diversidade semelhante entre as áreas. No entanto, adverte-se que na AID encontra-se uma savana estépica florestada, principalmente próximo ao leito de riachos temporários bem como no sopé da Serra do Céu, o que pode proporcionar uma maior heterogeneidade de habitats nessa área de influência, assim refletindo uma maior riqueza de aves.

Com relação ao índice de equitabilidade ( $J'$ ), verificou-se que na área controle o índice é um pouco superior ( $J' = 0,922$ ) ao índice calculado para as áreas diretamente afetadas (ADA;  $J' = 0,870$ ) e de influência direta (AID;  $J' = 0,860$ ). Porém, nas três áreas pode-se observar uma distribuição mais uniforme dentro da comunidade de aves inventariada (Quadro 11.2.1-12), visto que valores mais altos e próximo a 1 indicam comunidades com distribuição de abundâncias entre as espécies mais uniformes (MARTINS; SANTOS, 1999).

**Quadro 11.2.1-12: 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	$H'$	95% LOWER	95% UPPER	$J'$
ADA	1.138	97	3,978	4,029	3,926	0,870
AID	2.896	151	4,313	4,347	4,278	0,860
Controle	320	76	3,992	4,047	3,915	0,922
<b>Total</b>	<b>2.774</b>	<b>157</b>	-	-	-	-

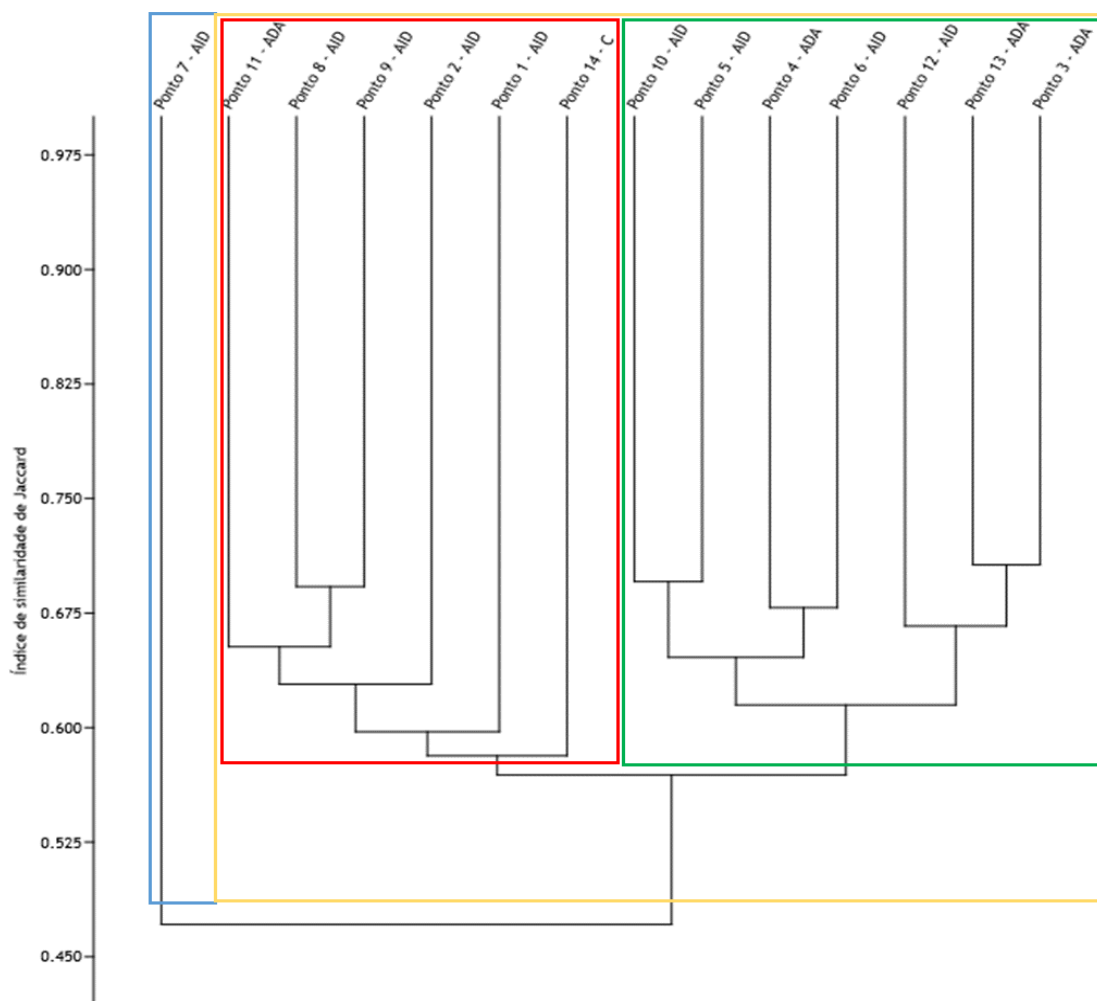
Legenda: ADA - Área diretamente afetada; AID - Área de influência direta; Controle - Área controle;  $H'$  - Índice de diversidade de Shannon. Int.Conf. 95% - Índice de J - Equitabilidade de Pielou. Elaboração: Tetra Mais, 2023.



**Figura 11.2.1-53: Estimativa de diversidade de acordo com o índice de Shannon-Wiener (Shannon H) por área de influência calculado a partir dos dados obtidos o levantamento da avifauna realizado nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria.**

A partir da análise de similaridade na composição de espécies entre os pontos amostrais, observa-se a formação de dois grupos principais (Correlação cofenética: 0,7719; Figura 11.2.1-54): O primeiro (Grupo 1) formado pelo ponto amostral 7 (AID) com a presença de aves associadas a ambientes aquáticos, tais como espécies de anatídeos (marrecos e patos), de garças (gênero *Ardea*) além de *Jacana jacana* (jaçanã), *Gallinula galeata* (galinha-d'água) e alguns passeriformes associados a corpos d'água, como *Certhiaxis cinnamomeus* (curutié) e *Fluvicola nengeta* (lavadeira-mascarada). O segundo (Grupo 2) grupo é formado pelos demais pontos amostrais com espécies associadas à vegetação de caatinga arborizada e/ou arbustiva densa, tais como *Glaucidium brasilianum* (caburé) e *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado). No entanto, o segundo grupo pode ser subdividido em dois subgrupos, o primeiro formado pelos pontos amostrais 1, 2, 8, 9, 11 e 14, mais similares entre si (Subgrupo 1 - pontos da ADA e AID) e o segundo pelos pontos 3, 4, 5, 6, 10, 11 e 13 (Subgrupo 2 - pontos da ADA e AID; Figura 11.2.1-54). Entretanto, no geral, a área estudada 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, para a integridade de manutenção da avifauna local.





**Figura 11.2.1-54: 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.**

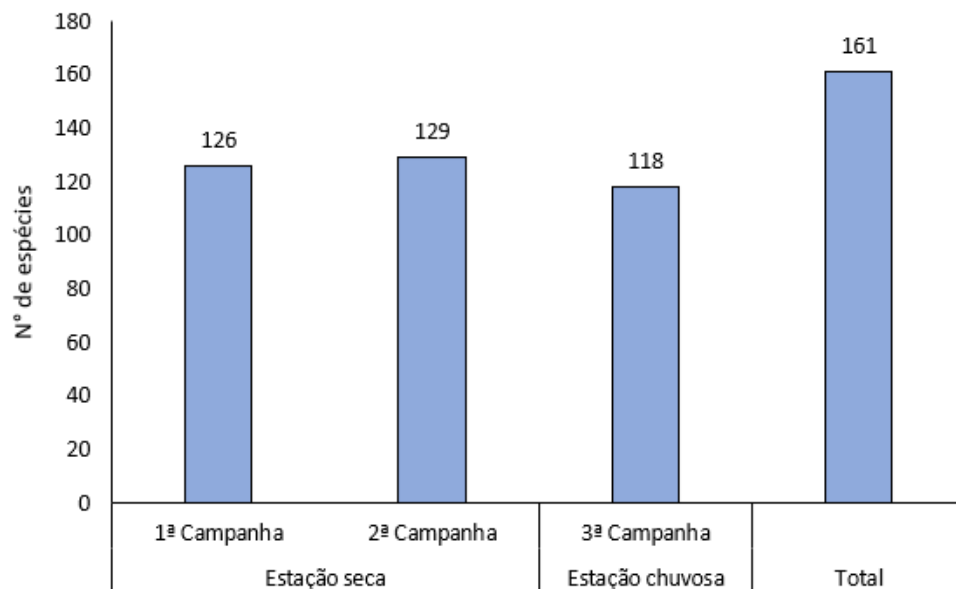
*Ponto - Ponto amostral; Grupo 1 - delimitado pelo retângulo azul claro; Grupo 2 - delimitado pelo retângulo amarelo; Subgrupo 1 - delimitado pelo retângulo vermelho; Subgrupo 2 - delimitado pelo retângulo verde claro.*

### C.9. Sazonalidade

Durante as atividades de campo, foi possível catalogar um total de 161 espécies de aves na AI do Projeto Sta. Quitéria. Destas, 126 e 129 espécies de aves foram observadas na primeira e na segunda campanhas respectivamente, somando 153 espécies de aves registradas durante o período de estiagem (estação seca). Por sua vez, 118 espécies de aves foram inventariadas durante a terceira campanha (estação chuvosa; Figura 11.2.1-55).

Até o momento, foi constatada uma riqueza de aves similar quando comparadas as campanhas individualmente. Porém, na contramão do que é esperado para áreas de Caatinga, domínio marcadamente sazonal quanto ao clima e incidência de chuvas, a riqueza de espécies observada durante o período chuvoso é inferior ao observado durante a

campanha referente à estação chuvosa. De todo modo, a comunidade de aves na Caatinga é predominantemente de espécies residentes ou migrantes parciais, dessa forma, podem ser registradas na Caatinga durante todo o ano.



**Figura 11.2.1-55: Riqueza de espécies de aves registradas na área de influência do Projeto Santa Quitéria em cada campanha de amostragem.**

No entanto, é importante ressaltar a ocorrência de espécies de aves que, apesar de não serem apontadas como migrantes, estão associadas aos ambientes aquáticos, como espécies de anatídeos (marrecos, patos e afins), e que também são espécies mais abundantes ou que ocorrem na região durante a estação chuvosa. Ainda, é possível observar uma maior abundância de tiranídeos e traupídeos durante a terceira campanha (estação chuvosa), o que de fato é observado na Caatinga (OLMOS *et. al.*, 2005). Neste trabalho, os autores indicam que essas espécies são mais abundantes na Caatinga durante a época das chuvas, devido à maior oferta de alimentos, como insetos e grãos durante esse período.

Diante disso, é possível verificar que, apesar da menor riqueza de aves encontrada durante a estação das chuvas, neste período há uma maior abundância de espécies migrantes parciais ou que realizam deslocamentos sazonais na Caatinga, bem como de espécies associadas a corpos aquáticos. Isto indica o uso das áreas de influência do empreendimento como local integrante de rotas migratórias para a avifauna da Caatinga.

### C.10. Relevância Regional (Comparação entre Dados Primários e Secundários)

Do total de 270 espécies de aves que compõem os dados secundários da AID do Projeto Santa Quitéria (Anexo 11.2.3-1), 161 espécies, ou seja, cerca de 59% da avifauna com potencial de ocorrência na região foi observada em campo (dados primários). No entanto, como já mencionado, a curva de rarefação ainda apresenta alguma ascendência, o que adverte que mais espécies podem ser inventariadas na AI do Projeto Santa Quitéria com uma ampliação do esforço amostral. De toda forma, a riqueza aqui observada já pode ser comparada a outros estudos realizados em áreas de Caatinga próximas ou com tipo vegetacional semelhante e em bom estado de conservação (FARIAS *et al.*, 2005; ROOS *et al.*, 2006; ARAUJO *et al.*, 2012; LAS-CASAS *et al.*, 2012; NUNES; MACHADO, 2012; SILVEIRA; MACHADO, 2012; RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2012).

Já comparando a lista de espécies observadas neste trabalho com a lista encontrada nos dados secundários, verificou-se que cinco espécies ainda não tinham sido observadas na região do empreendimento, são elas: *Aegolius harrisii* (caburé-acanelado), *Buteo nitidus* (gavião-pedrês), *Columbina passerina* (rolinha-cinzenta), *Chaetura meridionalis* (andorinhão-do-temporal) e *Elaenia flavogaster* (guaracava-de-barriga-amarela). No entanto, essas espécies apresentam ampla distribuição no Brasil (SIGRIST, 2013), com exceção feita a *A. harrisii* (caburé-acanelado). Segundo o mesmo autor, *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), é espécie de rolinha que habita uma combinação de habitats naturais e outros modificados pelo homem, todos relativamente secos e abertos e/ou em sucessão inicial (BOWMAN, 2020). Por sua vez, *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, *A. harrisii* (caburé-acanelado), espécie de coruja com ocorrência do Ceará ao Rio Grande do Sul, pode ser observada em áreas abertas, florestas úmidas, zonas secas e bordas de florestas (HOLT *et al.*, 2020). No entanto, apesar de ocorrer em toda região leste do Brasil, até o presente, poucos registros da espécie têm sido realizados, o que pode até subestimar a distribuição e o tamanho de suas populações (WIKIAVES, 2023). Desta forma, o registro na área da AI do empreendimento torna-se relevante. De todo modo, estudos futuros podem revelar a raridade ou não da espécie na área avaliada.

Por sua vez, 99 espécies são exclusivas da lista de dados secundários (Anexo 11.2.3-1). Dentre essas espécies, duas são consideradas ameaçadas em nível internacional (IUCN, 2022) e uma em nível nacional (MMA, 2022), são elas: *Hylopezus ochroleucus* (pompeu) e *Sclerurus cearensis* (vira-folha-cearense). *H. ochroleucus* (pompeu) é uma espécie pertencente à

família Grallaridae, que habita matas semidecíduas e Caatingas mais desenvolvidas do Nordeste do Brasil, entre os estados do Ceará ao norte de Minas Gerais, porém na parte norte de sua distribuição é mais comum em bolsões semiúmidos de floresta em montanhas isoladas (GREENEY, 2020). Já *S. 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 a 550-1.050 m entre o Ceará e a Bahia (del HOYO *et al.*, 2020).

#### D. Considerações Finais

De forma geral, a área do presente levantamento é caracterizada pela presença de uma savana estépica e de uma Caatinga arbórea-arbustiva densa, ambas associadas à presença humana e, desta forma, refletindo em uma comunidade de aves composta por táxons a ela adaptados. Porém, a presença de frugívoros de grande e médio portes, como a *Penelope jacucaca* (jacucaca) e *Primolius maracana* (maracanã-verdadeira), a diversidade de insetívoros especializados dependentes de floresta, como algumas espécies de pica-paus (Picidae) e arapaçus (Dendrocolaptidae), indicam que a região proporciona condições adequadas para a manutenção de uma avifauna típica das regiões de Caatinga com bom estado de conservação.

Apesar de as espécies de aves, em sua maioria, serem independentes de ambientes florestais e com baixa sensibilidade a distúrbios ambientais, a ocorrência de espécies de aves com alguma dependência de ambientes florestados e com média ou alta sensibilidade a distúrbios ambientais, como *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca), *Anopetia gounellei* (rabo-branco-de-cauda-larga), *Celeus ochraceus* (pica-pau-ocráceo), *Campylorhamphus trochilrostris* (arapaçu-beija-flor) e *Arremon taciturnus* (tico-tico-de-bico-preto), sugere que estas conseguem permanecer na região amostrada, mesmo a região apresentando algum grau de antropização. Também merecem destaque o registro de espécies com potencial cinegético e xerimbabos, como *Eupsittula cactorum* (periquito-da-caatinga), *Primolius maracana* (maracanã), *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã), *Icterus jamacaii* (corrupião), espécies do gênero *Sporophila* (golinho, papa-capins, caboclinho e afins) e os traupídeos (família Thraupidae), que possivelmente são caçadas e/ou capturadas na região, visto que essa é uma prática comum na Caatinga e no Nordeste brasileiro (BEZERRA *et al.*, 2011, ALVES *et al.*, 2012; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2012). Somando-se a isso, tem-se o registro de espécies de aves ameaçadas de extinção, além de espécies endêmicas da Caatinga nas áreas de influência do empreendimento, principalmente associada à vegetação nas margens dos riachos e no sopé da Serra do Céu (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 a outras regiões com remanescentes de vegetação de Caatinga arbórea-arbustiva com algumas

espécies florestais, o que demonstra, novamente, a importância das áreas com vegetação florestal e arbórea na manutenção da comunidade de aves local.

Com relação à sazonalidade, foi observada uma maior riqueza de aves durante a estação seca, no entanto foram realizadas duas campanhas referentes ao período de estiagem, enquanto somente uma campanha ocorreu durante a época das chuvas. De todo modo, é possível observar um aumento no número de indivíduos de espécies apontadas como migrantes parciais ou que realizam deslocamentos sazonais na Caatinga durante a estação chuvosa, tais como *Euscarthmus meloryphus* (barulhento), *Myiopagis viridicata* (guaracava-de-crista-alaranjada), *Tyrannus melancholicus* (suiriri) e *Pachyramphus polychopterus* (caneleiro-preto) evidenciando a AI do Projeto Santa Quitéria como possível área de rotas de migração ou de deslocamento dessas espécies ao longo de suas migrações. Ainda, foram adicionadas oito espécies que não tinham sido observadas nas duas campanhas anteriores referentes à estação seca, tais como *Dendrocygna viduata* (irerê), *Amazonetta brasiliensis* (marreca-ananaí) e *Nannopterum brasilianum* (biguá), espécies de aves associadas a corpos aquáticos e *Sporophila nigricollis* (baiano), espécies que realizam deslocamentos sazonais ao longo da Caatinga (OLMOS *et al.*, 2005).

Por fim, assinala-se que a possível perda de habitat como consequência da implementação do futuro empreendimento poderá vir a contribuir, mesmo que com baixa intensidade, com a fragmentação e antropização da região. Esse fato poderá decorrer da redução de habitat ocasionada pelo desflorestamento das áreas necessárias para o processo de mineração, bem como das vias de acesso aos locais da obra. Com a perda de territórios ocupados pelas aves, alguns indivíduos podem chegar à morte em consequência da busca e competição por novos territórios (RODRIGUES, 2006). Essa previsão, contudo, não permite afirmar que a comunidade de aves deixará de existir na sua composição atual, mas sim que a avifauna poderá sofrer algumas alterações com relação à sua composição e que estas devem ser acompanhadas durante a implantação e operação do empreendimento. Neste sentido, estudos futuros são necessários, a fim de fornecer mais informações na tentativa de harmonizar atividades econômicas com a conservação da natureza (KIKUCHI, 2008).



## E. Relatório Fotográfico



Figura 11.2.1-56: *Crypturellus tataupa* (Inhambu-chintã) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 13.



Figura 11.2.1-57: *Coragyps atratus* (urubu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-58: *Cathartes aura* (urubu-de-cabeça-vermelha) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 8.



Figura 11.2.1-59: *Rupornis magnirostris* (gavião-carijó) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-60: *Anopetia gounellei* (rabo-branco-de-cauda-larga) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5.



Figura 11.2.1-61: *Chionomesa fimbriata* (beija-flor-de-garganta-verde) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 12.



Figura 11.2.1-62: *Chlorostilbon lucidus* (besourinho-de-bico-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 6.

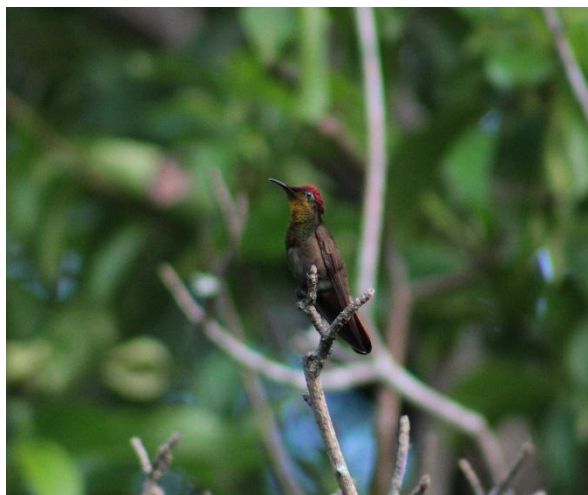


Figura 11.2.1-63: *Chrysolampis mosquitos* (beija-flor-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5.



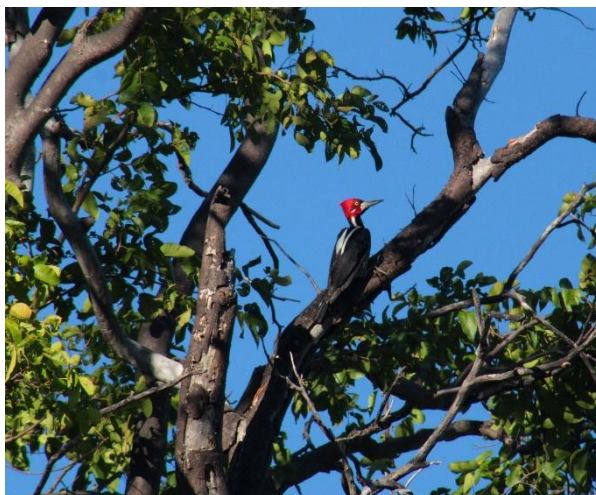


Figura 11.2.1-64: *Campephilus melanoleucos* (pica-pau-de-topete-vermelho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.

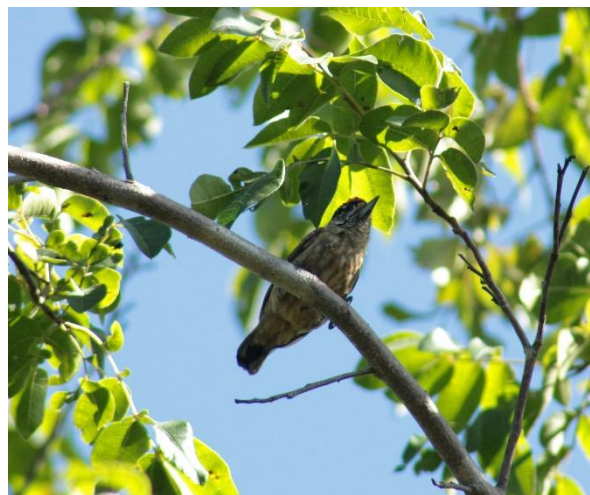


Figura 11.2.1-65: *Picumnus limae* (picapauzinho-da-caatinga) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-66: *Piculus chrysochloros* (pica-pau-dourado-escuro) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 10.



Figura 11.2.1-67: *Veniliornis passerinus* (pica-pau-pequeno) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 10.

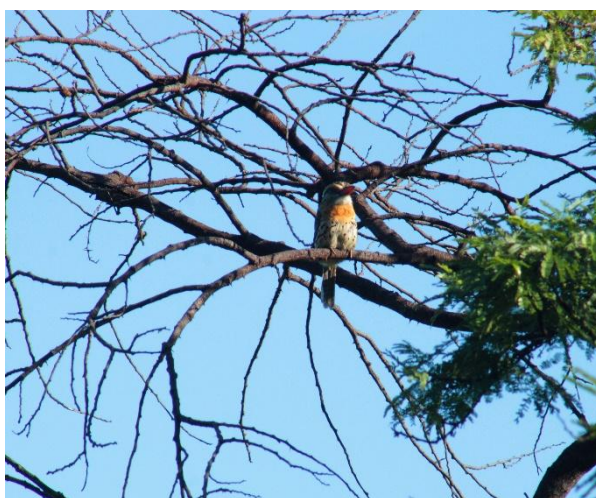


Figura 11.2.1-68: *Nystalus maculatus* (rapazinho-dos-velhos) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.

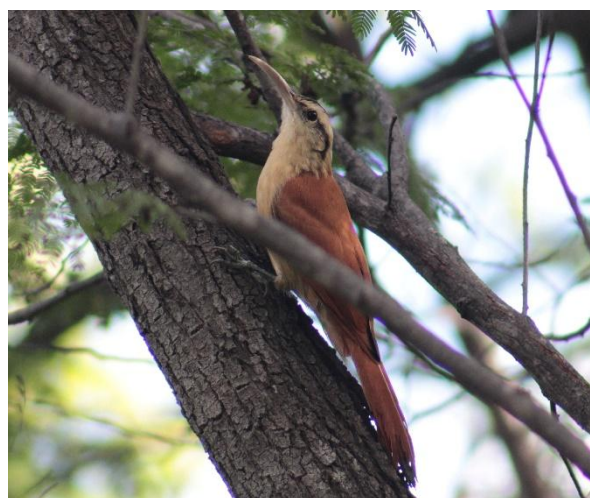


Figura 11.2.1-69: *Lepidocolaptes angustirostris* (arapaçu-de-cerrado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.



Figura 11.2.1-70: *Synallaxis frontalis* (petrim) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 9.

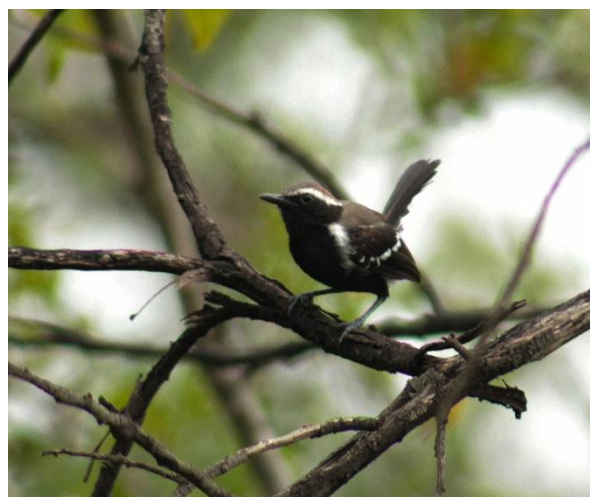


Figura 11.2.1-71: *Formicivora melanogaster* (formigueiro-de-barriga-preta) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.





Figura 11.2.1-72: *Thamnophilus capistratus* (choca-barrada-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-73: *Thamnophilus pelzelni* (choca-do-planalto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5.



Figura 11.2.1-74: *Casiornis fuscus* (caneleiro-enxofre) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 6.



Figura 11.2.1-75: *Myiarchus tyrannulus* (maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 11.





Figura 11.2.1-76: *Myiodynastes maculatus* (bem-te-vi-rajado) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 9.



Figura 11.2.1-77: *Tolmomyias flaviventris* (bico-chato-amarelo) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 13.



Figura 11.2.1-78: *Vireo chivi* (Juruviara) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 5.

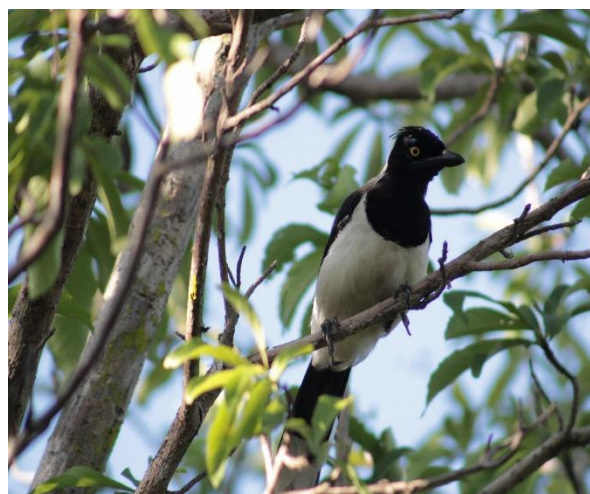


Figura 11.2.1-79: *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-80: *Coryphospingus pileatus* (tico-tico-rei-cinza) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-81: *Nemosia pileata* (saíra-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 1.

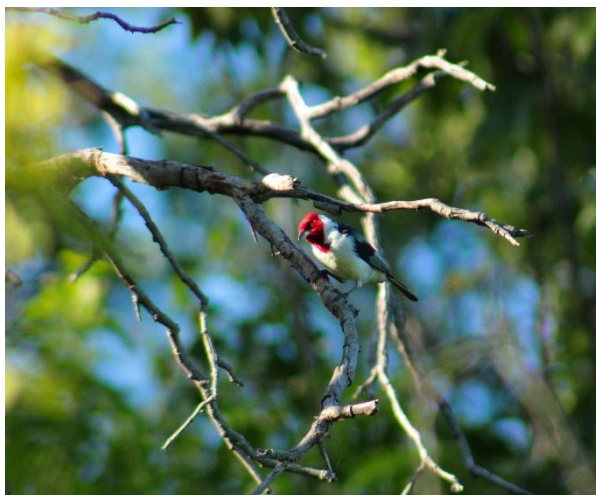


Figura 11.2.1-82: *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.

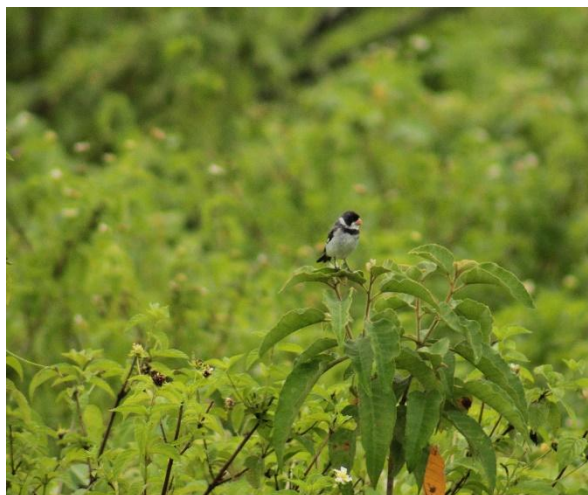


Figura 11.2.1-83: *Sporophila albogularis* (golinho) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.



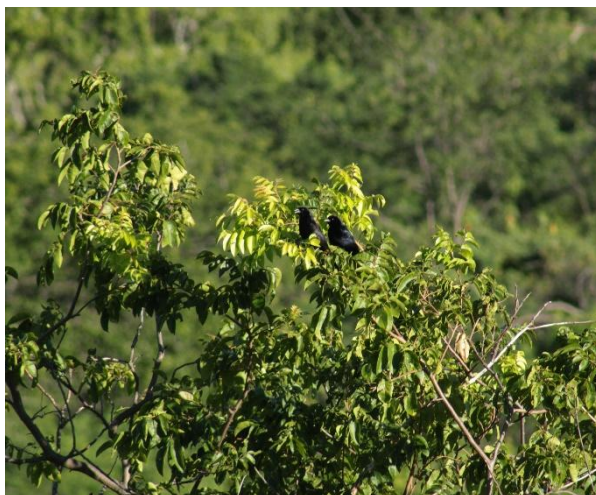


Figura 11.2.1-84: *Molothrus bonariensis* (chupim) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 2.



Figura 11.2.1-85: *Pachyramphus polychopterus* (caneleiro-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 7.

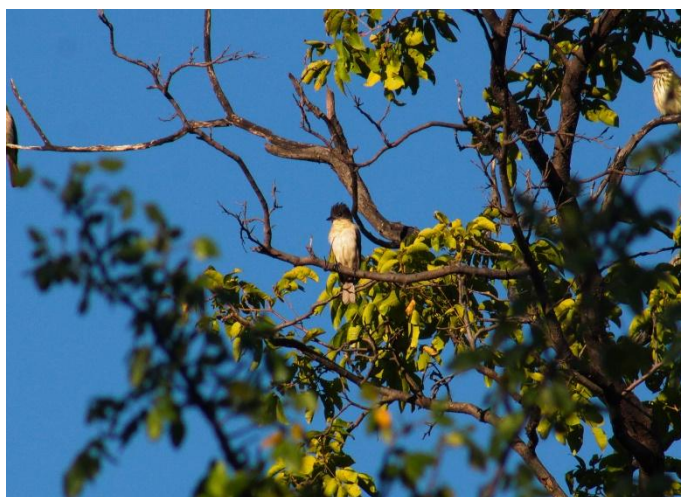


Figura 11.2.1-86: *Pachyramphus validus* (caneleiro-de-chapéu-preto) registrada durante o levantamento da avifauna na Área de influência do Consórcio Santa Quitéria na terceira campanha no ponto 11.



Consultoria Econômica e Ambiental

---

 +55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO

 Rua Jerônimo da Veiga, 164, 18° andar  
São Paulo, SP CEP 04536-900



@tetramais

[www.tetramais.com.br](http://www.tetramais.com.br)

## ANEXO XIII

---

### SUBPROGAMA DE MONITORAMENTO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DA FAUNA



A large collage of four diamond-shaped images. Top-left: A lush green forested hill under a cloudy sky. Top-right: An industrial mining or construction site with a large crane and piles of material. Bottom-left: A close-up of a rocky cave entrance with a blue light beam. Bottom-right: A high-voltage power line tower with multiple insulators, set against a background of autumn foliage.

# SUBPROGRAMA

## MONITORAMENTO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DA FAUNA

Projeto Santa Quitéria

Santa Quitéria/CE

Data: outubro/2025

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** Estudo de Impacto Ambiental

**Objeto:** Subprograma de monitoramento de espécies ameaçadas da fauna

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** outubro/2025

NÚMERO: 20_605	ELABORADO POR: Tetra+	APROVADO POR: Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	DATA: agosto/2025
-------------------	--------------------------	---	----------------------

+55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO

Rua Jerônimo da Veiga, 164, 18º andar  
São Paulo, SP CEP 04536-900



@tetramais

[www.tetramais.com.br](http://www.tetramais.com.br)

## SUMÁRIO

<b>1. SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ESPÉCIES DA FAUNA AMEAÇADA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Subprograma de Monitoramento de <i>Leptotila rufaxilla</i> (juriti-de-testa-branca) .....	1
1.1.1. Introdução .....	1
1.1.2. Justificativa .....	2
1.1.3. Metodologia .....	2
1.1.3.1. Pressupostos técnicos .....	2
1.1.3.2. Monitoramento.....	3
1.2. Subprograma de Monitoramento de <i>Sporophila bouvreuil</i> (caboclinho) .....	4
1.2.1. Introdução .....	4
1.2.2. Justificativa .....	5
1.2.3. Metodologia .....	5
1.2.3.1. Pressupostos técnicos .....	5
1.2.3.2. Monitoramento.....	6
1.3. Subprograma de Monitoramento de <i>Primolius maracana</i> (maracanã) .....	7
1.3.1. Introdução .....	7
1.3.2. Justificativa .....	8
1.3.3. Metodologia .....	8
1.3.3.1. Pressupostos técnicos .....	8
1.3.3.2. Monitoramento.....	9
1.4. Subprograma de Monitoramento de <i>Penelope jacucaca</i> (jacucaca) .....	10
1.4.1. Introdução .....	10
1.4.2. Justificativa .....	11
1.4.3. Metodologia .....	11
1.4.3.1. Pressupostos técnicos .....	11
1.4.3.2. Monitoramento.....	12
1.5. Subprograma de Monitoramento de <i>Xiphocolaptes falcirostris</i> (arapaçu-do-nordeste) .....	13
1.5.1. Introdução .....	13
1.5.2. Justificativa .....	14
1.5.3. Metodologia .....	14
1.5.3.1. Pressupostos técnicos .....	14
1.5.3.2. Monitoramento.....	15
1.6. Subprograma de Monitoramento de <i>Leopardus emiliae</i> (gato-do-mato).....	16
1.6.1. Introdução .....	16
1.6.2. Justificativa .....	17
1.6.3. Metodologia .....	18
1.6.3.1. Pressupostos técnicos .....	18

1.6.3.2. Monitoramento.....	19
1.7. Subprograma de Monitoramento de <i>Herpailurus yagouaroundi</i> (gato-mourisco).....	20
1.7.1. Introdução .....	20
1.7.2. Justificativa .....	21
1.7.3. Metodologia .....	21
1.7.3.1. Pressupostos técnicos .....	21
1.7.3.2. Monitoramento.....	22
1.8. Subprograma de Monitoramento de <i>Puma concolor</i> (onça-parda).....	23
1.8.1. Introdução .....	23
1.8.2. Justificativa .....	24
1.8.3. Metodologia .....	25
1.8.3.1. Pressupostos técnicos .....	25
1.8.3.2. Monitoramento.....	26
1.9. Subprograma de Monitoramento de <i>Subulo gouazoubira</i> (veado-catingueiro).....	27
1.9.1. Introdução .....	27
1.9.2. Justificativa .....	28
1.9.3. Metodologia .....	28
1.9.3.1. Pressupostos técnicos .....	28
1.9.3.2. Monitoramento.....	29
1.10. Subprograma de Monitoramento de <i>Dicotyles tajacu</i> (cateto).....	30
1.10.1. Introdução .....	30
1.10.2. Justificativa .....	31
1.10.3. Metodologia .....	31
1.10.3.1. Pressupostos técnicos .....	31
1.10.3.2. Monitoramento.....	32
1.11. Subprograma de Monitoramento de <i>Kerodon rupestris</i> (mocó).....	33
1.11.1. Introdução .....	33
1.11.2. Justificativa .....	34
1.11.3. Metodologia .....	34
1.11.3.1. Pressupostos técnicos .....	34
1.11.3.2. Monitoramento.....	36
1.12. Subprograma de Monitoramento de <i>Furipiterus horrens</i> .....	36
1.12.1. Introdução .....	36
1.12.2. Justificativa .....	37
1.12.3. Metodologia .....	38
1.12.3.1. Monitoramento.....	38
1.13. Subprograma de Monitoramento de <i>Natalus macrourus</i> (morcego-orelha-de-funil) .....	39
1.13.1. Introdução .....	39
1.13.2. Justificativa .....	40
1.13.3. Metodologia .....	40

---

1.13.3.1. <i>Pressupostos técnicos</i> .....	40
1.13.3.2. <i>Monitoramento</i> .....	41
1.14. Referências Bibliográficas .....	42



## 1. SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ESPÉCIES DA FAUNA AMEAÇADA

### 1.1. Subprograma de Monitoramento de *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca)

#### 1.1.1. Introdução

O levantamento de dados primários do diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021, registrou 14 indivíduos de *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca). Essa espécie é classificada como de menor preocupação (LC) em nível internacional (IUCN, 2024) e nacional (MMA, 2022), mas consta como vulnerável (VU) na lista estadual de espécies ameaçadas do Ceará (SEMACE, 2022).

A *L. rufaxilla* habita preferencialmente o sub-bosque fechado e denso de regiões florestais (SICK, 2001; WIKIAVES, 2025). Trata-se de uma juriti grande, com aproximadamente 28 cm de comprimento e peso médio de 150 g. Possui hábitos diurnos e é amplamente distribuída no território brasileiro, ocorrendo em todos os biomas nacionais, além de registros na Venezuela e no Uruguai. O declínio de suas populações pode ser explicado pelo histórico de caça dessa espécie em todo Brasil, especialmente na região Nordeste do País, o que possivelmente contribuiu para o atual status de vulnerabilidade da espécie no estado do Ceará.

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga - PAN Aves da Caatinga, que atualmente está em seu 3º ciclo (2024-2029) e é estabelecido pela Portaria ICMBio nº 1.546, de 21 de maio de 2024 (ICMBio, 2024). O PAN Aves da Caatinga visa a redução da perda e alteração de ambientes naturais e da remoção de indivíduos, tendo em vista a manutenção e/ou recuperação das populações e habitats das espécies alvo, nos próximos cinco anos. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: redução da perda dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; redução da perda de qualidade dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; e redução da remoção de indivíduos e manutenção de populações viáveis das espécies alvo do PAN.

Essas ações estabelecidas no PAN aves da caatinga fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *L. rufaxilla* (juriti-de-testa-branca), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

### 1.1.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas a variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos ou ao período sazonal.

### 1.1.3. Metodologia

#### 1.1.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Leptotila rufaxilla* (juriti-de-testa-branca), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo;
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução desse programa de monitoramento levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo;
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.

- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou índice pontual de abundância e/ou frequências de lista), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.1.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

O monitoramento de *L. rufaxill* (juriti-de-testa-branca), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da avifauna, tais como: Captura em rede de neblina e/ou Ponto de Escuta e/ou Censo por Transecção e Lista de Mackinnon e/ou uso de playback. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as

campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *L. rufaxill* (juriti-de-testa-branca) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha que indicarão os resultados do monitoramento da comunidade. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade de avifauna local.

## 1.2. Subprograma de Monitoramento de *Sporophila bouvreuil* (caboclinho)

### 1.2.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021, foram registrados dois indivíduos de *Sporophila bouvreuil* (caboclinho). A espécie é classificada como de menor preocupação (LC) em nível internacional (IUCN, 2024) e nacional (MMA, 2022), mas consta como vulnerável (VU) na lista estadual de espécies ameaçadas do Ceará (SEMACE, 2022).

O *S. bouvreuil* (caboclinho) possui distribuição ampla no território brasileiro, de ocorrência comum desde o estuário do Rio Amazonas (Amapá e Pará), passando pelo Maranhão, ao Rio Grande do Sul e se estendendo para o oeste até o Mato Grosso. É uma ave canora da família dos Thraupidae, com aproximadamente 10 cm de comprimento, comumente encontrada em campos com gramíneas, cerrados e áreas pantanosas (SICK, 2001; WIKIAVES, 2025). As espécies do gênero *Sporophila* são amplamente visadas por criadores ilegais de aves canoras, sendo facilmente encontradas em feiras livres e mantidas em cativeiros em residências de regiões rurais. Esse histórico de apanha e tráfico ilegal contribuiu significativamente para a condição de vulnerabilidade da espécie no estado do Ceará (SICK, 2001; PEREIRA; BRITO, 2005; ARAUJO; RODRIGUES, 2011; ALVES et al., 2012; FERNANDES-FERREIRA et al., 2012).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga - PAN Aves da Caatinga, que atualmente está em seu 3º ciclo (2024-2029) e é estabelecido pela Portaria ICMBio nº 1.546, de 21 de maio de 2024 (ICMBio, 2024). O PAN Aves da Caatinga visa a redução da perda e alteração de ambientes naturais e da remoção de indivíduos, tendo em vista a manutenção e/ou recuperação das populações e habitats das espécies alvo, nos próximos cinco anos. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: redução da perda dos ambientes

naturais das espécies alvo do PAN; redução da perda de qualidade dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; e redução da remoção de indivíduos e manutenção de populações viáveis das espécies alvo do PAN.

Essas ações estabelecidas no PAN aves da caatinga fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *S. bouvreuil* (caboclinho), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

### 1.2.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas a variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos ou ao período sazonal.

### 1.2.3. Metodologia

#### 1.2.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Sporophila bouvreuil* (caboclinho), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução desse programa de monitoramento levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.



- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou índice pontual de abundância e/ou frequências de lista), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.2.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *S. bouvreuil* (caboclinho), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da avifauna, tais como: Captura em rede de neblina e/ou Ponto de Escuta e/ou Censo por Transecção e Lista de Mackinnon e/ou uso de playback. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *S. bouvreuil* (caboclinho) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha do monitoramento da comunidade. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade de avifauna local.

### 1.3. Subprograma de Monitoramento de *Primolius maracana* (maracanã)

#### 1.3.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados 60 indivíduos de *Primolius maracana* (maracanã) nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da segunda e terceira campanha, realizadas em 2021 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como quase ameaçada (NT) em nível internacional (IUCN, 2024), pouco preocupante em nível nacional (MMA, 2022) e em perigo (EN) na listagem estadual (SEMACE, 2022).

A *P. maracana* (maracanã) é um Psitacídeo encontrado nas regiões Sudestes, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, também nos estados do Paraná e Santa Catarina. Além do Brasil, seu território abrange o Paraguai e a Argentina, nas beiras de matas, buritizais e áreas abertas. São aves com aproximadamente 40 cm de comprimento, comumente encontradas em florestas sempre-verdes e caducifólias da Mata Atlântica, em savanas do Cerrado e florestas de galeria da região da Caatinga (SICK, 2001; WIKIAVES, 2025). A espécie sofre pressões tanto da comercialização ilegal para criação como animal de estimação (xerimbabo) quanto da perda de habitat causada pela expansão agrícola, fatores que contribuem de forma significativa para sua classificação como Em Perigo no estado do Ceará.

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga - PAN Aves da Caatinga, que atualmente está em seu 3º ciclo (2024-2029) e é estabelecido pela Portaria ICMBio nº 1.546, de 21 de maio de 2024 (ICMBio, 2024). O PAN Aves da Caatinga visa a redução, a perda e alteração de ambientes naturais e da remoção de indivíduos,

visando a manutenção e/ou recuperação das populações e habitats das espécies alvo, nos próximos cinco anos. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: redução da perda dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; redução da perda de qualidade dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; e redução da remoção de indivíduos e manutenção de populações viáveis das espécies alvo do PAN.

Essas ações estabelecidas no PAN aves da caatinga fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *P. maracana* (maracanã), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

### 1.3.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas a variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos ou ao período sazonal.

### 1.3.3. Metodologia

#### 1.3.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Primolius maracana* (maracanã), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução desse

programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.

- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou índice pontual de abundância e/ou frequências de lista), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.3.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *P. maracana* (maracanã), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na AID, priorizando os pontos utilizados durante o diagnóstico ambiental, além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da avifauna, tais como: Captura em rede de neblina e/ou Ponto de Escuta e/ou Censo por Transecção e Lista de Mackinnon e/ou uso de playback. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *P. maracana* (maracanã) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade de avifauna local.

#### **1.4. Subprograma de Monitoramento de *Penelope jacucaca* (jacucaca)**

##### **1.4.1. Introdução**

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a terceira campanha realizada em 2023, foi registrado apenas um indivíduo de *Penelope jacucaca* (jacucaca) nas áreas de influência do empreendimento. A espécie é classificada como vulnerável nos três níveis, internacional (IUCN, 2024), nacional (MMA, 2022) e estadual (SEMACE, 2022).

A *P. jacucaca* (jacucaca) é endêmica do Brasil e sua distribuição original se estendia do Maranhão ao norte de Minas Gerais, ocupando principalmente formações de cerrado e áreas de caatinga florestada. Trata-se de uma ave da ordem Galliformes, pertencente à família Cracidae, de grande porte, com cerca de 73 cm de comprimento. Atualmente, a espécie encontra-se regionalmente extinta em diversas porções dessa área de ocorrência, sendo registrada, de forma mais frequente, em unidades de conservação localizadas nos estados do Piauí, Ceará, Pernambuco e Bahia. (SICK, 2001; WIKIAVES, 2025).

A espécie apresenta alta sensibilidade às pressões antrópicas, sendo particularmente afetada pela intensa caça e pela perda de habitat decorrente do desmatamento, fatores comuns na região Nordeste do Brasil. Essas ameaças têm contribuído para que seja classificada como vulnerável, tanto em âmbito internacional quanto nacional e estadual (SILVEIRA, 2008; BEZERRA et al., 2011; ALVES et al., 2012; REDIES, 2013).



*P. jacucaca* é incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga - PAN Aves da Caatinga, que atualmente está em seu 3º ciclo (2024-2029) e é estabelecido pela Portaria ICMBio nº 1.546, de 21 de maio de 2024 (ICMBio, 2024). O PAN Aves da Caatinga visa a redução, a perda e alteração de ambientes naturais e da remoção de indivíduos, visando a manutenção e/ou recuperação das populações e habitats das espécies alvo, nos próximos cinco anos. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: redução da perda dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; redução da perda de qualidade dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; e redução da remoção de indivíduos e manutenção de populações viáveis das espécies alvo do PAN.

Essas ações estabelecidas no PAN aves da fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *P. jacucaca* (jacucaca), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

#### 1.4.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas a variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos ou ao período sazonal.

#### 1.4.3. Metodologia

##### 1.4.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Penelope jacucaca* (jacucaca), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o

número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa de monitoramento da fauna levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.

- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (índice pontual de abundância e/ou frequências de lista), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.4.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *P. jacucaca* (jacucaca), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da

área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da avifauna, tais como: Captura em rede de neblina e/ou Ponto de Escuta e/ou Censo por Transecção e Lista de Mackinnon e/ou uso de playback. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *P. jacucaca* (jacucaca) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade de avifauna local.

### 1.5. Subprograma de Monitoramento de *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste)

#### 1.5.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021 foram registrados cinco indivíduos de *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) nas áreas de influência do empreendimento. A espécie é classificada como vulnerável (VU) nos três níveis, internacional (IUCN, 2024), nacional (MMA, 2022) e estadual (SEMACE, 2022).

O *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) é uma ave da família dos Dendrocolaptídeos, medem cerca de 30 cm de comprimento. Endêmica do Brasil, apresenta distribuição concentrada em porções não litorâneas do norte e nordeste, estendendo-se do Amapá até a Bahia, além da porção setentrional do estado de Minas Gerais. Sua ocorrência está associada principalmente a formações de caatinga arbórea, mata ciliar, matas secas e decíduais (SICK, 2001; WIKIAVES, 2025). Os Dendrocolaptidae apresentam comportamento especializado, forrageando debaixo das cascas ou nas reentrâncias do córtex de árvores. Dessa forma, a remoção da cobertura florestal exerce forte impacto sobre suas populações, contribuindo para o status de vulnerabilidade da espécie (SILVEIRA; STRAUBER, 2008; WIKIAVES, 2025).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga - PAN Aves da Caatinga, que atualmente está em seu 3º ciclo (2024-2029) e é estabelecido pela Portaria ICMBio nº 1.546, de 21 de maio de 2024 (ICMBio, 2024). O PAN Aves da Caatinga visa a redução da perda e alteração de ambientes naturais e da remoção de indivíduos, tendo em vista a manutenção e/ou recuperação das populações e habitats das espécies alvo, nos próximos cinco anos. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: redução da perda dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; redução da perda de qualidade dos ambientes naturais das espécies alvo do PAN; e redução da remoção de indivíduos e manutenção de populações viáveis das espécies alvo do PAN.

Essas ações estabelecidas no PAN aves da caatinga fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

#### 1.5.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas a variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos ou ao período sazonal.

#### 1.5.3. Metodologia

##### 1.5.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Xiphocolaptes falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.

- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução desse programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância, índice pontual de abundância e/ou frequências de lista), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.5.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.



Para o monitoramento de *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da avifauna, tais como: Ponto de Escuta, Censo por Transecção e Lista de Mackinnon. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *X. falcirostris* (arapaçu-do-nordeste) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade de avifauna local.

## 1.6. Subprograma de Monitoramento de *Leopardus emiliae* (gato-do-mato)

### 1.6.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados nove indivíduos de *Leopardus emiliae* (gato-do-mato) nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da primeira, segunda e terceira campanha, realizadas em 2020, 2021 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como em perigo (EN) em nível internacional (IUCN, 2024) e vulnerável (VU) em nível nacional (ICMBIO, 2023) e estadual (SEMACE, 2022).

O *L. emiliae* (gato-do-mato) é um felino neotropical de pequeno porte, com peso variado de 1,8 a 3,8 kg. Um estudo de Nascimento e Feijó (2017) revisou a taxonomia do grupo tigrina (*Leopardus tigrinus*), a partir de análises morfológicas e moleculares. Como resultado, o grupo foi reclassificado em três espécies distintas: *L. tigrinus*, *L. emiliae* e *L. guttulus*. Essa atualização evidenciou que *L. emiliae* possui distribuição restrita ao Norte,

Nordeste e parte central do Brasil, sendo, portanto, considerado o único felino endêmico do país.

Como a espécie *L. tigrinus* (gato-do-mato-pequeno) está incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Pequenos Felinos - PAN Pequenos Felinos, atualmente em seu 2º ciclo (2022-2027) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 493, de 21 de junho de 2022 (ICMBio, 2022), entendeu-se que *L. emiliae* (gato-do-mato) apresenta o mesmo grau de ameaça e, portanto, essa espécie também é contemplada no referido PAN. O Plano visa promover e integrar ações para mitigar as ameaçadas e ampliar o conhecimento sobre as populações de pequenos felinos, com o objetivo de reduzir o risco de extinção em cinco anos. Para alcançar esse objetivo, foram definidas ações que orientam a implementação das medidas de conservação: dimensionamento e mitigação de impactos decorrentes dos atropelamentos em empreendimentos rodoferroviários; o dimensionamento e mitigação de impactos decorrentes do abate retaliatório e preventivo de pequenos felinos e da pressão de caça de suas presas; a redução da remoção indevida de indivíduos vivos *in situ* e melhoramento dos procedimentos de recebimento, manutenção e destinação destes animais; a investigação, prevenção e redução dos efeitos das interações negativas entre espécies de pequenos felinos silvestres e animais domésticos e exóticos; o fortalecimento dos mecanismos e ferramentas institucionais para a manutenção e ampliação da conectividade da paisagem e da melhoria da qualidade do habitat; e a produção, integração e difusão de conhecimento para a conservação das espécies.

Essas ações estabelecidas no PAN pequenos felinos fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *L. emiliae* (gato-do-mato), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto. É notável o quanto tais ações determinadas pelo PAN geram oportunidades de Educação Ambiental junto aos proprietários da região e às comunidades. Assim, esse programa tem uma interface muito relevante com o Programa de Educação Ambiental, cabendo ao primeiro o subsidiar de informações relevantes que possam gerar campanhas educativas, produção de material gráfico, audiovisual etc. para o público-alvo.

#### 1.6.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações

temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal e/ou variáveis ambientais, tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

### 1.6.3. Metodologia

#### 1.6.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Leopardus emiliae* (gato-do-mato), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da

sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.

- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.6.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *L. emiliae* (gato-do-mato), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio e grande porte, tais como: Busca Ativa e Busca por Vestígios, Armadilhas Fotográficas e Parcelas de Areia. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *L. emiliae* (gato-do-mato) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

## 1.7. Subprograma de Monitoramento de *Herpailurus yagouaroundi* (gato-mourisco)

### 1.7.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021 foi registrado apenas um indivíduo de *Herpailurus yagouaroundi* (gato-mourisco) nas áreas de influência do empreendimento. Embora seja classificada como pouco preocupante (LC) ao nível internacional (IUCN, 2024) espécie é classificada como vulnerável (VU) ao nível nacional (ICMBIO, 2023) e estadual (SEMACE, 2022).

O *H. yagouaroundi* (gato-mourisco) é um felino de pequeno porte, muito ativo no período do dia, e pesa aproximadamente 3,5 a 9 kg. Possui ampla distribuição, podendo ser encontrado em quase todos os estados do Brasil, se estendendo ao sul do Estados Unidos e região central da Argentina, habitando diversas formações vegetais, desde florestas densas e de dossel fechado, até áreas abertas com arbustos esparsos (CASO et al., 2008). Embora *H. yagouaroundi* (gato-mourisco) apresente ampla distribuição, a espécie ocorre em baixa densidade populacional e abundância. Somado a isso, a perda da fragmentação de seu hábitat devido à expansão agrícola contribui para o *status* de vulnerabilidade da espécie.

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Pequenos Felinos - PAN Pequenos Felinos, atualmente em seu 2º ciclo (2022-2027) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 493, de 21 de junho de 2022 (ICMBio, 2022). O PAN visa promover e integrar ações para mitigar as ameaçadas e ampliar o conhecimento sobre as populações de pequenos felinos, com o objetivo de reduzir o risco de extinção em cinco anos. Para alcançar esse objetivo foram definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: dimensionamento e mitigação de impactos decorrentes dos atropelamentos em empreendimentos rodoferroviários; o dimensionamento e mitigação de impactos decorrentes do abate retaliatório e preventivo de pequenos felinos e da pressão de caça de suas presas; a redução da remoção indevida de indivíduos vivos *in situ* e melhoramento dos procedimentos de recebimento, manutenção e destinação destes animais; a investigação, prevenção e redução dos efeitos das interações negativas entre espécies de pequenos felinos silvestres e animais domésticos e exóticos; o fortalecimento dos mecanismos e ferramentas institucionais para a manutenção e ampliação da conectividade da paisagem e da melhoria da qualidade do habitat; e a produção, integração e difusão de conhecimento para a conservação das espécies.

Essas ações estabelecidas no PAN pequenos felinos fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *H. yagouaroundi* (gato-mourisco), servindo de orientação para estratégias de



acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto. É notável o quanto tais ações determinadas pelo PAN geram oportunidades de Educação Ambiental junto aos proprietários da região e às comunidades. Assim, esse programa tem uma interface muito relevante com o Programa de Educação Ambiental, cabendo ao primeiro o subsidiar de informações relevantes que possam gerar campanhas educativas, produção de material gráfico, audiovisual etc. para o público-alvo.

#### 1.7.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal ou às variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

#### 1.7.3. Metodologia

##### 1.7.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Herpailirus yagouaroundi* (gato-mourisco), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.

- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.7.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *H. yagouaroundi* (gato-mourisco), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio e grande porte, tais como: Busca Ativa e Busca por Vestígios, Armadilhas Fotográficas e Parcelas de Areia. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *H. yagouaroundi* (gato-mourisco) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

## 1.8. Subprograma de Monitoramento de *Puma concolor* (onça-parda)

### 1.8.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados três indivíduos de *Puma concolor* (onça-parda) nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da primeira, segunda e terceira campanha, realizadas em 2020, 2021 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como pouco preocupante (LC) em nível internacional (IUCN, 2024), quase ameaçada (NT) em nível nacional (ICMBIO, 2023) e em perigo (EN) ao nível estadual (SEMACE, 2022).

A *P. concolor* (onça-parda) é um felino de grande porte, o segundo maior do Brasil, pesando aproximadamente 22 a 70 kg. São animais de hábito solitário e territorialista, em plena atividade principalmente no período do anoitecer. Possui ampla distribuição, sendo o mamífero com a mais ampla distribuição no hemisfério ocidental, sua ocorrência vai do sudoeste do Canadá até o Estreito de Magalhães, no sul do Chile e Argentina, e no Brasil pode ser encontrado em todos os biomas, habitando desde florestas densas até campos com vegetação esparsa (GRIGIOME et al., 2002; ICMBIO, 2012; LABARGE et al., 2022). Apesar de apresentar ampla distribuição, a espécie sofre fortes pressões antrópicas, principalmente decorrentes da expansão urbana e agropecuária. A fragmentação e degradação de seus habitats, somadas à caça, atropelamentos e captura para criação em cativeiros ilegais, contribuem para seu status de vulnerabilidade (WEBER; RABINOWITZ, 1996; CHIARRELLO, 2000).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Grandes Felinos - PAN Grandes Felinos, atualmente em seu 2º ciclo (2025-2030) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 2.623, de 9 de junho de 2025 (ICMBio, 2025). O PAN visa melhorar a situação populacional das espécies de grandes felinos, com ênfase nas áreas estratégicas de conservação por ele indicadas. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: manutenção ou aumento da conectividade funcional nas áreas de ocorrência dos grandes felinos, com foco na qualidade do habitat e diversidade genética; o aprimoramento do sistema de combate aos ilícitos, tráfico de animais, suas partes e produtos, e a redução do abate de grandes felinos nas áreas estratégicas indicadas pelo PAN; o desenvolvimento de medidas de coexistência entre grandes felinos e seres humanos, de modo a diminuir os impactos negativos reais ou percebidos e promover a valorização da biodiversidade como estratégia para assegurar a proteção de seus habitats; o desenvolvimento de estratégias de comunicação para diminuir o medo e aumentar a tolerância das pessoas relacionada à presença dos grandes felinos; o aprimoramento dos procedimentos de resgate, recepção, manutenção, reabilitação, destinação e soltura de grandes felinos, buscando o manejo populacional adequado; e a sistematização, ampliação e disseminação do conhecimento a respeito do tamanho populacional e diversidade genética, bem como do estado sanitário e epidemiológico das populações de grandes felinos.

Essas ações estabelecidas no PAN grandes felinos fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *P. concolor* (onça-parda), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto. É notável o quanto tais ações determinadas pelo PAN geram oportunidades de Educação Ambiental junto aos proprietários da região e às comunidades. Assim, esse programa tem uma interface muito relevante com o Programa de Educação Ambiental, cabendo ao primeiro o subsidiar de informações relevantes que possam gerar campanhas educativas, produção de material gráfico, audiovisual etc. para o público-alvo.

#### 1.8.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas

ao período sazonal ou às variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

### 1.8.3. Metodologia

#### 1.8.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Puma concolor* (onça-parda), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da



sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.

- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.8.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *P. concolor* (onça-parda), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na AID, priorizando os pontos utilizados durante o diagnóstico ambiental, além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio e grande porte, tais como: Busca Ativa e Busca por Vestígios, Armadilhas Fotográficas e Parcelas de Areia. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *P. concolor* (onça-parda) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

## 1.9. Subprograma de Monitoramento de *Subulo gouazoubira* (veado-catingueiro)

### 1.9.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados três indivíduos de *Subulo gouazoubira* (veado-catingueiro) nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da segunda e terceira campanha, realizadas em 2021 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como de menor preocupação (LC) em nível internacional (IUCN, 2024) e nacional (ICMBIO, 2023), mas consta como vulnerável (VU) na listagem estadual (SEMACE, 2022).

O *S. gouazoubira* (veado-catingueiro) é um ungulado da família Cervidae e, dentro desse grupo, é considerado de pequeno porte. Indivíduos adultos da espécie podem atingir até 18 kg. Sua distribuição é ampla, pode ser encontrado do nordeste ao sul do Brasil, passando pela diagonal seca, até a Bolívia, Paraguai, Uruguai, e norte da Argentina (BARBANTI-DUARTE et al., 2012). Está presente em todos os biomas brasileiros, habitando desde florestas tropicais densas a savanas abertas com pequenos fragmentos florestais, mas sempre associados a regiões florestadas para obtenção de abrigo e alimentação (BARBANTI-DUARTE et al., 2012). Por mais que tenha uma população abundante no Brasil, em algumas regiões os indivíduos de *S. gouazoubira* (veado-catingueiro) enfrentam ameaças decorrentes da caça ilegal, da perda e fragmentação de habitats, da transmissão de doenças por animais domésticos e da competição direta com espécies invasoras (SEMACE, 2022), motivos esses que contribuem para o *status* de vulnerabilidade da espécie no estado.

Embora *S. gouazoubira* (veado-catingueiro) não esteja enquadrada em nenhum PAN, o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Ungulados - PAN Ungulados, definido pela Portaria ICMBio nº 356, de 25 de julho de 2019 (ICMBIO, 2019), estabelece estratégias para a conservação de táxons pertencentes à mesma superordem e subfamília de *S. gouazoubira* (veado-catingueiro), os Ungulata e Capreolinae, como *Mazama bororo* (veado-bororó-de-são-paulo) e *Ozotoceros bezoarticus* (veado-campeiro). Tais ações podem ser utilizadas como diretrizes para fornecer fundamentação para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *S. gouazoubira* (veado-catingueiro), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

As estratégias estabelecidas com o propósito de promover a viabilidade populacional das espécies de ungulados são: a qualificação técnica dos instrumentos legais e/ou políticas públicas visando à conservação dos ungulados; a diminuição dos impactos da caça, de conflitos e da interação com espécies exóticas; a avaliação de impactos de agrotóxicos em populações de ungulados; a minimização do impacto de enfermidades sobre as populações

de ungulados; a avaliação e mitigação de impactos negativos de empreendimentos rodoferroviários, hidroenergéticas e de mineração; a comunicação aplicada para a conservação de ungulados; a resolução taxonômica, identificação das Unidades Evolutivamente Significativas e ampliação do conhecimento da diversidade genética; e a implementação de estratégias de manejo e conservação de populações pequenas e/ou isoladas.

### 1.9.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal e/ou às variáveis ambientais, tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

### 1.9.3. Metodologia

#### 1.9.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Subulo gouazoubira* (veado-catingueiro), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.

- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.9.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *S. gouazoubira* (veado-catingueiro), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio e grande porte, tais como: Busca Ativa e Busca por Vestígios, Armadilhas Fotográficas e Parcelas de Areia. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *S. gouazoubira* (veado-catingueiro) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

## 1.10. Subprograma de Monitoramento de *Dicotyles tajacu* (cateto)

### 1.10.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021, foram registrados três indivíduos de *Dicotyles tajacu* (cateto) nas áreas de influência do empreendimento. A espécie é classificada como de menor preocupação (LC) em nível internacional (IUCN, 2024) e nacional (ICMBIO, 2023), mas consta como em perigo (EN) na listagem estadual (SEMACE, 2022).

O *D. tajacu* (cateto) é um ungulado da família dos taitaçuídeos e seu peso varia de 14 a 30 kg. Apresenta ampla distribuição, ocorrendo desde a América do Norte até a América do Sul, estendendo-se do sudoeste dos Estados Unidos até porção norte da Argentina. No Brasil, a espécie está em todo o país, ocupando uma grande diversidade formações vegetais (SOWL, 1997; ICMBIO, 2023). Embora apresente elevada plasticidade ecológica e resistência a alterações antrópicas, a espécie tem sofrido intensas pressões, sobretudo na Caatinga nordestina. Nesta região a caça excessiva e a degradação de seu habitat pelo avanço de atividades, como mineração e agropecuária, têm contribuído para o estado de perigo de extinção no Ceará (DESBIEZ et al., 2012).

Embora *D. tajacu* (cateto) não esteja enquadrada em nenhum PAN, o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Ungulados - PAN Ungulados, definido pela Portaria ICMBio nº 356, de 25 de julho de 2019 (ICMBIO, 2019), estabelece estratégias para a conservação de um táxon pertencente à mesma superordem e família de *D. tajacu* (cateto), os Ungulata e



Tayassuidae, o *Tayassu pecari* (queixada). Tais ações podem ser utilizadas como diretrizes para fornecer fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *D. tajacu* (cateto), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

As estratégias estabelecidas com o propósito de promover a viabilidade populacional das espécies de ungulados são: a qualificação técnica dos instrumentos legais e/ou políticas públicas visando à conservação dos ungulados; a diminuição dos impactos da caça, de conitos e da interação com espécies exóticas; a avaliação de impactos de agrotóxicos em populações de ungulados; a minimização do impacto de enfermidades sobre as populações de ungulados; a avaliação e mitigação de impactos negativos de empreendimentos rodoferroviários, hidroenergéticas e de mineração; a comunicação aplicada para a conservação de ungulados; a resolução taxonômica, identificação das Unidades Evolutivamente Significativas e ampliação do conhecimento da diversidade genética; e a implementação de estratégias de manejo e conservação de populações pequenas e/ou isoladas.

#### 1.10.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal e/ou às variáveis ambientais, tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

#### 1.10.3. Metodologia

##### 1.10.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Puma concolor* (onça-parda), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.

- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa de monitoramento da fauna levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.10.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *D. tajacu* (cateto), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio e grande porte, tais como: Busca Ativa e Busca por Vestígios, Armadilhas Fotográficas e Parcelas de Areia. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *D. tajacu* (cateto) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

### 1.11. Subprograma de Monitoramento de *Kerodon rupestris* (mocó)

#### 1.11.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), durante a segunda campanha realizada em 2021, foram registrados dois indivíduos de *Kerodon rupestris* (mocó) nas áreas de influência do empreendimento. A espécie é classificada como pouco preocupante (LC) em nível internacional (IUCN, 2024), vulnerável (VU) ao nível nacional (ICMBIO, 2023) e não consta na listagem estadual (SEMACE, 2022).

O *K. rupestris* (cateto) é um roedor da família Caviidae, embora seja um mamífero de pequeno porte, dentro da ordem Rodentia é considerado de médio porte, podendo atingir até 900 g. A espécie é endêmica do Brasil, com distribuição restrita ao Nordeste, com ocorrências também no Rio Grande do Norte e na porção setentrional do estado de Minas Gerais. Está principalmente associada ao bioma da Caatinga, em ambientes rochosos (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). A intensa pressão de caça, aliada à expansão da mineração

na região, contribuí para o atual estado de vulnerabilidade da espécie (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Pequenos Mamíferos de Áreas Abertas - PAN pequenos mamíferos - Áreas Abertas, atualmente em seu 2º ciclo (2022-2027) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 560, de 5 de junho de 2022 (ICMBio, 2022). O PAN visa assegurar a viabilidade populacional por meio da manutenção dos habitats e ampliação do conhecimento biológico das espécies alvo. Para alcançar esse objetivo foram definidas ações específicas, que orientam a implementação das medidas de conservação: promoção da manutenção e conectividade dos habitats das espécies alvo em zonas de produção agrícola, pecuária e de silvicultura; o controle da expansão urbana e de empreendimentos e do impacto do turismo sobre as áreas estratégicas para a conservação das espécies alvo; a difusão do conhecimento e sensibilização sobre as espécies alvo e suas áreas de ocorrência; e a ampliação do conhecimento sobre a biologia, distribuição e habitat das espécies e dos impactos a que estão sujeitos.

Essas ações estabelecidas no PAN pequenos mamíferos - Áreas Abertas fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *K. rupestris* (mocó), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

#### 1.11.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal ou às variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos e características do habitat.

#### 1.11.3. Metodologia

##### 1.11.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Kerodon rupestris* (mocó), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;

- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.
- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.



#### 1.11.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *K. rupestris* (mocó), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da mastofauna terrestre de médio porte, tais como: Busca Ativa por Transecção e Busca por Vestígios. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *K. rupestris* (mocó) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da mastofauna local.

### 1.12. Subprograma de Monitoramento de *Furipterus horrens*

#### 1.12.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados três indivíduos de *Furipterus horrens* nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da primeira, segunda e terceira campanha, realizadas em 2020, 2021 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como pouco preocupante (LC) em nível internacional (IUCN, 2024) e vulnerável (VU) em nível nacional (MMA, 2022) e estadual (SEMACE, 2022).

O *F. horrens* é uma espécie de morcego neotropical de pequeno porte. Sua distribuição geográfica estende-se da Costa Rica até o Peru e o Santa Catarina, no sul do Brasil. Embora apresente ampla distribuição, seus registros no território nacional são esparsos. A espécie habita preferencialmente ambientes de vegetação úmida e dependem estritamente de cavernas e ocos de árvores, que utiliza tanto como abrigo quanto para completar seu ciclo de vida (BREDT; UIEDA, 1999; POL et al., 2003; GARDNER, 2007). Dessa forma, atividades que modificam ou suprimem cavernas, como mineração, impactam diretamente nas subpopulações de *F. horrens*, resultando em um declínio populacional e contribuindo para o status de vulnerabilidade da espécie (BREDT; UIEDA, 1999).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro - PAN Cavernas do Brasil, atualmente em seu 1º ciclo (2022-2027) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 646, de 9 de agosto de 2022 (ICMBio, 2022). O PAN visa prevenir, reduzir e mitigar os impactos e danos antrópicos sobre o patrimônio espeleológico brasileiro, espécies e ambientes associados. Para alcançar esse objetivo, são definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: a prevenção e redução dos impactos das atividades de empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico brasileiro; a prevenção e redução dos danos oriundos do uso desordenado e restauração do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados; a promoção da sustentabilidade nos usos turístico, desportivo, científico, educativo e cultural do patrimônio espeleológico; e a ampliação, divulgação e disseminação do conhecimento técnico científico e valorização do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.

Essas ações estabelecidas no PAN Cavernas do Brasil fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *F. horrens*, servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

#### 1.12.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal ou às variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

### 1.12.3. Metodologia

#### 1.12.3.1. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, foi apresentada no Plano de Trabalho que subsidiou a emissão da ABIO 1775/2025.

O monitoramento descrito no plano de trabalho tem como objetivo a delimitação da área de vida de *F. horrens* residentes nas cavidades naturais e em abrigos antrópicos inseridos na área do Projeto Santa Quitéria, além de avaliar a fidelidade dos indivíduos aos abrigos utilizados, verificando possíveis deslocamentos entre cavidades e demais estruturas identificadas como locais de ocorrência da espécie.

Para o monitoramento da população de *F. horrens* estão previstas incursões diurnas em todas as cavidades e abrigos antrópicos com registro de *F. horrens*, visando avaliar a ocupação e fidelidade da espécie aos locais utilizados. Deverão ser realizadas estimativas visuais do tamanho e composição das colônias, registros fotográficos e captura de indivíduos com auxílio de puçás ou, em alguns casos, redes instaladas nas entradas das cavernas. Os espécimes capturados passarão por triagem, com medições biométricas, avaliação da idade e condição reprodutiva, identificação taxonômica e marcação individual com colares plásticos e anilhas metálicas, exceto jovens e fêmeas grávidas, em razão de sua vulnerabilidade. Após os procedimentos, os animais deverão ser soltos no local de captura. As campanhas de monitoramento devem ocorrer semestralmente, em diferentes estações climáticas, durante um ano, possibilitando a análise da permanência ou migração dos indivíduos, além da sazonalidade de ocupação das cavidades.

Além de incursões diurnas, será feito o monitoramento por radiotelemetria, que consiste no rastreamento de indivíduos por emissão e recepção de sinais de radiofrequência (VHF) de morcegos capturados no interior das cavidades-alvo e/ou dos abrigos. Em cada campanha, até dez morcegos adultos (cinco machos e cinco fêmeas, não grávidas ou lactantes) deverão ser marcados com radiotransmissores miniaturizados, fixados ao dorso com cola, respeitando o limite de 5% da massa corporal da espécie (~4 g), de forma a evitar prejuízos ao seu deslocamento. A seleção dos indivíduos deverá ser feita em duas áreas principais: Área 1, com quatro espécimes (dois machos e duas fêmeas) em abrigos artificiais ao sul do empreendimento, e Área 2, com seis espécimes (três machos e três fêmeas) em cavidades naturais na AI, garantindo representatividade espacial em relação à ADA. O monitoramento será conduzido por duas abordagens complementares: a técnica de homing, para rastrear os abrigos diurnos, e a técnica de triangulação, com três equipes equipadas com rádioreceptores e antenas YAGI, que registrarão a posição dos animais a partir da angulação e coordenadas de GPS. Cada campanha deverá ter duração de seis noites consecutivas,

aproveitando a vida útil das baterias dos transmissores, com registros feitos nas oito horas após o pôr-do-sol, período de maior atividade da espécie. No total, pretende-se monitorar vinte indivíduos ao longo do estudo, com todos os dados registrados em fichas específicas de campo.

Os registros de *F. horrens* e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da quiropteroфаuna local.

### 1.13. Subprograma de Monitoramento de *Natalus macrourus* (morcego-orelha-de-funil)

#### 1.13.1. Introdução

No diagnóstico de fauna do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria (TETRA MAIS, 2023), foram registrados dois indivíduos de *Natalus macrourus* (morcego-orelha-de-funil) nas áreas de influência do empreendimento, ao longo da primeira e terceira campanha, realizadas em 2020 e 2023 respectivamente. A espécie é classificada como quase ameaçada (NT) em nível internacional (IUCN, 2024) e vulnerável (VU) em nível nacional (MMA, 2022) e estadual (SEMACE, 2022).

O *N. macrourus* (morcego-orelha-de-funil) é uma espécie de morcego de pequeno porte, endêmico da América do Sul, com registros na Bolívia, Paraguai e no Brasil, onde ocorre em quase todos os biomas, exceto nos Pampas. A espécie apresenta forte dependência de cavernas com características físicas específicas e, portanto, atividades que degradem esses locais, como mineração e turismo sem fiscalização adequada, contribuem para o status de vulnerabilidade da espécie (DELGADO-JARAMILLO, 2017; ICMBIO, 2023).

A espécie é incluída no Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro - PAN Cavernas do Brasil, atualmente em seu 1º ciclo (2022-2027) e estabelecido pela Portaria ICMBio nº 646, de 9 de agosto de 2022 (ICMBio, 2022). O PAN visa prevenir, reduzir e mitigar os impactos e danos antrópicos sobre o patrimônio espeleológico brasileiro, espécies e ambientes associados. Para alcançar esse objetivo foram definidas ações específicas que orientam a implementação das medidas de conservação: a prevenção e redução dos impactos das atividades de empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico brasileiro; a prevenção e redução dos danos oriundos do uso desordenado e restauração do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados; a promoção da sustentabilidade nos usos turístico, desportivo, científico, educativo e cultural do patrimônio espeleológico; e a ampliação, divulgação e

disseminação do conhecimento técnico científico e valorização do patrimônio espeleológico brasileiro e ambientes associados.

Essas ações estabelecidas no PAN Cavernas do Brasil fornecem fundamentação importante para o planejamento e execução do subprograma de monitoramento de *N. macrourus* (morcego-orelha-de-funil), servindo de orientação para estratégias de acompanhamento populacional e medidas de conservação para as áreas de influência do projeto.

#### 1.13.2. Justificativa

Para compreender os impactos do empreendimento na população local de uma espécie ameaçada é importante a avaliação da abundância de indivíduos na área de estudo, ou ainda, avaliação de variações na densidade populacional e/ou na abundância de registros ao longo do tempo. Assim, as metodologias do monitoramento dessas espécies deverão permitir inferir ao menos um desses atributos populacionais, de acordo com as especificidades ecológicas das espécies-alvo. Adicionalmente, para uma melhor compreensão as variações temporais na abundância ou densidade (de indivíduos ou registros) poderão ser relacionadas ao período sazonal ou às variáveis ambientais tais como disponibilidade de recursos e características do hábitat.

#### 1.13.3. Metodologia

##### 1.13.3.1. Pressupostos técnicos

Tendo em vista os parâmetros ecológicos a serem considerados no âmbito do monitoramento de *Natalus macrourus* (morcego-orelha-de-funil), a coleta e a análise de dados irão considerar:

- O estabelecimento de área controle fora da Área de Influência Direta (AID) do Projeto;
- **A obtenção de dados tendo em vista a suficiência amostral:** A representatividade dos dados obtidos, no que diz respeito à suficiência do esforço amostral empregado, deverá ser testada por meio de comparações estatísticas entre as estimativas geradas por simulações e os resultados efetivamente obtidos em campo.
- **A determinação *a priori* do número de unidades amostrais independentes:** Além do esforço amostral representado pelas dimensões das áreas de estudo ou pelo tempo de amostragem, a suficiência amostral também depende da correta avaliação sobre o número de unidades amostrais independentes necessárias para acessar as variações nos parâmetros ecológicos utilizados como indicadores. Dessa forma, a execução do programa levará em conta a determinação prévia do número mínimo de unidades amostrais independentes a serem estabelecidas nas áreas de estudo.



- **A correta distribuição das unidades amostrais no tempo e no espaço:** Para garantir a independência estatística dos dados, as unidades amostrais serão locadas considerando a distância adequada entre elas, a ocorrência de interferências pré-existentes que podem ter efeito sinérgico com os impactos decorrentes do empreendimento em questão e a representatividade das fitofisionomias da área de estudo. Adicionalmente serão realizadas campanhas para obtenção de dados primários em periodicidade adequada para amostrar as variações temporais nos parâmetros indicadores.
- **A adequada aproximação da riqueza de espécies:** O planejamento das amostragens irá levar em conta o acompanhamento no tempo e espaço das variações na complexidade e heterogeneidade do hábitat, de modo a acessar a riqueza de espécies associada aos parâmetros estruturais do hábitat.
- **A sazonalidade local:** A análise dos dados coletados deverá incluir a comparação da composição temporal da população e a relação destas variações com dados da sazonalidade na área de estudo que possam interferir nos parâmetros ecológicos monitorados.
- **As características ecológicas das espécies:** As análises dos dados irão considerar a dieta, uso do hábitat, reprodução e outras características das espécies pertinentes no âmbito da investigação dos efeitos do empreendimento sobre a fauna local;
- **As variações nos parâmetros populacionais:** As variações temporais e espaciais nos parâmetros populacionais (abundância e/ou abundância de registros e/ou densidade), serão apontadas, quando verificados.

#### 1.13.3.2. Monitoramento

A metodologia detalhada deste subprograma, conforme estabelecido no Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, será apresentada no Plano Básico Ambiental (PBA). Entretanto, este documento define as diretrizes mínimas a serem seguidas, conforme descrito nos parágrafos subsequentes.

Para o monitoramento de *N. macrourus* (morcego-orelha-de-funil), será inicialmente definida a malha amostral, com o objetivo de identificar e relacionar os potenciais efeitos sobre a fauna. Os pontos de monitoramento terão sua distribuição na Área de Impacto Direto (AID), além da área-controle, localizada fora da AID, a fim de possibilitar a avaliação comparativa dos parâmetros ecológicos. Serão incluídos pontos na Área Diretamente Afetada (ADA), especialmente na fase de monitoramento prévio. Com o andamento das obras, a utilização de pontos na ADA poderá ser reavaliada.

Os métodos empregados no monitoramento serão aqueles já consolidados para o estudo da quiroptero fauna cavernícola, tais como: Detecção por ultrassom (bioacústica), Radiotelemetria e Busca Ativa. Os registros ocasionais, obtidos de forma não sistematizadas durante os deslocamentos às áreas de estudo ou por terceiros, validadas posteriormente por especialistas por meio de registros fotográficos e/ou sonoros, não serão incluídos nas análises estatísticas, mas poderão compor a listagem de espécies. Os procedimentos de amostragem deverão ser padronizados e replicados em todas as campanhas previstas, facilitando análises comparativas acerca dos reais impactos do empreendimento sobre a população da espécie.

Os registros de *N. macrourus* (morcego-orelha-de-funil) e a respectiva análise dos dados serão apresentados em documento específico, distinto dos relatórios de campanha. Os resultados deste subprograma, além de comporem um relatório próprio, também serão integrados ao Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre, contribuindo para as análises da comunidade da quiroptero fauna local.

#### 1.14. Referências Bibliográficas

ALVES, R.R.N. et al., Caça, uso e conservação de vertebrados no semiárido Brasileiro. **Tropical Conservation Science**, v. 5, n. 3, p. 394-416, 2012.

BARBANTI-DUARTE, J. M. et al. Avaliação do Risco de Extinção do Veado-catingueiro *Mazama gouazoubira* G. Fischer [von Waldheim], 1814, no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, n. 1, p. 50-58, 2012.

BEZERRA, D.M.M. et al. Avifauna silvestre como recurso alimentar em áreas de semiárido no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 11, n. 2, p. 122-183, 2011.

BREDT, A. UIEDA, W. MAGALHÃES, Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, n. 16, v. 3, p.731-770, 1999.

CASO, A., et al. *Puma yagouaroundi*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.2., 2008.

CHIARELLO, A.G. Conservation value of a native forest fragment in a region of extensive agriculture. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60 n. 2, p.237-247, 2000.

DESBIEZ, A.L.J. et al. Avaliação do risco de extinção do cateto *Pecari tajacu* Linnaeus, 1758, no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, n. 1, p. 74-83, 2012.

FERNANDES-FERREIRA, H. et al., Hunting, use and conservation of Birds in Northeast Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 1, p. 221-244, 2012

GARDNER, A.L. 2007. Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. **University of Chicago Press**, p.669, 2007.

GRIGIONE, M. M. et al. Ecological and allometric determinants of home-range size for mountain lions (*Puma concolor*). **Animal Conservation**. v.5, p. 317-324, 2002.

IBAMA. Instrução Normativa no 146, de 10 de janeiro de 2007., 2007.

ICMBio. Plano de Ação Nacional para a Conservação da Onça-parda: *Sumário Executivo*. Brasília, 2012.

ICMBio. Portaria nº 1.546, de 21 de maio de 2024. Seção 1, p. 166, 2024

ICMBio. Portaria nº 2.623, de 9 de julho de 2022. Seção 1, p. 52, 2025.

ICMBio. Portaria nº 356, de 25 de julho de 2019. Seção 1, p. 48, 2019.

ICMBio. Portaria nº 493, de 21 de junho de 2022. Seção 1, p. 172, 2022.

ICMBio. Portaria nº 560, de 5 de julho de 2022. Seção 1, p. 64, 2022.

ICMBio. Portaria nº 646, de 9 de agosto de 2022. Seção 1, p. 80, 2022.

ICMBIO. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Brasília, 2023

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. version 2. Gland, 2024

LABARGE, L. R. et al. Pumas *Puma concolor* as ecological brokers: a review of their biotic relationships. **Mammal Review**. v. 52, n. 3, p. 360-376, 2022.

MMA. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. , 2022, p. 1-116.

MMA. Portaria MMA no 148, de 7 de junho de 2022., 2022 b, p. 1-116.

NASCIMENTO, F. O.; FEIJÓ, A., Taxonomic revision of the tigrina *Leopardus tigrinus* (schreber, 1775) species group (Carnivora, Felidae). **Pap. Avulsos Zool.**, v. 57, n. 19, 2017

OLIVEIRA, G.A; BRITO, M.T. Diversidade de aves silvestres brasileiras comercializadas nas feiras livres da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. **Atualidades Ornitológicas**, v. 126, n. 1, p. 14-21, 2005.

OLIVEIRA, H.F.P; RODRIGUES, R.C. Birds From open environments in the Caatinga from state of Alagoas, northeastern Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 5, p. 629-40, 2011.

POL, A. et al. Primeiro registro da família *Furipteridae* (Mammalia, Chiroptera) para o Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, 2003.

REDIES, H. Observation on White-browed Guan Penelope jacucaca in North-East Brazil. **Cotinga**, v. 35, n.1, p. 61-68, 2013

SEMACE. Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da Fauna do Ceará. Fortaleza, CE., 2022

SICK, Helmut. **Ornitologia Brasileira**. 3a. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Nova Fronteira, 2001.

SILVEIRA, L.F. **Penelope jacucaca Spix (jacucaca)**, 1825, p. 434-435. In: Machado, A.B.M, et al. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, v. 2. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008.

SILVEIRA, L.F.; STRAUBER, F.C. **Aves**. In: MACHADO, A. B. M. et al., Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. v. 2, p. 1420, DF: MMA, Brasília, 2008.

SOWLS, L.K. **Javelinas and other peccaries: their biology, management, and use**. Texas A e M University Press College Station, p.325.,1997.

TETRA MAIS. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Santa Quitéria**, 2023

WEBER, W.; RABINOWITZ, A.R. A global perspective on large carnivore conservation. **Conservation Biology**, v.10, p.1046-1054, 1996.

WIKIAVES. **WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil**, 2025.



Consultoria Econômica e Ambiental

---

 +55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO

 Rua Jerônimo da Veiga, 164, 18° andar  
São Paulo, SP CEP 04536-900



@tetramais

[www.tetramais.com.br](http://www.tetramais.com.br)



## ANEXO XIV

---

## MASTOFAUNA

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-B**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE

## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** Estudo de Impacto Ambiental

**Objeto:** Volume II-B - Revisão do Subcapítulo de Mastofauna Terrestre

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIB	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra+	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
----------------------------------	---------------------------------	--	-------------------------------



## SUMÁRIO

11 Diagnóstico ambiental.....	1
11.2 Meio biótico.....	1
11.2.1 Ecossistemas Terrestres .....	1
11.2.1.1 Fauna .....	1
11.2.1.1.5 Mastofauna Terrestre.....	1
A.Introdução .....	1
B.Metodologia.....	3
C.Resultados e Discussão .....	11
D.Considerações Finais .....	49
E.Relatório Fotográfico.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.2.1-87: 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. ....	5
Figura 11.2.1-88: Armadilha de interceptação e queda ( <i>pitfall</i> ) instalada para a amostragem de mamíferos terrestres durante a 1ª campanha do diagnóstico de fauna na área influência PSQ. ....	6
Figura 11.2.1-89: Procedimento de marcação com brincos numerados para o método de captura e recaptura realizado durante levantamento da mastofauna no PSQ. ....	7
Figura 11.2.1-90: Exemplo de vestígios encontrados durante a amostragem por busca ativa para o PSQ: A) Fezes de <i>Monodelphis domestica</i> e B) Buraco de tatu. ....	8
Figura 11.2.1-91: Armadilha fotográfica instalada para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria (PSQ). ....	9
Figura 11.2.1-92: Abundância e frequência relativa (% de registros) para as ordens de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do PSQ. ....	17
Figura 11.2.1-93: Abundância e frequência relativa (% de registros) para as famílias de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. ....	17
Figura 11.2.1-94: Frequência (número de registros) para as espécies de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE. ....	18
Figura 11.2.1-95: Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. As nuvens em volta das curvas correspondem ao desvio padrão.....	22
Figura 11.2.1-96: Interações cinegéticas dos mamíferos registrados na área de influência do PSQ. ....	30
Figura 11.2.1-97: Curvas de rarefação de espécies de mamíferos para as áreas de influência do empreendimento PSQ. ....	34
Figura 11.2.1-98: Gráfico de barras mostrando o valor da riqueza de cada área baseado na área com menor amostragem. As barras representam 95% do intervalo de confiança. ....	35
Figura 11.2.1-99: Gráfico de barras comparando os índices de Shannon entre as áreas de Influência do PSQ. As barras correspondem a 95% do intervalo de confiança para o ponto central. ....	37
Figura 11.2.1-100: Gráfico de barras comparando as dominâncias de Simpson entre as áreas de Influência do PSQ. As barras correspondem a 95% do intervalo de confiança para o ponto central. ....	37



Figura 11.2.1-101: Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de mamíferos terrestres registradas nas áreas de influência do PSQ, CE. Valores mais próximos de 1.0 (100%) mostram maior similaridade. Coeficiente cofenético = 0.7164. ....	38
Figura 11.2.1-102: Riqueza de espécies amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas. ....	39
Figura 11.2.1-103: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas. ....	40
Figura 11.2.1-104: Riqueza de espécies de médio e grande portes amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas. ....	40
Figura 11.2.1-105: Riqueza de espécies de pequeno porte amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas. ....	41
Figura 11.2.1-106: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas para os mamíferos de médio e grande portes. ....	41
Figura 11.2.1-107: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas para os mamíferos de pequeno porte. ....	42
Figura 11.2.1-108: Número de capturas entre live traps e pitfall nas três campanhas nas áreas de influência do PSQ. *Período atribuído à estação chuvosa, mas o ambiente estava seco. ....	43
Figura 11.2.1-109: <i>Monodelphis domestica</i> com filhotes presos nas mamas. ....	51
Figura 11.2.1-110: <i>Euphractus sexcinctus</i> capturado no Pitfall. ....	51
Figura 11.2.1-111: Espécime de <i>Calomys matthevi</i> capturado e marcado. ....	51
Figura 11.2.1-112: Espécime de <i>Necromys lasiurus</i> capturado e marcado. ....	51
Figura 11.2.1-113: Espécime de <i>Wiedomys cerradensis</i> capturado e marcado. ....	51
Figura 11.2.1-114: Espécime de <i>Cerdocyon thous</i> registrado na armadilha fotográfica no ponto 1. ....	51
Figura 11.2.1-115: Espécime de <i>Conepatus amazonicus</i> registrado na armadilha fotográfica no ponto 2. ....	52
Figura 11.2.1-116: Espécime de <i>Subulo gouazoubira</i> registrado na armadilha fotográfica do ponto 7. ....	52
Figura 11.2.1-117: Espécime de <i>Thrichomys laurentius</i> registrado na armadilha fotográfica do ponto 10. ....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.2.1-13: Relação dos pontos amostrados onde foram instaladas as armadilhas fotográficas durante o levantamento da mastofauna terrestre na área de influência do PSQ. ....	9
Quadro 11.2.1-14: Mamíferos terrestres registrados na área influência ao longo das três campanhas de diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria. ....	13
Quadro 11.2.1-15: Mamíferos terrestres incluídos em categorias de ameaça registrados através de dados primários na área de influência do projeto Santa Quitéria. ....	23
Quadro 11.2.1-16: Mamíferos terrestres cinegéticos, xerimbabos, de relação conflitante e de uso medicinal registrados na área de influência do PSQ, CE. ....	31
Quadro 11.2.1-17: Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da mastofauna terrestre realizado nas áreas de influência do PSQ. ....	36
Quadro 11.2.1-18: Levantamento de espécies registradas e de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários. ....	46



## 11 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 11.2 Meio biótico

#### 11.2.1 Ecossistemas Terrestres

##### 11.1.1.1 Fauna

##### 11.2.1.1.5 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.*, 2022). 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) 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 como 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 estudo de Oliveira *et al.* (2003) 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 asseguraram Oliveira *et al.* (2003), 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 e Langguth (2013) descreveram três novas espécies de mamíferos de médio e grande portes (gênero Rodentia, famílias Dasypodidae 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 (MMA 2022).

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 outros 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 desses grupos apresentam uma grande diversidade de formas e funções, desde animais de porte pequeno que desempenham papel fundamental como presas de diversos grupos de vertebrados, até grandes animais terrestres, que atuam regulando o tamanho de populações de outros vertebrados e mesmo de outros mamíferos (VAUGHAN *et al.*, 2015, REIS *et al.*, 2011). Acrescentam-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 (WILSON *et al.*, 1996).

A área de influência do futuro empreendimento está inserida no bioma Catinga. A Caatinga está presente em regiões com clima semiárido, caracterizada por arbustos espinhosos resistentes a um regime de precipitação altamente irregular (MARES *et al.*, 1985; STREILEIN, 1982; MACHADO; LOPES, 2004; QUEIROZ *et al.*, 2017; LEAL *et al.*, 2017; ANDRADE *et al.*, 2017; COSTA-PINTO *et al.* 2023). Segundo o Mapa de Vegetação do IBGE (2004), a Caatinga é definida como Savana Estépica Nordestina e compreende várias formações que, na verdade, constituem um “tipo vegetacional” estacional decidual. A região onde se localiza o bioma foi apontada por Oliveira *et al.* (2003) e por Carmignotto e Astúa (2017) como prioritária para realização de inventários de mamíferos.

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 três campanhas de Levantamento de Fauna, 1ª



campanha em novembro de 2020; 2ª campanha entre janeiro e fevereiro de 2021; 3ª campanha entre abril e maio de 2023.

## B. Metodologia

### B.1. Levantamento de Mastofauna - Dados Secundários

O levantamento dos dados secundários sobre a mastofauna terrestre da área de influência do PSQ se deu por meio da consulta à bibliografia especializada. Esse material corresponde a artigos publicados em revistas científicas, livros e fornecidos em sites de órgãos ambientais. Com esse critério, foi dada preferência a fontes de informações confiáveis, obtidas a partir de estudos de autores experientes, evitando possíveis erros de identificação das espécies. Com exceção do material produzido no processo de licenciamento do PSQ (ARCADIS LOGOS, 2014), não foi possível encontrar nenhuma bibliografia para a região. Dessa forma utilizamos publicações para Caatinga do Ceará e Nordeste brasileiro.

Abaixo segue um breve resumo de cada estudo selecionado para a mastofauna:

- + Feijó e Langguth (2013) - Neste artigo os autores realizaram uma ampla revisão das espécies de mamíferos de médio e grande portes do Nordeste do Brasil, incluindo a descrição de novas espécies. Levando em consideração essa referência, é possível a ocorrência de seis mamíferos de médio e grande portes para região estudada.
- + Arcadis Logos (2014) - Neste estudo foram reunidas as espécies registradas durante o levantamento dos dados primários necessários para a composição do Estudo de Impacto Ambiental - Projeto Santa Quitéria realizado em 2011. Esse relatório registrou a ocorrência de 25 espécies de mamíferos terrestres na área de estudo.
- + Gurgel Filho *et al.* (2015) - Nesse artigo, os autores realizaram a mais ampla e atual revisão de pequenos mamíferos e quirópteros para o estado do Ceará. O estudo 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.
- + Carmignotto e Astúa (2017) - Esse é o estudo mais atualizado a tratar dos Mamíferos da Caatinga. Ele compila dados de várias referências dos mamíferos da Caatinga, como Oliveira *et al.*, 2003 e Carmignotto, Vivo e Langguth, 2012. Neste estudo foi realizado um levantamento atualizado dos mamíferos da Caatinga, levando em conta padrões ecológicos, comportamentais, evolutivos e biogeográficos. Todas as espécies registradas no presente relatório foram listadas por esse *checklist*.

- + Dias *et al.* (2017) - Este artigo realizou o levantamento da mastofauna terrestre da Serra das Almas, área considerada como posto avançado da Reserva da Biosfera. A área de estudo fica a aproximadamente 115 km em linha reta do Projeto Santa Quitéria. Esse artigo registrou 23 espécies em comum com o presente relatório.

Por fim, compilando as informações disponíveis, em 2021, o Ceará publicou a sua lista de mamíferos registrados para o estado (FERNANDES FERREIRA *et al.*, 2021) e, posteriormente, em 2022, foi publicada a lista estadual de espécies ameaçadas.

## B.2. Levantamento de Mastofauna - Dados Primários

A primeira campanha de levantamento da mastofauna terrestre ocorreu entre os dias 5 e 17 de novembro de 2020, período considerado como estação seca na região. A segunda campanha ocorreu entre 31 de janeiro e 12 de fevereiro de 2021, período considerado como estação chuvosa na região. Devido à variação comum das chuvas na região da Caatinga, a segunda campanha acabou acontecendo num período de baixa pluviometria, e uma terceira campanha foi realizada com a finalidade de contemplar um período chuvoso mais característico, sendo que esta última amostragem aconteceu entre os dias 30 de abril a 10 de maio de 2023.

Cada campanha teve uma amostragem efetiva (emprego das metodologias e armadilhas em funcionamento) de 10 dias consecutivos, somando 30 dias de esforço de coleta de dados primários para todo o estudo. Foram inventariadas 14 áreas, sendo uma delas o ponto “Controle”.

### 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 o arranjo taxonômico foram baseados em Patton *et al.* (2015), com consultas a outras fontes (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013; ABREU *et al.*, 2022).

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 (aproximadamente 2 m), totalizando 10 armadilhas por transecto (Figura 11.2.1-87). 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 reiscadas, quando necessário. Para cada campanha, o período de amostragem foi de 10 noites consecutivas nos 14 transectos de amostragem, totalizando um esforço de 1.400 armadilhas/noite/campanha. A localização geográfica e imagens representativas de cada unidade amostral durante as três campanhas foram apresentadas na seção Área de Estudo e Unidades Amostrais no início da seção de Meio Biótico. O esforço final, após a realização das três campanhas, foi de 4.200 armadilhas/noite.



**Figura 11.2.1-87:** 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.

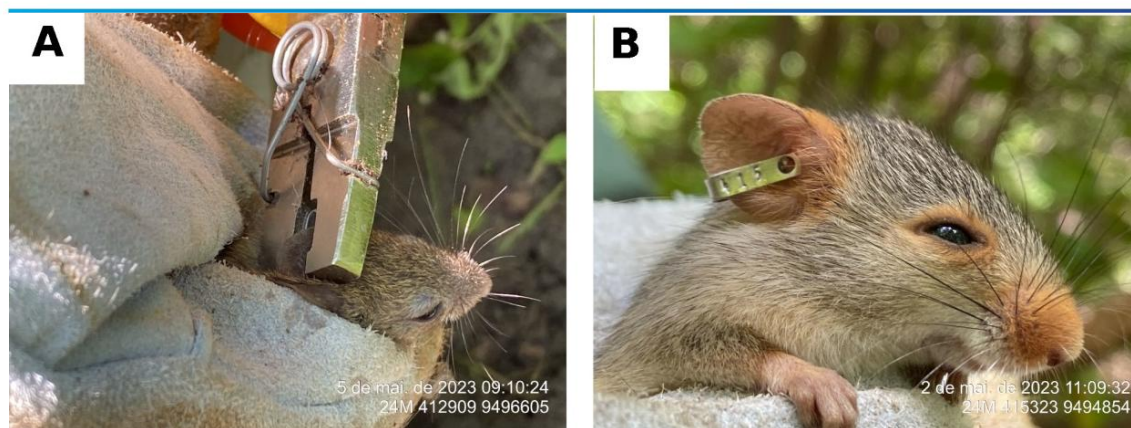
Para coleta de pequenos mamíferos também foram empregadas armadilhas de interceptação e queda (*pitfall*), amostrando elementos terrestres e escansoriais (Figura 11.2.1-88). A localização das armadilhas de queda e a descrição desse método estão detalhados anteriormente, no item 11.2.1.1.3 e no Quadro 11.2.1-4, que descrevem os métodos utilizados para herpetofauna, pois as armadilhas de interceptação e queda (*pitfall*) foram compartilhadas para amostragem dos dois grupos (pequenos mamíferos e herpetofauna). 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 x 14 pontos), perfazendo 4.200 armadilhas/dia no total (3 campanhas).





Figura 11.2.1-88: Armadilha de interceptação e queda (*pitfall*) instalada para a amostragem de mamíferos terrestres durante a 1ª campanha do diagnóstico de fauna na área influência PSQ.

Os espécimes capturados foram identificados, e, sempre que possível, sexados, categorizados quanto à faixa etária e condição reprodutiva, além de marcados com *eartags* (Figura 11.2.1-89), 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, em conformidade com a Resolução CFB nº 301/ 2012 e Resolução CRMV nº 1000/2012. e preparados de acordo com os procedimentos sugeridos pela “*American Society of Mammalogists*” (SIKES and ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE, 2016) Reitera-se que foram coletados, respeitando-se as limitações e instruções contidas nas Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico - ABIO emitidas (Nº 1488/2023), ou seja, coletados apenas os espécimes cuja taxonomia não estivesse resolvida ou que não fosse possível de identificação em 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 11.2.3-2 - Carta de Interesse da UFPB em receber o material zoológico).



**Figura 11.2.1-89: Procedimento de marcação com brincos numerados para o método de captura e recaptura realizado durante levantamento da mastofauna no PSQ.**

### Mamíferos de médio e grande portes não voadores

A busca ativa foi realizada por um ( $n=1$ ) pesquisador nos 14 pontos citados anteriormente, no Quadro 11.2.1-14, durante 6 horas em torno de cada ponto, com amostragens diurnas e noturnas, totalizando 84 horas/homem por campanha e 252 horas/homem ao final das três 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 11.2.1-90) 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).

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 11.2.1-91). Para evitar disparos indesejados pelo movimento das folhagens devido ao vento, foi realizada a remoção da vegetação próximas às armadilhas. Essa medida visou minimizar ocorrências de falsos disparos e garantir que as câmeras fossem acionadas apenas pela presença de animais.



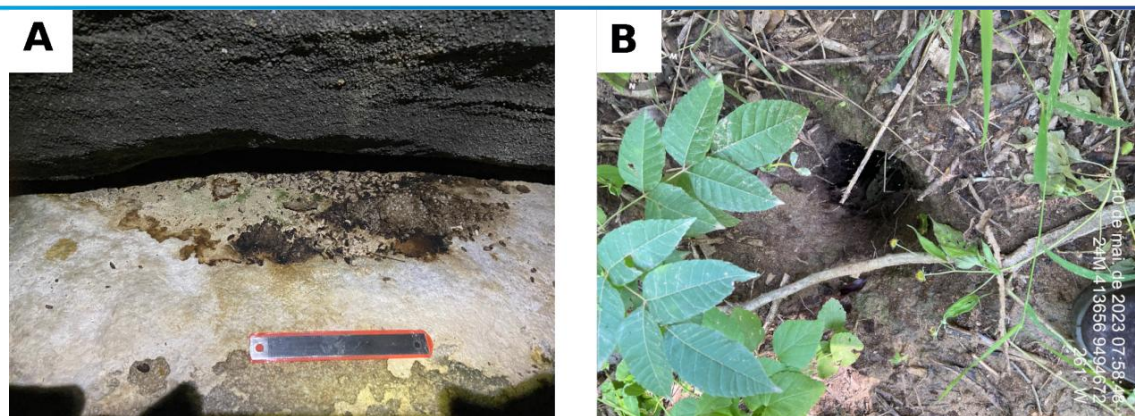


Figura 11.2.1-90: Exemplo de vestígios encontrados durante a amostragem por busca ativa para o PSQ: A) Fezes de *Monodelphis doméstica* e B) Buraco de tatu.

Para atrair mais animais e espécies de comportamento alimentar distintos, foram colocadas iscas em frente às armadilhas (ex. sardinha, sal grosso e uma mistura de frutas contendo laranja, maçã, abacaxi e banana). As iscas são utilizadas como atrativo para atrair diferentes tipos de espécies, maximizando o resultado da amostragem. A utilização de iscas é eficaz, permitindo uma documentação visual detalhada e não invasiva de sua presença e comportamento (TOMAS; MIRANDA, 2012). Esses registros são valiosos para o estudo da fauna local e fornecem subsídios importantes para a conservação e manejo dessas espécies.



Figura 11.2.1-91: Armadilha fotográfica instalada para a amostragem de mamíferos terrestres do diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria (PSQ).

O Quadro 11.2.1-13 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 10.080 horas (240 horas x 14 pontos x 3 campanhas).

Quadro 11.2.1-13: 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		
Câmera-trap 1	411492	9494473	Savana Arborizada Estépica	AID
Câmera-trap 2	412901	9494849	Savana Florestada Estépica	AID
Câmera-trap 3	415250	9494330	Savana Arborizada Estépica	ADA
Câmera-trap 4	414140	9496617	Savana Florestada	ADA



PONTO AMOSTRAL	UTM 24M (DATUM SIRGAS 2000)		FITOFISIONOMIA PREDOMINANTE	ÁREA DE INFLUÊNCIA
	X	Y		
			Estépica	
Câmera-trap 5	415300	9496180	Savana Florestada Estépica	AID
Câmera-trap 6	415720	9496200	Savana Florestada Estépica	AID
Câmera-trap 7	413930	9493800	Savana Arborizada Estépica	AID
Câmera-trap 8	415242	9492840	Savana Arborizada Estépica	AI
Câmera-trap 9	413039	9496628	Savana Arborizada Estépica	AID
Câmera-trap 10	415312	9495695	Savana Florestada Estépica	AID
Câmera-trap 11	414063	9496031	Savana Florestada Estépica	ADA
Câmera-trap 12	414130	9496620	Savana Arborizada Estépica	AID
Câmera-trap 13	415253	9494330	Savana Arborizada Estépica	ADA
Câmera-trap 14	419295	9491065	Savana Arborizada Estépica	Controle

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

### 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, ordem, família e gênero), data e local de registro (sítio amostral), parcela de amostragem, coordenadas em UTM, estação climática, método de amostragem, entre outras informações pertinentes.

Para a quantificação da diversidade, foi utilizado o Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), 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, 2011; KREBS, 1989). Ainda, o emprego do índice de Shannon-Wiener 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). Essas 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 dessa curva pode predizer, por meio de estimativas, o número de espécies que ainda não foi observado na área de estudo (CHAZDON *et al.*, 1998). Para calcular essa estimativa, foi utilizado o estimador Jackknife 1, por ter um bom desempenho em amostragens pequenas e na região da Caatinga (HORTAL *et al.*, 2006; ARAÚJO, 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 Jaccard, 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. Esse índice foi selecionado devido ao conjunto de dados empregados 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.

Como forma de compensar o esforço de coleta diferenciado entre a ADA, AID e área Controle, realizamos análise de rarefação no programa PAST® versão 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001). Essa técnica reduz a amostragem a um ponto comum do número de indivíduos entre as áreas para que uma comparação mais realista possa ser feita (MAGURRAN, 2011).

## C. Resultados e Discussão

### C.1. Composição Faunística

O conjunto de métodos de amostragem propiciou a ocorrência de 742 registros de 21 espécies - as fotos das espécies registradas estão no relatório fotográfico. Essas espécies pertencem a seis ordens e 12 famílias (Quadro 11.2.1-14). Os mamíferos de médio e grande portes foram representados por quatro ordens, oito famílias e 11 espécies (163 registros): Callithrichidae ( $S=1$ ), Canidae ( $S=1$ ), Cebidae ( $S=1$ ), Cervidae ( $S=1$ ), Chlamyphoridae ( $S=2$ ), Felidae ( $S=3$ ), Mephitidae ( $S=1$ ) e Tayassuidae ( $S=1$ ). Já os pequenos mamíferos terrestres foram representados por duas ordens, quatro famílias e 10 espécies (521 registros): Caviidae ( $S=2$ ); Cricetidae ( $S=4$ ); Didelphidae ( $S=3$ ) e Echimyidae ( $S=1$ ) (Figura 11.2.1-92 e Figura 11.2.1-93).

A riqueza obtida com os dados primários corresponde a cerca de 36% da riqueza de mamíferos terrestres com ocorrência registrada atualmente no estado do Ceará (59 espécies; FEIJÓ; LANGGUTH, 2013; GURGEL-FILHO *et al.*, 2015; FERNANDES-FERREIRA, 2021). O presente inventário é extremamente relevante para o Ceará, pois fornece informações básicas essenciais sobre mamíferos terrestres. Em comparação com outros estados do Nordeste, como Paraíba, Pernambuco e Alagoas, o Ceará ainda possui uma carência significativa de dados nessa área.

O número de espécies obtidas neste estudo está de acordo com a média da riqueza normalmente registrada para áreas de Caatinga na região Nordeste do Brasil. Levantamentos realizados nesse bioma (Ceará, Bahia, Sergipe, Paraíba, Pernambuco e Piauí) têm amostrado de cinco a 29 espécies de mamíferos terrestres (FREITAS *et al.*, 2011; FEIJÓ; LANGGUTH, 2013; DELCIELLOs, 2016; DIAS *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2017; PEREIRA; PEIXOTO, 2017). Os dados de levantamentos realizados em uma mesma região, quando considerados conjuntamente, são competentes para mostrar um panorama da fauna na área de abrangência dos estudos. Maiores interpretações, entretanto, devem ser feitas com cautela devido à falta de equivalência entre os métodos empregados nos estudos, assim como às diferenças no tamanho da área inventariada e suas composições fitofisionômicas.

De forma geral, os mamíferos registrados possuem hábito generalista e de ampla distribuição no Brasil (REIS *et al.* 2011; IUCN, 2022) e normalmente são registrados em áreas de Caatinga. Essas espécies de mamíferos representam diversas guildas tróficas. Entre elas, estão os roedores (*Galea spixii*, *Thrichomys laurentius* e *Wiedomys cerradensis*) como animais de posição primária. Também foram registradas espécies herbívoras de grande porte, como o veado-catingueiro (*Subulo gouazoubira*), e espécies onívoras, como o timbu (*Didelphis albiventris*), a raposinha (*Cerdocyon thous*) e o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*). Além disso, foram observados predadores no topo da cadeia alimentar, como os felinos *Leopardus emiliae*, *Herpailurus yagouaroundi* e *Puma concolor*. Essa diversidade de guildas tróficas indica a presença de diferentes níveis tróficos na área de estudo, dando indícios de uma comunidade equilibrada.

Quadro 11.2.1-14: Mamíferos terrestres registrados na área influência ao longo das três campanhas de diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria

TÁXON	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA				ÁREA AMOSTRAL	MÉTODO	ENDÊMICO	CAMPANHA	DADOS SECUNDÁRIOS
		SALVE	IUCN	CITES	SEMA/CE					
		2023	2022*	2023	2022					
DIDELPHIMORPHIA										
Didelphidae										
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Cassaco-de-orelha-branca	LC	LC	-	-	ADA, AID, CO	ACV, AF, AIQ	Não	C1, C2, C3	2,3,4,5,6
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	Cuíca-ágil	LC	LC	-	-	ADA, AID, CO	ACV, AF, AIQ	Não	C1, C2, C3	2,3,4,5,6
<i>Monodelphis domestica</i> (Wagner, 1842)	Rato-cachorro	LC	LC	-	-	ADA, AID, CO	ACV, AF, AIQ	Não	C1, C2, C3	2,3,4,5,6
CINGULATA										
Dasypodidae										
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-galinha	LC	LC	-	-	AID	AF	Não	C2	1,2,4,5,6
<i>Dasypus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-china	LC	LC	-	-	-	Entrevista	Não	C2	-,6
Chlamyphoridae										

TÁXON	NOME	STATUS DE AMEAÇA				ÁREA	MÉTODO	ENDÊMICO	CAMPANHA	DADOS
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-peba	LC	LC	-	-	ADA, AID	ACV, AF, AIQ	Não	C1, C2, C3	1,2,4,5,6
<i>Tolypeutes tricinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-bola	EN	VU	-	-	-	Secundário	Sim	-	1,2
PRIMATES										
Cebidae										
<i>Sapajus libidinosus</i> (Spix, 1823)	Macaco-prego	NT	NT	-	-	AID	BA	Não	C1, C2, C3	1,2,4,5,6
<i>Callithrix jacchus</i> (Linnaeus, 1758)	Sagui-de-tufo-branco	LC	LC	-	-	-	BA	Não	C1, C2, C3	1,2,4,5,6
CARNIVORA										
Felidae										
<i>Leopardus sp.</i>	Gato-do-mato	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Leopardus emiliae</i> (Thomas, 1914)#	Gato-maracajá	EN	VU	I	VU	ADA, AID	AF, BA	Brasil	C1, C2, C3	1,4,5,6
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Onça-parda	NT	LC	II	EN	AID	BA	Não	C1, C2, C3	1,2,4,5,6
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy, 1803)	Jaguarondi	VU	LC	II	VU	AID	BA	Não	C2	1,2,4,5,6

TÁXON	NOME	STATUS DE AMEAÇA				ÁREA	MÉTODO	ENDÊMICO	CAMPANHA	DADOS
Canidae										
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Raposa	LC	LC	II	-	ADA, AID, CO	AF, AIQ, BA	Não	C1, C2, C3	1,2,4,5,6
Mephitidae										
<i>Conepatus amazonicus</i> (Lichtenstein, 1838)	Ticaca	-	-	-	-	ADA, AID	ACV, AF, BA	Não	C1, C3	1,2, 4, 5,6
CERTATIODACTYLA										
Cervidae										
<i>Subulo gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	Veado-catingueiro	LC	LC	-	VU	ADA, AID	AF, BA	Não	C2,C3	1,2,4,5,6
Tayassuidae										
<i>Dicotyles tajacu</i> Linnaeus, 1758	Cateto	LC	LC	II	EN	ADA	BA	Não	C2	1,2**,4,6
RODENTIA										
Cricetidade										
<i>Calomys matthevii</i> Gurgel-Filho et al., 2015	Ratinho-de-cauda-curta	LC	-	-	-	ADA, AID	AIQ	Brasil	C3	2,3,4, 5
<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	Pixuna	LC	LC	-	-	ADA, AID, CO	AIQ	Não	C3	2,4,5,6



TÁXON	NOME	STATUS DE AMEAÇA				ÁREA	MÉTODO	ENDÊMICO	CAMPANHA	DADOS
<i>Oligoryzomys sp.</i>	Ratinho-de-rabo-comprido	-	LC	-	-	ADA, AID, CO	ACV, AIQ, BA	Não	C1, C2, C3	2,3,4,5,6
<i>Wiedomys cerradensis</i> Gonçalves et al., 2005	Rato-bico-de-lacre	LC	DD	-	-	ADA, AID, CO	AF, ACV, AIQ, BA	Brasil	C1, C2, C3	2,3,4,5,6
Caviidae										
<i>Galea spixi</i> (Wagler, 1831)	Preá	LC	LC	-	-	AID, CO	AF, BA	Não	C1, C2, C3	2,4,5,6
<i>Kerodon rupestres</i> (Wied, 1820)	Mocó	VU	LC	-	-	AID	BA	Brasil	C2	2,4,5,6
Echimyidae										
<i>Thrichomys laurentius</i> Thomas, 1904	Punaré, Rabudo	LC	DD	-	-	ADA, AID, CO	AF, ACV, AIQ, BA	Nordeste	C1, C2, C3	2,4, 5

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 Intercepção e Queda; BA - Busca Ativa. End - Endemismo: CAA - Caatinga, CE - Cerrado. DS - Dados secundários: 1) Feijó e Langguth (2013); 2) Arcadis Logos. (2014); 3) Gurgel Filho et al., (2015); 4) Fernandes-Ferreira et al., (2021); 5) Carmignotto e Astúa (2017). 6) Dias et al., (2017);\* acessado em 2023,\*\* apenas entrevista # Sensus Nascimento e Feijó (2017) e explicado no texto. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

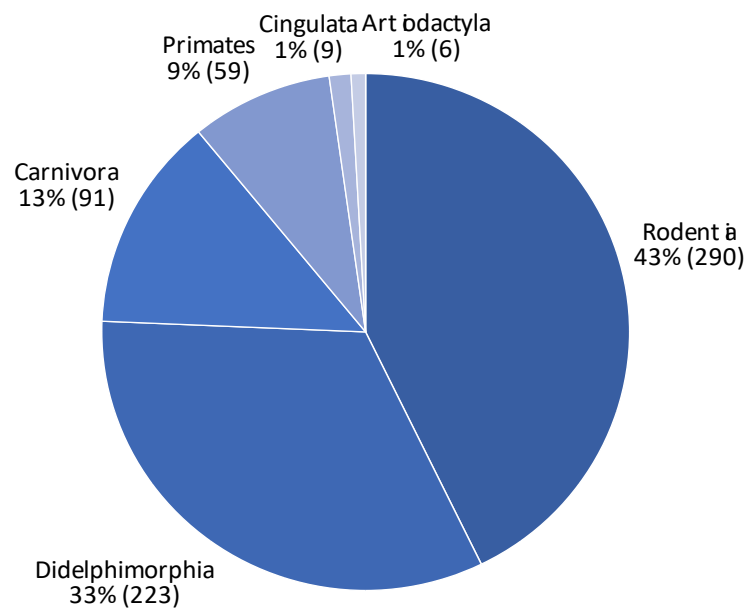


Figura 11.2.1-92: Abundância e frequência relativa (% de registros) para as ordens de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do PSQ.

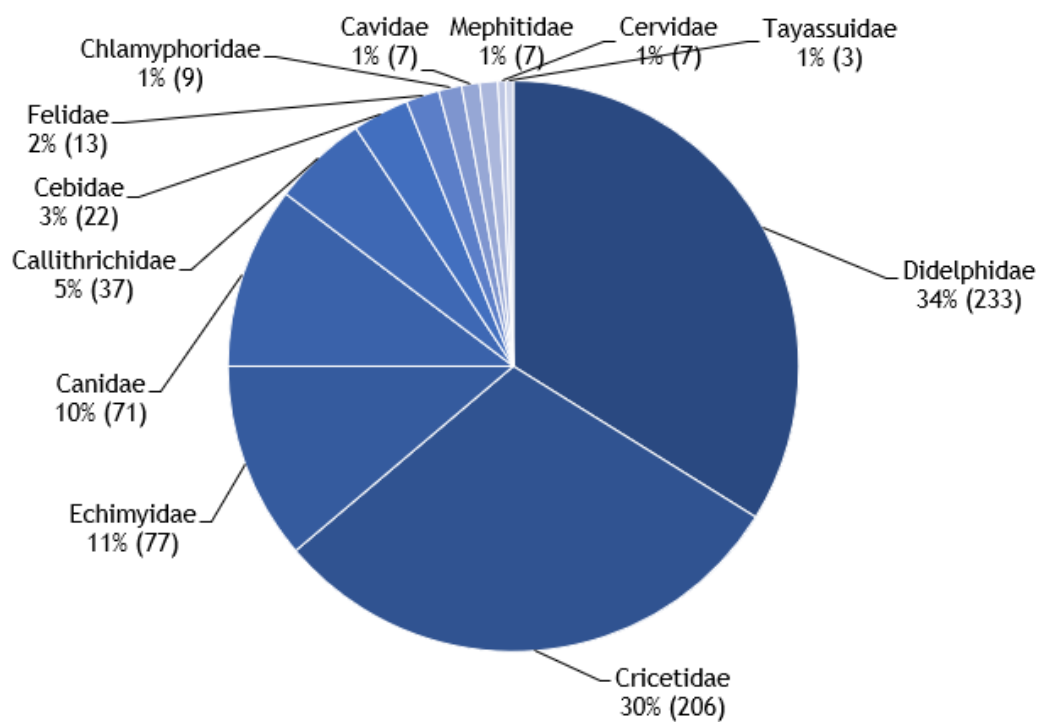


Figura 11.2.1-93: Abundância e frequência relativa (% de registros) para as famílias de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

Como era de se esperar, pelas suas características biológicas, as maiores abundâncias foram observadas para as espécies de pequeno porte: a cuíca-ágil (*G. agilis*), com 154 registros, seguida pelo ratinho-de-rabo-comprido (*Oligoryzomys* sp.), com 101, depois pelo rato-bico-de-lacre (*Wiedomys cerradensis*), com 81 e do punaré (*T. laurentius*), com 77 indivíduos (Figura 11.2.1-94).

A frequência de captura da cuíca-ágil (*G. agilis*) correspondeu a 23% dos registros. Esse pequeno marsupial arborícola, amplamente distribuído no Brasil nos biomas do Cerrado e Caatinga (CREIGHTON; GARDNER, 2007; 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 à altura do sub-bosque, extrato primariamente explorado por essa espécie (CREIGHTON; GARDNER, 2007).

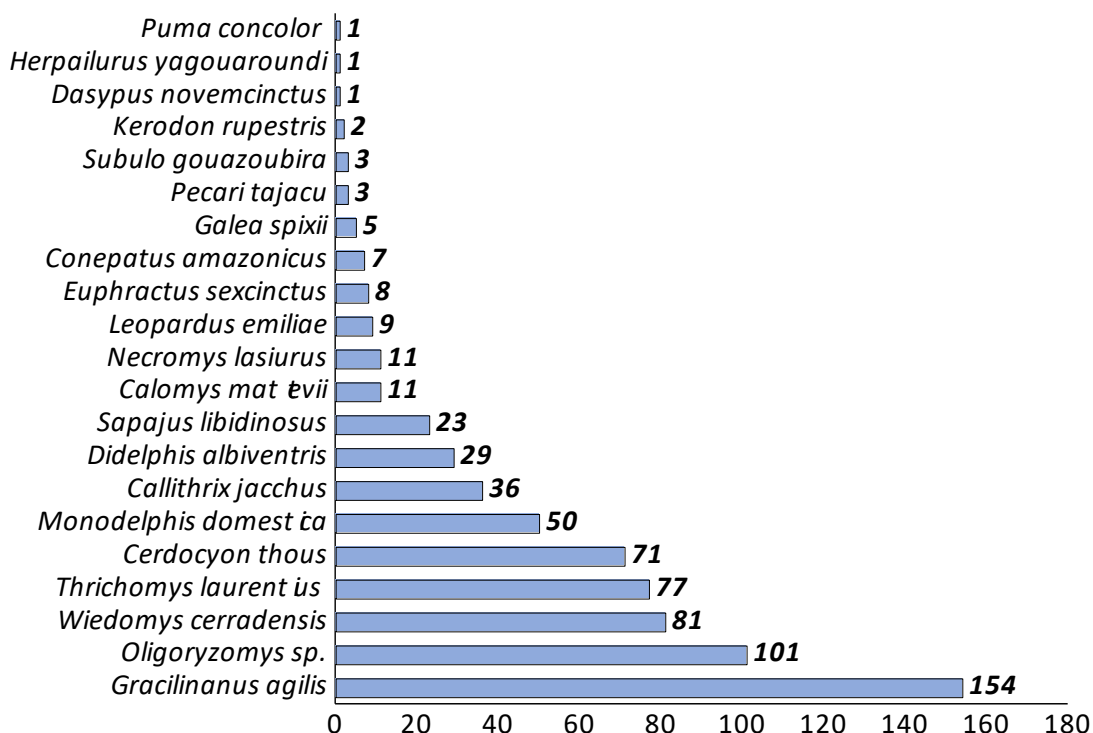


Figura 11.2.1-94: Frequência (número de registros para as espécies de mamíferos terrestres amostradas no diagnóstico de fauna na área influência do Projeto Santa Quitéria, CE.

O segundo táxon mais frequente na área de estudo foi do ratinho-de-rabo-comprido (*Oligoryzomys* sp.), correspondendo a 15% dos registros. As espécies do gênero *Oligoryzomys* são consideradas crípticas, de difícil identificação. A maioria das características diagnósticas reside em diferenças na morfologia craniana. Esse fato demanda que a correta identificação das espécies desse gênero necessite da coleta e eutanásia dos animais. Além disso, as poucas características que podem ser observadas na

morfologia externa só podem ser prontamente observadas em indivíduos adultos (WEKSLER; BONVICINO, 2015). Atualmente, são conhecidas três espécies do gênero com distribuição para o Nordeste brasileiro: *O. nigripes*, *O. stramineus* e *O. matogrossae*. Destas, apenas as duas primeiras foram registradas no Ceará (WEKSLER; BONVICINO 2015; GURGEL-FILHO *et al.*, 2015; FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2021). No material coletado na C3 foram percebidos indícios de que essas duas espécies ocorrem na área de influência do empreendimento. O material testemunho depositado na coleção da UFPB será observado na tentativa de identificar essas espécies. Esse táxon foi amostrado na ADA, AID e na Área-Controle, principalmente nas armadilhas *pitfall*.

O rato-bico-de-lacre (*W. cerradensis*), entre os roedores, foi o segundo mais frequente, representando 12% 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.

Logo depois, o punaré (*T. laurentius*) apresentou 11% da frequência de amostragem. Essa espécie foi registrada em todas as áreas amostradas (ADA, AID e Controle) 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 rato-cachorro (*M. domestica*) foi registrado em 50 ocasiões (7% 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 geográfica no Brasil e possuem hábito mais generalista (REIS *et al.*, 2011).

Outro marsupial, o timbu (*D. albiventris*), com 4% da amostragem de mamíferos terrestres, foi mais uma espécie registrada nas três áreas amostrais (ADA, AID e Controle). Os registros ocorreram através de armadilha de contenção viva, armadilha fotográfica e armadilha de interceptação e queda.

Dois outros roedores compuseram a mastofauna terrestre de pequeno porte inventariada nesse estudo, correspondendo a menos de 2% da amostragem: o preá (*G. spixii*) e o mocó (*K. rupestres*). O mocó foi registrado apenas na AID em áreas associadas a Savana estépica arborizada Arbóreo-arbustiva fechada, enquanto o preá foi registrado em todas as áreas de influência do empreendimento. O preá foi registrado por meio de busca ativa (observação direta) e em armadilha fotográfica, enquanto o mocó exclusivamente por busca ativa (observação direta).

Os mamíferos de médio e grande portes possuem uma taxa demográfica naturalmente mais baixa, consequentemente são menos abundantes (REIS *et al.*, 2011). A espécie mais frequente desse grupo de mamíferos foi a raposinha (*C. thous*), com 71 registros, um forrageador ativo e muito comum em inventários na Caatinga (DELICIELLOS, 2016). Entre os primatas, o mais abundante foi o sagui-de-tufo-branco (N=36; *C. jacchus*), uma espécie bastante generalista e de hábito gregário (REIS *et al.*, 2011). Ambas as espécies são bastante comuns em outros inventários realizados em áreas de Caatinga (FREITAS *et al.*, 2011; 2013; DELICIELLOS, 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) e, portanto, não são sensíveis às mudanças de habitat, podendo se adaptar facilmente em ambientes perturbados.

A raposinha (*C. thous*) foi registrada com uso de armadilha fotográfica e busca ativa nas três áreas de amostragem (ADA, AID e Controle). Já o sagui-de-tufo-branco (*C. 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 (*S. libidinosus*), contribuíram com 3% da amostragem de mamíferos terrestres. Essa espécie, que vive em grupos, foi registrada durante busca ativa, por meio de visualizações diretas de indivíduos (incluindo um filhote) se deslocando nos paredões da serra no P10, dentro da AID.

Os registros do tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*) corresponderam a 1% (oito registros) da amostragem de mamíferos terrestres. Cinco deles ocorreram na AID (busca ativa armadilha fotográfica) e três na ADA (armadilha fotográfica e *pitfall*).

Os felinos, gato-maracajá (*L. emiliae*), onça-parda (*P. concolor*) e gato-mourisco (*H. yagouaroundi*), contribuíram com cerca de 2% da amostragem de mamíferos terrestres. *Leopardus emiliae* foi registrado na ADA e na AID, enquanto os outros dois na AID. O gato-maracajá foi registrado em armadilha fotográfica e busca ativa (observação direta), e as outras duas espécies apenas por busca ativa (observação visual). Essas espécies são de extrema importância para fins de conservação por serem topo da cadeia alimentar, são fundamentais para manutenção dos ecossistemas em que vivem e estão enquadradas nas listas de espécies ameaçadas de extinção (ver tópico abaixo, C.3)

A ticaca (*C. amazonicus*) também foi registrada sete vezes (1% do total da mastofauna). Uma delas com um indivíduo jovem que foi capturado em armadilha de



contenção viva (tipo Tomahawk) no P11 (ADA), três vezes nas armadilhas fotográficas (P2 e P9) na AID e por registro indireto (cheiro) no P10 e P12 (AID). Os três registros do caititu (*D. tajacu*) foram obtidos a partir de busca ativa (encontro de crânios de espécimes mortos) realizada no P4, inserido na ADA. O veado-catingueiro (*S. gouazoubira*) foi registrado em três ocasiões (cerca de 0,5% dos registros), duas através de armadilha fotográfica instalada em no P13 (ADA) e no P7 (AID) e por busca ativa (pegada) no P4 (ADA), ambos da ADA. O tatu-galinha (*D. novemcinctus*) foi registrado apenas em uma oportunidade (0,3% da amostragem), por meio de armadilha fotográfica posicionada no P5 (AID).

### C.2. Eficiência Amostral

A eficiência da amostragem foi estimada através de curvas de rarefação de espécies com base nos dados oriundos dos métodos padronizados, como 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. Como a área amostral apresenta uma homogeneidade fitofisionômica - 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. Os dados foram gerados com 1.000 aleatorizações da matriz original no programa Estimates 9 (COLWELL, 2013; Figura 11.2.1-95).

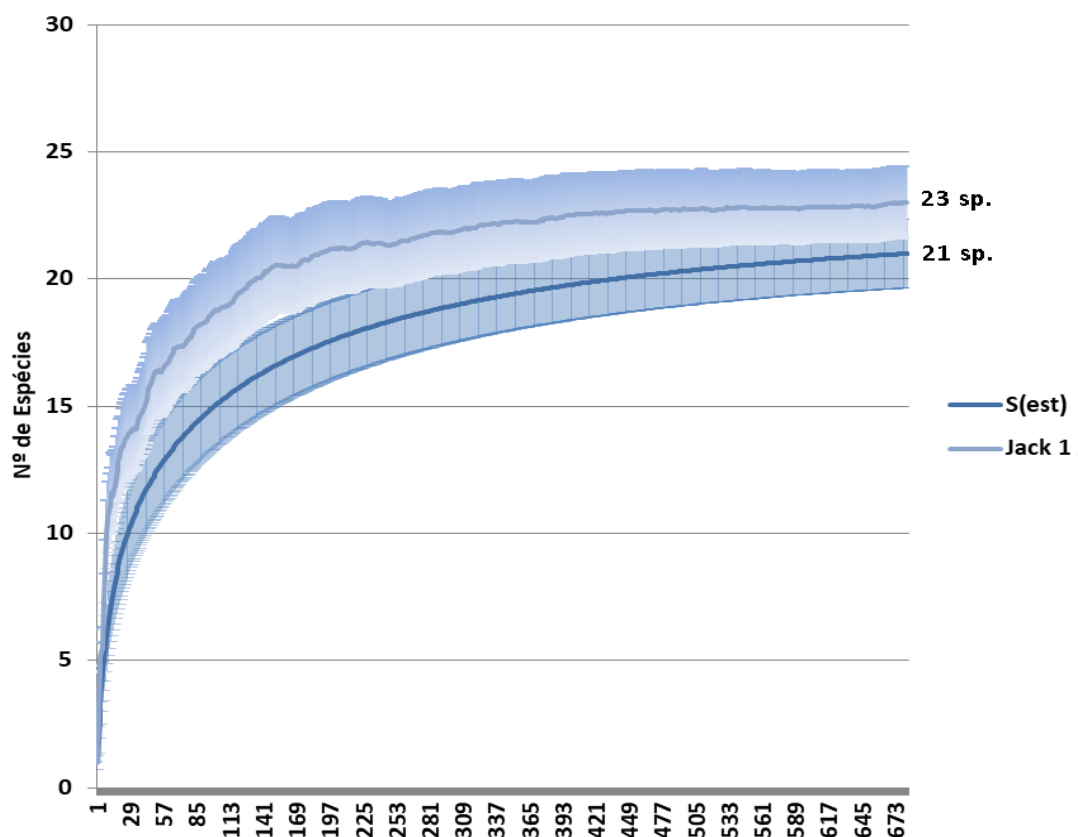


Figura 11.2.1-95: Curva de rarefação obtida para a mastofauna terrestre na área de influência do Projeto Santa Quitéria, CE. As nuvens em volta das curvas correspondem ao desvio padrão.

A curva de acumulação de espécies para a região de estudo ficou muito próxima de atingir a assíntota (estabilização) (Figura 11.2.1-95). Isso demonstra que o esforço amostral realizado foi suficiente para alcançar um número de espécies observadas ( $N=21$ ) próximo ao número de espécies estimadas ( $N=23$ ). É interessante notar que, ao considerar o desvio-padrão, o estimador aponta para a possível existência de até 24 espécies na área de estudo. Esse valor é ultrapassado ao também considerarmos as espécies registradas apenas pelos dados secundários ( $N=26$ ). Esse fato é mais um demonstrativo de que o esforço empregado e as formas complementares (dados secundários) foram eficientemente empregadas.

Desta forma, a amostragem foi adequada para a caracterização da fauna de mamíferos nas áreas de influência do PSQ, de modo a viabilizar uma correta avaliação sobre a viabilidade locacional do empreendimento.

### C.3. Espécies Ameaçadas e Protegidas por Legislação Internacional e/ou Federal e/ou Estadual

Destaca-se que, entre as espécies de mamíferos terrestres registradas por meio do levantamento de dados primários nas três campanhas para este diagnóstico ambiental, encontram-se atualmente incluídos em alguma categoria de ameaça, segundo as listas referidas, as seguintes espécies: o macaco-prego (*S. libidinosus*); o gato-maracajá (*L.*

*emiliae*), a onça-parda (*P. concolor*), o gato-mourisco (*H. yagouaroundi*), o veado-catingueiro (*S. gouazoubira*); o cateto (*D. tajacu*) e o mocó (*K. rupestris*; Quadro 11.2.1-15). Além destes, foram incluídas espécies “quase ameaçadas” e as presentes nos Apêndices da CITES (Quadro 11.2.1-15).

**Quadro 11.2.1-15: Mamíferos terrestres incluídos em categorias de ameaça registrados através de dados primários na área de influência do projeto Santa Quitéria**

ESPÉCIE	ÁREA	AB	CAMPANHA	TIPO DE REGISTRO	CATEGORIA DE AMEAÇA			
					SALVE (2023)	IUCN (2022)	CITES (2023)	SEMA/CE (2022)
<i>Sapajus libidinosus</i>	AID	12*	C1, C2, C3	BA	NT	NT	-	-
<i>Leopardus emiliae*</i>	ADA, AID	4	C1, C2, C3	AF, BA	EN	VU	I	VU
<i>Puma concolor</i>	AID	1	C1, C2, C3	BA	NT	LC	II	EN
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	AID	1	C2	BA	VU	LC	II	VU
<i>Cerdocyon thous</i>	ADA, AID, CO	70	C1, C2, C3	AF, AIQ, BA	LC	LC	II	-
<i>Subulo gouazoubira</i>	ADA, AID	3	C2, C3	AF, BA	LC	LC	-	VU
<i>Dicotyles tajacu</i>	ADA	3	C2	BA	LC	LC	II	EN
<i>Kerodon rupestris</i>	AID	2	C2	BA	VU	LC	-	-

Legenda: AB - Abundância; Lista nacional (MMA, 2022), internacional (IUCN, 2022) e CITES (2023)/um indivíduo e dois grupos de 3 e de 5 indivíduos. Elaboração: Tetra Mais, 2023.

\*Como discutido no texto, foi utilizada as categorias de *L. tigrinus*.

**Abaixo uma breve caracterização das espécies ameaçadas registradas tanto por dados secundários quanto primários:**

#### ***Kerodon rupestris* SALVE- VU**

Trata-se de um roedor pertencente à família Caviidae, endêmico da Caatinga, conhecido popularmente como mocó. É encontrado em ambientes rochosos da região semiárida no Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e em Minas Gerais e na Chapada Diamantina. Outrora abundantes em toda a

sua área de distribuição, suas populações foram fortemente pressionadas pela caça, e hoje resulta que a espécie é encontrada apenas em áreas particulares protegidas, unidades de conservação e em locais mais afastados e de difícil acesso. É uma espécie gregária, poligâmica, cujo período gestacional dura 75 dias, gerando apenas um filhote por gestação. São herbívoros e se alimentam de cascas de árvores como mofumbo (*Combretum leprosum*), faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*) e parreira brava (*Piper* spp.). além de caules e celulose de algumas plantas. São predados por felinos como gato mourisco por gaviões, furões e serpentes.

***Tolypeutes tricinctus* - SALVE = EN; IUCN=VU**

Esta espécie é popularmente conhecida como tatu-bola pela característica única de dobrar a carapaça em forma de uma bola. Segundo Wetzel *et al.* (2007), *T. tricinctus* tem registro apenas para os estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Pernambuco e mais recentemente Feijó *et al.* (2015) apontam para possível ocorrência da espécie para Santa Quitéria através de citações.

Essa espécie foi citada por moradores como muito abundante no passado, mas há muito tempo não é vista na área. Sanborn (1930) destaca a proteção fornecida pelo hábito dessa espécie de enrolar-se como uma útil estratégia contra o ataque por predadores naturais, como raposas e gatos selvagens (ver FEIJÓ *et al.*, 2015). Contudo, essa mesma estratégia torna-o de fácil captura pelo homem, o que seria uma provável causa para o declínio de sua população e até sua extinção em algumas regiões de sua possível distribuição. Essa hipótese foi corroborada por relatos de caçadores antigos no município de Santa Quitéria, CE, em que, segundo eles, essa espécie não é mais encontrada na região devido a sua fácil captura.

***Sapajus libidinosus* - SALVE; IUCN=NT**

O macaco-prego (*S. libidinosus*) é uma espécie que merece atenção, pois consta como “quase ameaçado” (NT) pela IUCN (2022). O macaco-prego também já foi enquadrado na lista nacional como NT, mas na última atualização foi retirada a categoria de ameaça da espécie. Segundo Fialho *et al.* (2015), o tamanho da população total remanescente não é conhecido, mas estima-se que o número de indivíduos maduros desse táxon seja superior a 10.000. No entanto, baseando-se na perda ocorrida e contínua de habitat, 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). Silva e

Barbosa (2017), em um estudo de modelagem recente, apontam que 63,3% da Caatinga foi modificada pela ação humana. Na Caatinga, em particular, *S. libidinosus* está restrita apenas às regiões com vegetação arbórea (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013). 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).

***Leopardus emiliae* - SALVE = EN; IUCN; SEMA/CE =VU; CITES=I**

Nascimento e Feijó (2017) realizaram uma atualização taxonômica do grupo tigrina (*Leopardus tigrinus*) com base em evidências morfológicas e moleculares. Eles dividiram o grupo em três espécies: *Leopardus tigrinus*, *Leopardus emiliae* e *Leopardus guttulus*. Com essa atualização, *L. emiliae* foi identificado como o único felídeo endêmico do Brasil, ocorrendo no Norte, Nordeste e porção central do país. Devido a essa nova classificação, é necessário atribuir, no mínimo, o mesmo grau de ameaça a *L. emiliae*, que já estava listado como ameaçado nas listas nacional e internacional. No entanto, essa medida pode ser considerada conservadora, uma vez que a distribuição geográfica de cada táxon é menor do que a anteriormente aceita para o grupo tigrina, o que pode aumentar o risco de extinção das espécies no futuro, incluindo *L. emiliae* (NASCIMENTO; FEIJÓ, 2017).

***Herpailurus yagouaroundi* - SALVE; SEMA/CE = VU; CITES=II**

O gato-mourisco (*H. yagouaroundi*) está classificado como "Vulnerável" (VU) na lista nacional (MMA, 2022), enquanto é classificado como "Pouco Preocupante" (LC) pela IUCN (2022) e está no Apêndice II da CITES (2023). A justificativa para o status de "Vulnerável" no Brasil é devido às baixas densidades populacionais dessa espécie, apesar de sua ampla distribuição no país. Estima-se que existam entre 52.000-264.000 indivíduos, considerando as densidades mínima e máxima, mas, se considerarmos apenas os indivíduos maduros, a população efetiva é de apenas 5.200 indivíduos, provavelmente inferior a 10.000 (ALMEIDA *et al.*, 2013). Além disso, prevê-se um declínio de pelo menos 10% dessa população nos próximos 15 anos (três gerações), devido principalmente à perda e fragmentação de habitat causadas pela expansão agrícola (ALMEIDA *et al.*, 2013).

***Puma concolor* SALVE = NT; IUCN=LC;SEMA/CE=EM; CITES=II**



De acordo com o PAN Onça-Parda, a região do semiárido nordestino apresenta uma das menores adequabilidades para a ocorrência da espécie. Ainda assim, a onça-parda possui uma distribuição potencial que abrange todo o território nacional (ICMBio, 2018). A espécie está enquadrada como vulnerável (MMA, 2022) e enfrenta diversas ameaças graves, como a degradação e fragmentação de seu habitat causada pela expansão urbana, rodovias e atividades agropecuárias, resultando em conflitos com humanos, onde muitas vezes é abatida ao atacar animais de criação. Atropelamentos em estradas, doenças transmitidas por animais domésticos e captura para cativeiro também contribuem para a redução de suas populações. Na Caatinga, essas ameaças são intensificadas pelo desmatamento acelerado e a escassez natural de recursos, dificultando ainda mais a sobrevivência da espécie.

O PAN Onça-Parda inclui metas específicas voltadas para a preservação da espécie na Caatinga, um bioma com desafios ambientais significativos (ICMBio, 2018). Dentre as metas estabelecidas, destaca-se a geração e divulgação de conhecimento sobre a história de vida e o uso do espaço da onça-parda na região, visando aumentar o entendimento sobre suas necessidades ecológicas (ICMBio, 2018). Além disso, o plano busca reduzir a retirada de indivíduos da natureza, especialmente devido à caça e ao abate retaliatório, ações que ameaçam diretamente a sobrevivência da espécie. Outro foco é a diminuição dos impactos causados pelas atividades antrópicas, como a pecuária, a expansão de cultivos e a infraestrutura na Caatinga, que afetam negativamente o habitat da onça-parda. Essas medidas visam garantir a proteção do animal e a mitigação dos conflitos entre a espécie e as populações humanas locais, promovendo a conservação eficaz do ecossistema. Essa espécie também está listada no apêndice II da CITES.

*Dicotyles tajacu* SEMA/CE = EN; CITES=II

O cateto (*D. tajacu*) é uma espécie de ampla distribuição no Brasil e conhecida por sua notável resistência a alterações ambientais, sendo classificada como “Menos Preocupante” (LC) pelas listas SALVE e IUCN. No entanto, em âmbito local, é considerado “Em Perigo” (EN) pela SEMA/CE, devido à redução populacional associada à perda de habitat, à exploração direta (como a caça) e à presença de espécies invasoras, que representam ameaças adicionais à sobrevivência. A espécie é considerada adaptável, habita diversos biomas, incluindo a Caatinga, onde enfrenta pressões intensas. Nessa região, as populações vêm sendo fragmentadas pela caça excessiva — prática culturalmente enraizada — e pela degradação do habitat decorrente do avanço de atividades como a instalação de parques eólicos, produção de

carvão, agropecuária extensiva e mineração (Keuroghilian et al., 2023) . Apesar disso, o cateto demonstra grande plasticidade ecológica, persistindo tanto em áreas remotas quanto próximas a centros urbanos. Essa flexibilidade, no entanto, o coloca em conflito com agricultores, que por vezes retalias a espécie devido a danos em plantações. A perda de cobertura vegetal e a redução de recursos alimentares causada por queimadas também afetam negativamente sua sobrevivência (Keuroghilian, 2023).

#### *Subulo gouazoubira* SEMA/CE=VU

O veado-catingueiro (*S. gouazoubira*) demonstra grande plasticidade ecológica, sendo considerado o cervídeo mais comum no Brasil. A espécie se adapta a áreas com forte interferência humana e pode até se beneficiar da redução de florestas densas, o que levanta preocupações sobre sua possível competição com cervídeos mais raros (Duarte et al., 2012). Apesar disso, localmente a espécie é considerada “Vulnerável” pelo fato da espécie ter sofrido redução populacional no passado recente devido à perda de habitat, exploração direta e impactos de espécies invasoras ou doenças, com causas que ainda persistem, são irreversíveis ou mal compreendidas (critério A2cde; SEMA/CE 2022)

#### *Cerdocyon thous*; *Callithrix jacchus*;- CITES II

Embora não estejam incluídos em nenhuma categoria de ameaça, o sagui-de-tufo-branco (*C. jacchus*), a raposinha (*C. thous*) estão presentes no Apêndice II da CITES (CITES, 2023). Esse apêndice lista as espécies que possam vir a ser ameaçadas, caso impactos antrópicos não sejam mitigados. No caso da raposinha, existe também o fato de muitas populações sofrerem pelo atropelamento de indivíduos em rodovias de todo país, visto que essa é uma das espécies com maior incidência de mortes derivadas desse impacto (ZALESKI et al., 2009; GRILLO et al. 2015).

Além dessas espécies com algum grau de ameaça, merecem nota os roedores *W. cerradensis* e *T. laurentius*. Ambos estão listados na lista da IUCN (2022) como “Dados Insuficientes”, mostrando que não existem informações suficientes sobre essas espécies para uma correta avaliação.

#### C.4. Espécies Bioindicadoras, Endêmicas, Raras e Não Descritas

A mastofauna registrada para área de influência do PSQ é composta, em sua maioria, por espécies generalistas, de ampla distribuição e de hábitos alimentares pouco seletivos (REIS et al., 2011). Mas algumas merecem destaque, como pode ser visto a seguir.

Dentre as espécies com distribuição restrita e algum grau de endemismo incluem-se o ratinho-de-rabo-curto (*C. mattevvi*), o ratinho-de-rabo-comprido (*O. stramineus*), o rato-bico-de-lacre (*W. cerradensis*), o preá (*G. spixi*), o mocó (*K. rupestris*), o macaco-prego (*S. libidinosus*), o punaré (*T. laurentius*), o tatu-bola (*T. tricinctus*) e o gato-maracajá (*L. emiliae*). Algumas dessas espécies são endêmicas da Caatinga e do Cerrado, como o ratinho-de-rabo-curto (*C. mattevvi*), o ratinho-de-rabo-comprido (*O. stramineus*), o tatu-bola (*T. tricinctus*) e o macaco-prego (*S. libidinosus*) (GUTIÉRREZ; MARINHO-FILHO 2017). O rato-bico-de-lacre, anteriormente considerado endêmico apenas do Cerrado, agora se sabe que também ocorre na Caatinga (CAMPOS, 2014). O mocó e o preá são endêmicos da Caatinga (GUTIÉRREZ; MARINHO-FILHO, 2017), enquanto o gato-maracajá é endêmico do Norte e Nordeste brasileiro (NASCIMENTO; FEIJÓ, 2017). O punaré é considerado endêmico do Brasil (CARMIGNOTTO; ASTÚA, 2017).

Os felinos, como o gato-maracajá (*L. emiliae*), a onça-parda (*P. concolor*) e o gato-mourisco (*H. yagouaroundi*), além de estarem atualmente ameaçados, são também considerados bioindicadores devido à sua posição de topo na cadeia alimentar. A presença da onça-parda é especialmente importante, uma vez que na Caatinga ela está restrita às áreas menos impactadas pela atividade humana (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013). Essas espécies enfrentam uma grande pressão de caça que acaba reduzindo o tamanho populacional (ALVES *et al.*, 2012, 2016) e colocando em risco a manutenção de suas populações ao longo do tempo (PETERS *et al.*, 2016).

O macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) é outro mamífero que pode ser considerado um bioindicador. Assim como a onça-parda, sua distribuição está restrita a poucas áreas de Caatinga, geralmente aquelas mais conservadas, que detêm vegetação arbórea e que conservam certa umidade em períodos de maior seca (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013).

O veado-catingueiro (*S. gouazoubira*) e o caititu (*D. tajacu*) desempenham um papel fundamental como dispersores de sementes, contribuindo para a regeneração e manutenção de áreas florestadas (BECK, 2005; PRADO 2013). Ao se alimentarem de frutos e sementes, esses animais transportam as sementes para diferentes locais, favorecendo a colonização de áreas degradadas e promovendo a diversidade genética das plantas. Sua presença é essencial para a regeneração natural de ecossistemas florestais, especialmente em áreas afetadas pelo desmatamento e fragmentação. A conservação dessas espécies é crucial para garantir a resiliência e sustentabilidade desses ecossistemas.

Algumas espécies registradas estão adaptadas a áreas antropizadas, como o sagui-de-tufo-branco, a raposa e o timbu. Eles conseguem se adaptar a ambientes alterados pela ação humana, como áreas urbanas e agrícolas. Esses animais exploram os recursos disponíveis nesses ambientes modificados. No entanto, é crucial destacar que a conservação de habitats naturais e a redução da fragmentação são essenciais para proteger outras espécies nativas e preservar a biodiversidade como um todo. Não foram registradas espécies não descritas pela ciência.

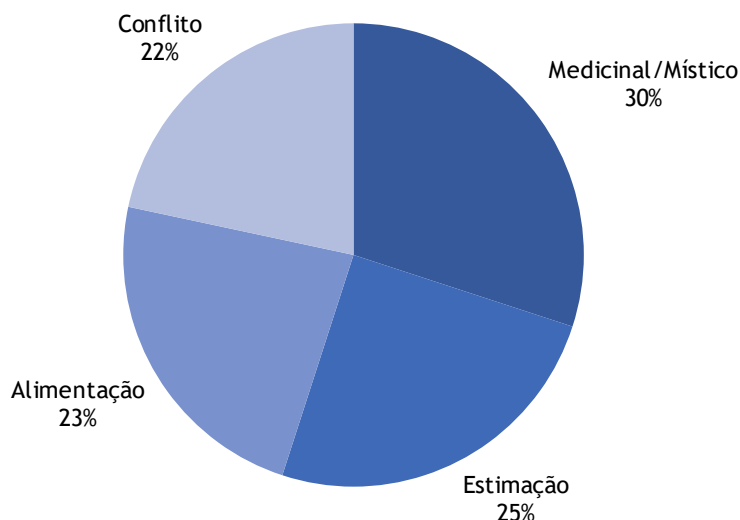
#### C.5. Espécies Cinegéticas, Domésticas, Invasoras e Exóticas

A interação entre humanos e mamíferos selvagens é variada e influenciada por diferentes culturas humanas, podendo ter efeitos positivos ou negativos para os animais envolvidos. Além de serem usados como alimento, os mamíferos são aproveitados na criação de artefatos, como adornos, combustível e medicamentos, dentre outras funcionalidades (ALVES *et al.*, 2016). Considerando o importante papel dos mamíferos na subsistência da população humana, esses animais têm sido alvo de atenção humana desde tempos remotos. A fauna de mamíferos dos ambientes semiáridos sempre foi explorada pelas populações locais, sendo em alguns casos uma das principais razões para o declínio de muitas espécies (ALVES *et al.*, 2016). Dentre os mamíferos, os que têm mais interações cinegéticas são os de médio e grande portes. Sendo assim, as espécies consideradas cinegéticas devem ser incluídas como de interesse econômico.

Durante as campanhas de levantamento de fauna foram registradas 19 espécies que possuem interações cinegéticas com as populações humanas (Quadro 11.2.1-16), segundo Alves *et al.* (2016). Dentre elas há 15 espécies de mamíferos de médio e grande portes, além dos mamíferos de pequeno porte *D. albiventris*, *G. spixii*, *K. rupestris* e *T. laurentius*.

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. Apesar do forte componente cultural, em alguns casos financeiro, e até de subsistência, seria de grande valia um estudo 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.

Interessante notar que, dentre as categorias cinegéticas levantadas para as espécies de ocorrência no PSQ, há equilíbrio entre as categorias elencadas por Alves *et al.* (2016; Figura 11.2.1-96). O uso mais frequente é o místico medicinal, seguido por animais de estimação.



**Figura 11.2.1-96: Interações cinegéticas dos mamíferos registrados na área de influência do PSQ.**

Com relação às espécies domésticas na área da futura instalação do empreendimento foram registradas: cães (*Canis lupus familiaris*) e gatos (*Felis silvestris catus*), e de mamíferos de criação: bovinos (*Bos taurus*), ansinos (*Equus africanus asinus*), caprinos (*Capra aegagrus hircus*) e suínos (*Sus scrofa*). Todos esses animais são criados soltos e estão em virtualmente todos os pontos, sendo registrados algumas vezes pelas armadilhas fotográficas.

A presença desses animais em áreas de floresta nativa é um problema. Por exemplo, cães e gatos são competidores diretos de algumas espécies silvestres de médios e grande portes registradas, além de afetar negativamente a comunidade de pequenos mamíferos terrestres, pois predam roedores e marsupiais (GUEDES *et al.*, 2021). Os herbívoros de criação são competidores diretos de herbívoros silvestres, como o veado-catingueiro (*S. gouazoubira*) e o caititu (*D. tajacu*). Além disso, áreas que são muito pisoteadas por esses animais tendem a apresentar uma menor riqueza e abundância de pequenos mamíferos (GHELER-COSTA, 2006; CAO *et al.*, 2016). Não registramos espécies consideradas invasoras na área de influência do Projeto Santa Quitéria.



Quadro 11.2.1-16: Mamíferos terrestres cinegéticos, xerimbabos, de relação conflitante e de uso medicinal registrados na área de influência do PSQ, CE

ESPÉCIE	NOME COMUM	USO E RELAÇÕES DE CONFLITO			
		ALIMENTAÇÃO	ESTIMAÇÃO	CONFLITO	MEDICINAL/MÍSTICO
<i>Didelphis albiventris</i>	Timbu	X	-	X	X
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatu-verdadeiro	X	X	-	X
<i>Dasypus septemcinctus</i>	Tatu-china	X	X	-	X
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba	X	X	-	X
<i>Tolypeutes tricinctus</i>	Tatu-bola	X	X	-	X
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	X	X	X	X
<i>Sapajus libidinosus</i>	Macaco-prego	X	X	-	X
<i>Callithrix jacchus</i>	Sagui	X	X	-	X
<i>Leopardus emiliae</i>	Gato-maracajá	-	X	X	X
<i>Puma concolor</i>	Onça-parda	-	X	X	X
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarondi	-	X	X	X
<i>Cerdocyon thous</i>	Raposinha	-	X	X	X
<i>Conepatus amazonicus</i>	Ticaca	X	X	X	X
<i>Procyon cancrivorous</i>	Mão-pelada	-	X	X	X
<i>Subulo gouazoubira</i>	Veado-catingueiro	X	X	X	X
<i>Dicotyles tajacu</i>	Cateto	X	-	X	X

ESPÉCIE	NOME COMUM	USO E RELAÇÕES DE CONFLITO			
		ALIMENTAÇÃO	ESTIMAÇÃO	CONFLITO	MEDICINAL/MÍSTICO
<i>Galea spixi</i>	Preá	X	X	X	X
<i>Kerodon rupestris</i>	Mocó	X	-	X	X
<i>Thrichomys laurentius</i>	Punaré	X	-	X	-

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

### C.6. Espécies de Interesse médico

A expansão das atividades humanas, desmatando e ocupando áreas naturais, seja através da agricultura e pecuária, seja por meio da urbanização, têm proporcionado cada vez mais o contato estreito entre a população humana, animais domésticos e animais silvestres. Essa aproximação favorece a disseminação de zoonoses: doenças ou infecções naturalmente transmissíveis entre os animais e os humanos, especialmente mamíferos silvestres dada a proximidade genética (RIBEIRO; MEDEIROS, 2017).

Das espécies de mamíferos silvestres registrados durante o estudo, os canídeos silvestres são considerados como reservatórios da *Leishmania* sp., além do *Trypanosoma cruzi*, que possui uma gama de hospedeiros ainda mais ampla entre os mamíferos (ROQUE; JANSEN, 2014). O vírus da raiva também pode ser encontrado em canídeos, como a espécie *C. thous* (cachorro-do-mato), considerado um dos principais reservatórios silvestres do vírus no nordeste do Brasil (LANGONI; FORNAZARI, 2014). Em suas fezes ainda podem ser encontrado o agente patogênico da Criptosporidiose, *Cryptosporidium parvum* (CABRAL et al., 2001). Essa doença é importante porque têm desenvolvido quadros gravíssimos em pacientes imunodeficientes (NEVES et al., 2016).

As espécies de tatus (Dasypodidae) também são consideradas reservatórios naturais do bacilo vetor da Hanseníase (*Mycobacterium leprae*), e de uma fase de vida do protozoário (*Trypanosoma cruzi*) vetor da Doença de Chagas (FROTA et al., 2012; KLUYBER et al., 2021). A região do estudo é reconhecida como área endêmica de doença de Chagas, com presença dos vetores insetos dessa doença. A presença de mamíferos silvestres reservatórios representa um risco para populações humanas que estejam frequentemente presentes nas áreas de contato entre ambientes urbanos e periurbanos e áreas naturais onde esses organismos podem estar presentes.

Ainda, dos mamíferos registrados, os pequenos roedores dos gêneros *Calomys* e *Oligoryzomys* são também reconhecidos como reservatórios de hantavírus em todo o continente americano. A presença dos agentes patogênicos citados e de vetores associados não significam diretamente a ocorrência e transmissão de uma dessas zoonoses para populações humanas, porque esses fatores são muito importantes, mas não são isoladamente suficientes para o desenvolvimento de epidemias (BONVICINO et al., 2015), porque normalmente a prevalência nos reservatórios é baixa (e.g., DE SOUZA CHIORATTO et al., 2010).

Durante a implantação e operação do empreendimento é de fundamental importância a correta execução do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, para evitar que o acúmulo de material orgânico atraia indivíduos das populações desses organismos, em especial roedores, tatus e canídeos.

#### C.7. Comparação Entre Áreas, Riquezas, Índices de Diversidade e Similaridade

O desenho amostral não favorece a comparações precisas entre as áreas de estudo no PSQ (ADA, AID e controle) devido ao esforço diferenciado despendido em cada uma delas. Para minimizar os efeitos desse esforço, fizemos curvas de rarefação entre as três áreas (ADA, AID e Controle) e nos baseamos pela área de menor esforço (Controle) para comparar a riqueza.

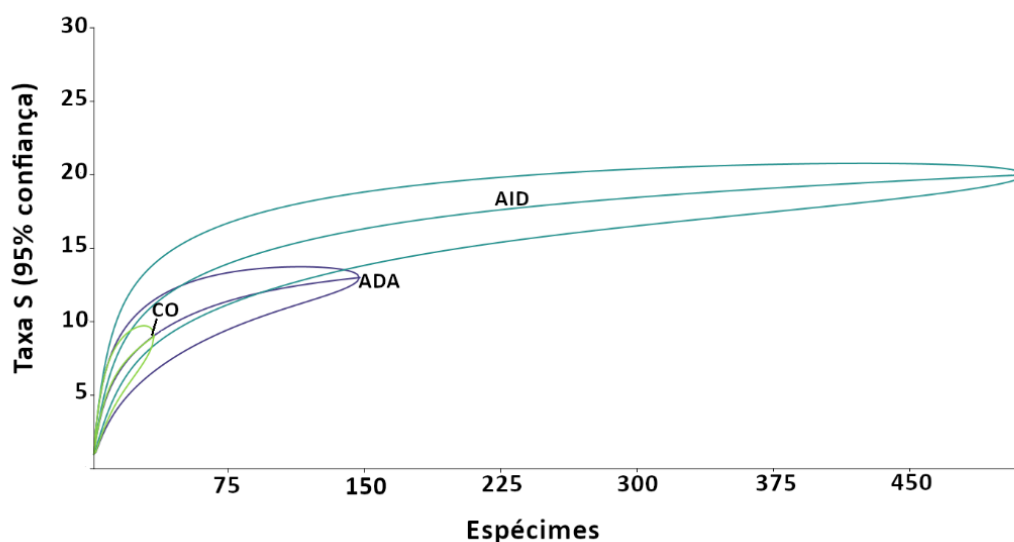


Figura 11.2.1-97: Curvas de rarefação de espécies de mamíferos para as áreas de influência do empreendimento PSQ.

Como era de se esperar, pelo maior esforço amostral realizado, a área com a maior riqueza e com a maior abundância absoluta foi a AID (8 pontos), seguido pela ADA (4 pontos) e por fim a área Controle (1 ponto). Ao analisarmos pela rarefação da área com menor amostragem (Figura 11.2.1-97), podemos ver que essa diferença provavelmente não se manteria caso os esforços fossem iguais, uma vez que o valor central de todas as áreas se encontra dentro do intervalo de confiança das demais. Ainda na Figura 11.2.1-98, merece destaque que o esforço realizado na área controle foi tão inferior às demais que nem foi possível o cálculo do intervalo de confiança para essa área.

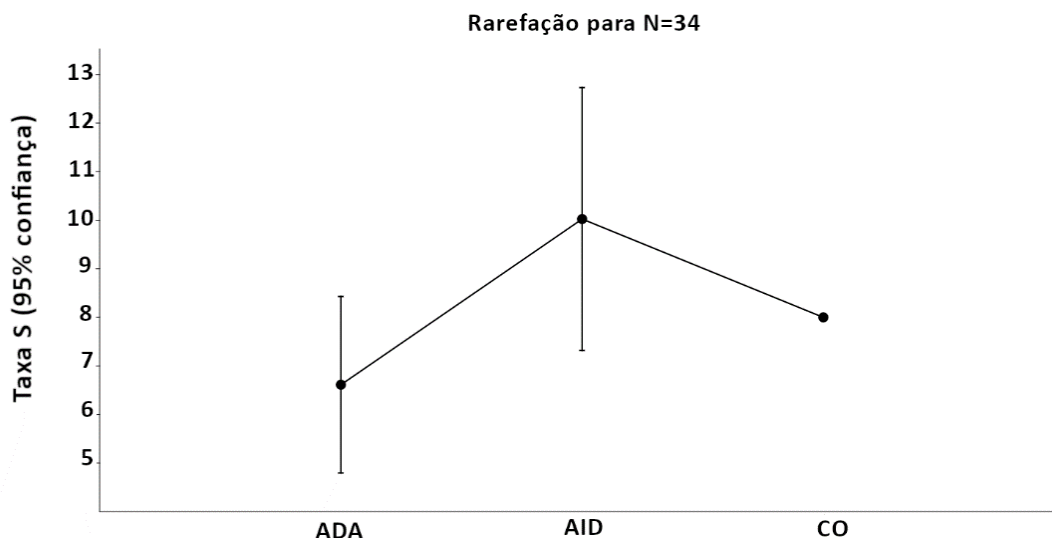


Figura 11.2.1-98: Gráfico de barras mostrando o valor da riqueza de cada área baseado na área com menor amostragem. As barras representam 95% do intervalo de confiança.

Apesar dos esforços diferenciados entre as áreas, é interessante pontuar que a composição das espécies de cada área amostral seja um bom parâmetro de avaliação. Nesse sentido, percebe-se um alto compartilhamento de espécies entre as áreas amostradas, especialmente entre a ADA e AID (cinco 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 da questão ambiental, não existe nenhum tipo de barreiras físicas ou ecológicas entre os pontos amostrados que pudessem limitar a distribuição de alguma espécie. As espécies que ocorreram de forma exclusiva em determinada área têm potencial para ocorrer em todas. Certamente isso será constatado em estudos mais longos na região, como o monitoramento de fauna.

As análises dos índices de diversidade foram geradas para cada uma das áreas de influência em separado e para toda área em conjunto (Quadro 11.2.1-17). 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.



Quadro 11.2.1-17: Indicadores ecológicos por área de influência calculados a partir dos dados obtidos durante o levantamento da mastofauna terrestre realizado nas áreas de influência do PSQ

ÁREAS DE INFLUÊNCIA	ABUNDÂNCIA	RIQUEZA	DIVERSIDADE (H')	EQUITABILIDADE (J')	DOMINÂNCIA (D)
ADA	147	13	2.07	0.80	0.83
AID	513	20	2.42	0.81	0.89
Controle	34	9	2.03	0.92	0.84
<b>Total</b>	<b>694</b>	<b>21</b>	<b>2.37</b>	<b>0.78</b>	<b>0.88</b>

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

No geral, os resultados dos índices refletiram as observações apresentadas e discutidas acima quanto à estatística descritiva. O valor do índice de diversidade de Shannon para a área de estudo como um todo ( $H=2,37$ ) está dentro do intervalo considerado normal para a fauna em regiões tropicais, que varia entre 1,5 e 3,5 (CULLEN-Jr et al., 2012; 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 eficiente e que atende ao objetivo deste estudo.

A equitabilidade (J) da comunidade mastofaunística da área de estudo como um todo foi considerada alta ( $J=0,78$ ), indicando que existe certa uniformidade entre as espécies da mastofauna terrestre. Isso se refletiu também na alta dominância de Simpson ( $D=0,88$ ). Para esses índices, cujo resultado varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, mais é um indicador de que a comunidade tenha a dominância de algumas espécies.

Novamente, devido aos esforços diferenciados entre as áreas, uma comparação entre os índices de diversidade não mostra um panorama realista. Os dados podem estar enviesados. Na tentativa de especular um pouco sobre as diferenças entre as áreas geramos os gráficos das Figura 11.2.1-99 e Figura 11.2.1-100. Neles podemos perceber que para o índice de Shanon a AID apresenta uma significância em relação às outras duas áreas, não apresentando sobreposição dos intervalos de confiança, mostrando que podem ser áreas diferentes em relação a ADA e Controle. Em contrapartida, para esse índice, as áreas ADA e Controle apresentam valores similares. O mesmo não pode ser visto ao comparar a Dominância de Simpson (Figura 11.2.1-100), pois há uma sobreposição dos valores entre todas as áreas. Já equitabilidade não pode ter seu intervalo de confiança calculado e não pode ser avaliada da mesma maneira.

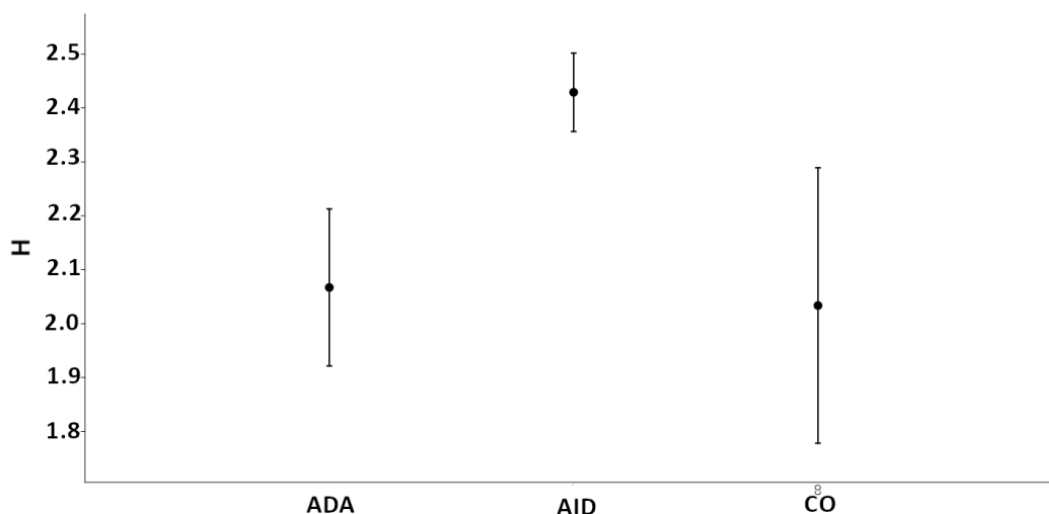


Figura 11.2.1-99: Gráfico de barras comparando os índices de Shannon entre as áreas de Influência do PSQ. As barras correspondem a 95% do intervalo de confiança para o ponto central.

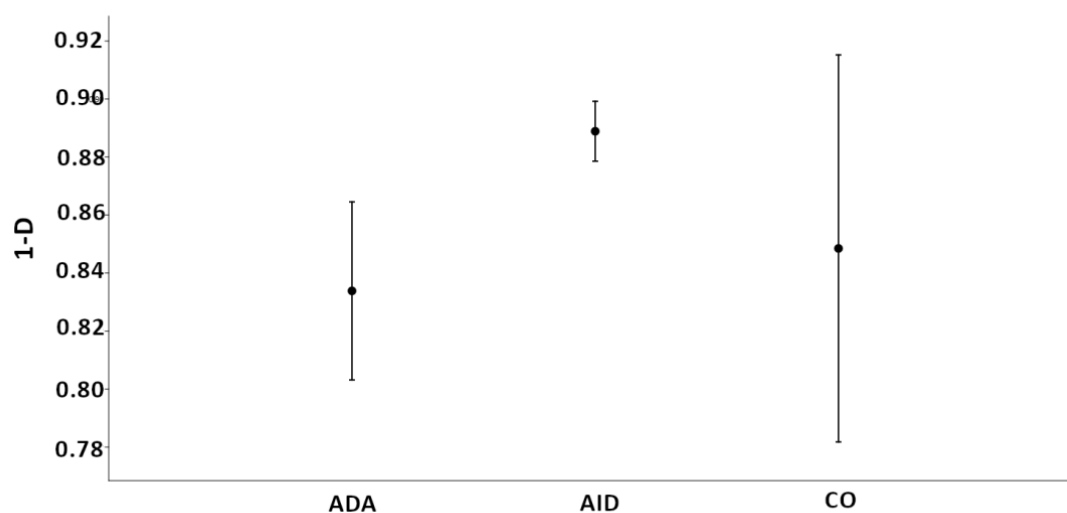


Figura 11.2.1-100: Gráfico de barras comparando as dominâncias de Simpson entre as áreas de Influência do PSQ. As barras correspondem a 95% do intervalo de confiança para o ponto central.

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.

A análise de similaridade faunística também revelou a homogeneidade entre os pontos amostrais do estudo. O dendograma gerado (Figura 11.2.1-101) não mostra um padrão claro nos agrupamentos. Localidades próximas geograficamente não agruparam, e localidades distantes se agruparam. Por exemplo, o ponto controle (P14), o mais distante, agrupou com pontos com 7 km de distância em linha reta, enquanto pontos com distância de apenas 300 m não se agruparam (P5 e P6). Além disso, a similaridade entre a maior parte dos agrupamentos está na casa dos 60%. Isso é sinal de que os pontos são muito parecidos entre si.

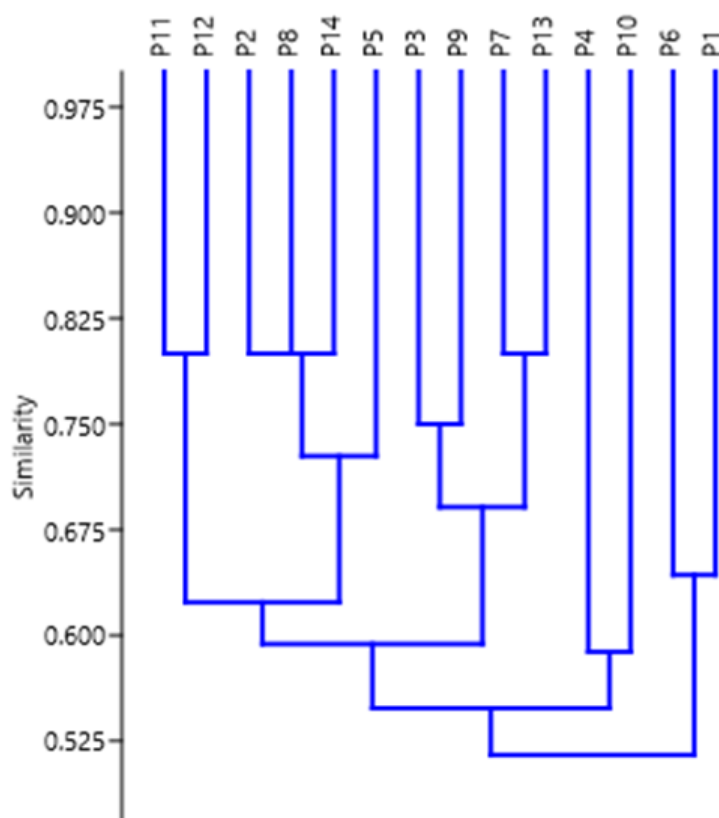


Figura 11.2.1-101: Análise de agrupamento utilizando o método UPGMA com base na composição de espécies de mamíferos terrestres registradas nas áreas de influência do PSQ, CE. Valores mais próximos de 1.0 (100%) mostram maior similaridade. Coeficiente cofenético = 0.7164.

### C.8. Sazonalidade

Ao compararmos riqueza e abundância entre as três campanhas (C1, C2, C3), podemos notar que a riqueza foi parecida em todas, sendo que C2 obteve o maior número de espécies registradas, seguida pela C3 - a diferença foi apenas de uma espécie entre elas (Figura 11.2.1-102). Com relação à exclusividade de registro, a C2 teve a presença de *D. novemcinctus*, *K. rupestres*, *D. tajacu* e *H. yagouaroundi*, que não foram registradas em nenhuma outra campanha, enquanto os roedores *C. mattevii* e *N. lasiurus* foram registrados apenas na C3.

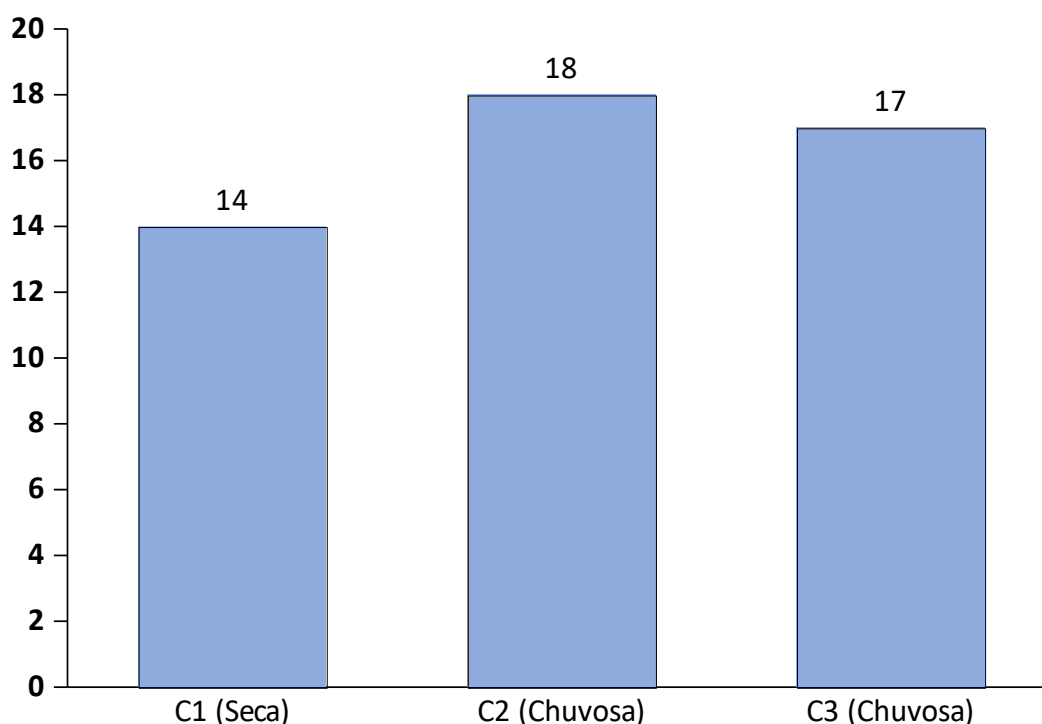


Figura 11.2.1-102: Riqueza de espécies amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas.

Ao analisarmos a abundância entre as campanhas, podemos notar que houve aumento progressivo no número de registros (Figura 11.2.1-103). Levando em consideração o porte dos mamíferos terrestres, verificou-se o seguinte cenário: para os mamíferos terrestres de médio e grande portes, na primeira campanha foram registradas sete espécies e 42 indivíduos, enquanto na segunda campanha obtiveram-se 10 espécies e 84 espécimes e na terceira campanha oito espécies e 41 espécimes (Figura 11.2.1-104 e Figura 11.2.1-105). Para os de pequeno porte, foram registradas sete espécies e 127 indivíduos na primeira campanha, oito espécies e 138 indivíduos na segunda campanha e na terceira nove espécies e 258 indivíduos (Figura 11.2.1-106 e Figura 11.2.1-107).

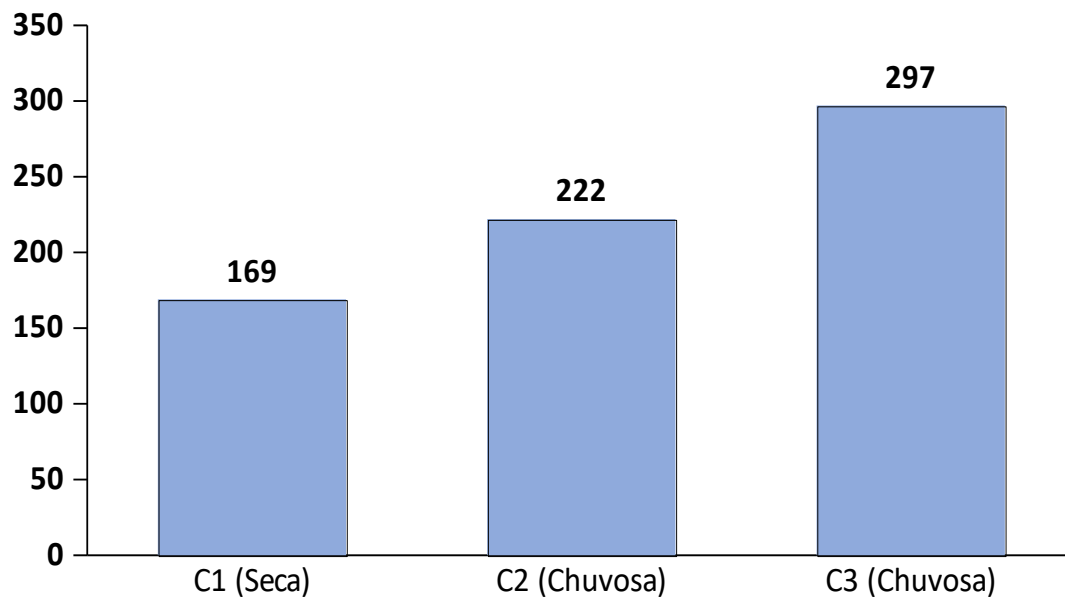


Figura 11.2.1-103: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas.

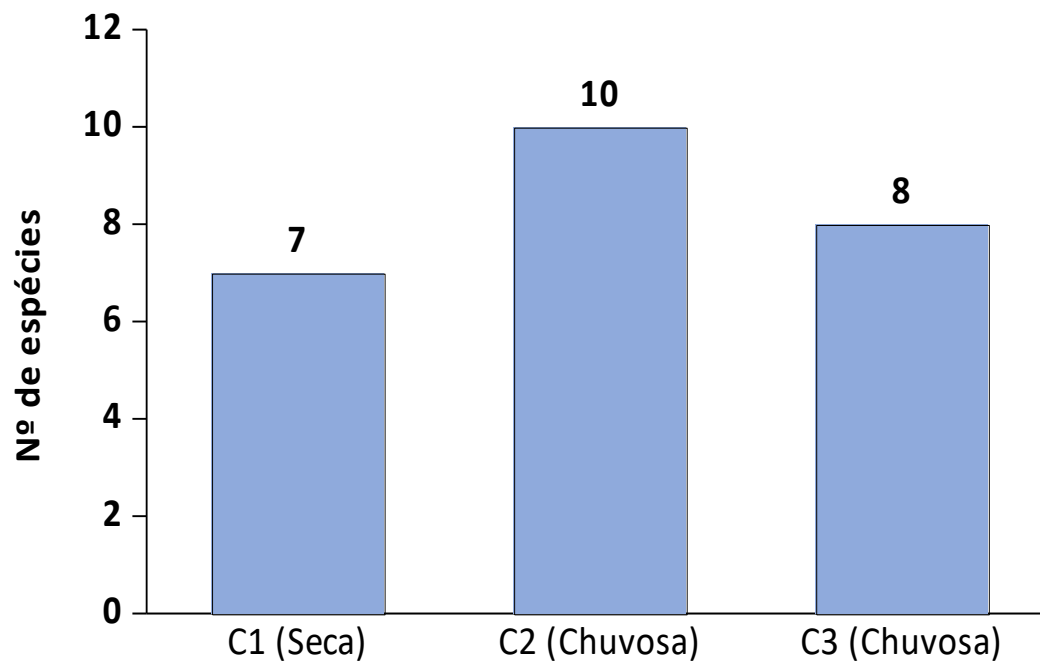


Figura 11.2.1-104: Riqueza de espécies de médio e grande portes amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas.



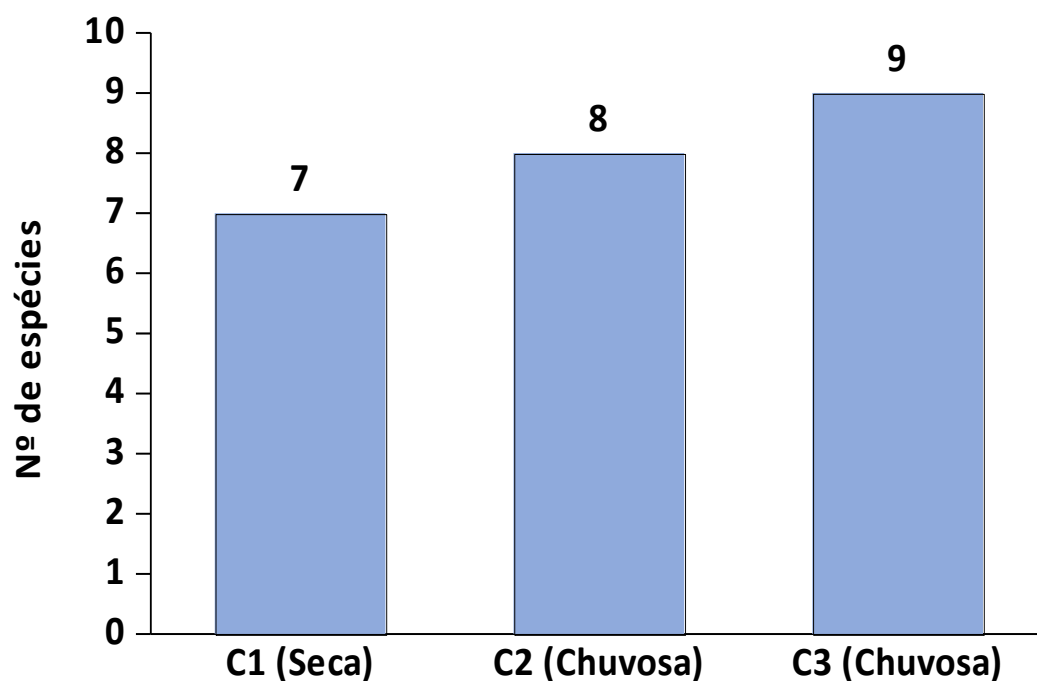


Figura 11.2.1-105: Riqueza de espécies de pequeno porte amostrada na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas.

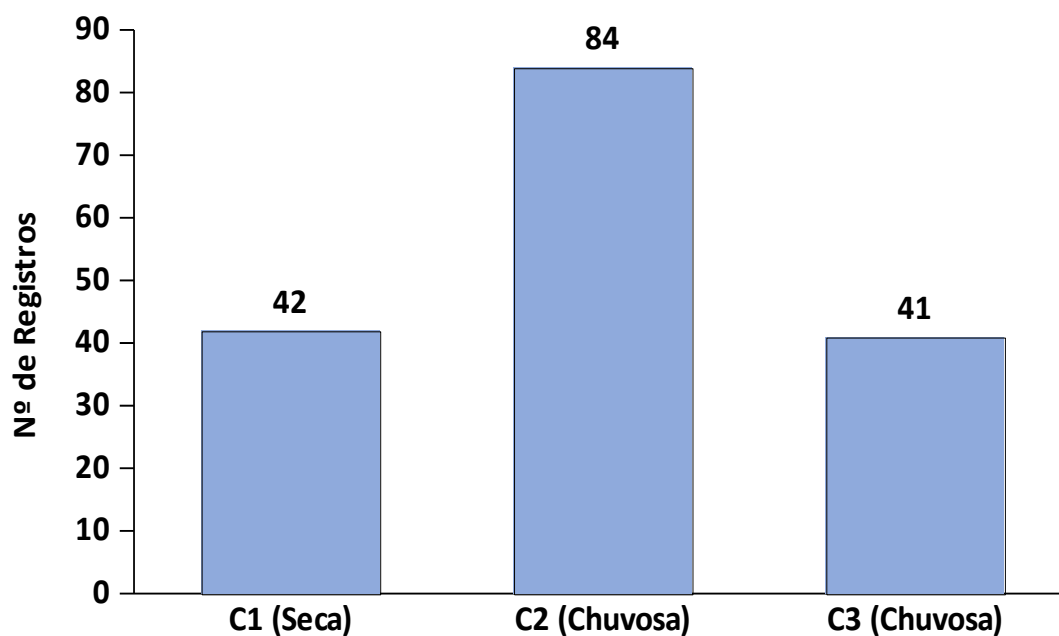


Figura 11.2.1-106: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas para os mamíferos de médio e grande portes.

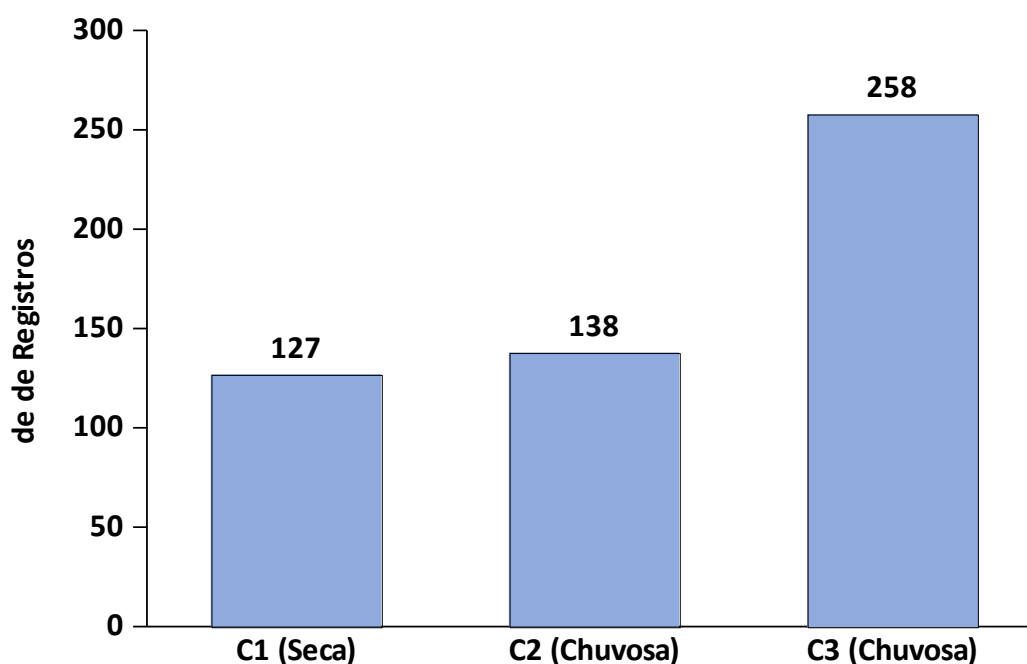


Figura 11.2.1-107: Frequência de registros na área de influência do PSQ ao longo das três campanhas para os mamíferos de pequeno porte.

A sazonalidade desempenha um papel crucial na comunidade de mamíferos, especialmente nos ecossistemas da Caatinga. Durante o processo de licenciamento ambiental, é comum solicitar a avaliação das comunidades de mamíferos tanto na estação seca quanto na estação chuvosa. Isso é feito com o intuito de minimizar as variações decorrentes das mudanças ambientais causadas pela presença ou ausência de precipitação. Dessa forma, considerar as estações permite-se obter uma visão mais abrangente dos padrões e das respostas dos mamíferos em relação às condições sazonais.

Devido ao regime heterogêneo de chuvas na região Nordeste, a campanha 2, que era para ser durante a estação chuvosa, terminou por ocorrer durante um período de maior seca do que a primeira campanha. Desta forma o IBAMA solicitou, por meio do Parecer Técnico 148/2022 (SEI Nº 14359621), uma campanha adicional (C3) para que pudessem ser avaliados os efeitos da chuva na comunidade de mamíferos na área do futuro empreendimento.

Considerando essa perspectiva, durante períodos de escassez de recursos, como alimento e água, é de se esperar um aumento no número de registros de espécies de mamíferos de médio e grande portes, que apresentam maior vagilidade. Isso se deve à maior atividade desses animais na busca por esses recursos em áreas mais extensas do que aquelas que costumam explorar durante períodos mais favoráveis. Essa ampliação do raio de busca resulta em um maior número de avistamentos e registros dessas espécies. As iscas

utilizadas podem significar um ótimo recurso para um ambiente carente de recursos também, maximizando as capturas nessa condição.

Nessa mesma linha de pensamento, as armadilhas que se utilizam de iscas são muito mais importantes para amostragem dos pequenos mamíferos (Figura 11.2.1-108). Durante as campanhas mais secas (C1 e C2), as armadilhas que usam iscas (livetraps) foram as responsáveis por um número muito maior de capturas do que as armadilhas de contenção e queda. Durante a terceira campanha, já sob efeito da chuva, a armadilha mais importante nos registros foi o pitfall. Além de as iscas serem menos importantes na comunidade, os pequenos mamíferos devem responder ao efeito da precipitação, aumentando rapidamente sua população e a atividade (movimentação) na área, tanto pelo aumento de recurso quanto com a finalidade de reprodução, elevando a chance de serem capturados nos baldes (KREBS; MYERS, 1974).

Costa-Pinto et al. (2023) apontam que não existem estudos detalhados sobre a dinâmica populacional e nem sobre informações ecológicas dos pequenos mamíferos da Caatinga, mas afirmam que a variação na abundância deve estar relacionada à resposta reprodutiva durante os períodos de maior disponibilidade de recursos alimentares, aumentando o tamanho populacional em algum momento após esse período.

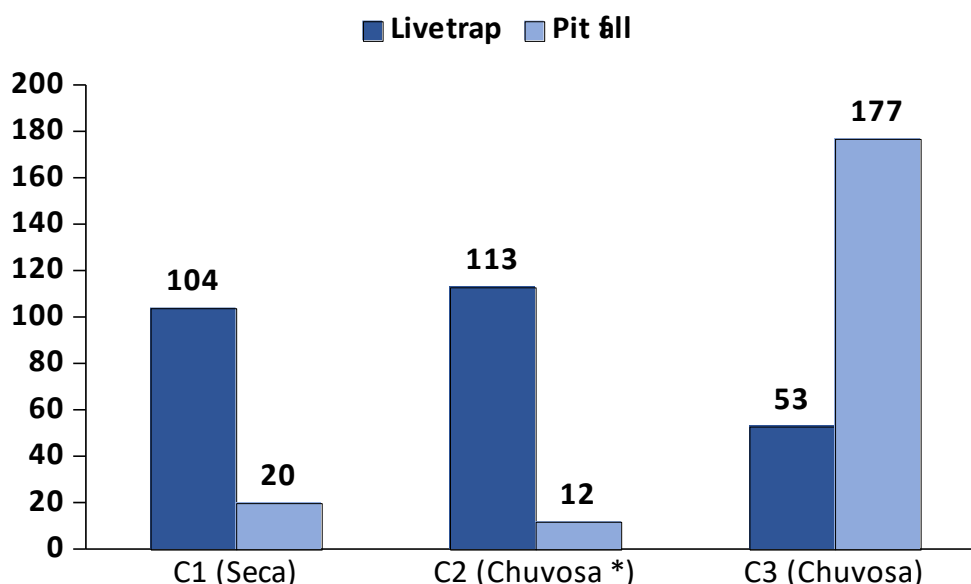


Figura 11.2.1-108: Número de capturas entre live traps e pitfall nas três campanhas nas áreas de influência do PSQ. \*Período atribuído à estação chuvosa, mas o ambiente estava seco.

Portanto, podemos perceber com os dados apresentados até o momento que as campanhas 1 e 2 tiveram padrões parecidos com relação à abundância e riqueza, e já a terceira campanha mostrou padrão diferente, principalmente com relação ao número de

registros. Esse fato fica mais acentuado ao examinar separadamente os mamíferos de médio e grande portes dos pequenos mamíferos.

### C.9. Relevância Regional (Comparação entre Dados Primários e Secundários)

O levantamento mais recente para a mastofauna no estado do Ceará aponta para a presença de 62 espécies de mamíferos terrestres (FERNANDES-FERREIRA *et al.*, 2021). Embora seja uma excelente coletânea da mastofauna do estado, ele é apenas uma lista taxonômica, sem nenhuma informação adicional, como a localidade em que as espécies ocorrem. Dessa forma, uma comparação mais precisa se tornar inviável. Essa elevada riqueza só é possível pelas diversas paisagens e tipos vegetacionais que o Ceará apresenta, como os Brejos de Altitude. De forma similar, o estudo de Carmignotto e Astúa (2017) também não apresenta localidades de coleta e trata de uma área maior ainda que o Ceará, a Caatinga.

Para essa comparação mais regional foram seguidos os estudos de Feijó e Langguth (2013), o da Arcadis Logos (2014), EIA pretérito da mesma região (GURGEL-FILHO *et al.*, 2015; DIAS *et al.*, 2017). De acordo com esses estudos, são conhecidas ao menos 29 espécies de mamíferos terrestres silvestres para a região central do Ceará, local onde está inserido o PSQ. Sendo assim, as 26 espécies inventariadas neste estudo representam cerca de 90% dos mamíferos terrestres com possível ocorrência para a região. Isso mostra que o atual estudo foi eficaz em diagnosticar a mastofauna da área de influência do PSQ.

Os resultados apresentados neste relatório são significativos mesmo sabendo que o estado do Ceará ainda carece de informações quanto à diversidade de mamíferos em comparação aos outros estados do Nordeste, como Bahia, Paraíba e Pernambuco (FEIJÓ; LANGGUTH 2013; GURGEL-FILHO *et al.* 2015). A grande extensão territorial (cerca 148.000 km<sup>2</sup>) 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 e 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 portes, e o segundo acerca dos pequenos mamíferos terrestres e dos mamíferos alados (morcegos). Embora possuam excelentes descrições das espécies e um catálogo georreferenciado, as informações contidas nesses estudos são baseadas exclusivamente em espécimes depositados em museus e coleções. O estudo de Dias *et al.* (2017) é o único inventário de mamíferos na Caatinga disponível para o estado até o momento. Nesse estudo foram registradas 29 espécies de mamíferos terrestres. Apesar de uma diversidade

maior do que a registrada para a área do PSQ, as espécies exclusivamente registradas pelos autores são espécies de ambientes mais úmidos, mostrando que a área tem influência do Brejo de Altitude do entorno. Ao retirarmos essas espécies, Dias *et al.* (2017) registraram apenas o gato-do-mato *L. pardalis* com potencial presença na região de Santa Quitéria e Itataia.

O principal estudo 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. Esse relatório apontou a ocorrência de 25 espécies de mamíferos terrestres para a atual região 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. O primeiro EIA utilizou entrevistas informais que conduziram ao registro do tatu-china (*D. septemcinctus*), espécie considerada rara, assim como o tatu-bola (*T. tricinctus*; ver FEIJÓ; LANGGUTH, 2013 e FEIJÓ *et al.*, 2015). A única outra espécie registrada por Arcadis Logos (2014) e não contemplada no atual levantamento foi o tamanduá-mirim (*T. tetradactyla*), espécie comum e de ampla distribuição na Caatinga, portanto, plausível de ocorrer na área de influência do empreendimento e com possibilidade de ser registrada após novas incursões a campo, como em um recomendado Programa de Monitoramento.

O Quadro 11.2.1-18 mostra o levantamento de espécies de potencial ocorrência para a área do Projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários levantados.



Quadro 11.2.1-18: Levantamento de espécies registradas e de potencial ocorrência para a área do projeto Santa Quitéria com base nos dados secundários

TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021; 2023)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
DIDELPHIMORPHA Gill, 1872 sensu Marshall, Case e Woodburne, 1990						
Didelphidae Gray, 1821						
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Cassaco-de-orelha-branca	LC	-	X	X	EIA (2014)
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	Cuíca-pequena	LC	-	X	X	EIA (2014)
<i>Monodelphis doméstica</i> (Wagner, 1842)	Rato-cachorro	LC	-	X	X	EIA (2014),2
CINGULATA, Illiger, 1811						
Chlamyphoridae, Bonaparte, 1850						
<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-galinha	LC	-	X	X	EIA (2014)
<i>Dasypus septemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatuí	LC	-	-	X*	EIA (2014)**
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatupeba	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
<i>Tolypeutes tricinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-bola	VU	EN	-	X*	EIA (2014)**
PILOSA Flower, 1883						
Myrmecophagidae Gray 1825						
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	LC	-	-	X*	EIA (2014)**
PRIMATES Linnaeus, 1758						
Callithichidae(Gray, 1821)						

TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021; 2023)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
<i>Callithrix jacchus</i> (Linnaeus, 1758)	Sagui-de-tufo-branco	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
Cebidae Gray, 1825						
<i>Sapajus libidinosus</i> (Spix, 1823)	Macaco-prego	NT	NT	X	X	EIA (2014)
CARNIVORA Bowdich, 1821						
Canidae G. Fischer, 1817						
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato, raposinha	LC	-	X	X	1, EIA (2014)
Felidae Fischer von Waldheim 1817						
<i>Leopardus sp.</i>	Gato-do-mato	-	-	-	X	EIA (2014)
<i>Leopardus emiliae</i> (Thomas, 1914)	Gato-do-mato-pequeno	VU	EN	X	X	1
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma, onça-parda	LC	VU	X	X	EIA (2014)
<i>Puma yagouaroundi</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Gato-mourisco	LC	VU	X	X	EIA (2014)
Mephitidae Bonaparte, 1845						
<i>Conepatus semistriatus</i> (Lichtenstein, 1838)	Ticaca, Gambá	LC	-	X	X	EIA (2014)
Procyonidae Gray, 1825						
<i>Procyon cancrivorous</i> (Cuvier, 1798)	Mão-pelada, guaxinim	LC	-	-	X	1, EIA (2014)
ARTIODACTYLA Owen, 1848						
Cervidae Goldfuss, 1820						

TÁXON	NOME COMUM	IUCN	MMA	DADOS PRIMÁRIOS (2021; 2023)	EIA (2014)	DADOS SECUNDÁRIOS
<i>Mazama gouazoubira</i> Fischer, 1814	Veado-catingueiro	LC	-	X	X	EIA (2014)
Tayassuidae Palmer, 1897						
<i>Pecari tajacu</i> Linnaeus, 1758	Caititu	LC	-	X	X*	1, EIA (2014)**
RODENTIA Bowdich, 1821						
Caviidae G. Fischer, 1817						
<i>Galea spixii</i> (Wagler, 1831)	Preá	LC	-	X	X	EIA (2014)
<i>Kerodon rupestris</i> (Wied-Neuwied, 1820)	Mocó	LC	VU	X	X	EIA (2014)
Cricetidae G. Fischer, 1817						
<i>Calomys expulsus</i> Lund, 1841	Rato-calunga	LC	-	-	X	EIA (2014)
<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	Pixuna	LC	-	-	X	EIA (2014)
<i>Oligoryzomys</i> sp.	Ratinho-de-rabo-comprido	LC	-	X	X	EIA (2014)
<i>Wiedomys cerradensis</i> Gonçalves, Almeida e Bonvicino, 2005*	Rato-palhaço	DD	-	X	X	EIA (2014), 2
Echimyidae Gray, 1825						
<i>Thrichomys laurentius</i> 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 três campanhas de levantamento da fauna para o diagnóstico ambiental do Projeto Santa Quitéria, foram obtidos 658 registros, pertencentes a 21 espécies da mastofauna terrestre, sendo 481 indivíduos de dez espécies mamíferos de pequeno porte e 163 de outras 11 espécies de mamíferos de médio e grande portes. Ao unirmos esses dados primários com os dados secundários, a riqueza da área de estudo sobe para 26 espécies.

Apesar da característica de levantamento rápido, os números obtidos nesse estudo são extremamente relevantes e representativos da mastofauna terrestre regional. A análise de suficiência amostral gerou uma curva de acumulação de espécies próxima à estabilização, com os estimadores indicando que tenha sido contemplado cerca de 91% das espécies possíveis através dos métodos utilizados, 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 topo de cadeia, 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 *C. thous*, *C. jacchus* e *D. albiventris*. No entanto, os registros de espécies incluídas em categorias de ameaça em lista nacional (MMA, 2022) e internacional (IUCN, 2022) como *L. emiliae*, *H. yagouaroundi* e *K. 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 portes.

O registro de bandos de macaco-prego (*S. libidinosus*), incluindo filhotes, é outro dado importante. Essa espécie encontra-se atualmente restrita a áreas mais conservadas da Caatinga, 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.

Embora os mamíferos de médio e grande portes 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 portes, 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). Outro problema 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 em nível nacional ou internacional. Para este estudo em específico se enquadram nessa categoria as espécies *K. rupestris*, *L. emiliae* e *H. yagouaroundi*.

A mitigação dos impactos negativos deve abranger os locais diretamente afetados pela supressão vegetal, ao passo que deve ser evitada 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 11.2.1-109: *Monodelphis domestica* com filhotes presos nas mamas.



Figura 11.2.1-110: *Euphractus sexcinctus* capturado no Pitfall.



Figura 11.2.1-111: Espécime de *Calomys mattevii* capturado e marcado.



Figura 11.2.1-112: Espécime de *Necromys lasiurus* capturado e marcado.



Figura 11.2.1-113: Espécime de *Wiedomys cerradensis* capturado e marcado.



Figura 11.2.1-114: Espécime de *Cercodon thous* registrado na armadilha fotográfica no ponto 1.



Figura 11.2.1-115: Espécime de *Conepatus amazonicus* registrado na armadilha fotográfica no ponto 2.



Figura 11.2.1-116: Espécime de *Subulo gouazoubira* registrado na armadilha fotográfica do ponto 7.



Figura 11.2.1-117: Espécime de *Thrichomys laurentius* registrado na armadilha fotográfica do ponto 10.



Consultoria Econômica e Ambiental



+55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO



Rua Jerônimo da Veiga, 164, 18° andar  
São Paulo, SP CEP 04536-900



@tetramais

[www.tetramais.com.br](http://www.tetramais.com.br)

ANEXO XV

---

PARECER SOBRE  
*Lonchophylla* sp



# RELATÓRIO TÉCNICO

---

<b>Serviço</b>	Prestação de Serviço especializado, com característica individualizada em identificação taxonômica de 12 exemplares de morcegos do grupo Phyllostomidae, gênero <i>Lonchophylla</i> (Mammalia, Chiroptera), oriundos de Santa Quitéria, Ceará, conforme serviços descritos na Proposta de Prestação de Serviços apresentada em 29/11/2023 incluindo preparação de espécimes, extração e sequenciamento de DNA a partir de amostras de tecido, análise genética e elaboração de laudo técnico.
<b>Contratante</b>	Tetra Mais Consultoria Ltda. CNPJ: 14.366.110/0001-86
<b>Executora</b>	PATRICIA PILATTI, Ph.D. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) – Pós-doutorado Universidade Federal da Paraíba – UFPB IBAMA 2211-05 - CRBIO 92.727/05-D CNPJ: 39.391.589/0001-31
<b>Contato</b>	e-mail: <a href="mailto:patriciapilatti@gmail.com">patriciapilatti@gmail.com</a> Telefone / Whatsapp: (81) 98204-0933 Currículo Lattes: <a href="http://lattes.cnpq.br/2465302188350210">http://lattes.cnpq.br/2465302188350210</a> LabPage: <a href="#">Coleção de Mamíferos UFPB</a>   <a href="#">Laboratório de Mastozoologia UFPE</a> Redes: <a href="#">LinkedIn</a>   <a href="#">ResearchGate</a>
<b>Endereço Residencial</b>	Rua Francisco Timóteo de Souza, nº 414, Bloco A, apt. 404 Anatolia – CEP 58.052-130 João Pessoa, Paraíba, Brasil
<b>Endereço Profissional</b>	Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE) Laboratório de Mamíferos, UFPB Campus I Castelo Branco – CEP 58.050-585 João Pessoa, Paraíba, Brasil



## Sumário

RELATÓRIO TÉCNICO .....	3
Contextualização teórica .....	3
Material e Métodos .....	3
Resultados .....	5
Análises Morfológicas .....	5
Análises Moleculares.....	6
Discussão .....	7
Conclusões.....	8
Literatura consultada .....	8

## RELATÓRIO TÉCNICO

---

### Contextualização teórica

Nos dias atuais, a determinação de novos táxons e sua subsequente descrição requer que se priorize uma abordagem integrativa das informações disponíveis sobre suas populações, ou seja, que incorpore diferentes conjuntos de dados (morfológicos, ecológicos, comportamentais, biogeográficos, genéticos etc.) em busca de um resultado de consenso com uma clara delimitação entre as espécies (Solari et al. 2019). Entretanto, ferramentas moleculares ainda são pouco empregadas no estudo do grupo dos morcegos nectarívoros da subfamília Lonchophyllinae, uma vez que apenas as descrições de gêneros e espécies mais recentes tem explorado tais metodologias (Parlos et al. 2014, Velazco et al. 2017).

Em contraste, a análise morfológica em combinação a análises quantitativas multivariadas que exploram as variações de tamanho a partir de medidas lineares, tem sido as ferramentas mais amplamente aplicadas na descoberta e descrição das espécies. Para as espécies de *Lonchophylla* com ocorrência no Brasil, a análise qualitativa morfológica comparativa foi a principal abordagem para a descrição formal de três espécies (Thomas 1903, Sazima et al. 1978, Taddei et al. 1983), enquanto as outras duas espécies utilizaram também análises morfométricas e análises multivariadas em adição aos caracteres discretos (Dias et al. 2013, Moratelli and Dias 2015).

Especificamente no caso da Caatinga, a variação morfológica das espécies de *Lonchophylla* com ocorrência na Caatinga determinou a descrição da espécie mais recente, *L. inexpectata* (ainda não avaliada pela IUCN) ocorrendo em simpatria com a espécie mais antiga, *L. mordax* (classificada como Near Threatened pela IUCN; Sampaio et al. 2016). Além disso, pesquisadores identificaram a presença da espécie *L. dekeyseri* (classificada como Endangered pela IUCN; Aguiar and Bernard 2016) em determinadas localidades de Caatinga nos estados da Paraíba, Ceará e Piauí, a despeito desta ser uma espécie endêmica do Cerrado.

A falta de delimitação taxonômica e geográfica destas espécies são fatores contribuem na dificuldade na identificação das espécies deste grupo de morcegos na Diagonal Seca do Brasil com precisão, de modo que o gênero *Lonchophylla* é considerado atualmente um dos principais objetos de incertezas taxonômicas, o que inclui a população de morcegos nectarívoro na localidade de Santa Quitéria - CE. Uma vez que a presença de táxons ameaçados de extinção tem implicações diretas em tomadas de decisão e no direcionamento ações de conservação relacionadas a quaisquer atividades antrópicas, se faz requisito a identificação taxonômica precisa da biodiversidade local.

### Material e Métodos

Os espécimes coletados na localidade de Santa Quitéria – CE foram examinados e analisados em comparação com as descrições originais das espécies válidas para o gênero no Brasil, registros de ocorrência, chaves de identificação e a exemplares previamente depositados em coleções científicas, representantes das espécies com provável ocorrência na região de estudo de acordo com os registros em literatura (*L. mordax*, *L. inexpectata* e *L. dekeyseri*).

Devido à alta similaridade na morfologia externa entre estas espécies, as análises morfológicas dos exemplares coletados em Santa Quitéria foram baseadas no exame de caracteres cranianos e dentários discretos sob microscópio estereoscópico e na análise morfométrica de 18 medidas lineares

crânio-dentárias, tomadas com o uso de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). Foram selecionados caracteres específicos para *Lonchophyllinae*, compilados a partir das listas de caracteres examinadas pelos descritores das espécies bem como de observações feitas diretamente durante o estudo dos exemplares (Pilatti 2022).

Além dos 12 exemplares de Santa Quitéria, foram incluídos nas análises morfológicas 17 espécimes de *Lonchophylla dekeyseri* Taddei, Vizotto e Sazima, 1983, restritas a ocorrências em Goiás e Distrito Federal; 58 espécimes de *Lonchophylla mordax* Thomas, 1904, restrita ao registros de ocorrência no estado de Sergipe; e 21 espécimes de *Lonchophylla inexpectata* Moratelli e Dias, 2015, de ocorrência em Exu – Pernambuco, em conformidade com a distribuição geográfica definida por Moratelli and Dias (2015), priorizando espécimes de ocorrência próxima das localidades da série tipo de cada espécie. Os exemplares estão depositados nas seguintes coleções: MZUSP - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, UFPB - Coleção de Mamíferos da Universidade Federal da Paraíba, UFPE - Coleção de Mamíferos da Universidade Federal de Pernambuco, CCUNB - Coleção de Chiroptera da Universidade de Brasília e ALP/UFRRJ – Coleção Adriano Lúcio Perachhii e LDM/UFRRJ - Laboratório de Diversidade de Morcegos, ambas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para delimitar o morfoespaço ocupado pela população de Santa Quitéria, as medidas lineares foram analisadas a partir de análises multivariadas sobre a matriz de covariância por meio de Análise de Componentes Principais e Análise de Função Discriminante, utilizando o software PAST v. 4.17 (Hammer et al. 2001). Apenas espécimes adultos foram considerados.

Levando em consideração a possibilidade da ocorrência de espécies crípticas dentro do gênero *Lonchophylla*, a exemplo do que ocorre em outros loncofilíneos da região nordeste (Benathar et al. 2024, Pilatti et al. [submetido para publicação]), e a falta de delimitação taxonômica, morfológica e geográfica das espécies de provável ocorrência na região, foram incluídas neste estudo sequências gênicas mitocondriais para análise genética tanto dentro da população de Santa Quitéria como entre esta e as espécies de referência para a região. O gene selecionado foi o Citocromo b (*Cytb*), por ser um dos principais marcadores genéticos atualmente utilizados na identificação de espécies de morcegos (Gonçalves et al. 2023).

O DNA genômico foi extraído a partir de amostras de tecido, preservadas em etanol analítico P.A., utilizando o protocolo de extração para o kit *Beads* (Zymo Research- Quick DNA/RNA Viral MagBead), e amplificado por meio de reações em cadeia da polimerase (PCR) utilizando primers para *Cytb* específico para morcegos, disponibilizados em literatura (Martins et al. 2007), e manufaturados em serviço de terceiros. Os produtos das reações foram submetidos à eletroforese em gel de agarose e posterior avaliação da integridade em transluminador UV. As amostras positivas foram enviadas para sequenciamento em serviço terceirizado, enquanto as amostras negativas foram submetidas a novo ciclo de amplificação e/ou extração. A qualidade das sequências obtidas foi verificada no software Geneious Prime 2024.0.5 (Kearse et al. 2012). As sequências que atenderam aos requisitos mínimos foram incluídas em banco de dados, alinhadas e editadas manualmente no BioEdit 7.7 (Hall 1999). A matriz de distâncias genéticas intra e interespecíficas foi calculada utilizando o software MEGA 11 (Tamura et al. 2021).

Uma vez que, até o momento, não há sequências gênicas das espécies brasileiras disponíveis em publicações e/ou bancos de dados online (e.g. GenBank), além das 12 amostras de Santa Quitéria, também foram sequenciados para fins de comparação, neste estudo, 12 amostras de *L. dekeyseri*; 11 de *L. mordax* e 06 amostras de *L. inexpectata*. A série de *L. inexpectata* não dispõe de amostras de tecido, de

modo que foram utilizadas amostras oriundas de áreas de Caatinga do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (populações vizinhas).

## Resultados

### Análises Morfológicas

Em análise qualitativa, todos os exemplares de Santa Quitéria correspondem ao gênero *Lonchophylla* por atender a todos os caracteres diagnósticos do mesmo, como: incisivos superiores protusos e internos marcadamente maiores que os externos, molares reduzidos em complexidade mas com padrão de cúspides normal, presença de sulcos longitudinais profundos nas laterais da língua, ausência de papilas filiformes com extremidades filamentosas na ponta da língua, presença do cingulo do canino, antebraço acima de 34 mm, base dos pelos dorsais mais clara que as pontas, e outros.

Em relação às espécies brasileiras dentro do gênero *Lonchophylla*, distinguem-se muito prontamente de *L. peracchii* e *L. bokermanni* tanto pela morfologia externa (padrão de coloração e padrão de cobertura dos pelos), quanto por caracteres crânio-dentários discretos (ausência de sulco longitudinal na face anterior nos caninos superiores, fossas basisfenóides profundas e septo bem desenvolvido, cingulo lingual no premolar posterior sempre presente), não sendo necessárias análises comparativas mais aprofundadas destas (quantitativas ou moleculares). Já em relação às demais, apresenta sobreposição parcial na morfologia externa e tamanho corporal compatíveis com as espécies *L. dekeyseri*, *L. mordax* e *L. inexpectata*, requisitando, necessariamente, análises detalhadas em laboratório para a identificação entre estas.

Os espécimes de Santa Quitéria apresentaram alguns caracteres qualitativos considerados exclusivos de *L. dekeyseri*, como a presença de sulco na face posterior do canino, terceiro pré-molar robusto em vista oclusal e estão dentro do intervalo na relação entre comprimento do crânio e antebraço (0,60-0,62) conhecido para *L. dekeyseri* (0,57-0,62). Estes caracteres são utilizados na distinção de *L. dekeyseri* em relação às espécies *L. mordax* e *L. inexpectata* e estão presentes nos exemplares de Santa Quitéria. Entretanto, os mesmos não apresentaram o conjunto completo de caracteres crânio-dentários diagnósticos necessários para a sua determinação absoluta como *L. dekeyseri*. Por exemplo, em relação à coroa dentária dos dentes molares, apresenta morfologia considerada exclusiva das espécies *L. mordax* e *L. inexpectata*, com cúspides desenvolvidas e projetadas sobre o dente adjacente em contraste a cúspides rudimentares ou não projetadas esperadas para *L. dekeyseri*.

Na análise de componentes principais (PCA) baseada em medidas crânio-dentárias, os exemplares de Santa Quitéria e de *L. dekeyseri* formaram agrupamentos individualizados, distintos das demais espécies com pouca sobreposição, enquanto *L. mordax* e *L. inexpectata* apresentaram maior sobreposição entre si. Portanto, a população de Santa Quitéria não se agrupou significativamente com nenhuma das duas espécies consideradas para análise. Analisando cada componente separadamente, houve sobreposição parcial com parte dos indivíduos de *L. dekeyseri*, ao longo do primeiro componente principal, correspondente às medidas de comprimento, enquanto ao longo do segundo componente, houve sobreposição total com as espécies *L. mordax* e *L. inexpectata*, correspondentes às medidas de largura do crânio (Figura 1). Este resultado indica que a população de Santa Quitéria ocupa um morfoespaço distinto das demais espécies.

A análise discriminante (LDA) gerou uma matriz de classificação com 88,5% de correspondência entre a identificação dos espécimes *a priori* (baseada em análise qualitativa) e a estimada pela análise (estatística sobre as medidas cranianas). A validação através do método Jackknife gerou uma matriz de classificação com 76,9% em que, dos 12 exemplares de Santa Quitéria, nove foram classificados pela em seu respectivo grupo, dois foram classificados no grupo de *L. dekeyseri* e um no grupo *L. inexpectata*. Este resultado possivelmente corresponde a extremos de variação em tamanho e evidencia que a sobreposição morfométrica da população de Santa Quitéria é muito baixa com outras espécies, a despeito da grande semelhança na morfologia externa existente nestes grupos.

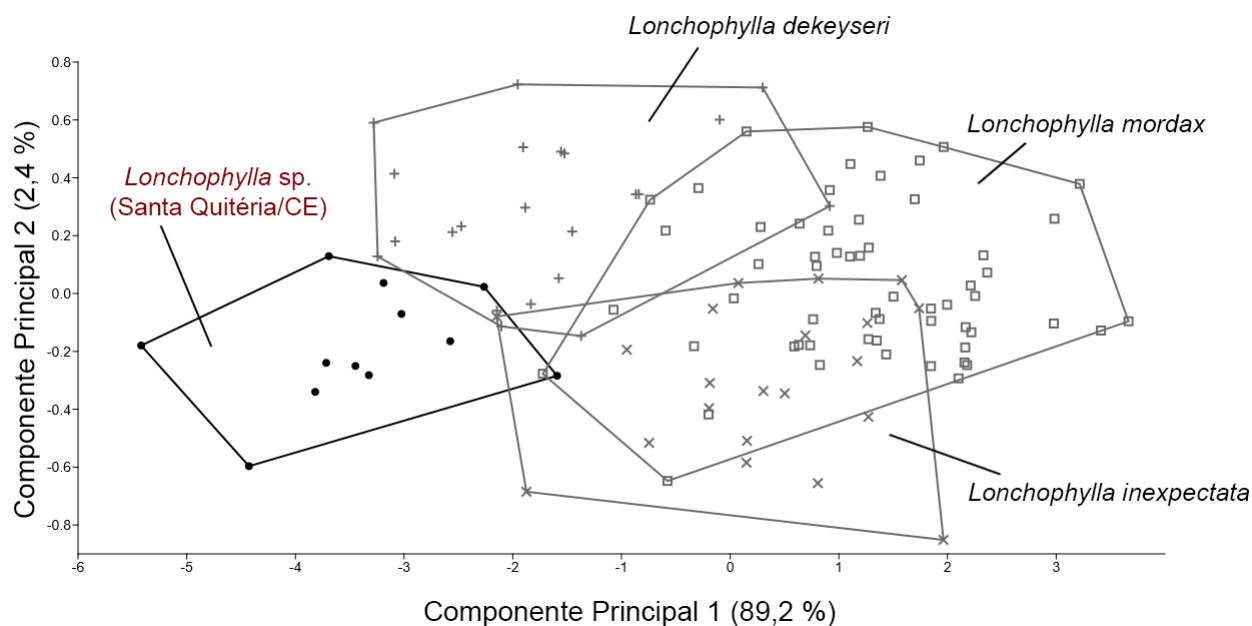


Figura 1 Gráfico de dispersão da Análise de Componentes Principais sobre conjunto de 18 medidas cranianas. Legenda: ●: exemplares de Santa Quitéria; +: espécimes de *L. dekeyseri*; x: *L. inexpectata*; e □ *L. mordax*.

## Análises Moleculares

Das 12 amostras de tecido oriundas de Santa Quitéria, oito foram sequenciadas com sucesso e foram, portanto, incluídas nas análises. Para fins comparativos, os exemplares foram agrupados como grupo “Santa Quitéria”.

A distância genética média pareada para o marcador *Cytb* entre o agrupamento “Santa Quitéria” e as demais espécies foi de 9,1% para *L. dekeyseri*, 2% para *L. mordax* e 0,7% para *L. inexpectata* (Tabela 1).

A distância genética média dentro dos agrupamentos variou de 0,2% em *L. mordax*, espécie que se mostrou mais coesa geneticamente, a 0,6% em *L. inexpectata*, enquanto o grupo “Santa Quitéria” apresentou variação genética média de 0,5% (Tabela 1).

Este resultado indica que os 12 exemplares aqui considerados como representantes da população de *Lonchophylla* de Santa Quitéria, podem ser considerados pertencentes a um único táxon, não evidenciando a existência de mais de uma espécie nesta localidade, até o momento.



**Tabela 1** Distâncias genéticas pareadas, em porcentagem, entre as sequências de *Cytb* de espécies e morfogrupos de *Lonchophylla*. Distâncias genéticas intraespecíficas, em negrito.

	"Santa Quitéria"	<i>L. dekeyseri</i>	<i>L. mordax</i>	<i>L. inexpectata</i>
"Santa Quitéria"	<b>0.5%</b>	-	-	-
<i>L. dekeyseri</i>	9.1%	<b>0.5%</b>	-	-
<i>L. mordax</i>	2.0%	8.6%	<b>0.2%</b>	-
<i>L. inexpectata</i>	0.7%	8.8%	1.9%	<b>0.6%</b>

Dada a maior distância genética, diferenciação morfológica e por se tratar de localidades geograficamente distantes de *L. mordax*, sugere-se a identificação dos exemplares de Santa Quitéria como representantes de *Lonchophylla inexpectata* por serem geneticamente indistinguíveis e terem, potencialmente, a mesma distribuição geográfica:

Classificação Sistemática e Identificação taxonômica:

Ordem Chiroptera Blumenbach, 1779

Família Phyllostomidae Gray, 1825

Subfamília Lonchophyllinae Griffiths, 1982

Tribo Lonchophyllini Griffiths, 1982

Gênero *Lonchophylla* Thomas, 1903

Espécie *Lonchophylla inexpectata* Moratelli e Dias, 2015

## Discussão

A existência de espécimes da localidade de Santa Quitéria tombados em coleção científica possibilitou a descrição da variação morfológica encontrada no grupo, bem como detectar a diferenciação morfométrica deste em relação às espécies conhecidas. Todos os exemplares aqui analisados atendem à diagnose do gênero *Lonchophylla*, e podem ser inequivocadamente diferenciados morfológicamente de outros gêneros de morcegos nectarívoros de ocorrência da região, tanto da subfamília Lonchophyllinae como da subfamília Glossophaginae. Dentro do gênero *Lonchophylla*, podem ser inequivocadamente diferenciados de *L. peracchii* e *L. bokermanni* mesmo em situação de campo, a partir da morfologia externa.

Exemplares previamente coletados em Santa Quitéria, em diferentes estudos, foram previamente identificados pelos coletores tanto como *L. dekeyseri*, espécie ameaçada de extinção e considerada endêmica do Cerrado, como *L. mordax*, espécie atualmente categorizada como quase ameaçada e de distribuição restrita ao limite leste da Caatinga e zona de transição com a Mata Atlântica da região Nordeste. Posteriormente a estes estudos, uma nova espécie, *L. inexpectata* foi descrita para a Caatinga.

Os resultados da análise molecular apontam uma divergência genética superior a 9% entre os exemplares de Santa Quitéria e a espécie *L. dekeyseri*, indicando que, baseado nos exemplares coletados, não há a ocorrência desta espécie na localidade de estudo. Entretanto, foi possível verificar que tais exemplares apresentam caracteres considerados exclusivos de *L. dekeyseri*, o que pode explicar a identificação preliminar vista em alguns estudos para esta região e indica que é necessária uma análise extremamente cuidadosa de indivíduos de *Lonchophylla* que venham a ser capturadas em regiões próximas da distribuição potencial desta espécie.

Especiação é um processo contínuo, e o grau de divergência considerado “suficiente” para a distinção entre táxons depende tanto do modelo teórico adotado quanto das características do grupo estudado. Embora o grupo Santa Quitéria apresente caracteres discretos discordantes e esteja fora do intervalo de variação conhecido para as demais espécies (*L. mordax* e *L. inexpectata*), a divergência genética encontrada para estes grupos é inferior ao utilizado atualmente como limiar (2,5-3%) para a distinção entre táxons válidos em outros grupos de morcegos, sugerindo tratar-se de variação intraespecífica (p. ex. Pavan and Marroig 2016, Garbino et al. 2020, Benathar et al. 2024).

Para assumir caráter adaptativo, um dos critérios que a divergência fenotípica deve atender é apresentar uma base genética, além de não ser aleatória e refletir divergência ecológica. Baseado nesta premissa, se entende por mais parcimonioso considerar os exemplares de Santa Quitéria como uma variação pertencente ao complexo *L. mordax*/*L. inexpectata*, uma vez que a delimitação taxonômica e morfológica destas espécies é desconhecida devido à ausência de análises moleculares, sendo consideradas espécies de difícil identificação taxonômica.

## Conclusões

A análise dos exemplares de Santa Quitéria incorpora novos dados para este grupo de espécies e indicam, além da divergência fenotípica encontrada nas populações de *Lonchophylla* da Caatinga, uma potencial estruturação genética das populações de *L. mordax* na região Nordeste.

Os exemplares de Santa Quitéria estudados se mostraram morfometricamente distintos das três espécies de referência aqui utilizadas, de modo que não foi possível sustentar a identificação do espécime a nenhuma das espécies válidas quando utilizada apenas análise morfológica. Com a inclusão da análise genética, uma ferramenta imprescindível atualmente no estudo da biodiversidade, foi possível descartar a ocorrência de *L. dekeyseri* entre os exemplares coletados, pois as diferenças morfológicas foram corroboradas pela alta distância genética entre estes grupos.

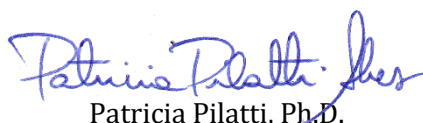
Já com relação às espécies *L. inexpectata* e *L. mordax*, não houve um consenso entre os dados morfológicos e genéticos. Embora haja diferenciação morfológica, a distância genética encontrada é inferior ao limite mínimo atualmente utilizado na literatura científica para que se considerem uma espécie diferente ou espécie nova. Por isto, se considera que os exemplares coletados em Santa Quitéria podem corresponder a uma variação intraespecífica das espécies do complexo *L. mordax* \ *L. inexpectata*, uma vez que, com o conhecimento atual, não é possível distinguir geneticamente estas espécies. A classificação e distribuição geográfica destas espécies estão ainda em estudo.

## Literatura consultada

- AGUIAR, L. M. S. and E. BERNARD. 2016. *Lonchophylla dekeyseri*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- BENATHAR, T. C. M., L. C. TREVELIN, J. C. CARNEIRO, L. R. R. RODRIGUES, I. SAMPAIO, P. C. O'BRIEN, M. A. FERGUSON-SMITH, F. YANGG, C. Y. NAGAMACHI, and J. C. PIECZARKA. 2024. A case of cryptic diversity in the bat *Hsunycteris thomasi* (Lonchophyllinae, Chiroptera): New insights into unrecognized species. *Zoologica Scripta* 00:1-16.
- DIAS, D., C. E. ESBÉRARD, and R. MORATELLI. 2013. A new species of *Lonchophylla* (Chiroptera, Phyllostomidae) from the Atlantic Forest of southeastern Brazil, with comments on *L. bokermanni*. *Zootaxa* 3722:347-360.
- GARBINO, G. S. T., B. K. LIM, and V. D. C. TAVARES. 2020. Systematics of big-eyed bats, genus *Chiroderma* Peters, 1860 (Chiroptera: Phyllostomidae). *Zootaxa* 4846:zootaxa 4846 4841 4841.
- GONÇALVES, C. F., C. d. S. CARVALHO, V. DA CUNHA TAVARES, L. M. S. AGUIAR, A. P. CARMIGNOTTO, and P. M. GALETTI. 2023. Genetic Tools for the Conservation of Bats. Pp. 47-71, in *Conservation Genetics in the Neotropics* (Jr. PMG ed.). Springer Cham.
- HALL, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl Acids Symp Ser* 41:95-98.

- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER, and P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological STatistics software package for education and data analysis.
- KEARSE, M., R. MOIR, A. WILSON, S. STONES-HAVAS, M. CHEUNG, S. STURROCK, S. BUXTON, A. COOPER, S. MARKOWITZ, C. DURAN, et al. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics* 28:1647-1649.
- MARTINS, F. M., A. D. DITCHFIELD, D. MEYER, and J. S. MORGANTE. 2007. Mitochondrial DNA phylogeography reveals marked population structure in the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Phyllostomidae). *J Zool Syst Evol Res* 45:372-278.
- MORATELLI, R. and D. DIAS. 2015. A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae). *ZooKeys* 514:73-91.
- PARLOS, J. A., R. M. TIMM, V. J. SWIER, H. ZEBALLOS, and R. J. BAKER. 2014. Evaluation of paraphyletic assemblages within Lonchophyllinae, with description of a new tribe and genus. *Occas Pap Tex Tech Univ Mus* 320:1-23.
- PAVAN, A. C. and G. MARROIG. 2016. Integrating multiple evidences in taxonomy: species diversity and phylogeny of mustached bats (Mormoopidae: Pteronotus). *Mol Phylogenet Evol* 103:184-198.
- PILATTI, P. 2022. Variação morfológica e distribuição geográfica em morcegos nectarívoros dos gêneros *Xeronycteris* e *Lonchophylla* (chiroptera: Phyllostomidae: Lonchophyllinae) com ocorrência no Brasil. Ph.D., Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PILATTI, P., T. C. BENATHAR, P. A. ROCHA, R. KOROIVA, C. F. GONÇALVES, M. BELTRÃO, A. P. CARMIGNOTO, R. MORATELLI, and D. ASTÚA. [submetido para publicação]. *Hsunycteris* (Chiroptera, Phyllostomidae, Lonchophyllinae) hidden diversity in Brazil: new records encompassing new biomes reveal an unnamed species in the Brazilian Atlantic Forest.
- SAMPAIO, E., B. LIM, and S. PETERS. 2016. *Lonchophylla mordax*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- SAZIMA, I., L. D. VIZOTTO, and V. A. TADDEI. 1978. Uma nova espécie de *Lonchophylla* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). *Rev Brasil Biol* 38:81-89.
- SOLARI, S., C. G. SOTERO-CAIO, and R. J. BAKER. 2019. Advances in systematics of bats: towards a consensus on species delimitation and classifications through integrative taxonomy. *J Mammal* 100:838-851.
- TADDEI, V. A., L. D. VIZOTTO, and I. SAZIMA. 1983. Uma nova espécie de *Lonchophylla* do Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae). *Ciência e Cultura* 35:625-629.
- TAMURA, K., G. STECHER, and S. KUMAR. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Mol Biol Evol* 38:3022-3027.
- THOMAS, O. 1903. Notes on South-American monkeys, bats, carnivores, and rodents, with descriptions of new species. *The Annals and magazine of natural history; zoology, botany, and geology being a continuation of the Annals combined with Loudon and Charlesworth's Magazine of Natural History* 12:455-464.
- VELAZCO, P. M., A. SOTO-CENTENO, D. W. FLECK, R. S. VOSS, and N. B. SIMMONS. 2017. A new species of nectar-feeding bat of the genus *Hsunycteris* (Phyllostomidae: Lonchophyllinae) from Northeastern Peru. *Am Mus Novit* 3881:1-26.

João Pessoa – PB, 07 de outubro de 2024.



Patricia Pilatti, Ph.D.

Universidade Federal da Paraíba – UFPB  
IBAMA 2211-05 - CRBIO 92.727/05-D

## ANEXO XVI

---

## APIDAE



A large collage of four diamond-shaped images. Top-left: A lush green forested hill under a cloudy sky. Top-right: An industrial mining or processing site with large machinery and piles of material. Bottom-left: A close-up of a blue pipe or tunnel entrance in a rocky, brownish environment. Bottom-right: A large electrical transmission tower with power lines, overlaid with a grid of yellow and orange lines.

# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**VOLUME II-B**  
**Projeto Santa Quitéria**

Santa Quitéria/CE



## QUALIFICAÇÃO

**Cliente:** Consórcio Santa Quitéria

**Produto:** Estudo de Impacto Ambiental

**Objeto:** Volume II-A - Revisão do Subcapítulo de Apidae

**Contato:** João Carlos Derzi Tupinambá

**Data:** Setembro/2025

<b>NÚMERO:</b> 20_605_Vol.IIB	<b>ELABORADO POR:</b> Tetra+	<b>APROVADO POR:</b> Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto	<b>DATA:</b> Setembro/2025
----------------------------------	---------------------------------	--	-------------------------------

## SUMÁRIO

11 Diagnóstico ambiental .....	281
11.2 Meio biótico .....	281
11.2.1 Ecossistemas Terrestres .....	281
11.2.1.1 Fauna .....	281
11.2.1.1.8 Apidae .....	281
A. Introdução .....	281
B. Metodologia .....	282
C. Resultados e Discussão .....	285
D. Considerações Finais .....	329
E. Relatório Fotográfico .....	331

## LISTA DE FIGURAS

Figura 11.2.1-155: Riqueza das subfamílias e tribos da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	286
Figura 11.2.1-156: Abundância das subfamílias e tribos da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	286
Figura 11.2.1-157: Abundância total e percentual das espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	287
Figura 11.2.1-158: 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. ....	293
Figura 11.2.1-159: Ninho de <i>Frieseomelitta varia</i> , no tronco de Angico, no Ponto 6, na área do Projeto Santa Quitéria. ....	295
Figura 11.2.1-160: Entrada do ninho de <i>Frieseomelitta varia</i> , no tronco de Umburana, no Ponto 2 na área do Projeto Santa Quitéria. ....	295
Figura 11.2.1-161: Ninho de <i>Trigona</i> sp. (lado superior direito) no Ponto 4, na área do Projeto Santa Quitéria. ....	296
Figura 11.2.1-162: Curva de acumulação de espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria. ....	297
Figura 11.2.1-163: Curva de acumulação de espécies abelhas (Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria das amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014). ....	298
Figura 11.2.1-164: Similaridade entre os pontos amostrais de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	301
Figura 11.2.1-165: Curva de rarefação para as áreas de influência (ADA, AID e CO) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	302
Figura 11.2.1-166: Índices de diversidade para as áreas de influência (ADA, AID e CO) na área do Projeto Santa Quitéria. ....	303
Figura 11.2.1-167: <i>Euglossa melanotricha</i> . ....	331
Figura 11.2.1-168: <i>Megachile</i> sp. ....	331

Figura 11.2.1-169: <i>Tetragona clavipes</i> .....	331
Figura 11.2.1-170: <i>Trigona spinipes</i> .....	331

## LISTA DE QUADROS

Quadro 11.2.1-31: Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria.....	289
Quadro 11.2.1-32: Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) de acordo com os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria.....	294
Quadro 11.2.1-33: Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria .....	300
Quadro 11.2.1-34: Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria .....	302
Quadro 11.2.1-35: Levantamento de dados secundários de abelhas (Hymenoptera: Apidae) e comparação com o levantamento da campanha chuvosa, maio de 2023, na área do Projeto Santa Quitéria.....	305

## 11 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 11.2 Meio biótico

#### 11.2.1 Ecossistemas Terrestres

##### 11.2.1.1 Fauna

##### 11.2.1.1.8 Apidae

#### A. Introdução

As abelhas (Insecta: Hymenoptera: Apidae) (MELO; GONÇALVES, 2005) são insetos alados, terrestres, cujas estruturas morfológicas possuem forte associação com a coleta de pólen, como o conjunto de cerdas especializadas denominado escopa, e a corbícula, concavidade com pequenas cerdas presente na superfície externa da tíbia posterior. Modificações adicionais do metatarso e metatíbia também podem estar presentes, como o rastelo e a aurícula, arranjos de pelos que auxiliam no processo de carregamento do pólen (SILVEIRA *et al.*, 2002; GULLAN; CRANSTON, 2007).

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 sistemas naturais. 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 seiva, resina, óleos, fragrâncias, néctar e pólen (ROUBIK, 1995; MICHENER, 2007). Em relação à coleta de recursos florais, como o pólen, existem espécies de abelhas oligoléticas, que são aquelas especializadas em coletar pólen em flores de plantas filogeneticamente próximas, muitas vezes de uma mesma família ou gênero (MICHENER, 2007).

Nesse contexto, as abelhas se configuram como os polinizadores mais importantes para a reprodução da maior parte das angiospermas e, assim, estabelecem função fundamental para produtividade das plantas e animais em quase todos os ecossistemas terrestres (NABHAN; BUCHMANN, 1996). A eficiência desses insetos na polinização está relacionada à dependência dos recursos florais desde a fase larval até a adulta, sendo o pólen a fonte proteica e o néctar a fonte energética (BAWA, 1990). Assim sendo, esses himenópteros possuem grande potencial como bioindicadores em programas de monitoramento ambiental (GRIMALDI; ENGEL, 2005). As abelhas possuem elevada sensibilidade às modificações na estrutura do ambiente ou comunidades biológicas, de modo que sua riqueza e abundância são influenciadas pela composição da flora e fauna, assim como pelos poluentes oriundos de atividades antrópicas (GULLAN; GRANSTON, 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).

Para o estado do Ceará, foram inventariadas 148 espécies de abelhas, o que representa 8% da riqueza nacional registrada para o grupo. Esse número certamente está subestimado devido às lacunas amostrais em diversas regiões do estado e a ocorrência de muitos espécimes identificados apenas até o nível de gênero na maioria dos estudos.

O levantamento de dados representantes da fauna é um importante indicativo do grau de antropização da área, sendo utilizado também como ferramenta para verificar a existência de espécies ameaçadas de extinção nos fragmentos florestais na área de influência de um empreendimento e realizar o reconhecimento da fauna do local. A partir desse cenário e a fim de compreender a composição faunística da área de influência do empreendimento em questão, foram realizadas coletas de campo com o objetivo de inventariar as espécies de abelhas existentes na região. Assim, 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 três campanhas de levantamentos de campo.

## B. Metodologia

### B.1. Levantamento de Apidae - Dados Secundários

No presente estudo, o levantamento de dados secundários se baseou nos resultados pretéritos registrados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado pela ARCADIS, em 2011, na área do Projeto Santa Quitéria (ARCADIS LOGOS, 2014) juntamente com dados de consulta bibliográfica a artigos científicos, livros e bases de dados on-line, além de relatórios técnicos e 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. Seguem abaixo todas as bases de consulta utilizadas:



- + Arcadis Logos (2014) - Nesse 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 morfoespécies, 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) - Esse 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. Levantamento de Apidae - Dados Primários

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 Ceará, distando 210 km de Fortaleza. As amostragens foram realizadas na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) (Mapa 11.2-2), além do ponto controle, localizado fora dos limites da AID (Quadro 11.2.1-2 e Figura 11.2.1-15 a Figura 11.2.1-21). 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. A localização geográfica e imagens representativas de cada unidade amostral durante as três campanhas foram apresentadas na seção Área de Estudo e Unidades Amostrais no início da seção de Meio Biótico.

### Amostragem

As campanhas foram realizadas nas seguintes datas: novembro de 2020 (06/11 a 13/11), com um dia off por problemas de saúde do consultor; fevereiro de 2021 (07/02 a 13/02) abril-maio de 2023 (29/04 a 05 /05). Em cada campanha foram aplicados métodos de coleta passivo, com uso de armadilhas e ativo, por meio de coleta 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.

Na coleta passiva, para a captura de abelhas de Euglossini e Meliponini, foram utilizadas armadilhas de garrafas-armadilha com essência, tipo pet, com iscas de cheiro e mel, uma vez que euglossíneos formam um grupo bastante especializado na coleta de odores florais em espécies de plantas, enquanto abelhas de Meliponini são atraídas pelo mel.

Foram instalados dois conjuntos de nove armadilhas-garrafas nos transectos, sendo um conjunto com armadilhas espaçadas cinco metros entre si e outro com armadilhas espaçadas 50 m entre si. 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. Na terceira campanha foram utilizados eugenol e eucaliptol como atrativos. Esses conjuntos foram instalados às 8h00 e inativados às 16h00, totalizando oito horas de amostragem por transecto. Assim, o esforço amostral por campanha foi de 1.008 armadilhas\*horas e considerando as três campanhas conjuntamente, o esforço amostral totalizou 3.024 armadilhas\*horas. Após o período de atividade das armadilhas, essas foram retiradas e, na manhã seguinte, instaladas em outro ponto amostral.

Enquanto as armadilhas ficavam expostas, a área de cada ponto amostral foi vistoriada ao longo de trilhas, bordas de mata e estradas à procura de abelhas em plantas com flores. 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. Essa metodologia de busca ativa foi iniciada diariamente às 9h00 e encerrada às 16h00, totalizando sete horas de amostragem. Essa metodologia totalizou um esforço de 49 horas por campanha e 147 horas ao final das três campanhas. Frascos mortíferos com acetato de etila foram utilizados em campo para o sacrifício e armazenamento dos espécimes capturados, contendo informações de localidade, data, tipo de amostragem e observações específicas.

Os espécimes de abelhas capturados foram montados em alfinetes entomológicos e secos em estufa a 42 °C por 48 horas, conforme procedimento padrão (SILVEIRA *et al.*, 2002)., conforme atesta a carta de recebimento da instituição depositária conveniada, no Anexo 11.2.3-3 - Volume V.

### B.3. Análise 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) (KREBS, 1989) 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.

Para determinar a eficiência do esforço amostral e a estimativa de riqueza da área, foi construída a curva de acumulação de espécies e curvas de estimativas. No geral, a curva formada exhibe o seguinte padrão: uma curva inicial ascendente de crescimento acelerado, que prossegue cada vez mais devagar, de acordo com o aumento do esforço amostral até formar um platô ou assíntota evidenciando esforço máximo. A estimativa da riqueza das espécies foi calculada pelo índice de *Jackknife* de primeira ordem. As curvas (de acúmulo e dos estimadores) foram obtidas através do número de espécies observadas e estimadas em relação ao esforço amostral (dias de amostragem). Porém, a ordem de coleta das amostras foi aleatorizada 1.000 vezes e foi construída uma curva média (baseada na riqueza média para cada número de amostra) para as três curvas. Para as estimativas de riqueza (*Jackknife* e *Chao 2*) e para a construção da curva de acúmulo de espécies, foi utilizado o software Estimates Win (COLWELL, 2005). Como forma de compensar o esforço de coleta diferenciado entre a ADA, AID e área Controle, foi realizada uma análise de rarefação no programa. Essa técnica reduz a amostragem a um ponto comum do número de indivíduos entre as áreas para que uma comparação mais realista possa ser feita.

## C. Resultados e Discussão

### C.1. Composição Faunística

Foram registrados 525 indivíduos agrupados em 35 táxons nas amostragens realizadas durante as três campanhas de levantamento (2020, 2021 e 2023). A subfamília Apinae apresentou as maiores riquezas durante as campanhas amostrais, registrando 24 táxons, distribuídos em oito tribos. Esse fato é esperado para o grupo, visto que essa subfamília é a mais representativa em Apidae. No que concerne às tribos, Meliponini apresentou a maior riqueza, registrando 11 espécies. A tribo Euglossini, por sua vez, registrou cinco espécies. Essas tribos pertencem à subfamília Apinae e são as mais representativas para essa subfamília. As demais tribos apresentaram valores de riqueza igual ou inferior a quatro espécies (Figura 11.2.1-155).

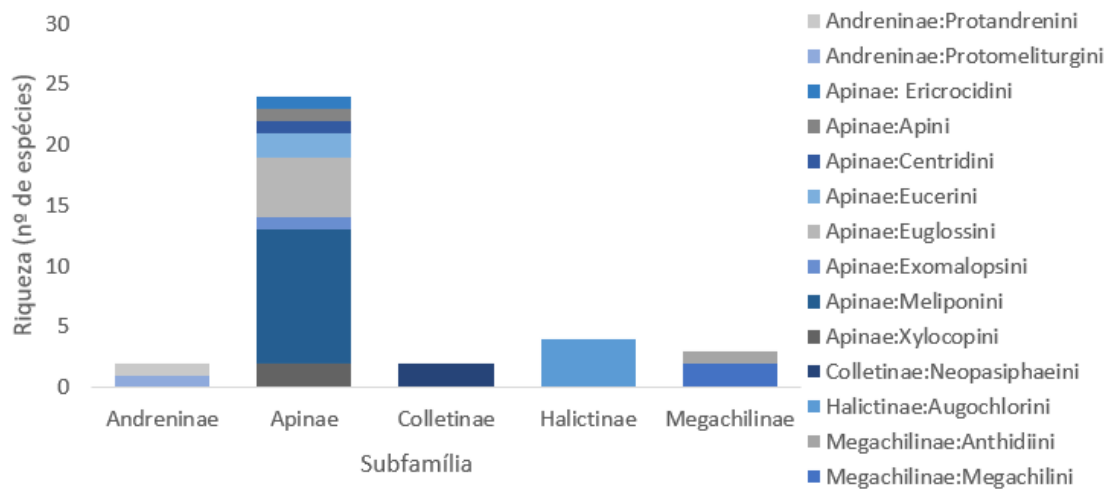


Figura 11.2.1-155: Riqueza das subfamílias e tribos da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria.

Em termos de abundância (Figura 11.2.1-156), novamente observa-se forte contribuição da subfamília Apinae, que registrou 505 indivíduos, cuja maior contribuição foi para a tribo Meliponini. As demais tribos apresentaram valores de abundância igual ou inferior a seis indivíduos.

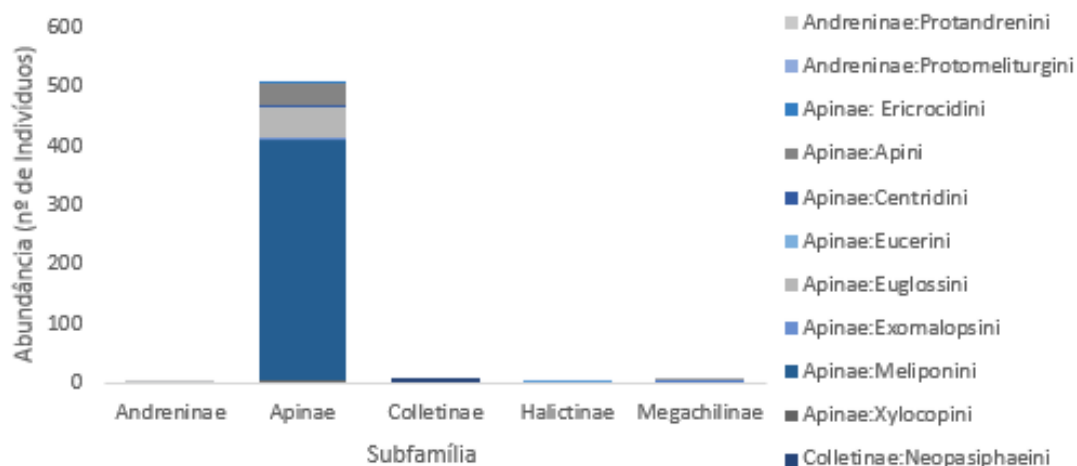


Figura 11.2.1-156: Abundância das subfamílias e tribos da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria.

Para melhor visualização dos resultados de espécies mais abundantes, selecionamos apenas as espécies cuja contribuição para a abundância total foi igual a 2%. A espécie mais abundante foi *Trigona spinipes* (Arapuá), com 183 indivíduos, representando 35% da amostra. *Frieseomelitta varia* (Marmelada-Amarela) também apresentou grande abundância com 143 espécimes, o que equivale a 27% da abundância total. Outras espécies mais frequentes foram *Pebleia flavocincta* (N=38; 7%), *Apis mellifera* (N=37; 7%) e *Euglossa fimbriata* (N=20; 4%).

As demais espécies registradas apresentaram menos do que 20 indivíduos (*Eufriesea auriceps*, *Frieseomelitta* sp., *Trigonisca pediculana* e *Euglossa cordata*, e representaram entre 2 e 3% da comunidade. Agrupadas, as espécies com contribuição menor de que 2% para as amostras apresentaram 45 indivíduos e representaram cerca de 9% da Apifauna avaliada (Figura 11.2.1-157).

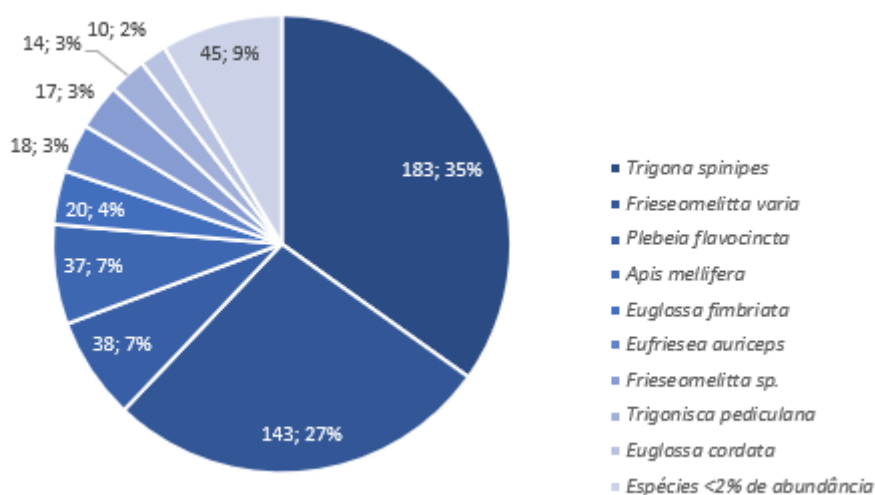


Figura 11.2.1-157: Abundância total e percentual das espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria.

A abundância elevada de meliponíneos como *Trigona spinipes*, *Frieseomelitta varia*, *Plebeia flavocincta* e *Apis mellifera* está potencialmente relacionada à presença de ninhos próximos ao local das coletas. Neste contexto, é importante destacar a presença de *Trigona spinipes*, conhecida popularmente como irapuá, arapuá ou abelha-cachorro. Essas abelhas são bastante agressivas para o homem e outros animais, e proferem ataques violentos às outras espécies de abelhas como *Apis mellifera* e mamangavas nativas (*Xylocopa* sp.), no intuito de defender as flores onde estão coletando seus recursos (NOGUEIRA-NETTO, 1997). Elas não nidificam em ocos de árvores, como a maioria das outras espécies, mas fazem ninhos aéreos, em alturas que podem variar de quatro a nove metros (ALMEIDA; LAROCA, 1988). Frequentemente são consideradas pragas, por destruírem partes de plantas cultivadas, como flores, folhas, hastes e frutos. Contudo, *Trigona spinipes* também possui características desejáveis, como polinizadora de plantas cultivadas (ALMEIDA; LAROCA, 1988). Além disso, a grande diversidade de grãos de pólen encontrados em seus ninhos evidencia seu hábito polilético e seu potencial como polinizadora (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Morado e Lorenzon (2014) observaram *Trigona spinipes* em 34 espécies florais, com grande abundância em *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae). *Apis mellifera*, por sua vez, também é uma abelha agressiva ao homem e outros animais, porém possui importância econômica devido à sua elevada produção de mel (NOGUEIRA-NETTO, 1997).



Conforme esperado, as abelhas da Tribo Euglossini foram capturadas somente nas armadilhas odoríferas. Já para a tribo Meliponini, cinco espécies foram capturadas através desse método. Além destes, foram capturados exemplares de *Apis mellifera*. As iscas mais atrativas foram mel e jasmim, sendo a espécie mais frequentemente capturada nas armadilhas *Euglossa fimbriata*. As armadilhas aromáticas instaladas no ponto de controle capturaram nove indivíduos, sendo sete pertencentes à espécie *Plebeia flavocincta* e dois pertencentes à espécie *Eufriesea auriceps*.

Euglossíneos 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, o que justifica sua ocorrência exclusivamente nas armadilhas odoríferas. Os meliponíneos, por sua vez, são atraídos por mel.

Importante destacar que 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, conseqüentemente, o comportamento reprodutivo (VIANA *et al.*, 2000). Segundo Zanella e Martins (2003), algumas espécies de abelhas são fortemente influenciadas pela sazonalidade, principalmente as espécies solitárias.

Durante a segunda campanha, um exemplar de *Florilegus* (*Eufleurilegus*) sp. foi capturado, em coleta ativa aleatória fora da área do empreendimento, visitando flor de Viúva-alegre. Esse 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, *Protomelitura 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 dessas abelhas na região, tornando-as mais vulneráveis à extinção local que as abelhas poliléticas.

A lista dos táxons registrados nas três campanhas realizadas na área do Projeto Santa Quitéria (Quadro 11.2.1-31), os pontos amostrais em que ocorreram e seu *status* de conservação.

Quadro 11.2.1-31: Ocorrência de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria

TÁXONS	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	GUILDA	PONTOS AMOSTRAIS	CAMPANHAS	ABUNDÂNCIA
		IUCN (2022)	MMA (2022)					
Andreninae: Protandrenini								2
<i>Psaenythia variabilis</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1, P2	C3	2
Andreninae: Protomeliturgini								1
<i>Protomeliturga turnerae</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
Apinae: Ericrocidini								1
<i>Mesocheira bicolor</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P5	C2	1
Apinae: Apini								37
<i>Apis mellifera</i>	Abelha-européia	-	-	-	Polinizadora	Controle, P1 a P6	C1, C2 e C3	37
Apinae: Centridini								2
<i>Centris trigonoides</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P5	C2	2
Apinae: Eucerini								2
<i>Melissoptila</i> sp. 1	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
<i>Melissoptila</i> sp. 2	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
Apinae: Euglossini								51

TÁXONS	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	GUILDA	PONTOS AMOSTRAIS	CAMPANHAS	ABUNDÂNCIA
		IUCN (2022)	MMA (2022)					
<i>Eufriesea auriceps</i>	Abelha-de-orquídea	-	-	-	Polinizadora	Controle, P1, P2, P3, P4, P6	C3	18
<i>Eufriesea nigrohirta</i>	Abelha-de-orquídea	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
<i>Euglossa cordata</i>	Abelha-de-orquídea	-	-	-	Polinizadora	P1, P2, P3, P6	C3	10
<i>Euglossa fimbriata</i>	Abelha-de-orquídea	-	-	-	Polinizadora	P1, P2, P4, P6	C3	20
<i>Euglossa melanotricha</i>	Abelha-de-orquídea	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	2
Apinae: Exomalopsini								1
<i>Exomalopsis (Phanomalopsis) sp.</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P3	C3	1
Apinae: Meliponini								406
<i>Frieseomelitta doederleini</i>	Asa-branca	-	-	-	Polinizadora	P4, P6	C1	5
<i>Frieseomelitta sp.</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	Controle, P4	C2	17
<i>Frieseomelitta varia</i>	Marmelada-amarela	-	-	-	Polinizadora	Controle, P1 a P6	C1 e C2	143
<i>Lestrimelitta tropica</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P5	C1	1

TÁXONS	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	GUILDA	PONTOS AMOSTRAIS	CAMPANHAS	ABUNDÂNCIA
		IUCN (2022)	MMA (2022)					
Meliponini sp. 1	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P6	C3	1
<i>Plebeia flavocincta</i>	Abelha-mosquito	-	-	-	Polinizadora	Controle, P1 a P6	C1, C2 e C3	38
<i>Tetragona clavipes</i>	Borá	-	-	-	Polinizadora	P1, P2	C3	2
<i>Trigona fuscipennis</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P3	C2	1
<i>Trigona</i> sp.	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P6	C3	1
<i>Trigona spinipes</i>	Arapuá ou Irapuá	-	-	-	Polinizadora	Controle, P1, P3, P4, P5, P6	C1, C2 e C3	183
<i>Trigonisca pediculana</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1, P3, P4, P5, P6	C1, C2 e C3	14
Apinae: Xylocopini								5
<i>Ceratina maculifrons</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P3	C2	1
<i>Xylocopa grisescens</i>	Mamangava	-	-	-	Polinizadora	Controle, P5	C2	4
Colletinae: Neopasiphaeini								6
<i>Nomiocolletes</i> sp.	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	3
<i>Sarocolletes fulva</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	3
Halictinae: Augochlorini								5
<i>Augochlora</i> sp.	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1

TÁXONS	NOME COMUM	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	GUILDA	PONTOS AMOSTRAIS	CAMPANHAS	ABUNDÂNCIA
		IUCN (2022)	MMA (2022)					
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1, P3	C3	2
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
<i>Paroxystoglossa</i> sp.	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1	C3	1
Megachilinae: Anthidiini								1
<i>Dicranthidium arenarium</i>	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P4	C2	1
Megachilinae: Megachilini								5
<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp. 1	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P3	C3	1
<i>Megachile</i> spp.	Abelha	-	-	-	Polinizadora	P1, P3	C2 e C3	4

Elaboração: Tetra Mais, 2023.



### Distribuição dos ninhos

Foram encontrados 21 ninhos, todos de abelhas nativas eussociais: *Frieseomelitta varia* (N=16), *Frieseomelitta* sp. (N=1), *Trigona spinipes* (N=1) e *Trigona* sp. (N=3) (Figura 11.2.1-158; Quadro 11.2.1-32). Os ninhos foram encontrados principalmente em árvores de Angico e Umburana (Figura 11.2.1-159 a Figura 11.2.1-161). 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 *Frieseomelitta* nidificam também em outras árvores, como: *Spondia tuberosa*, *Tabebuia caraiba*, *Mimosa acutistipula*, *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis*.

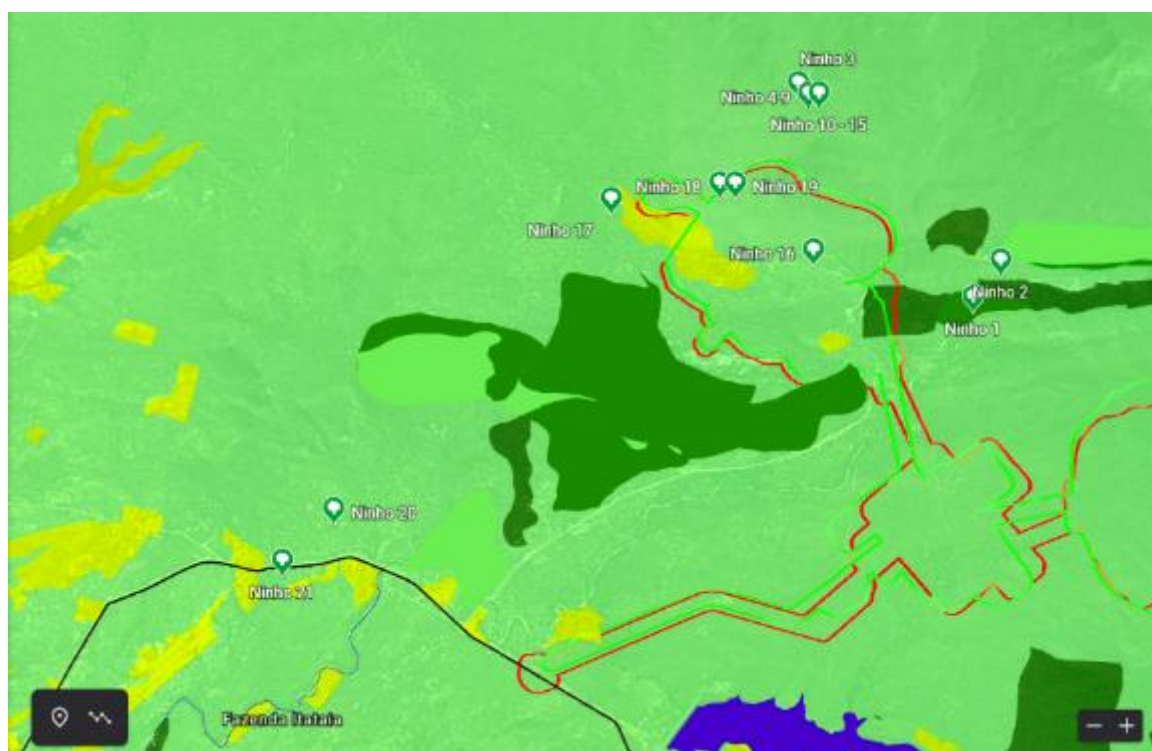


Figura 11.2.1-158: Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem, em novembro de 20 na área do Projeto Santa Quitéria nas duas campanhas. Linha vermelha - limite da Área diretamente afetada. Fonte: Google Earth.

Os ninhos de *Trigona* foram encontrados no dossel de árvores com altura mínima de 10 m. 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, podendo estar

presente em diferentes tipos de paisagens, de florestas conservadas a ambientes alterados (JAFFÉ *et al.*, 2015).

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, diferentemente de *Apis mellifera*, os meliponíneos não abandonam os ninhos em condições desfavoráveis (ZANELLA; MARTINS, 2003). Algumas espécies de meliponíneos de corpo maior podem voar mais que 3 km 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.

**Quadro 11.2.1-32: Distribuição dos ninhos de abelhas (Hymenoptera: Apidae) de acordo com os pontos de amostragem na área do projeto Santa Quitéria**

NINHO	PONTOS AMOSTRAIS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM 24- M (M)/ SIRGAS 2000 - X/Y		QUANTIDADE DE NINHO/ÁRVORE	ESPÉCIE	ÁRVORE
1	6	415386	9495743	1	<i>Frieseomelitta varia</i>	Angico
2	1	415540	9495958	1	<i>Frieseomelitta varia</i>	Umburana
3	2	414357	9497001	1	<i>Frieseomelitta varia</i>	Umburana
4-9	2	414399	9496939	6	<i>Frieseomelitta varia</i>	Umburana
10-15	2	414460	9496939	6	<i>Frieseomelitta varia</i>	Umburana
16	5	414430	9496018	1	<i>Trigona</i> sp.	-
17	5	413228	9496324	1	<i>Trigona spinipes</i>	Quixabeira
18	5	413875	9496417	1	<i>Trigona</i> sp.	Aroeira
19	5	413968	9496417	1	<i>Frieseomelitta</i> sp.	Angico
20	4	411566	9494480	1	<i>Frieseomelitta varia</i>	Umburana
21	4	411259	9494172	1	<i>Trigona</i> sp.	-

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

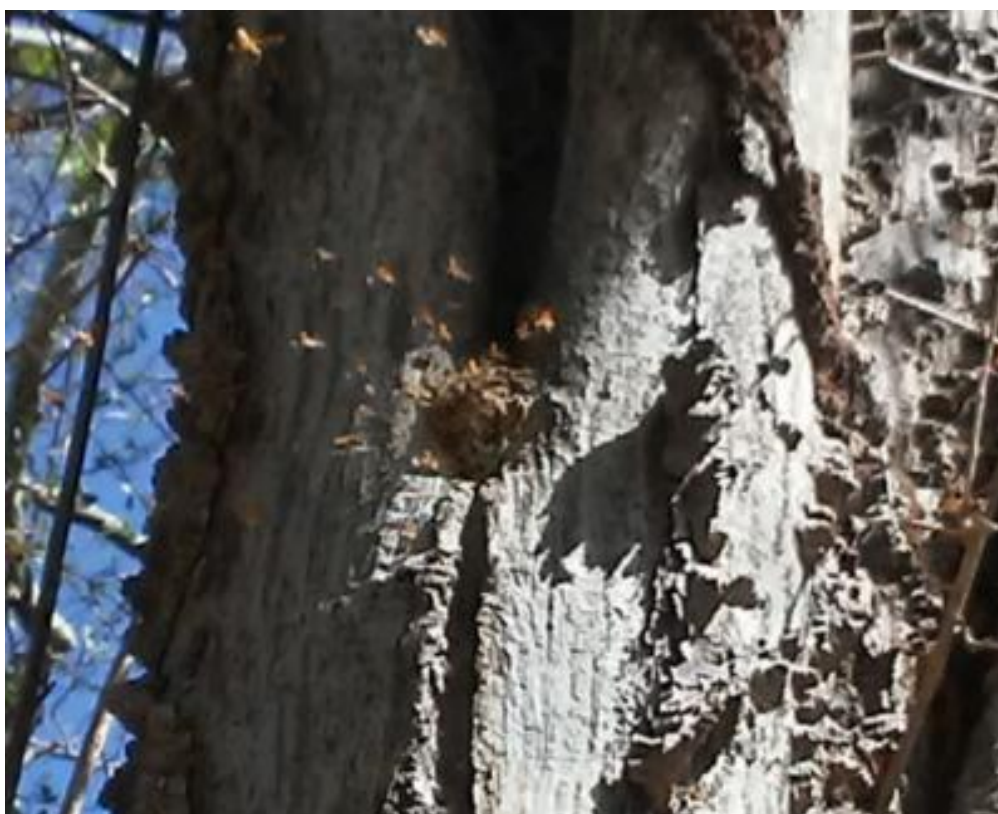


Figura 11.2.1-159: Ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Angico, no Ponto 6, na área do Projeto Santa Quitéria.



Figura 11.2.1-160: Entrada do ninho de *Frieseomelitta varia*, no tronco de Umburana, no Ponto 2 na área do Projeto Santa Quitéria.





Figura 11.2.1-161: Ninho de *Trigona* sp. (lado superior direito) no Ponto 4, na área do Projeto Santa Quitéria.

### C.2. Eficiência Amostral

A riqueza observada foi de 35 espécies e corresponde a 64,81% da riqueza estimada (54 espécies). A curva de acumulação de espécies construída não demonstrou sinais de estabilidade, indicando potencial alto para registro de novos táxons com o prosseguimento de amostragens na área de estudo (Figura 11.2.1-162).

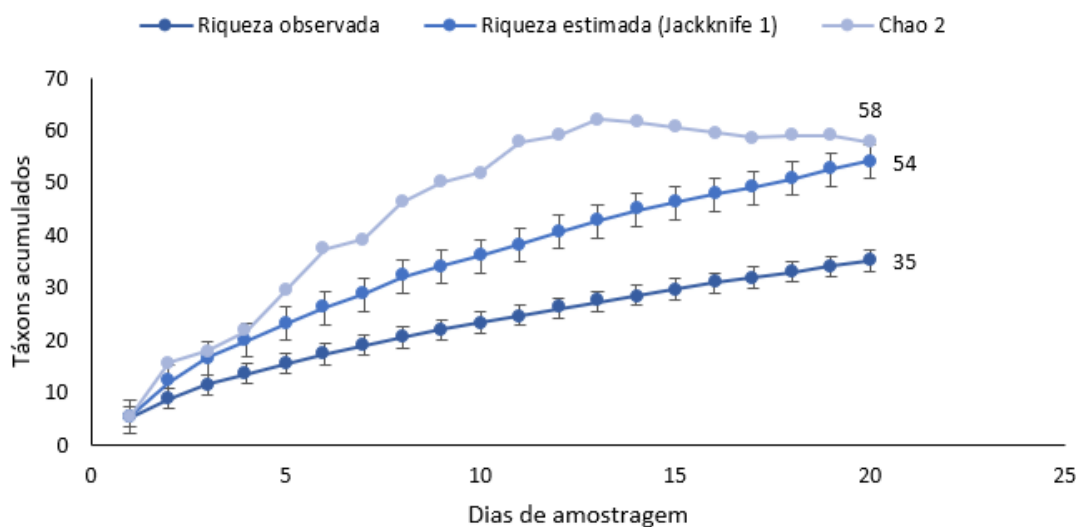


Figura 11.2.1-162: Curva de acumulação de espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria.

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 estudo de 2011. Possivelmente, as condições de estiagem prolongada e severa na região, que ocorreram na primeira e segunda campanhas, influenciaram nos resultados obtidos. Na Caatinga, nos períodos de estiagem, somente abelhas sociais, que têm colônias perenes, permanecem ativas. O período seco foi mais longo e severo que o usual e, em fevereiro, quando foi realizada a segunda campanha, 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 *Mesochora bicolor*.

A partir dos dados do estudo realizado em 2011, o índice de Chao e Jackknife estimaram uma riqueza de 140 a 169 espécies para a área. Esses dados mostram, que a área detém um potencial grande número de espécies de abelhas. Apesar de as 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. Não obstante, os estudos que poderão ser realizados posteriormente, notadamente na fase de monitoramento prévio e etapas sucessivas, poderão servir para uma maior aproximação da riqueza do grupo estimado para a área.



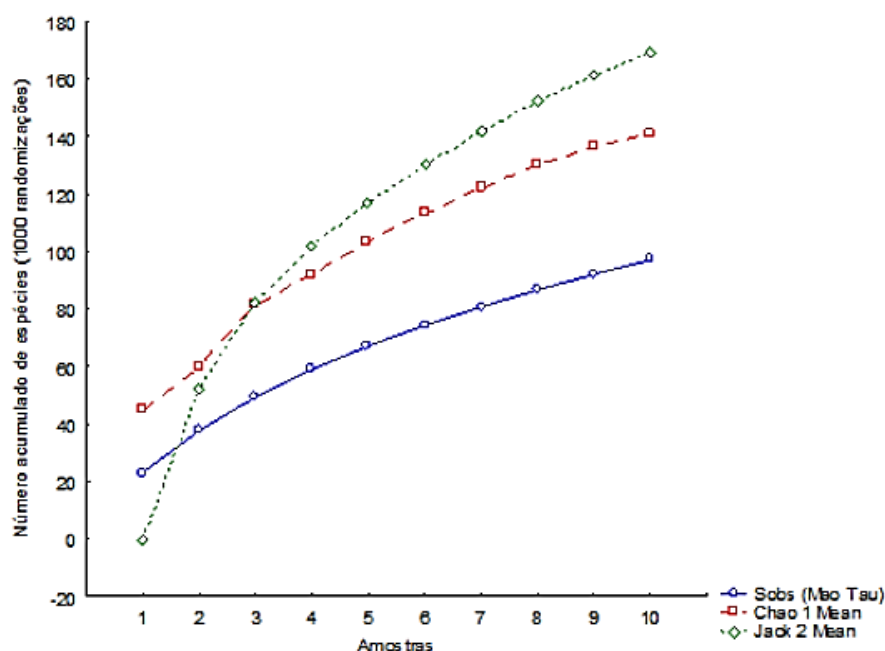


Figura 11.2.1-163: Curva de acumulação de espécies abelhas (Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria das amostragens realizadas em 2011 (ARCADIS LOGOS, 2014).

### C.3. Espécies ameaçadas e protegidas por legislação internacional e/ou Federal

Espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas não foram registradas no Projeto Santa Quitéria. Os táxons identificados em nível genérico não constam nessas classificações, visto que apenas cinco espécies, de hábito conspícuo, estão incluídas em listas oficiais de espécies ameaçadas (MMA, 2022): *Arhysosage cactorum* (Apidae: Andreninae), na categoria “Vulnerável”, *Melipona (Michmelia) capixaba* (Apidae: Apinae), *Melipona (Michmelia) rufiventris* (Apinae), *Melipona (Michmelia) scutellaris* (Apinae) e *Partamona littoralis* (Apinae) na categoria “Em Perigo”. Nenhuma das espécies citadas foi registrada na área do projeto.

### C.4. Espécies Bioindicadoras, Endêmicas, Raras e Não Descritas

As abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae), conhecidas popularmente como abelhas das orquídeas, ocorrem exclusivamente na região Neotropical, são distribuídas em diferentes biomas, contudo são mais diversificadas nas florestas quentes e úmidas.

A grande diversificação ecológica e de gêneros que compõe essa Tribo, a abundância e a importância dessas abelhas para muitos ecossistemas, associados à atração e captura em iscas odoríferas, tornam as Euglossini bioindicadoras da qualidade ambiental de áreas naturais ou conservadas.

Dentre as espécies registradas nos pontos de amostragem, *Euglossa fimbriata* e *Eufriesea auriceps* pertencentes à tribo Euglossini foram abundantes e são indicadas para uso como bioindicadoras. A maior diversidade de euglossíneos ocorre em florestas úmidas, com poucas espécies de ocorrência em savanas e matas de galeria (DRESSLER, 1982). Em geral, a maior riqueza dessas abelhas tem sido registrada em florestas conservadas, o que caracteriza o grupo como um bom indicador do estado de conservação ambiental (MORATO, 1994; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2007).

Além das abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini), as abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) também apresentam potencial como espécies indicadoras de qualidade ambiental. Essas abelhas estão representadas na área de estudo principalmente pelas espécies: *Trigona spinipes*, *Trigona fuscipennis*, *Plebeia flavocincta*, *Lestrimelitta tropica*, *Partamona cupira*, as espécies do gênero *Frieseomelitta*, *Trigonisca intermedia* e *Trigonisca pediculana*.

No Brasil, um país predominantemente tropical e megadiverso, as abelhas sem ferrão possuem papel crucial na polinização da flora nativa (KERR, 1997). Esse caráter de importância dos meliponíneos está relacionado com seu comportamento de busca por recursos florais. Assim, essas abelhas visitam um espectro diversificado de flores, transportando involuntariamente grãos de pólen, garantindo assim a reprodução das espécies vegetais. Além disso, elas podem atuar como bioindicadoras da qualidade ambiental, uma vez que a grande riqueza de espécies de abelhas geralmente encontradas em uma região reflete a diversidade com que estas exploram o ambiente (PALAZUELOS-BALLIVIAN, 2008).

Quanto ao endemismo, esses dados são incipientes na literatura, e os táxons estabelecidos neste estudo não se enquadram nessa classificação, assim como suas respectivas espécies.

#### C.5. Espécies Cinegéticas, Domésticas, Invasoras e Exóticas

Apesar de não se configurarem como espécies cinegéticas e/ou xerimbabos, a importância econômica das abelhas como polinizadoras é grande. Todas as espécies de abelhas são dependentes de produtos florais (néctar, pólen, óleos, resinas e compostos aromáticos), o que faz delas os principais polinizadores, tanto de plantas nativas quanto cultivadas (FREITAS, 1995). Estima-se que as abelhas sejam responsáveis por 75% dos requerimentos de polinização das culturas agrícolas (NABHAN; BUCHMANN, 1996), sendo que cerca de 1.300 espécies cultivadas são dependentes das abelhas para a polinização (ROUBIK, 1995).

Além da importância como polinizadoras, algumas abelhas da tribo Meliponini são utilizadas para criação e extração de mel, conhecidas por serem abelhas nativas sem ferrão e fáceis de serem manejadas. Ao contrário da *Apis mellifera*, espécie exótica que, para o manejo, é imprescindível o uso de roupas especializadas.

#### C.6. Espécies de interesse médico

Destaca-se o registro da espécie exótica *Apis mellifera* cuja substância inoculadora é de grande interesse farmacológico com efeito anti-inflamatório, cicatrizante, neuroprotetor, antitumoral e analgésico. Além de tais propriedades tal substância tem grande potencial alergênico, causando muitas vezes crises alérgicas graves que podem levar ao óbito pessoas alérgicas.

#### C.7. Comparação Entre Áreas, Riquezas, Índices de Diversidade e Similaridade

Em relação à diversidade e equitabilidade, o ponto 01 apresentou os maiores valores desses parâmetros, com  $H' = 2,539$  e  $J' = 0,8214$ , fato potencialmente associado à alta riqueza e ao número alto de *singletons*. Nesse contexto, este ponto amostral apresentou a maior riqueza entre os pontos ( $N = 22$ ) e abundância intermediária ( $N = 76$ ). Os demais pontos apresentaram valores de diversidade que variaram de 1,18 (Controle) a 1,74 (P3), e em geral ocorreu baixa equitabilidade, com valores abaixo de 0,68. Esse fato está associado à grande dominância das espécies: *Frieseomelitta varia*, *Plebeia flavocincta* e *Trigona spinipes*. Duas espécies de Euglossini também foram dominantes, mas em menor escala: *Eufriesea auriceps* e *Euglossa fimbriata*. Desta maneira, os pontos Controle ( $H' = 1,18$  e  $J' = 0,6066$ ), P2 ( $H' = 1,399$  e  $J' = 0,6727$ ) e P4 ( $H' = 1,288$  e  $J' = 0,5593$ ) apresentaram os menores valores de diversidade e equitabilidade, sendo os dois primeiros também com o registro de pequenos valores de riqueza e abundância (Quadro 11.2.1-33).

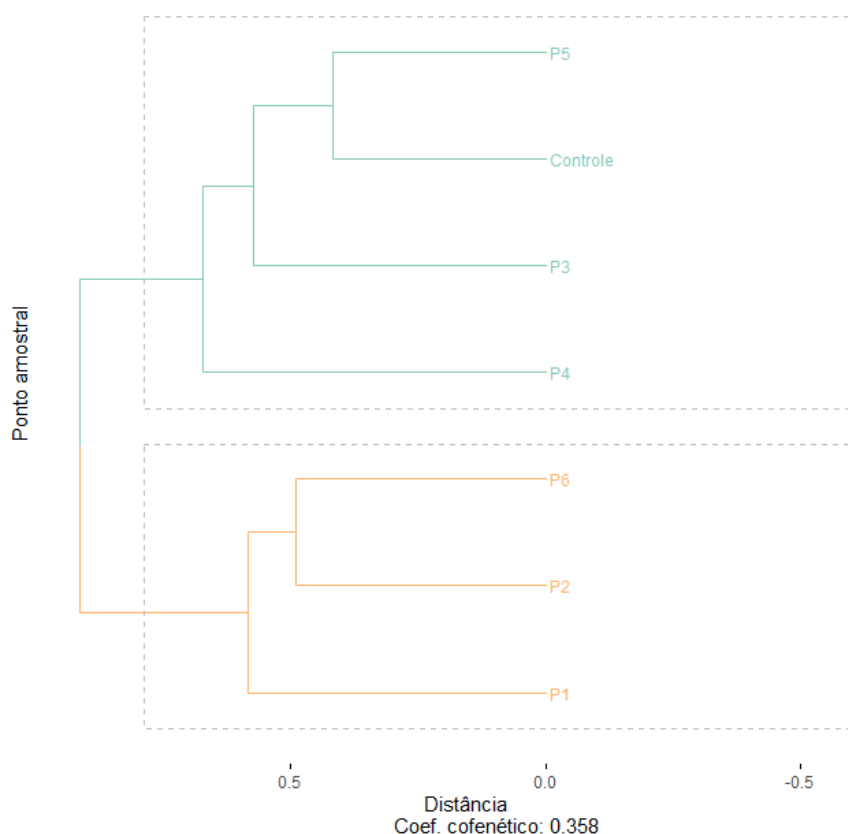
Quadro 11.2.1-33: Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nos pontos de amostragem na área do Projeto Santa Quitéria

INDICADORES	CONTROLE	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Riqueza	7	22	8	13	10	9	11
Abundância	50	76	70	52	115	75	87
Diversidade Shannon ( $H'$ )	1,18	2,539	1,399	1,74	1,288	1,669	1,567
Equitabilidade ( $J'$ )	0,6066	0,8214	0,6727	0,6782	0,5593	0,7596	0,6533

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

A formação dos *clusters* evidenciados na Figura 11.2.1-164 ocorreu em função da riqueza de táxons e da ocorrência dos mesmos táxons em cada ponto de amostragem. A

análise de similaridade segregou os pontos de amostragem em dois grupos principais, o primeiro é formado pelo agrupamento dos pontos Controle, P3, P4 e P5, sendo justificado pelo compartilhamento de cinco táxons entre eles, tais como *Apis mellifera*, *Frieseomelitta varia*, *Plebeia flavocincta*, *Trigona spinipes* e *Trigonisca pediculana*. Já o segundo agrupamento foi formado pelos pontos P6, P2 e P1, sendo justificado pelo compartilhamento de, pelo menos, oito táxons amostrados. Esses grupos apresentaram valores acima de 85% de similaridade, o que reforça a presença de uma variabilidade de habitats na área de estudo, capazes de abrigar distintas comunidades de abelhas.



**Figura 11.2.1-164: Similaridade entre os pontos amostrais de abelhas (Hymenoptera: Apidae) na área do Projeto Santa Quitéria.**

Ao analisar os dados com base na Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Controle (CO), observa-se que a AID apresenta a maior abundância de indivíduos. Esses resultados podem estar relacionados ao fato de haver um maior número de pontos amostrais dentro dessa área de influência. Ao considerar a área com menor esforço amostral, representado pela linha vertical, com o objetivo de minimizar o efeito do número de amostras, a diferença entre as áreas de influência se torna menos evidente (Figura 11.2.1-165). Isso sugere que, se os esforços de coleta forem semelhantes, os resultados dos indicadores ecológicos também serão similares.

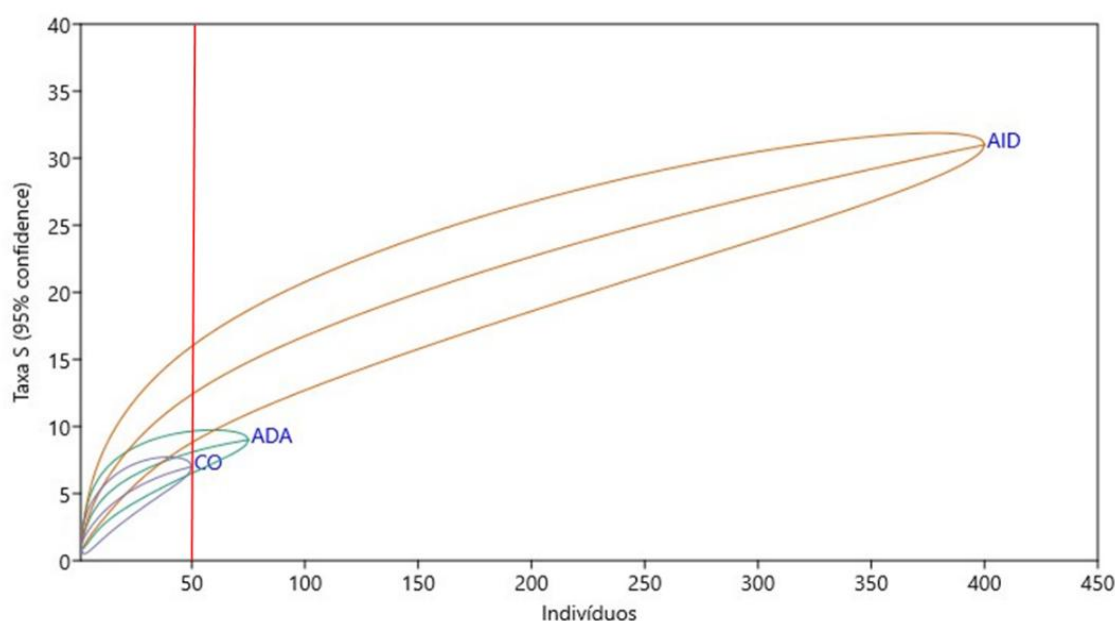


Figura 11.2.1-165: Curva de rarefação para as áreas de influência (ADA, AID e CO) na área do Projeto Santa Quitéria.

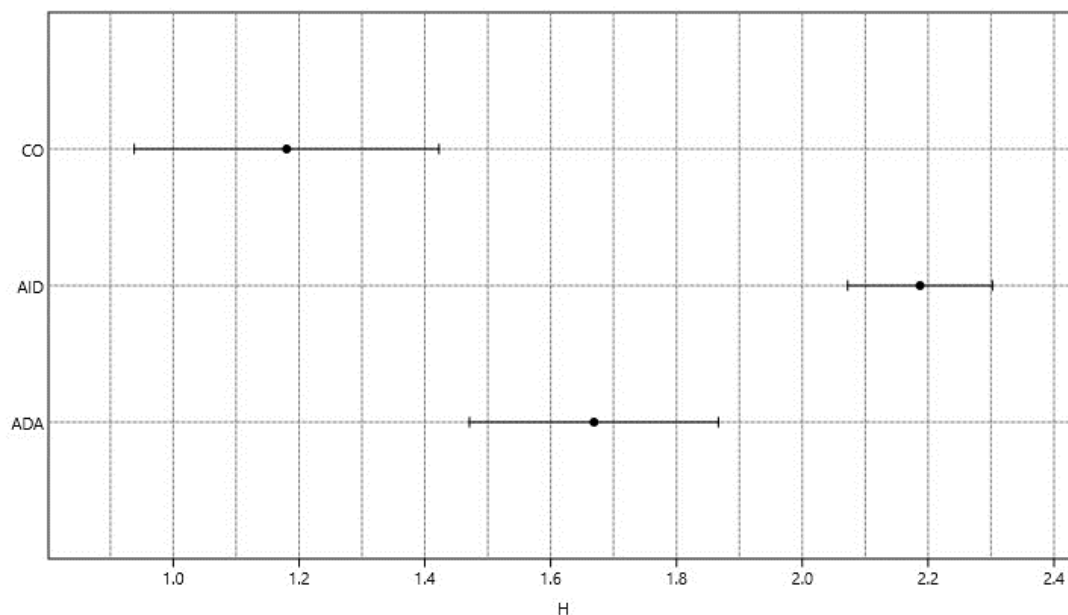
Do mesmo modo, foi realizada uma análise de diversidade nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria, cujos dados são apresentados no Quadro 11.2.1-34. A diversidade de Shannon foi de 1,66 bits/ind.<sup>-1</sup> na ADA, de 2,187 bits/ind.<sup>-1</sup> na AID e de 1,18 bits/ind.<sup>-1</sup> no controle, esses resultados são indicativos de diversidade baixa a moderada. Já a equitabilidade foi de 0,75 na ADA, 0,63 na AI e 0,60 no controle, sendo esses resultados indicativos de distribuição equitativa dos táxons amostrados. Na Figura 11.2.1-166 são apresentados os resultados de diversidade por área de influência, considerando as estimativas de desvio para uma amostra que sofra reamostragem.

Quadro 11.2.1-34: Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) nas áreas de influência do Projeto Santa Quitéria

INDICADORES	ADA	95% LOWER	95% UPPER	AID	95% LOWER	95% UPPER	CO	95% LOWER	95% UPPER
Taxa	9			31			7		
Indivíduos	75			400			50		
Shannon (H)	1,67	1,47	1,87	2,18	2,07	2,30	1,18	0,94	1,42
Equitabilidade (J)	0,76	0,67	0,84	0,63	0,60	0,67	0,61	0,48	0,73

Elaboração: Tetra Mais, 2023.





**Figura 11.2.1-166: Índices de diversidade para as áreas de influência (ADA, AID e CO) na área do Projeto Santa Quitéria.**

#### C.8. Sazonalidade

Dos 35 táxons registrados no presente estudo, 26 foram registrados na terceira campanha, realizada na estação chuvosa de 2023. Destes, um total de 22 foram exclusivamente registrados nesta última campanha. Assim, a terceira campanha contribuiu de forma significativa para o diagnóstico, adicionando cerca de 62% do total de táxons registrados no presente estudo.

#### C.9. Relevância Regional (Comparação entre Dados Primários e Secundários)

O levantamento de dados secundários para caracterização regional da área de estudo contabilizou 380 espécies de abelhas (Quadro 11.2.1-35). A elevada riqueza registrada é justificada principalmente pelo estudo de Freitas e colaboradores (2021), visto que os autores compilaram diversos dados provenientes de bibliografias e coleções entomológicas no estado do Ceará. Nesse contexto, é importante destacar a grande riqueza de euglossíneos (Apinae: Euglossini) (27 espécies), representados por abelhas dos gêneros *Eufriesea* (cinco espécies), *Euglossa* (16 espécies), *Eulaema* (quatro espécies) e *Exaerete* (duas espécies), e meliponíneos (Apinae: Meliponini) (35 espécies), representados principalmente pelos gêneros *Friesella* (uma espécie), *Frieseomelitta* (cinco espécies), *Geotrigona* (três espécies), *Lestrimelitta* (duas espécies), *Melipona* (sete espécies), *Oxytrigona* (uma espécie), *Paratrigona* (três espécies), *Plebeia* (quatro espécies), *Tetragonisca* (uma espécie), *Trigona* (seis espécies), *Trigonisca* (duas espécies). *Melipona* (*Michmelia*)

*scutellaris* Latreille, 1811 foi a única espécie ameaçada registrada, classificada como “EM PERIGO - EN” segundo MMA (2022). Espécies endêmicas não foram registradas.

O levantamento primário realizado registrou 35 táxons. Entre as 380 espécies listadas nos dados secundários, 21 espécies efetivamente ocorreram em pelo menos uma das campanhas amostrais desse monitoramento, o que correspondendo a 5,5% da comunidade registrada nos dados secundários. Neste sentido, quatro espécies corresponderam a novos registros em nível local, visto que não estão incluídas nos dados secundários, sendo elas: *Tetragona clavipes*, *Frieseomelitta varia*, *Trigona fuscipennis* e *Trigona spinipes*. A espécie *Tetragona clavipes*, conhecida popularmente como borá, é caracterizada por enxames populosos e com grande agressividade, principalmente ao abrir o ninho ou até mesmo ao transitar próximo a sua entrada (RODRIGUES *et al.*, 2007). Essas abelhas utilizam uma grande gama de plantas de interesse econômico para forrageio, como girassol (*Helianthus annuus*), butiá (*Butia leiospatha*), pequi (*Caryocar brasiliense*), murici (*Byrsonima crassa*), e algumas plantas da família Myrtaceae, como o araçá (*Psidium incanescens*).

Quadro 11.2.1-35: Levantamento de dados secundários de abelhas (Hymenoptera: Apidae) e comparação com o levantamento da campanha chuvosa, maio de 2023, na área do Projeto Santa Quitéria

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Acamptopoeum prinii</i> (Holmberg, 1884)	-	-	-		1, 3
<i>Acamptopoeum vagans</i> (Cockrell, 1926)	-	-	-		3
<i>Acanthopus excellens</i> Schrottky, 1902	-	-	-		2, 3
<i>Agapostemon chapadensis</i> Cockerell, 1900	-	-	-		3
<i>Agapostemon semimelleus</i> Cockerell, 1900	-	-	-		3
<i>Ancyloscelis apiformis</i> (Fabricius, 1793)	-	-	-		3
<i>Ancyloscelis frieseana</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Anthidium (Tetranthidium) latum</i>	-	-	-		3
<i>Anthidium appendiculatum</i> Ducke, 1911	-	-	-		3
<i>Anthidium sertanicola</i> Moure & Urban, 1964	-	-	-		3
<i>Anthodiocetes megachiloides</i> Holmberg, 1903	-	-	-		3
<i>Anthrenoides petrolinensis</i> Urban, 2006	-	-	-		1
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	X	1, 3
<i>Arhysoceble huberi</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Ariphanarthra palpalis</i> Moure, 1951	-	-	-		3
<i>Augochlora (Augochlora) caerulior</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Augochlora (Augochlora) esox</i> (Vachal, 1911)	-	-	-		1, 2, 3
<i>Augochlora (Augochlora) neivai</i> (Moure, 1940)	-	-	-		3
<i>Augochlora (Augochlora) tantilla</i> Moure, 1943	-	-	-		3
<i>Augochlora (Oxystoglossella) diafractes</i>	-	-	-		3
<i>Augochlora (Oxystoglossella) morrae</i>	-	-	-		3
<i>Augochlora (Oxystoglossella) thalia</i> Smith, 1879	-	-	-		1, 2, 3
<i>Augochlorella ephyra</i> (Schrottky, 1910)	-	-	-		3
<i>Augochlorella tredecim</i> (Vachal, 1911)	-	-	-		2, 3
<i>Augochlorella urania</i> (smith, 1853)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis (Augochloropsis) callichroa</i>	-	-	-		3
<i>Augochloropsis (Augochloropsis) diversipennis</i> (Lepeletier, 1841)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis artemisia</i> (Smith, 1854)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis cf. melanochaeta</i>	-	-	-		3
<i>Augochloropsis cleopatra</i> (Schrottky, 1902)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis cockerelli</i> Schrottky, 1909	-	-	-		3
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis hebescens</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Augochloropsis heterochroa</i> (Cockerell, 1900)	-	-	-		1, 3
<i>Augochloropsis multiplex</i> (Vachal, 1903)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis patens</i> (Vachal, 1903)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis prognatha</i> Moure, 1944	-	-	-		3
<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis terrestres</i> (Vachal, 1903)	-	-	-		3
<i>Augochloropsis wallacei</i> (Cockerell, 1900)	-	-	-		3
<i>Austrostelis catamarcensis</i> (Schrottky, 1909)	-	-	-		3
<i>Austrostelis iheringi</i> (Schrottky, 1910)	-	-	-		3
<i>Austrostelis silveirai</i> Urban, 2006	-	-	-		3
<i>Bombus (Fervidobombus) atratus</i> (Franklin, 1913)	-	-	-		1, 3
<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i>	-	-	-		3
<i>Bombus (Fervidobombus) brevivillus</i>	-	-	-		3
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	-	-	-		3
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	-	-	-		3



NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Brachynomada cearensis</i> (Ducke, 1910)	-	-	-		3
<i>Brachynomada tomentifera</i> (Ducke, 1907)	-	-	-		1, 3
<i>Caenohalictus tessellatus</i> (Moure, 1940)	-	-	-		3
<i>Caenonomada unicalcarata</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		2, 3
<i>Callonychium (Callonychium) brasiliense</i>	-	-	-		3
<i>Camargoia nordestina</i> Camargo 1996	-	-	-		3
<i>Ceblurgus longipalpis</i> Urban & Moure, 1993	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) caxienses</i> Ducke, 1907	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) decolorata</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) obscurior</i> Michener, 1954	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) poecila</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) pulchra</i> (Moure, Oliveira e Viana, 2003)	-	-	-		3
<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Centris (Centris) varia</i> (Erichson, 1849)	-	-	-		3
<i>Centris (Hemisiella) lanipes</i> (Fabricius, 1775)	-	-	-		3
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874	-	-	-		2, 3
<i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i> Lepeletier, 1841	-	-	-	X	3
<i>Centris (Hemisiella) vittata</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Heterocentris) cf. bicornuta</i>	-	-	-		3
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-		3
<i>Centris (Melacentris) collaris</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Melacentris) confusa</i> Moure, 1960	-	-	-		3
<i>Centris (Melacentris) fluviatilis</i> Friese, 1924	-	-	-		3
<i>Centris (Melacentris) lateritia</i> Friese, 1899	-	-	-		3
<i>Centris (Melacentris) violacea</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		1, 3
<i>Centris (Melacentris) xanthocnemis</i> (Perty, 1833)	-	-	-		3
<i>Centris (Melanocentris) obsoleta</i>	-	-	-		3
<i>Centris (Paracentris) burgdorfi</i> Friese, 1900	-	-	-		3
<i>Centris (Paracentris) klugii</i> Friese, 1899	-	-	-		1, 3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Centris (Paracentris) xanthomelaena</i> Moure & Castro, 2001	-	-	-		2, 3
<i>Centris (Paracentris) hyptidis</i> Ducke, 1908	-	-	-		3
<i>Centris (Ptilotopus) maranhensis</i> Ducke, 1910	-	-	-		3
<i>Centris (Ptilotopus) moerens</i> (Perty, 1833)	-	-	-		3
<i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> (Fries, 1899)	-	-	-		1, 3
<i>Centris (Ptilotopus) sponsa</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	-	-	-		3
<i>Centris (Trachina) machadoi</i> Azevedo & Silveira, 2005	-	-	-		3
<i>Centris (Trachina) rupestris</i> Azevedo & Silveira, 2005	-	-	-		3
<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Centris (Xanthemisia) lutea</i> Fries, 1899	-	-	-		3
<i>Cephalotrigona capitata</i> (Smith, 1854)	-	-	-		2, 3
<i>Ceratina (Calloцерatina) chloris</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-		3
<i>Ceratina (Ceratinula) manni</i> Cockerell, 1912	-	-	-		1, 3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Ceratina (Crewella) asuncionis</i> Strand, 1910	-	-	-		3
<i>Ceratina (Crewella) maculifrons</i> Smith, 1854	-	-	-	X	3
<i>Ceratina (Crewella) madeirae</i> (Moure, in litteris)	-	-	-		3
<i>Ceratina (Crewella) paraguayensis</i>	-	-	-		3
<i>Ceratina cf. portoi</i> (Friese, 1910)	-	-	-		3
<i>Ceratina richardsoniae</i> Schrottky, 1909	-	-	-		3
<i>Ceratinula (Ceratinula) manni</i> Cockerell, 1912	-	-	-		3
<i>Chaeturginus alexanderi</i> Ruz & Melo, 1999	-	-	-		3
<i>Chilicola (Prosopoides) minima</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Acrocoelioxys) cf. laevigatasmith</i>	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Acrocoelioxys) tolteca</i> Cresson, 1878	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Glyptocoelioxys) cearensis</i>	-	-	-		2, 3
<i>Coelioxys (Glyptocoelioxys) cerasiopleura</i>	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Glyptocoelioxys) chacoensis</i>	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Neocoelioxys) assumptionis</i>	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Neocoelioxys) praetextata</i>	-	-	-		3
<i>Coelioxys (Rhinocoelioxys) clypeata</i> Smith, 1879	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Coelioxys pirata</i> (Holmberg, 1884)	-	-	-		3
<i>Coelioxys punctipennis</i> Cresson, 1878	-	-	-		3
<i>Coelioxys simillima</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Colletes petropolitanus</i> Delatorre, 1896	-	-	-		3
<i>Colletes rufipes</i> Smith, 1879	-	-	-		3
<i>Colletes rugicollis</i> Friese, 1900	-	-	-		3
<i>Dasyhalonia (Pachyalonia) cearensis</i> (Ducke, 1911)	-	-	-		3
<i>Diadasia murihirta</i> Cockerell, 1912	-	-	-		3
<i>Diadasia parahybensis</i> (Cockerell, 1912)	-	-	-		3
<i>Diadasina paraenses</i> (Ducke, 1912)	-	-	-		1, 2, 3
<i>Diadasina riparia</i> (Ducke, 1907)	-	-	-		3
<i>Dialictus (Chloralictus) opacus</i> Moure, 1940	-	-	-		3
<i>Dialictus nanus</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Dicranthidium arenarium</i> (Ducke, 1907)	-	-	-	X	2, 3
<i>Dicranthidium gregarium</i> (Schroettky, 1905)	-	-	-		3
<i>Dicranthidium luciae</i> Urban, 1993	-	-	-		3
<i>Dicranthidium soniae</i> Urban, 1993	-	-	-		3



NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Epanthidium maculatum</i> Urban, 1995	-	-	-		3
<i>Epanthidium tigrinum</i> (Schrottky, 1905)	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Anepicharis</i> ) <i>dejeanii</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Epicharana</i> ) <i>flava</i> Friese, 1900	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Epicharis</i> ) <i>bicolor</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Epicharitides</i> ) <i>cockerelli</i> Friese, 1900	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Epicharitides</i> ) <i>iheringi</i> Friese, 1899	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Epicharoides</i> ) <i>xanthogastra</i>	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Hoplepicharis</i> ) <i>fasciata</i>	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Triepicharis</i> ) <i>analís</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Epicharis</i> ( <i>Triepicharis</i> ) <i>schrottkyi</i> Friese, 1899	-	-	-		3
<i>Eucera compositarum</i> Ducke, 1910	-	-	-		3
<i>Eufriesea aridicola</i> Moure, Neves & Viana 2001	-	-	-		3
<i>Eufriesea auriceps</i> Friese, 1899	-	-	-	X	1, 2, 3
<i>Eufriesea nigrohirta</i> (Friese, 1899)	-	-	-	X	3
<i>Eufriesea nordestina</i> (Moure, 1999)	-	-	-		1, 3
<i>Eufriesea violacens</i> Moscárý, 1898	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	X	3
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Rebelo & Moure, 1968	-	-	-	X	3
<i>Euglossa (Euglossa) leucotricha</i> Rebelo & Moure, 1996	-	-	-		3
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1966	-	-	-	X	1, 2, 3
<i>Euglossa (Euglossa) nanomelanotricha</i>	-	-	-		3
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982	-	-	-		3
<i>Euglossa (Euglossa) townsendi</i> Cockerell, 1904	-	-	-		3
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo & Moure, 1986	-	-	-		3
<i>Euglossa (Euglossura) imperialis</i> Cockerell, 1922	-	-	-		3
<i>Euglossa (Glossurella) carinilabris</i> Dressler, 1982	-	-	-		3
<i>Euglossa (Glossurella) crassipunctata</i> Moure 1986	-	-	-		3
<i>Euglossa (Grossullera) stellfeldi</i> Moure, 1947	-	-	-		3
<i>Euglossa aff. carolina</i> Nemésio, 2009	-	-	-		3
<i>Euglossa aratingae</i> Nemésio, 2009	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Euglossa aridicula</i> (Moure & Neves, 2001)	-	-	-		3
<i>Euglossa pleosticta</i> Dressler, 1982	-	-	-		3
<i>Eulaema</i> ( <i>Apeulaema</i> ) <i>cingulata</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-		1, 3
<i>Eulaema</i> ( <i>Apeulaema</i> ) <i>marcii</i> Nemésio, 2009	-	-	-		3
<i>Eulaema</i> ( <i>Apeulaema</i> ) <i>nigrita</i> Lepeletier, 1841	-	-	-		3
<i>Eulaema</i> ( <i>Eulaema</i> ) <i>bombiformis</i> (Packard, 1869)	-	-	-		3
<i>Euplusia aridicula</i> (Moure, Neves, and Viana, 2001)	-	-	-		3
<i>Euplusia faceta</i> Moure, 1999	-	-	-		3
<i>Euplusia melaena</i>	-	-	-		2, 3
<i>Eurytis funereus</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Exaerete dentata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-		3
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	-	-	-		3
<i>Exomalopsis</i> ( <i>Exomalopsis</i> ) <i>analís</i> Spinola, 1853	-	-	-		3
<i>Exomalopsis</i> ( <i>Exomalopsis</i> ) <i>aureopilosa</i>	-	-	-		3
<i>Exomalopsis</i> ( <i>Exomalopsis</i> ) <i>fernandoi</i>	-	-	-		3
<i>Exomalopsis</i> ( <i>Exomalopsis</i> ) <i>fulvipennis</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i>	-	-	-		3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) subtilis</i>	-	-	-		1
<i>Exomalopsis (Phanomalopsis) sp.</i>	-	-	-	X	3
<i>Exomalopsis (Phanomalopsis) trifasciata</i>	-	-	-		3
<i>Exomalopsis villipes</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Florilegus (Euflorilegus) festivus</i> (Smith, 1854)	-	-	-		2, 3
<i>Florilegus (Euflorilegus) fulvipes</i> (Smith, 1854)	-	-	-		3
<i>Florilegus (Euflorilegus) similis</i> Urban, 1970	-	-	-		3
<i>Florilegus (Floriraptor) melectoides</i> (Smith, 1879)	-	-	-		1, 3
<i>Friesella schrottkyi</i> (Fries, 1900)	-	-	-		3
<i>Frieseomelitta doederleini</i> (Fries, 1900)	-	-	-	X	3
<i>Frieseomelitta flavicornis</i> (Fabricius, 1798)	-	-	-		3
<i>Frieseomelitta francoi</i> (Moure, 1946)	-	-	-		1, 3
<i>Frieseomelitta silvestrii languida</i> (Moure, 1990)	-	-	-		3
<i>Frieseomelitta varia dispar</i> (Moure, 1950)	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Agaesischia) hyptidis</i> (Ducke, 1910)	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Agaesischia) patellicornis</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Gaesischia (Gaesischia) carinata</i> Urban, 1989	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Gaesischia) flavoclypeata</i>	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Gaesischia) glabrata</i> Urban, 1989	-	-	-		1
<i>Gaesischia (Gaesischia) labiatarum</i> Ducke, 1911	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Gaesischia) nigra</i> Moure, 1968	-	-	-		2, 3
<i>Gaesischia (Gaesischia) rosadoi</i> Urban, 1989	-	-	-		3
<i>Gaesischia (Gaesischia) similis</i> Urban, 1989	-	-	-		3
<i>Geotrigona mombuca</i> (Smith, 1863)	-	-	-		3
<i>Geotrigona subterrânea</i> (Fries, 1901)	-	-	-		3
<i>Geotrigona xanthopoda</i> Camargo & Moure, 1996	-	-	-		3
<i>Hylaeus rivalis</i> (Schroetky, 1906)	-	-	-		3
<i>Hypanthidium beniense</i> (Cockerell, 1927)	-	-	-		3
<i>Hypanthidium cacerense</i> (Urban, 1998)	-	-	-		3
<i>Hypanthidium erythrogaster</i> Moure & Urban, 1994	-	-	-		3
<i>Hypanthidium foveolatum</i> (Alfken, 1930)	-	-	-		3
<i>Hypanthidium nigrifulum</i> Urban, 1998	-	-	-		3
<i>Isepeolus viperinus</i> (Holmberg, 1886)	-	-	-		3



NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Larocanthidium bilobatum</i> Urban, 1997	-	-	-		3
<i>Larocanthidium emarginatum</i> Urban, 1997	-	-	-		3
<i>Larocanthidium ornatum</i> (Urban, 1997)	-	-	-		3
<i>Larocanthidium spinosum</i> Urban, 1997	-	-	-		3
<i>Leiopodus lacertinus</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Leiopodus nigripes</i> Friese, 1908	-	-	-		3
<i>Lestrimelitta limao</i> (Smith, 1863)	-	-	-		3
<i>Lestrimelitta tropica</i> Marchi & Melo, 2006	-	-	-	X	3
<i>Leurotrigona muelleri</i> (Friese, 1900)	-	-	-		3
<i>Lithurge huberi</i> Ducke, 1907	-	-	-		3
<i>Lophopedia nigrispinis</i> (Vachal, 1909)	-	-	-		3
<i>Lophopedia pygmaea</i> (Schroettky, 1902)	-	-	-		3
<i>Megachile (Acentron) eburneipes</i> (Vachal, 1904)	-	-	-		3
<i>Megachile (Acentron) tupinaquina</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Acentron) verrucosa</i> Brèthes, 1909	-	-	-		3
<i>Megachile (Austromegachile) antiqua</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Austromegachile) fascialis</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Megachile (Austromegachile) habilis</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Austromegachile) orbiculata</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Austromegachile) susurrans</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Austrosarus) diasi</i> Raw, 2003	-	-	-		3
<i>Megachile (Austrosarus) frankieana</i> Raw, 2003	-	-	-		3
<i>Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Cressoniella) rava</i> Vachal, 1909	-	-	-		3
<i>Megachile (Leptorachina) laeta</i> Smith, 1853	-	-	-		3
<i>Megachile (Leptorachis) aureiventris</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Leptorachis) friesei</i> Schrottky, 1902	-	-	-		3
<i>Megachile (Leptorachis) paranensis</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Leptorachis) paulistana</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Melanosarus) brasiliensis</i> Dalla Torre, 1896	-	-	-		3
<i>Megachile (Melanosarus) nigripennis</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Moureapis) maculata</i> Smith, 1853	-	-	-		3
<i>Megachile (Neochelynia) paulista</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Neomegachile) brethese</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Megachile (Pseudocentron) asuncicola</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Pseudocentron) botucatuna</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Pseudocentron) sp.</i>	-	-	-	X	3
<i>Megachile (Pseudocentron) terrestris</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Ptilosaroides) neoxanthoptera</i>	-	-	-		1, 2, 3
<i>Megachile (Sayapis) cylindrica</i> Friese, 1906	-	-	-		3
<i>Megachile (Sayapis) dentipes</i> Vachal, 1906	-	-	-		3
<i>Megachile (Schrottkyapis) assumptionis</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Trichurochile) gracilis</i>	-	-	-		3
<i>Megachile (Tylomegachile) orba</i> Schrottky, 1913	-	-	-		3
<i>Megachile (Zonomegachile) gigas</i> Schrottky, 1908	-	-	-		3
<i>Megachile bernardina</i> Schrottky, 1913	-	-	-		2, 3
<i>Megachile inquirenda</i> Schrottky, 1913	-	-	-		3
<i>Megalopta amoena</i> (Spinola, 1853)	-	-	-		3
<i>Melipona (Eomelipona) asilvai</i> Moure, 1971	-	-	-		3
<i>Melipona (Eomelipona) bicolor</i> Lepeletier, 1836	-	-	-		3
<i>Melipona (Eomelipona) marginata</i>	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Melipona (Melikerria) quinquefasciata</i>	-	-	-		3
<i>Melipona (Melipona) mandacaia</i> Smith, 1863	-	-	-		3
<i>Melipona (Melipona) quadrifasciataanthidioides</i> Lepeletier, 1836	-	-	-		3
<i>Melipona (Michmelia) scutellaris</i> Latreille, 1811	-	Em Perigo (EN)	-		3
<i>Melissodes (Ecplectica) nigroaenea</i> (Smith, 1854)	-	-	-		3
<i>Melissodes (Ecplectica) sexcincta</i>	-	-	-		3
<i>Melissodes pubescens</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Melissoptila aureocincta</i> Urban, 1968	-	-	-		3
<i>Melissoptila cnecomala</i> (Moure, 1944)	-	-	-		3
<i>Melissoptila fiebrigi</i> Brethes, 1909	-	-	-		3
<i>Melissoptila pubescens</i> (Smith, 1789)	-	-	-		3
<i>Melissoptila richardiae</i> Bertoni & Schrottky, 1910	-	-	-		3
<i>Melissoptila unicornis</i> (Ducke, 1911)	-	-	-		3
<i>Melissoptila vulpecula</i> Bertoni & schrottky, 1910	-	-	-		3
<i>Melitoma grisescens</i> (Ducke, 1907)	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Melitoma ipomoeorum</i> Ducke, 1912	-	-	-		3
<i>Melitoma osmioides</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-		1, 2, 3
<i>Melitoma taurea</i> (Say, 1873)	-	-	-		3
<i>Melitomella murihirta</i> (Cockerell, 1912)	-	-	-		3
<i>Mesochaira bicolor</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-	X	3
<i>Mesonychium asteria</i> (Smith, 1854)	-	-	-		3
<i>Mesonychium caeruleus</i> (Lepeletier & serville, 1825)	-	-	-		3
<i>Mesoplia regalis</i> (Smith, 1854)	-	-	-		3
<i>Mesoplia rufipes</i> (Perty, 1833)	-	-	-		3
<i>Mesoplia similima</i> Schrottky, 1920	-	-	-		3
<i>Mesoplia similis</i> Schrottky, 1920	-	-	-		3
<i>Microthurga friesei</i> (Ducke, 1907)	-	-	-		3
<i>Monoeca pluricincta</i> (Vachal, 1909)	-	-	-		3
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	-	-	-		3
<i>Neocorynura oiospermi</i> (Schrottky, 1909)	-	-	-		3
<i>Nomiocolletes bicellularis</i> (Ducke, 1911)	-	-	-		3



NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Nomiocolletes cearenses</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Nomiocolletes</i> sp.	-	-	-	X	3
<i>Osirinus parvicollis</i> (Ducke, 1910)	-	-	-		3
<i>Oxaea austera</i> Gerstaecker, 1867	-	-	-		3
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	-	-	-		3
<i>Oxaea schwarzi</i> Moure & Seabra, 1962	-	-	-		3
<i>Oxytrigona tataira</i> (Smith, 1863)	-	-	-		3
<i>Paratetrapedia fervida</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Paratetrapedia volatilis</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Paratrigona glabrata</i> Moure, 1990	-	-	-		3
<i>Paratrigona incerta</i> Camargo & Moure, 1994	-	-	-		3
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepelletier, 1836)	-	-	-		3
<i>Parepeolus aterrimus</i> (Friese, 1906)	-	-	-		3
<i>Paroxystoglossa Jocasta</i> (Schrottky, 1910)	-	-	-		1, 3
<i>Paroxystoglossa</i> sp.	-	-	-	X	3
<i>Partamona cupira</i> (Smith, 1863)	-	-	-		3
<i>Partamona helleri</i> (Friese, 1900)	-	-	-		3
<i>Partamona rustica</i> Pedro & Camargo 2003	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Peponapis fervens</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Perditomorpha brunerii</i> (Ashmead, 1899)	-	-	-		3
<i>Perditomorpha decoloratus</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Perditomorpha iheringi</i> (Schrottky, 1910)	-	-	-		3
<i>Perditomorpha laena</i> (Vachal, 1904)	-	-	-		3
<i>Pereirapis rhizophila</i> Moure, 1943	-	-	-		3
<i>Plebeia albopicta</i>	-	-	-		1, 3
<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	-	-	-		3
<i>Plebeia flavocincta</i> (Cockerell, 1912)	-	-	-	X	3
<i>Plebeia marinae</i>	-	-	-		1, 3
<i>Protodiscelis alismatis</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		1, 3
<i>Protodiscelis palpalis</i> (Ducke, 1908)	-	-	-		3
<i>Protomeliturga turnerae</i> (Ducke, 1907)	-	-	-	X	1, 3
<i>Psaenythia canina</i> Cockerell, 1912	-	-	-		3
<i>Psaenythia variabilis</i> Ducke, 1908	-	-	-	X	3
<i>Pseudaugochlora graminea</i> Fabricius, 1804	-	-	-		3
<i>Pseudaugochlora pandora</i> (Smith, 1853)	-	-	-		3
<i>Ptiloglossa torquata</i> Moure, 1989	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Ptilothrix plumata</i> Smith, 1853	-	-	-		3
<i>Rhathymus acutiventris</i> Friese, 1906	-	-	-		3
<i>Rhathymus bicolor nigripes</i> Friese, 1912	-	-	-		3
<i>Rhectomia mourei</i> (Eickwort, 1969)	-	-	-		3
<i>Rhogepeolus plumbeus</i> (Ducke, 1910)	-	-	-		3
<i>Rhophitulus friesei</i> (Ducke, 1907)	-	-	-		3
<i>Rhophitulus hyptidis</i> Ducke, 1908	-	-	-		3
<i>Rhophitulus paragua-yanus</i> Strand, 1910	-	-	-		3
<i>Sarocolletes fulva</i> Moure & Urban, 1995	-	-	-	X	1, 3
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	-	-	-		3
<i>Scaptotrigona tubiba</i> (Smith, 1863)	-	-	-		3
<i>Scaura atlantica</i> Melo, 2004	-	-	-		3
<i>Tapinotaspis heathi</i> Cockerell, 1912	-	-	-		3
<i>Tapinotaspoides rufescens</i> (Friese, 1899)	-	-	-		2, 3
<i>Temnosoma metallicum</i> Smith, 1853	-	-	-		3
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	-	-	-		3
<i>Tetrapedia clypeata</i> Friese, 1899	-	-	-		3
<i>Tetrapedia diversipes</i> Klug, 1810	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Tetrapedia rugulosa</i> Friese, 1899	-	-	-		3
<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)	-	-	-		3
<i>Thygater</i> ( <i>Thygater</i> ) <i>analís</i> (Lepelletier, 1841)	-	-	-		3
<i>Triepeolus buchwaldi</i> (Friese, 1908)	-	-	-		3
<i>Trigona</i> ( <i>Frieseomelitta</i> ) <i>freiremaiai</i> Moure, 1963	-	-	-		3
<i>Trigona fulviventris</i> Guérin, 1844	-	-	-		3
<i>Trigona grupo fuscipennis</i> Friese, 1900	-	-	-		1, 3
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepelletier, 1836)	-	-	-		3
<i>Trigona recursa</i> Smith, 1863	-	-	-		3
<i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984	-	-	-		3
<i>Trigonisca intermedia</i> (Moure, 1990)	-	-	-		1, 3
<i>Trigonisca pediculana</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-	X	1, 3
<i>Trigonopedia cf. oligotricha</i> Moure, 1941	-	-	-		3
<i>Tropidopedia punctifrons</i> (Smith, 1879)	-	-	-		3
<i>Xylocopa</i> ( <i>Cyroxylocopa</i> ) <i>vestita</i> Hurd & Moure, 1963	-	-	-		3
<i>Xylocopa</i> ( <i>Dasyxylocopa</i> ) <i>bimaculata</i> Friese, 1903	-	-	-		3

NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Xylocopa (Diaxylocopa) truxali</i> Hurd & Moure, 1963	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Monoxylocopa) abbreviata</i> Hurd & Moure, 1963	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum</i>	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) carbonaria</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i> Ducke, 1910	-	-	-		1, 3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> Olivier, 1789	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>	-	-	-		1, 3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima</i> Maidl, 1912	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i> Smith, 1874	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	-	-	-		2, 3
<i>Xylocopa (Schoenherria) subcyanea</i> Perez, 1901	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Schoenherria) aff. viridis</i> Smith, 1854	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Schoenherria) macrops</i>	-	-	-		3
<i>Xylocopa (Schoenherria) muscaria</i>	-	-	-		3



NOME DO TÁXON	STATUS DE AMEAÇA		ENDEMISMO	DADOS PRIMÁRIOS	DADOS SECUNDÁRIOS*
	IUCN (2022)	MMA (2022)			
<i>Xylocopa (Schoenherria) subzonata</i> Moure, 1949	-	-	-		3

Elaboração: Tetra Mais, 2023.

Destaca-se ainda que 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 35 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 registrada nas duas primeiras campanhas do presente estudo. Apesar de uma riqueza 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

As espécies de abelhas (Hymenoptera: Apidae) registradas no levantamento de dados primários, realizado na área do Projeto Santa Quitéria/CE, são esperadas para outras regiões da Caatinga.

A amostragem de insetos é influenciada tanto por fatores biológicos (dispersão e períodos reprodutivos), quanto por fatores físicos (estocasticidade, temperatura, umidade). O conhecimento da diversidade regional de insetos depende, não somente, de coletas que contemplem mais de uma estação do ano, como da justaposição do coletor no tempo e local adequados. Neste sentido, a comunidade de insetos da área de estudo está fortemente relacionada aos padrões de uso do solo, fitofisionomias, atividades antrópicas e impactos ambientais do empreendimento. A curva de acumulação de espécies construída não possui inclinação que tenda à estabilidade. Isso significa que novos táxons poderão ser registrados com o prosseguimento das coletas na região, possibilitando melhor conhecimento sobre a apifauna local, visto que foi registrado o surgimento de novas espécies durante as campanhas deste diagnóstico, tais como *Tetragona clavipes*, *Frieseomelitta varia*, *Trigona fuscipennis* e *Trigona spinipes*, sugerindo que novas espécies podem ser registradas com o monitoramento dessa comunidade.

De maneira geral, as abelhas identificadas neste estudo são generalistas e adaptadas aos impactos antrópicos. Apesar disso, táxons típicos de ambientes florestais também foram registrados, tais como as abelhas pertencentes à tribo Euglossini e Xylocopini. Neste sentido, as comunidades de abelhas devem ser continuamente monitoradas na área de estudo, pois assim será possível orientar ações de manejo e conservação e direcionar esforços para manutenção da biodiversidade local. Ressalta-se que as abelhas, de modo geral, desempenham importante serviço ecossistêmico como polinizadoras de ampla gama de vegetais, tornando a importância econômica desse grupo indiscutível. Esse papel influencia

diretamente na biodiversidade, com efeitos tanto na manutenção e recomposição de áreas florestais como na produtividade de culturas agrícolas.

Cabe destacar que o declínio das populações de abelhas devido a fatores como pesticidas e mudanças climáticas é motivo de preocupação, uma vez que isso poderia ter consequências econômicas significativas. Portanto, a proteção das populações de abelhas por meio de pesquisa, conservação e práticas agrícolas sustentáveis é fundamental para garantir nossa segurança alimentar e sustentabilidade econômica a longo prazo.

E. Relatório Fotográfico



Figura 11.2.1-167: *Euglossa melanotricha*.



Figura 11.2.1-168: *Megachile* sp.



Figura 11.2.1-169: *Tetragona clavipes*.



Figura 11.2.1-170: *Trigona spinipes*.



Consultoria Econômica e Ambiental

---

 +55 (11) **2638-6664 / 3071-2721**

ESCRITÓRIO SÃO PAULO

 Rua Jerônimo da Veiga, 164, 18° andar  
São Paulo, SP CEP 04536-900



@tetramais

[www.tetramais.com.br](http://www.tetramais.com.br)