



**Identificação e proposição de medidas reparatórias
para eventuais impactos decorrentes do rompimento
da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação
– Pacote Continentais 2**

**DIAGNÓSTICO DE AVALIAÇÃO – FLORESTA NACIONAL DE
GOYTACAZES – MEDIÇÃO 8 FINAL**

Julho, 2019

EQUIPE RESPONSÁVEL

Fundação Renova

Bruno Pimenta

Juliana Oliveira Lima

Laila Medeiros Campos

Equipe Ekos Brasil

Ana Cristina Moeri - Coordenadora Administrativa

Camila Dinat - Coordenadora Executiva

Especialistas Meio Biótico

Coordenação: Erika Hingst-Zaher

Marcela Firens - Vegetação

Erika Hingst-Zaher – Mastofauna

Joelma Alves da Silva - Mastofauna

Leonardo Esteves Lopes - Avifauna

Felipe Leite - Anfíbios e Répteis

Gabriel Brejão - Ictiofauna

Maurício Tassoni Filho – Ictiofauna

Especialistas Meio Físico

Coordenação: Regina Benedetto

Regina Benedetto - Dinâmica de Sedimentos

Luis Schiesari – Limnologia

Especialistas Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público

Coordenação: Wanda Maldonado

Wanda Maldonado - Impactos Econômicos e Sociais

Sidnei Raimundo - Ciências Sociais, Turismo em áreas naturais

Equipe de Apoio

Daiana Marques Costa - Banco de Dados Geoespaciais

Clarissa Magalhães - Processo Participativo

Analistas

Jéssica Fernandes

Marcos Melo

Marina Tiengo

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

AP – Área Prioritária

APP - áreas de preservação permanente

BDG - Base de Dados Geográficos

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

CR – Criticamente em perigo

CTC – Capacidade de troca de catiônica

DD – Dados insuficientes

DZUFMG - Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMCAPA – Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária

EN – Em perigo

ES – Espírito Santo

ESRI - Environmental System Research Institute

Fe – Ferro

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FJP – Fundação João Pinheiro

FLONA – Floresta Nacional

GA – Mil milhões de anos ou bilhões de anos

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão de Águas

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

IPH – Instituto de Pesquisa Hidráulicas

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

LAC – Limits of Acceptable Change

LQ – Limite de quantificação

MBML - Museu de Biologia Professor Mello Leitão

MCNA - Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

MEC – Massa Equatorial Continental

MG – Minas Gerais

MHNUFMG - Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

Mn – Manganês

MNRJ - Museu Nacional do Rio de Janeiro

MPA – Massa Polar Atlântica

MPF – Ministério Público Federal

MTA – Massa Tropical Atlântica

MZIJMO - Museu de Zoologia João Moojen de Oliveira da Universidade Federal de Viçosa

MZUSP - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

NT – Quase ameaçada de extinção

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PIB – Produto Interno Bruto

PMQQS - Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos

PSA – Pagamento por serviços ambientais

RH – Recursos Humanos

SBS - Síndrome de Mudança de Linha de Base

SiBCs - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SST – Sólidos Suspensos Totais

TTAC - Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta

UC – Unidade de Conservação

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UICN - União Internacional para a Conservação da Natureza e Recursos Naturais

USP – Universidade de São Paulo

UTM – Universal Transversa de Mercator

VRQ – Valor de referência de qualidade

VRQ – Valores de Referência de Qualidade

VU – Vulnerável

ZA – Zona de Amortecimento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organização do Bando de Dados Geográfico (BDG)	30
Figura 2 - Chave de interpretação visual de imagens de satélite	31
Figura 3 - Poços tubulares dentro dos limites da área de estudo (linha vermelha) da Floresta Nacional de Goytacazes.....	58
Figura 4 - Tipos de relevo na Unidade de Conservação Floresta Nacional Goytacazes.....	62
Figura 5 - Exemplos de tipos de feições fluviais de deposição de sedimentos na área de estudo	67
Figura 6 - Matriz para o estabelecimento do índice de nodalidade	106
Figura 7 - Faixas do Índice de Vulnerabilidade Social	108
Figura 8 - lista de possíveis indicadores de impacto	150
Figura 9 - Etapas de estabelecimento de indicadores e monitoramento da técnica “VIM”	151
Figura 10 - Estrutura da expedição.....	154
Figura 11 - Localização dos pontos visitados durante a expedição.....	162
Figura 12 - Expedição de campo realizada na área de estudo da FLONA de Goytacazes, entre os dias 13 e 14/02/2019: (1) Rio Doce visto de sua margem esquerda; (2) vista do Rio Doce e da planície fluvial sobre a ponte de Linhares; (3) Sedimentos na margem (esquerda) e no leito do Rio Doce. Linhares (ES).	164
Figura 13 - Trilha da UC FLONA de Goytacazes: (1) paleoleito do Rio Doce, atual canal temporário; (2) solos arenosos e argilosos, presença de matéria orgânica por serapilheira. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).....	165
Figura 14 - Marca da altura da inundação na parede da sede da UC FLONA de Goytacazes. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).....	165
Figura 15 - Cultivo de hortaliças pelo sistema de hidroponia através da captação de água por poços tubulares na área de estudo da FLONA de Goytacazes. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).....	167
Figura 16 - Árvore do interior da FLONA.	169
Figura 17 – Visão do paleoleito do Rio Doce, seco na ocasião da expedição.....	178
Figura 18 - Matas de cabruca abandonadas, no interior da UC, mas ainda produzindo cacau.	179
Figura 19 - Plantações de coco no entorno da UC.....	180
Figura 20 - Comunidade de Areias no entorno da UC.....	180
Figura 21 - Sr. José Luiz Casati, proprietário do entorno em seu escritório no centro de Linhares.....	181
Figura 22 - Portal de sinalização de acesso a FLONA por estrada municipal.....	182
Figura 23 - Senhor Leony, gestor da FLONA, apresentando a UC aos técnicos do Ekos.	183

Figura 24 - Árvores centenárias no interior da trilha interpretativa de 2 km.....	184
Figura 25 - Detalhe da trilha interpretativa de 2 km	184
Figura 26 - Placas interpretativas no início da trilha de 2 km.	185
Figura 27 - Formação da região da FLONA de Goytacazes.....	185
Figura 28 - Paleoleito do Rio Doce na FLONA	185
Figura 29 - Informações sobre a FLONA de Goytacazes	186
Figura 30 - Sr. Jusmael, técnico ambiental da FLONA, responsável pelo uso público da UC	187
Figura 31 - Detalhe do centro de visitantes da FLONA	187
Figura 32 - Entrada da trilha autoguiada de 100m.....	188
Figura 33 - Palmito amargoso.....	189
Figura 34 - Mercado Municipal de Linhares. As bancas de peixe foram reduzidas e as atuais só vendem peixes marinhos.....	190
Figura 35 - Foto do Rio Doce no município de Linhares (ES) entre os dias 17 a 20/11/2015.	200
Figura 36 - Trecho 1	201
Figura 37 - Trecho 2	201
Figura 38 - Trecho 3	202
Figura 39 - Trecho 4	202
Figura 40 - Trecho 5	203
Figura 41 - Estrutura do Mapa Conceitual	255
Figura 42 - Mapa Conceitual.....	256

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Total de precipitação do período chuvoso (outubro a março) entre 2015 a 2018 nas estações pluviométrica localizadas no médio-baixo Rio Doce.....	52
Gráfico 2 - Total de precipitação mensal no período chuvoso entre 2015 a 2018 na estação pluviométrica de Colatina (ES).	52
Gráfico 3 - Perfil longitudinal do canal do Rio Doce, características gerais e localização (relativa) da área de estudo.	64
Gráfico 4 - Representação gráfica das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56994500. Fonte: MPF (2017a).	69
Gráfico 5 - Representação gráfica da curva chave de sedimentos entre o período de 1998 a 2015 na estação 56994500, município de Colatina (ES). Fonte: MPF (2017a).	70
Gráfico 6 - Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Sólidos suspensos e turbidez são os parâmetros físicos mais diretamente ligados ao assoreamento e, portanto, à passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce.	72
Gráfico 7 - Linha-base dos parâmetros básicos de qualidade de água pH (acima) e oxigênio dissolvido (abaixo) do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011.	73
Gráfico 8 - Linha-base do Ferro Total na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Ferro é o elemento metálico dominante no rejeito de mineração depositado na Barragem de Germano e, por extensão, na Barragem de Fundão (Hydrobiology 2015).	74
Gráfico 9 - Linha-base das concentrações de Zinco na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Esquerda: gráfico de dispersão com série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.	74
Gráfico 10 - Linha-base das concentrações de (a) Nitrato (b) Nitrito (c) Nitrogênio amoniacal (d) Nitrogênio orgânico (e) fósforo total na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção primária em ecossistemas aquáticos.	74
Gráfico 11 - Linha-base da contaminação orgânica (demanda bioquímica de oxigênio) e microbiológica (coliformes fecais) da água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011.	77
Gráfico 12 - Comparativo entre população urbana e rural em Linhares, ES – 2010	114
Gráfico 13 - População Total, por Gênero, Rural e Urbana em Linhares, ES – 2000 e 2010	115
Gráfico 14 - 1991 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)	116
Gráfico 15 - 2000 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)	116

Gráfico 16 - 2010 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)	117
Gráfico 17 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 1991	118
Gráfico 18 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 2000	119
Gráfico 19 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 2010	119
Gráfico 20 - Mortalidade Infantil nos municípios de Linhares, ES - 1991, 2000 e 2010.	120
Gráfico 21 - Renda, Pobreza e Desigualdade em Linhares, ES – 1991, 2000 e 2010	123
Gráfico 22 - População Economicamente Ativa de Linhares, ES - 2010	123
Gráfico 23 - População, por setor censitário com interface direta. FLONA de Goytacazes, 2010	127
Gráfico 24 - Domicílios e População, por setor censitário com interface direta. FLONA de Goytacazes, 2010	127
Gráfico 25 – População por sexo, setores censitários, FLONA de Goytacazes, 2010	129
Gráfico 26 - Percentual da população alfabetizada nos setores censitários de influência da FLONA de Goytacazes, 2010	130
Gráfico 27 – Rendimento nominal mensal <i>per capita</i> dos domicílios em salários mínimos, por setor censitário, 2010	131
Gráfico 28 - Abastecimento d'água nos setores censitários, urbano e rural, 2010	132
Gráfico 29 - Esgotamento sanitário por setor censitário, área de influência FLONA de Goytacazes, urbano e rural, 2010	133
Gráfico 30 - Lixo coletado e não coletado nos setores censitários, área de influência FLONA de Goytacazes, 2010	135
Gráfico 31 – Energia elétrica por setor censitário, na área de influência FLONA de Goytacazes, 2010	136
Gráfico 32 - Caráter hidroquímico determinado em 35 amostras de água na região de Linhares (ES)	198
Gráfico 33 - Percentual com valores superiores ao VMP para cada componente químico em 35 amostras de água da região de Linhares	199
Gráfico 34 - Comportamento da vazão e cota (curva-chave) na Estação fluviométrica localizada no município de Colatina (ES), Código 56994500, incluindo o monitoramento especial realizado na bacia do Rio Roce em dezembro de 2015. Em destaque vermelho: máxima de vazão diária registrada no dia da passagem da onda de cheia, no dia 09/11/2015.	205
Gráfico 35 - Sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão	217
Gráfico 36 - pH (acima) e condutividade (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	218
Gráfico 37 - Oxigênio dissolvido na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao	

rompimento da Barragem do Fundão.	219
Gráfico 38 - Ferro Dissolvido (acima) e Manganês Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	220
Gráfico 39 - Arsênio Total (acima) e Cádmio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	221
Gráfico 40 - Chumbo Total (acima) e Mercúrio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	221
Gráfico 41 - Nitrato (acima) e Fósforo Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	222
Gráfico 42 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) e Coliformes Termotolerantes ('fecais') (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	224
Gráfico 43 - Concentração de clorofila a na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.	225

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico de Linha de Base.....	26
Tabela 2 - Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico de Avaliação.....	27
Tabela 3 - Dados para composição do BDG/SIG na etapa do Relatório Final	27
Tabela 4 - Características do sensor REIS.....	28
Tabela 5 - Características do sensor do Planet Scope.....	28
Tabela 6 - Imagens utilizadas dos satélites RapidEye e Planet Scope	28
Tabela 7 - Mapas elaborados por equipe, etapa do Diagnóstico de Linha de Base.....	32
Tabela 8 - Mapas elaborados por equipe, na etapa do Diagnóstico de Avaliação	33
Tabela 9 - Mapas elaborados por equipe, na etapa do Relatório Final	35
Tabela 10 - Média de variação mensal das chuvas (mm/mês) entre o período de 1985 a 2015 na região onde se localiza a Floresta Goytacazes	51
Tabela 11 - Poços tubulares com disponibilidade de informações, cadastrados no SIAGAS/CPRM, localizados em uma faixa de 1.500 m ao longo da calha do médio-baixo Rio Doce	59
Tabela 12 - Valores das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56994500. Fonte: MPF (2017a).....	69
Tabela 13 - Propriedades e concentração de metais nos tipos de solos presentes na Floresta Nacional Goytacazes.....	81
Tabela 14 - Indicadores que compõem as três dimensões do Índice de Vulnerabilidade Social – IVS.....	107
Tabela 15 - Uso e ocupação da terra na FLONA de Goytacazes.....	111
Tabela 16 - Área Territorial, População e Densidade Demográfica do município, do estado de ES, 2000 e 2010.....	113
Tabela 17 - População Residente Total, Urbana e Rural em Linhares, ES – 2000 e 2010	114
Tabela 18 - Variáveis do IDHM.....	117
Tabela 19 - Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Linhares, 2000 e 2010	120
Tabela 20 - Produto Interno Bruto a preços correntes de Linhares, ES - 2005 e 2015 (mil)	121
Tabela 21 - Produto Interno Bruto <i>per capita</i> de Linhares, ES - 2015.	121
Tabela 22 - Renda, Pobreza e Desigualdade em Linhares, ES – 1991, 2000 e 2010.....	122
Tabela 23 - Ocupação na faixa etária de 18 anos por setor econômico de Linhares, ES - 2010	124
Tabela 24 - Valor Adicionado (por setor) do município de Linhares em 2005 e 2015 (em R\$ mil).....	124
Tabela 25 - Domicílios e População, por setor censitário com interface direta com a FLONA de Goytacazes, 2010.....	126

Tabela 26 - População residente, gênero e idade por setor censitário, 2010.....	128
Tabela 27 - Pessoas alfabetizadas por faixa de idade, por setor, 2010.	129
Tabela 28 - Rendimento nominal mensal <i>per capita</i> dos Domicílios Permanentes (não inclui improvisados), em salários mínimos, por setor censitário, 2010.....	130
Tabela 29 - Forma de abastecimento d'água por setor censitário, na área de influência da FLONA de Goytacazes, 2010.....	132
Tabela 30 - Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, área de influência FLONA de Goytacazes, 2010.....	133
Tabela 31 - Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor censitário, 2010.....	134
Tabela 32 – Energia elétrica por setor censitário na área de influência FLONA de Goytacazes, 2010.....	135
Tabela 33 - Vulnerabilidade de cada um dos setores selecionados na área de estudo	137
Tabela 34 - Sítios arqueológicos no município de Linhares	138
Tabela 35 - Características extra e intra-canal do trecho fluvial a serem observados em campo.	155
Tabela 36 - Localização dos pontos visitados durante a expedição.....	162
Tabela 37 - Pequenos mamíferos terrestres da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato. Legenda: ** espécies com presença mencionada durante entrevistas em campo e *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.	170
Tabela 38 - Quirópteros da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato. Legenda: *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.	171
Tabela 39 - Mamíferos de médio e grande porte da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato. Legenda: ** espécies com presença mencionada durante entrevistas em campo e *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.	174
Tabela 40 - Critérios para a Caracterização e Atribuição de Significância aos Impactos componentes da Matriz de Avaliação.....	193
Tabela 41 - Modelo de Matriz de Avaliação de Impacto adotada no presente projeto	196
Tabela 42 - Matriz de Significância do Impacto.	196
Tabela 43 - Granulometria dos sedimentos suspensos em Linhares (ES).....	206
Tabela 44 - Granulometria dos sedimentos suspensos em Linhares (ES).....	207
Tabela 45 - Estimativa da Descarga Sólida em Suspensão durante a passagem da massa de água	209
Tabela 46 - Descarga sólida em suspensão.....	210
Tabela 47 - Resumo das alterações na qualidade de água do Rio Doce em geral, e no Rio Doce em	

Linhares em particular, para (a) parâmetros básicos de qualidade de água (b) elementos químicos, incluindo metais e metalóides (c) macronutrientes (d) contaminantes microbiológicos (e) contaminantes orgânicos e (f) fitoplâncton. Para cada parâmetro é apresentada a tendência da alteração, quais sejam, de diminuição (↓) e de aumento (↑).....215

Tabela 48 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio físico226

Tabela 49 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio biótico237

Tabela 50 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio socioeconômico.....252

Tabela 51 - Relação dos Impactos com as Medidas e Projetos Propostos266

LISTA DE MAPAS

Mapa 1- Localização das Unidades de Conservação do projeto.....	20
Mapa 2 - Área de estudo dos meios físico, biótico e socioeconômico da FLONA de Goytacazes	25
Mapa 3 - Localização das estações pluviométricas em relação a FLONA de Goytacazes	53
Mapa 4 – Geologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	55
Mapa 5 - Unidades hidrogeológica onde está situada a Floresta Nacional de Goytacazes.	57
Mapa 6 - Geomorfologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	61
Mapa 7 - Drenagem da área de estudo da FLONA de Goytacazes.	63
Mapa 8 - Hipsometria da área de estudo da FLONA de Goytacazes	65
Mapa 9 - Declividade da área de estudo da FLONA de Goytacazes	65
Mapa 10 - Localização das estações fluviométricas próximas à FLONA de Goytacazes	68
Mapa 11 - Pedologia da região da FLONA de Goytacazes	79
Mapa 12 - Mapa de vegetação da Bacia do Rio Doce.....	89
Mapa 13 - Cobertura Vegetal da FLONA de Goytacazes e região.....	90
Mapa 14 - Uso e ocupação do solo da FLONA de Goytacazes e região - biótico.....	91
Mapa 15 - Nodalidade da FLONA de Goytacazes.....	103
Mapa 16 - Setores censitários da área de estudo	126
Mapa 17 - Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários....	264
Mapa 18 - Áreas Prioritárias da FLONA de Goytacazes	295

SUMÁRIO

1.	Introdução	18
2.	Contextualização.....	24
2.1	Área de Estudo.....	24
2.2	Forma da Construção da Base de Dados Geoespacial	25
3.	Caracterização da Floresta Nacional de Goytacazes	37
4.	Linha de Base	40
4.1	Linha de Base do Meio Físico	41
4.1.1	Aspectos Metodológicos.....	41
4.1.2	Caracterização da Linha de Base do Meio Físico na FLONA de Goytacazes.....	49
4.2	Linha de Base do Meio Biótico	82
4.2.1	Aspectos Metodológicos.....	82
4.2.2	Histórico do conhecimento sobre a biodiversidade do Médio e Baixo Rio Doce	87
4.2.3	Caracterização da Linha de Base na FLONA de Goytacazes	88
4.3	Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público	100
4.3.1	Aspectos Metodológicos.....	100
4.3.2	Caracterização da Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público na FLONA de Goytacazes	110
5.	Expedição	154
5.1	Metodologia.....	154
5.1.1	Meio Físico.....	155
5.1.2	Meio Biótico.....	156
5.1.3	Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público.....	158
5.2	Avaliação de Campo Exepedita	162
5.2.1	Meio Físico	162
5.2.2	Meio Biótico	168
5.2.3	Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público	178
6.	Avaliação dos Impactos	191
6.1	Impactos no Meio Físico	197
6.1.1	Hidrogeologia	197
6.1.2	Geomorfologia Fluvial.....	200
6.1.3	Hidrossedimentologia	204

6.1.4	Qualidade da água	211
6.1.5	Descrição dos Impactos no Meio Físico	225
6.2	Impactos no Meio Biótico	235
6.3	Impactos no Meio Socioeconômico e Cultural	250
6.4	Avaliação de Impacto Integrada	254
7.	Lacunas de Conhecimento	261
7.1	Meio Físico	261
7.2	Meio Biótico	262
7.3	Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público	265
8.	Propostas de Medidas de Restauração, Reparação, Mitigação e Compensação	266
8.1	Projeto de Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica	276
8.1.1	Medida 1 - Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	277
8.1.2	Medida 2 - Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reúso, etc) em locais estratégicos	278
8.1.3	Medida 3 - Monitoramento quali-quantitativo sobre o comportamento das águas subterrâneas (vazão, metais, condutividade, pH) através de coletas de água de poços e nascentes em locais estratégicos	279
8.1.4	Medida 4 - Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	280
8.1.5	Medida 5 - Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	282
8.1.6	Medida 6- Divulgação de dados sobre contaminação e da qualidade das águas ao longo das margens do Rio Doce e ações da F. Renova	283
8.2	Projeto de Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População	284
8.2.1	Medida 1 – Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	285
8.2.2	Medida 2 - Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA de Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	286
8.2.3	Medida 3 - Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	288
8.3	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas	289
8.3.1	Medida 1 Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	290
8.3.2	Medida 2 Capacitação ao cultivo de palmito nativo	291
8.3.3	Medida 3. Incentivo ao plantio de agroflorestas e manejo de recursos florestais	293

8.3.4 Medida 4. Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais.....	294
8.4 Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação	295
8.4.1 Medida 1 Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização.....	296
8.4.2 Medida 2. Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária para a recuperação e manutenção de meso e micro-habitats aquáticos	297
8.4.3 Medida 3. Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	298
8.4.4 Medida 4. Levantamento das espécies de peixes em ambientes temporários (FLONA).....	299
8.4.5 Medida 5. Criação em cativeiro das espécies de ambientes temporários para reintrodução (FLONA).....	300
8.4.6 Medida 6. Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	302
8.4.7 Medida 7. Monitoramento de anfíbios em ambientes alagáveis do interior da UC	303
8.4.8 Medida 8. Reintrodução de mamíferos e aves (FLONA)	304
8.4.9 Medida 9. Vigilância patrimonial para monitoramento da área (FLONA)	305
8.5 Projeto de Uso Público.....	306
8.5.1 Medida 1 Implantação de roteiros ecoturísticos adequados a UC	307
8.5.2 Medida 2 Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia, etc).....	308
8.5.3 Medida 3 Consolidar o Programa de Uso Público (de acordo com Plano de Manejo) – FLONA	309
9. Referências Bibliográficas.....	310

1. INTRODUÇÃO

A Barragem de Fundão está localizada no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, área que por sua importância geológica é reconhecida como Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais (MG). Essa barragem, assim como a Santarém, pertence ao complexo minerário de Germano, e eram utilizadas pelas empresas Samarco e Vale para acondicionar o rejeito da exploração do minério de ferro das jazidas locais.

O rompimento da Barragem de Fundão no dia 05 de novembro de 2015 foi responsável pelo lançamento de 39,2 milhões de m³ de rejeitos de mineração no ambiente. De acordo com o Laudo Técnico Preliminar elaborado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em novembro de 2015, a lama de rejeitos provocada pelo rompimento percorreu e atingiu diretamente os rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce, chegando à Foz do Oceano Atlântico, no município de Linhares, no Espírito Santo (ES), no dia 21 de novembro de 2015.

A Defesa Civil conceitua desastres como resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pela atividade humana, sobre um ecossistema, causando danos humanos, ambientais e materiais e provocando prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são classificados quanto a sua intensidade, dada pela relação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do ambiente afetado. O rompimento da Barragem de Fundão foi classificado pela Defesa Civil como Desastre de Nível IV¹, de muito grande porte, provocando danos muito importantes e prejuízos muito vultosos e consideráveis.

De acordo com o Laudo Técnico, 663,2 km de corpos hídricos foram diretamente impactados e 1.469 ha de vegetação natural, incluindo áreas de preservação permanente (APPs), foram destruídos pela lama de rejeitos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Na chegada à Foz do Oceano Atlântico, uma onda de rejeitos foi depositada no estuário do delta do Rio Doce e liberada no Oceano.

O Relatório Temático elaborado pela União Internacional para a Conservação da Natureza e Recursos Naturais (UICN), publicado em 2018, levanta que o rompimento da barragem provocou a morte de 19 pessoas, sendo 14 trabalhadores da barragem e 5 moradores do município de Bento Rodrigues. A lama de rejeitos destruiu 218 edificações e afetou 806; impactou aproximadamente 2.000 ha de terra em mais de 200 propriedades rurais; e provocou o deslocamento de mais de 220 famílias.

O Laudo Técnico ainda apresenta a identificação de danos ambientais e sociais diretos, com a importante ressalva de que os impactos não se limitam aos danos diretos. Dentre os danos constatados estão:

Morte e desaparecimento de pessoas; isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades devido a destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; mortandade de animais de produção e impacto à produção rural e ao turismo, com interrupção de receita econômica; restrições à pesca; mortandade de animais domésticos; mortandade de fauna silvestre; dizimação de ictiofauna silvestres em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água, bem como a

¹ De acordo com a Defesa Civil os desastres se classificam quanto à intensidade em: acidentes; desastres de médio porte; desastres de grande porte; desastres de muito grande porte. (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2000)

suspensão de seus usos para as populações e a fauna, como abastecimento e dessedentação; além da sensação de desamparo da população em diversos níveis. (IBAMA, 2015, p. 33)

O IBAMA aponta que historicamente a Bacia do Rio Doce apresentou diferentes fontes de degradação ambiental, o que diminui sua resiliência, ou seja, sua capacidade de retornar naturalmente às suas características originais, ou o mais próximo possível a elas, após a ocorrência de uma perturbação no ecossistema.

A Bacia do Rio Doce possui 98% de sua área inserida no bioma Mata Atlântica (sendo que os 2% restantes pertencem ao Cerrado). De toda sua área, no ano de 2014, apenas 11,6% (9.831 km²) eram constituídos por remanescentes florestais. A pecuária é bastante presente, sendo que 95% das terras são caracterizadas por pastos e capoeiras. A região ainda é marcada pela forte presença dos garimpos de ouro desenvolvidos por séculos, com parte desativada e alguns ainda ativos.

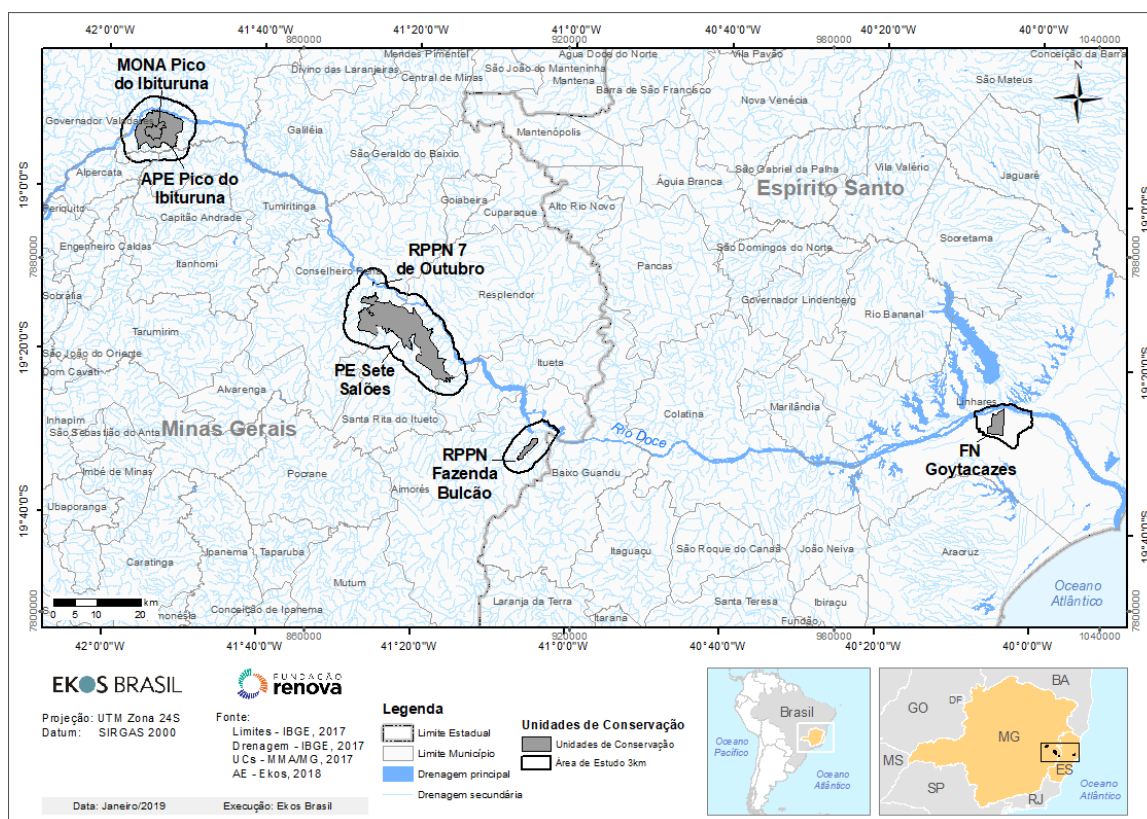
O Projeto “Identificação e proposição de medidas reparatórias para eventuais impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação” se insere no contexto de atendimento à Cláusula 181 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) pela Fundação Renova, que trata sobre a realização de estudos de avaliação de impactos e proposição de medidas de reparação necessárias para as Unidades de Conservação (UCs) atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão em 05 de novembro de 2015 na Bacia do Rio Doce.

Segundo orientações da Nota Técnica nº 04/2016/APA Costa das Algas/ICMBio, as Unidades de Conservação que tiveram suas áreas, Zonas de Amortecimento ou em distância de 3 quilômetros de seu limite (nos casos em que não há Zona de Amortecimento estabelecida) diretamente atingidas em algum momento pela lama de rejeitos e/ou pluma devem estar inclusas em tal estudo. As orientações apontam para o total de 40 Unidades de Conservação.

O Instituto Ekos Brasil se insere no Pacote 2 do projeto, que abrange seis Unidades de Conservação continentais localizadas entre os municípios de Governador Valadares (MG) e Linhares (ES). São elas (Mapa 1):

- Monumento Natural Pico do Ibituruna (Governador Valadares/MG)
- Área de Proteção Especial Pico do Ibituruna (Governador Valadares/MG)
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Sete de Outubro (Conselheiro Pena/MG)
- Parque Estadual Sete Salões (Conselheiro Pena, Itueta, Resplendor, Santa Rita do Itueto/MG)
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão (Aimorés/MG)
- Floresta Nacional de Goytacazes (Linhares/ES)

Mapa 1- Localização das Unidades de Conservação do projeto



O projeto tem como objetivo principal a identificação e avaliação da incidência e magnitude dos impactos ambientais nas seis Unidades de Conservação citadas acima e a proposição de medidas reparatórias (e eventualmente compensatórias) consideradas necessárias. Tal trabalho foi organizado por áreas de conhecimento: meio Físico, meio Biótico e meio Socioeconômico e Cultural, sob uma perspectiva de análise integrada da paisagem.

O presente documento tem como principais objetivos a identificação dos impactos decorrentes do rompimento da barragem na Floresta Nacional de Goytacazes e em sua Zona de Amortecimento (ZA); a avaliação dos impactos por áreas do conhecimento e a avaliação integrada dos impactos na Unidade de Conservação e em sua ZA; e por fim apresentar medidas reparatórias e compensatórias.

A identificação e avaliação dos impactos e proposição de medidas reparatórias foi realizada tendo como base os seguintes pilares que sustentaram as análises: primeiramente, o levantamento das condições socioambientais anteriores ao rompimento, consolidadas no Diagnóstico de Linha de Base (capítulo 4 Linha de Base); as informações complementares oriundas dos debates na Oficina de Diagnóstico realizada em Governador Valadares nos dias 06 e 07 de fevereiro de 2019, que contou com a participação da equipe técnica do presente projeto e dos principais atores envolvidos com a UC, além da Fundação Renova; a expedição em campo realizada na FLONA de Goytacazes entre os dias 14 e 15 de fevereiro de 2019, juntamente com os responsáveis pela área (capítulos 5 Expedição e 6 Avaliação de Impactos); a segunda expedição em campo realizada no dia 23 de abril, com a realização de reunião entre a gestão da Unidade e a equipe do projeto; o aprofundamento do resultado da avaliação de impactos e propostas de medidas reparatórias na Oficina de Avaliação, realizada nos dias 07 e 08 de maio de 2019 (capítulo 8 Propostas de Medidas de Restauração, Reparação, Mitigação e Compensação); e as Reuniões Técnicas realizadas entre a equipe técnica ao longo de todo o desenvolvimento do projeto.

Parte-se do entendimento que este Relatório deve ser interpretado como um documento vivo, construído em camadas, ou seja, a cada nova etapa do projeto foram acrescentadas análises e informações, tendo como base as análises anteriores, eventuais atualizações e novas análises.

O Relatório segue a seguinte estrutura:

Contextualização: contextualização do documento.

- Área de Estudo: definição e justificativa da área de estudo para os meios físico, biótico e socioeconômico e cultural.
- Forma da Construção da Base de Dados Geoespacial: apresentação do método utilizado para o desenvolvimento e estruturação da base de dados geoespacial, mapeamento temático e etapas relacionadas ao levantamento de dados secundários.

Caracterização da FLONA de Goytacazes: caracterização sistematizada da Unidade com o levantamento de seu histórico, objetivos de criação, principais alvos de conservação, grau de implantação, principais atributos e serviços ambientais prestados.

Linha de Base: apresentação do conceito e sua importância para a avaliação de impactos ambientais.

- Linha de Base do Meio Físico: caracterização e construção da linha de base, junto a interpretação de condições mais recentes dos componentes físicos na UC, mediante o rompimento da barragem.
 - Aspectos Metodológicos: metodologia utilizada no meio físico para construção da linha de base e sistematização de dados e informações sobre os possíveis efeitos do rompimento da barragem no meio físico, incluindo a identificação das perguntas orientadoras que norteiam a caracterização da Unidade.
 - Caracterização da Linha de Base do Meio Físico na FLONA de Goytacazes: caracterização da unidade a partir dos seguintes componentes:
 - Características e Comportamento do Rejeito da Barragem de Fundão Mediante o Rompimento
 - Clima;
 - Geologia;
 - Hidrogeologia;
 - Geomorfologia;
 - Hidrossedimentologia;
 - Qualidade da Água;
 - Pedologia.
- Linha de Base do Meio Biótico: caracterização e construção da linha de base da unidade a partir do meio biótico, considerando as áreas vegetação e fauna.
 - Aspectos Metodológicos: metodologia utilizada para construção da linha de base e sistematização de dados e informações sobre os possíveis efeitos do rompimento da barragem no meio biótico, incluindo a identificação das perguntas orientadoras que norteiam a caracterização da Unidade.
 - Histórico do Conhecimento da Biodiversidade do Médio e Baixo Rio Doce no Séculos XIX e XX: breve histórico sobre as pesquisas e expedições científicas realizadas na região.
 - Caracterização da Linha de Base do Meio Biótico na FLONA de Goytacazes: caracterização da unidade a partir dos componentes:
 - Vegetação;
 - Mastofauna;

- Avifauna;
 - Herpetofauna;
 - Ictiofauna.
- Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público da UC: caracterização e construção da linha de base da unidade a partir do meio socioeconômico e cultural e de uso público da unidade.
 - Aspectos Metodológicos: metodologia utilizada pelo meio socioeconômico e cultural para construção da linha de base, incluindo a identificação das perguntas orientadoras que norteiam a caracterização da unidade.
 - Caracterização da Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público da UC na FLONA de Goytacazes: caracterização da unidade a partir dos seguintes aspectos:
 - Histórico das Formas de Uso e Ocupação do Território;
 - Perfil Socioeconômico;
 - Patrimônio Cultural e Arqueológico;
 - Comunidades Tradicionais, Quilombolas e Indígenas;
 - Atividades de Lazer e Turismo;
 - Recursos Explorados;
 - Projetos de Pesquisa em Andamento.

Expedição:

- Metodologia: descrição metodológica por meio.
 - Meio Físico;
 - Meio Biótico;
 - Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público.
- Avaliação de Campo Expedita: avaliação da expedição realizada na Unidade de Conservação, a partir das áreas do conhecimento, identificando os pontos visitados.
 - Meio Físico;
 - Meio Biótico;
 - Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público.

Avaliação dos Impactos: apresentação da metodologia de avaliação dos impactos na Unidade de Conservação e em sua Zona de Amortecimento.

- Impactos no Meio Físico: identificação e avaliação dos impactos no meio físico.
- Impactos no Meio Biótico: identificação e avaliação dos impactos no meio biótico.
- Impactos no Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público: identificação e avaliação dos impactos no meio socioeconômico e cultural e de uso público.
- Avaliação de Impacto Integrada: apresentação do mapa conceitual com hipóteses de relação causa-e-efeito entre o rompimento da Barragem de Fundão e os impactos na Unidade de Conservação e em sua Zona de Amortecimento.

Lacunas de conhecimento: lacunas identificadas por área de conhecimento.

- Meio Físico;
- Meio Biótico;
- Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público.

Propostas de Medidas de Restauração, Reparação, Mitigação e Compensação: apresentação de medidas reparatórias para os impactos identificados, agrupadas em Projetos:

- Projeto de Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica

- Projeto de Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
- Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
- Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
- Projeto de Uso Público

Referências Bibliográficas.

Anexos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A definição da área de trabalho é importante base para a identificação e compreensão dos impactos. Para a definição das áreas de estudo foram estabelecidos alguns critérios, inicialmente aqueles já delineados pelo Termo de Referência e respectiva Proposta Técnica, dentre outros critérios estabelecidos pelas peculiaridades dos meios físico, biótico e socioeconômico e cultural e de uso público das UCs. Parte-se das definições básicas:

- Zona de Amortecimento (ZA) quando definida ou raio de três quilômetros em torno dos limites das UCs, de acordo com o limite mínimo proposto pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N°428/2010, e em consonância com o Termo de Referência do Projeto.
- Caso este limite não atinja o leito aparente do Rio Doce, a área de estudo será aumentada até abrangê-la nas análises. Este critério foi escolhido como forma de incluir na análise de todas as UCs, o trecho do rio principal (Doce) considerando as duas margens (definidas pelo leito aparente, periodicamente inundado e que pode ser visualizado/definido por imagens de satélite). Para tal “expansão” territorial, adotou-se critérios relacionados ao recorte de sub-bacias de drenagem, de acordo com a identificação de interflúvios e hierarquia de drenagem.

Para efeito de análise dos sub-compartimentos hidrogeomorfológicos, foram considerados apenas os canais tributários do Rio Doce que drenam as UCs e suas Zonas de Amortecimento, sendo estes canais identificados pelo mapeamento de otobacias da Agência Nacional de Águas (ANA) (WebGis Geonetwork).

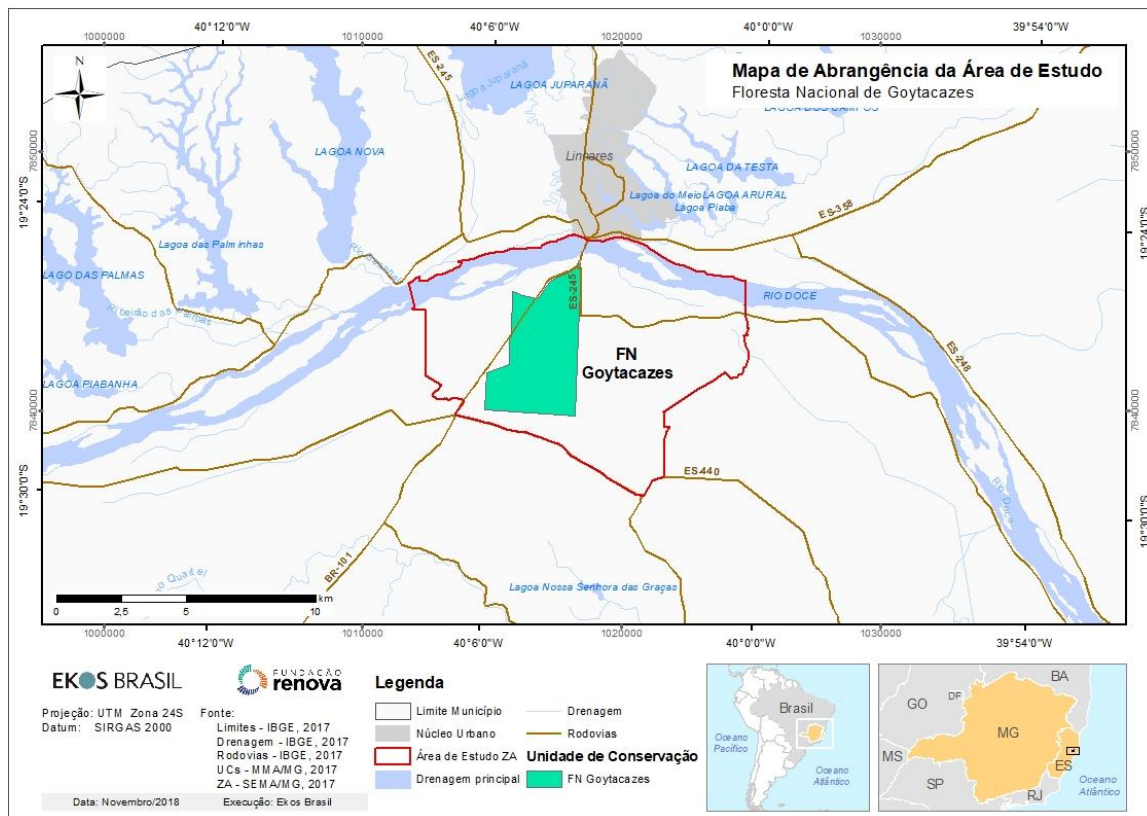
Para a fauna aquática e semi-aquática (peixes, mamíferos aquáticos e semi-aquáticos, aves aquáticas) foram consideradas as microbacias da região, bem como a calha do Rio Doce.

Com relação ao meio socioeconômico e cultural, as informações existentes, em grande parte, encontram-se agregadas por município e contribuem para a visão panorâmica, geral, mas podem dificultar a identificação de impactos pontuais sobre comunidades vizinhas às UCs, por não serem representativas das particularidades locais. Como os setores censitários, localizados no raio das áreas de estudo, podem oferecer informações significativas para os objetivos do diagnóstico optou-se por incluí-los integralmente, o que produz alguns ajustes. Isso significa que para os levantamentos desta temática o raio de 3 km é o primeiro elemento de análise. A partir dele serão realizados ajustes considerando os limites dos setores censitários contíguos a UC. Os demais que não fazem limites diretos com a UC serão, a princípio, descartados da delimitação. Importante destacar que determinados fatores socioeconômicos e culturais, como eixo de estradas e suas conexões de locais ou territórios simbólicos de comunidades tradicionais, podem alterar alguns desses limites.

A partir do entendimento que a UC está inserida nos processos regionais e não isolada deles, a área de estudo foi definida considerando a necessidade de compreensão de como a dinâmica regional influencia a integridade da Unidade de Conservação e de sua Zona de Amortecimento. De tal maneira que a identificação e avaliação de impactos na UC e na ZA considera essa integridade. As informações obtidas e mudanças observadas nas áreas que extrapolam a ZA foram consideradas a partir dessa perspectiva.

No caso da Floresta Nacional de Goytacazes, a área de estudo é definida por sua ZA, estabelecida pelo Plano de Manejo da UC, 56 km² (ICMBio, 2013).

Mapa 2 - Área de estudo dos meios físico, biótico e socioeconômico da FLONA de Goytacazes



2.2 FORMA DA CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS GEOESPACIAL

O presente item aborda o método utilizado para o desenvolvimento e estruturação da base de dados geoespacial, mapeamento temático e etapas relacionadas ao levantamento de dados secundários.

Para o desenvolvimento de todo o trabalho, foi necessário realizar o levantamento, manipulação e compilação de uma grande quantidade de informações espaciais e descritivas que foram gerenciadas por um Sistema de Banco de Dados Geográfico (BDG), integrado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que permitiu organizar dados alfanuméricos, variáveis e atributos associados a uma base espacial com relações topológicas.

O trabalho referente ao SIG ocorreu durante todo o processo de elaboração do Diagnóstico de Linha de Base, Avaliação e Relatório Final, sendo responsável pelo georreferenciamento de dados; obtenção, criação, organização, compilação, atualização e disponibilização dos dados geográficos e alfanuméricos da Floresta Nacional de Goytacazes; padronização da cartografia do projeto; e, produção dos mapas temáticos necessários a cada etapa.

Para estruturação do BDG, manipulação de dados, modelagem numérica de terreno e composição dos mapas foi adotado o software ArcMap, componente de uma plataforma SIG denominada ArcGis. Este é um

conjunto de softwares disponibilizados pelo *Environmental System Research Institute* - ESRI que permite a construção e gestão de muitas variáveis espaciais e alfanuméricas em base unificada.

O Banco de Dados Geográfico foi estruturado por meio do levantamento de informações secundárias disponíveis nas bases de dados espaciais de órgãos oficiais, como: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA, Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM, Agência Nacional de Águas – ANA, Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM, Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático - PMQQS, Fundação Renova, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Governo do Estado do Espírito Santo, Centro de Referência em Informação Ambiental da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - CRIA/ USP/ FAPESP e SOS Mata Atlântica.

A estruturação do BDG também considerou a atualização de dados secundários como drenagem, vias de acesso, uso/ocupação e vegetação, por meio da interpretação visual de imagens de satélite, fornecidas pela Fundação Renova. Os arquivos disponíveis que compõem o BDG e mapeamento correspondem aos temas apresentados na Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 5 referentes a cada etapa de desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 1 - Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico de Linha de Base

TEMA	FORMATO	FONTE	ESCALA
Cobertura Vegetal	Polígono	IEMA, 2012/2015	1:25.000
Curvas de nível	Linha	IEMA, 2012	1:25.000
Domínio hidrogeológico	Polígono	CPRM, 2010	1:500.000
Estações fluviométricas	Ponto	ANA, IGAM, PMQQS	N.I.
Estações hidrossedimentológicas	Ponto	ANA, IGAM, PMQQS	N.I.
FLONA de Goytacazes (Área de estudo)	Polígono	SEMA/ES, 2017	N.I.
FLONA de Goytacazes (UC)	Polígono	SEMA/ES, 2017	N.I.
Geodiversidade	Polígono	CPRM, 2010	1:500.000
Hidrografia principal	Polígono	IBGE, 2017	1:250.000
Hidrografia simples	Linha	IBGE, 2017	1:250.000
Índice de nodalidade	Ponto	Ekos, 2018	1:5.000
Limite América do Sul	Polígono	IBGE, 2017	1:250.000
Limite estados	Polígono	IBGE, 2017	1:250.000
Limite municípios	Polígono	IBGE, 2017	1:250.000
Mata Atlântica	Polígono	SOS Mata Atlântica, 2016	N.I.
Núcleo urbano	Polígono	IBGE, 2017	1:250.000
Pedologia	Polígono	INDE, 2016	1:250.000
Setores censitários	Polígono	IBGE, 2010	1:250.000
Uso	Polígono	IEMA, 2012/2015	1:25.000
Vias de acesso	Linha	IBGE, 2017/ Ekos, 2018	1:250.000

A Tabela 2 apresenta os dados que foram acrescentados e/ou atualizados na etapa do Diagnóstico de Avaliação.

Tabela 2 - Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico de Avaliação

TEMA	FORMATO	FONTE	ESCALA
Área de Preservação Permanente (30m)	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente (100m)	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente (200m)	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente (500m)	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Curvas de nível (5m)	Linha	Renova, 2018	1:5.000
Dados Ictiofauna	Ponto	CRIA	N.I.
Hidrografia principal (atualização)	Polígono	Ekos, 2018	1:5.000
Hidrografia secundária (atualização)	Linha	Ekos, 2018	1:5.000
Uso (atualização)	Polígono	Ekos, 2018	1:5.000
Vegetação (atualização)	Polígono	Ekos, 2018	1:5.000
Vias de acesso (atualização)	Linha	Ekos, 2018	1:5.000

*N.I. – Não informado

A Tabela 3 apresenta os dados acrescentados na etapa final.

Tabela 3 - Dados para composição do BDG/SIG na etapa do Relatório Final

TEMA	FORMATO	FONTE	ESCALA
Área de Preservação Permanente Hidro FLONA	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente Hidro Total	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente Hidro ZA	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea FLONA	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea ZA	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea Total	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000

As imagens de satélites utilizadas foram adquiridas dos satélites RapidEye e Planet Scope disponibilizadas pela Fundação Renova.

O RapidEye, de origem alemã, é composto por uma constelação de 5 microsatélites que estão em operação desde 2008. Eles orbitam em altitude de 630 km e produzem imagens de 77,25 km de largura, com resolução espacial de 5 m. O sensor REIS (RapidEye Earth Image System) é responsável pelo imageamento da

superfície da Terra em cinco faixas espectrais, com período de revisita de 24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir). A Tabela 4 apresenta as principais características.

Tabela 4 - Características do sensor REIS

Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada	Resolução Radiométrica
Azul	440 - 510 nm	6,5 m (nadir) e 5 m para ortoimagens	24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)	77,25 km	12 bits
Verde	520 - 590 nm				
Vermelho	630 - 690 nm				
Red-Edge	690 - 730 nm				
Infravermelho próximo	760 - 880 nm				

Fonte: EMBRAPA (2013).

O Planet Scope consiste em uma constelação de 150 satélites que operam desde 2016. Eles orbitam em altitude de 475 km e produzem imagens de 24,6 x 6,4 km, com resolução espacial de 3,4 m. O sensor de quatro bandas espectrais imagea a superfície da Terra diariamente. A Tabela 5 apresenta as principais características.

Tabela 5 - Características do sensor do Planet Scope

Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada	Resolução Radiométrica
Azul	455 - 515 nm	3,5 m - 4 m (nadir)	Diariamente no nadir (2017)	24,6 km x 6,4 km	12 bits
Verde	500 - 590 nm				
Vermelho	590 - 670 nm				
NIR	780 - 860 nm				

Fonte: European Space Agency – ESA (2018).

As imagens utilizadas, fornecidas pela Fundação Renova, datam dos anos de 2015 (anterior ao rompimento da barragem), 2016 e 2018 (posteriores ao rompimento da barragem) conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Imagens utilizadas dos satélites RapidEye e Planet Scope

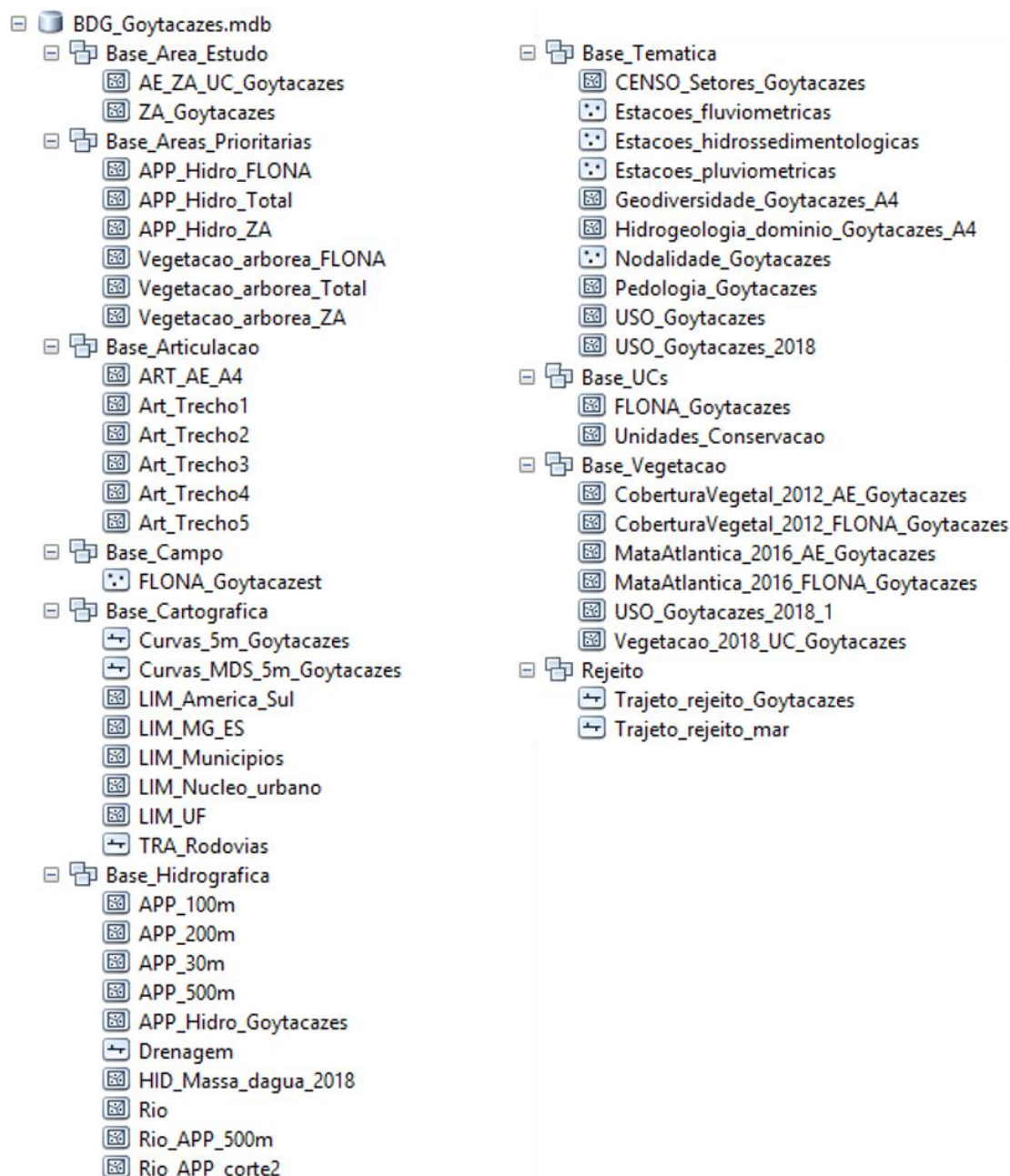
Satélite	Tipo	Cena	Resolução Espacial	Data
RapidEye	Mosaico	-	5 m	04.nov.2015

Planet Scope	Mosaico	-	3,4 m	2016
RapidEye	Imagem	122247_101b	5m	28.jul.2018
		132154_1051		
		132155_1051		
		122223_103d		10.ago.2018
		122224_103d		

Todos os dados foram padronizados pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (definido pela resolução n° 01/2005 do IBGE) e pela projeção Universal Transversa de Mercator - UTM, com área de estudo situada no Meridiano Central 45 e fuso 24S.

Após realizadas as etapas de compatibilização, processamentos, geração e edição de dados, os mesmos foram organizados em uma base digital única, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Organização do Bando de Dados Geográfico (BDG)




Para a elaboração dos mapas, os layouts foram padronizados de acordo com as seguintes normas: NBR 10068/87 – Folhas de desenho layout e dimensões; NBR 10582 – Conteúdo da folha para desenho técnico e NBR 13142 – Dobramento de cópia. A padronização também considerou critérios de semiologia gráfica para a representação de cada atributo e os mapas foram elaborados em duas dimensões A4 e A3 em escala compatível com a informação a ser representada, e disponibilizada pelos órgãos oficiais.

Interpretação visual de imagens de satélite

A interpretação foi realizada com base na identificação visual das áreas de uso e ocupação, baseada em indicadores chave como cor, textura e padrão, conforme Figura 2. Para isso, foram utilizadas as

imagens do RapidEye de 28 de julho de 2018, cenas 132154-1051 e 132155-1051 de 5 m de resolução espacial, que compreende a área da Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento.

Figura 2 - Chave de interpretação visual de imagens de satélite

	Cobertura: Vegetação arbórea Cor: Verde escuro Textura: Rugosa Padrão: Irregular		Cobertura: Pastagem Cor: Verde claro Textura: Lisa Padrão: Regular
	Cobertura: Silvicultura Cor: Verde escuro Textura: Lisa Padrão: Regular Presença de talhões		Cobertura: Banco de areia Cor: Areia Textura: Lisa Padrão: Irregular
	Cobertura: Cultura agrícola Cor: Verde médio Textura: Lisa Padrão: Regular Presença de talhões		Cobertura: Solo exposto Cor: Bege claro Textura: Lisa Padrão: Irregular
	Cobertura: Vegetação campestre Cor: Verde claro Textura: Lisa Padrão: Regular Presença de árvores esparsas		Cobertura: Área edificada Cor: Cinza claro Textura: Rugosa Padrão: Regular
	Cobertura: Vegetação em estágio inicial de regeneração Cor: Verde médio Textura: Rugosa Padrão: Irregular		Cobertura: Massa d'água Cor: Esverdeado Textura: lisa Padrão: Irregular

Áreas Prioritárias para Conectividade da Paisagem

Para o estabelecimento das áreas prioritárias para conectividade da paisagem três elementos foram considerados fundamentais no mapeamento, a saber:

1. Áreas de Preservação Permanente (APP) da hidrografia, lagos e nascentes;
2. Área da Unidade de Conservação; e,
3. Áreas de Vegetação Arbórea.

Para a delimitação das áreas de APP, utilizou-se como critério a LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal) que estabelece as seguintes definições, conforme Art. 4º:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

(...)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Para a delimitação das áreas de APP referentes a hidrografia, lagos e nascentes foi gerado um buffer ao redor de cada feição, respeitando as larguras mínimas definidas pelo Código Florestal. As Áreas de Vegetação Arbórea foram delimitadas com base na interpretação visual de imagens de satélite cedidas pela Fundação Renova.

Mapeamento temático

Os mapas temáticos gerados para a Unidade de Conservação Floresta Nacional de Goytacazes, estão relacionados de acordo com a demanda de cada equipe e subdivididos por etapa de realização do trabalho, como apresentado nas Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 7 - Mapas elaborados por equipe, etapa do Diagnóstico de Linha de Base

MAPA		LAYOUT
Geral		
Mapa 1	Localização das Unidades de Conservação do Projeto	A4/ A3

Mapa 2	Área de estudo dos meios físico e biótico da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 3	Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Físico		
Mapa 4	Localização das estações pluviométricas em relação a FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 5	Geologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 6	Unidades hidrogeológicas onde está situada a Floresta Nacional de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 7	Geomorfologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 8	Drenagem da FLONA de Goytacazes e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 9	Hipsometria da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 10	Declividade da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 11	Localização das estações fluviométricas próximas à FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 12	Pedologia da região da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Biótico		
Mapa 13	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3
Mapa 14	Cobertura Vegetal da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Mapa 15	Uso e ocupação do solo da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Socioeconômico		
Mapa 16	Nodalidade da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 17	Uso e ocupação da terra da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 18	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3

Tabela 8 - Mapas elaborados por equipe, na etapa do Diagnóstico de Avaliação

MAPA	LAYOUT
------	--------

Geral		
Mapa 1	Localização das Unidades de Conservação do Projeto	A4/ A3
Mapa 2	Área de estudo dos meios físico, biótico e socioeconômico da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Físico		
Mapa 3	Localização das estações pluviométricas em relação a FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 4	Geologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 5	Unidades hidrogeológicas onde está situada a Floresta Nacional de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 6	Geomorfologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 7	Drenagem da FLONA de Goytacazes e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 8	Hipsometria da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 9	Declividade da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 10	Localização das estações fluviométricas próximas à FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 11	Pedologia da região da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Biótico		
Mapa 12	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3
Mapa 13	Cobertura Vegetal da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Mapa 14	Uso e ocupação do solo da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Socioeconômico		
Mapa 15	Nodalidade da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 16	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3
Lacunas		
Mapa 17	Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários	A4/ A3

Tabela 9 - Mapas elaborados por equipe, na etapa do Relatório Final

MAPA		LAYOUT
Geral		
Mapa 1	Localização das Unidades de Conservação do Projeto	A4/ A3
Mapa 2	Área de estudo dos meios físico, biótico e socioeconômico da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Físico		
Mapa 3	Localização das estações pluviométricas em relação a FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 4	Geologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 5	Unidades hidrogeológicas onde está situada a Floresta Nacional de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 6	Geomorfologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 7	Drenagem da FLONA de Goytacazes e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 8	Hipsometria da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 9	Declividade da área de estudo da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 10	Localização das estações fluviométricas próximas à FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 11	Pedologia da região da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Meio Biótico		
Mapa 12	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3
Mapa 13	Cobertura Vegetal da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Mapa 14	Uso e ocupação do solo da FLONA de Goytacazes e região	A4/ A3
Socioeconômico		
Mapa 15	Nodalidade da FLONA de Goytacazes	A4/ A3
Mapa 16	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3
Lacunas		

Mapa 17	Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários	A4/ A3
Propostas		
Mapa 18	Áreas Prioritárias para Conectividade da Paisagem	A4/ A3

3. CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE GOYTACAZES

A Floresta Nacional de Goytacazes foi criada em 29 de novembro de 2002, pelo decreto nº 3096-E de 29 de novembro de 2002. Sua história teve início em 1923, quando o Governo do Espírito Santo doou 1.611 ha ao Governo Federal, a fim de criar a Estação Experimental de Goytacazes com objetivo de pesquisa da cultura do cacau. Em 1974, a Estação Experimental foi incorporada à EMBRAPA e posteriormente, esteve sujeita a um regime de comodato junto a Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), denominada atualmente como Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), com o objetivo de desenvolver pesquisas na temática agropecuária. Durante o período do comodato, a vegetação florestal nativa localizada na parte leste da BR-101 não foi alterada. Diante da preservação desta área, e com base no artigo terceiro do Código Florestal, em 02 de outubro de 1985, deu-se início à proposta de alteração da categoria da área para Floresta Nacional (ICMBio,2013).

Após realização de audiência pública, em 30 de agosto de 2002, foi criada por Decreto, a Floresta Nacional de Goytacazes, com uma área de 1.350ha. Em 05 de junho de 2012, foi acrescentada, por meio de Decreto, 73,96ha à FLONA de Goytacazes, totalizando 1.423,96 ha de área (ICMBio,2013).

A criação desta Unidade teve como uma das motivações de maior significado a sua potencialidade como unidade produtora de sementes de espécies florestais nativas, considerando no conjunto, as suas características de localização, bioma representado, biodiversidade, estado de conservação e dimensão da área. Certamente que, transcorridos quase vinte anos da sua criação, observam-se ampliadas em muito as suas potencialidades em relação ao uso sustentável ou ainda como área importante na formação do corredor ecológico. Embora seja considerada pequena para uma Unidade de Conservação Sustentável, a FLONA de Goytacazes reúne excepcionais atributos, especialmente no que diz respeito à sua localização estratégica, na medida em que é considerada a maior floresta urbana do Estado do Espírito Santo, distando menos de 1.000 metros do perímetro urbano da Cidade de Linhares, separada apenas pelo leito do Rio Doce. Ainda no tocante à localização, o acesso também é muito facilitado, pois é feito pela rodovia federal BR - 101, que faz limite com a área, na sua face oeste, por cerca de 4.400 metros.

As Florestas Nacionais, instituídas pelo Decreto nº 1.298, de 27 de outubro de 1994, são descritas como:

áreas de domínio público, provida de cobertura vegetal nativa ou plantada, que são estabelecidas com os seguintes objetivos: I - promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais; II - garantir a proteção dos recursos hídricos, das belezas cênicas, e dos sítios históricos e arqueológicos; III - fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo (ICMBio,2013).

A FLONA de Goytacazes é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica, sendo seu objetivo geral o manejo de uso múltiplo sustentável dos recursos naturais, a educação ambiental e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas, proteção dos recursos hídricos e a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2012).

O ICMBio é a instância federal responsável pela FLONA, que está inserida no distrito de Bebedouro, localizado na porção centro-sul do município de Linhares e ao sul do Rio Doce (ICMBio, 2013). O

município de Linhares possui uma área de 3.449,9km². Segundo o IBGE (2010), a população, em 2010, era de 141.254 habitantes, sendo considerado um dos mais populosos do Estado do Espírito Santo.

O nome da FLONA teve origem no nome do grupo indígena “Goytacazes”, que significa corredor, nadador ou caranguejo grande comedor de gente. Este grupo, atualmente considerado extinto, ocupou a região costeira entre o Rio São Mateus (ES) e o Rio Paraíba (RJ), no século XVI (ICMBio,2013).

A FLONA de Goytacazes representa um importante ecossistema dentro da Mata Atlântica, uma vez que foi desenvolvido sobre solo aluvial, após a última regressão marinha do holoceno (apud MARTIN et al, 1997), possuindo características únicas (ICMBio,2013). Conserva uma significativa parcela da tipologia de Floresta Ombrófila Densa de aluvião para o Estado do Espírito Santo, localizada na Planície Aluvial do Rio Doce. Em relação ao território ocupado pelas FLONAS no Estado do Espírito Santo, a criação da FLONA de Goytacazes ampliou a área desta categoria em 47,70%, elevando o seu total para 4.180,00 ha, dos quais têm participação também a Floresta Nacional do Rio Preto com seus 2.830,00 ha.

Tal como no restante do Brasil, a Mata Atlântica do Espírito Santo encontra-se reduzida a 8% de sua área original, embora seja um dos estados brasileiros em que a taxa de desmatamento se mantém menos acelerada (SOS Mata Atlântica, 2018). No século XIX, as florestas da região impressionaram os diversos naturalistas que por ali passaram, conforme descrito por Saint-Hilaire (1974).

A FLONA está localizada em uma área com predomínio de extensas planuras referentes a morfologias de suave inclinação, cujo domínio morfoestrutural se estende pelo estado do Espírito Santo, com predominância de solo Neossolo Flúvico e o Neossolo Quartzarênico. Tal domínio morfoestrutural se estende por uma ampla região no estado do Espírito Santo e, também por boa parte da região costeira centro-norte, sendo subdividido em duas regiões geomorfológicas distintas, os piemontes inumados e as planícies costeiras.

A área de estudo engloba remanescentes de Floresta Ombrófila Densa de Aluvião em diferentes estágios de regeneração, com grande parte em estágio avançado. De acordo com o Plano de Manejo (ICMBio,2013), foram encontradas 291 espécies da flora, distribuídas em 57 famílias, sendo as mais representativas a Leguminosae e Myrtaceae. Quanto a fauna, foram encontradas 618 espécies, representadas em 183 famílias. Em relação aos vertebrados, foram registradas 204 espécies de aves, 44 espécies de anfíbios e 13 famílias de répteis. Para a mastofauna, foram encontradas 48 espécies, representadas em 14 famílias.

A FLONA é uma Área Prioritária (AP) e, segundo Loyola et al. (2014), sugerem que seja mantida como tal, com uma importância extremamente alta e prioridade muito alta. Algumas oportunidades que essa AP oferece são a existência de plano de manejo e um estudo florístico concluído recentemente. A caça e o intenso corte de madeira são ameaças reais à FLONA.

A FLONA de Goytacazes também se insere no Projeto Corredores Ecológicos, na área de abrangência do Corredor Central da Mata Atlântica, do Programa Piloto de Proteção das Florestas Tropicais, que tem dentre os seus objetivos a proteção da biodiversidade em grandes extensões através do incremento de conexões entre as diversas áreas naturais protegidas.

O Corredor Ecológico é o Corredor SOCOMGO (Sooretama – Comboios – Goytacazes), o qual é o maior do Espírito Santo. Esse corredor visa à conexão do remanescente (Reserva Biológica de Sooretama à Reserva Florestal de Linhares) à FLONA de Goytacazes e esta, à Reserva Biológica de Comboios, já na foz do Rio Doce.

De acordo com o plano de manejo, publicado em 2013, a FLONA de Goytacazes é constituída integralmente por terras públicas federais. As áreas foram obtidas por doação do governo do ES para o Governo Federal e não apresenta problemas quanto a presença de invasores ou posseiros.

A FLONA de Goytacazes teve seu plano de manejo publicado em 2013, o qual instituiu seu zoneamento. A FLONA conta com uma equipe técnica de nove pessoas, incluindo Gestor, Técnicos Ambientais, Auxiliar administrativo, Auxiliar da limpeza, Operador de roçadeira e Auxiliares de serviços gerais. A UC também conta com serviço de vigilância e com a Brigada Temporária de Combate a Incêndios, durante 6 meses. O Conselho Consultivo da FLONA é composto por representantes e respectivos suplentes de órgãos governamentais e da sociedade civil organizada.

A FLONA possui uma sede administrativa, que comporta as atividades que necessitam ser desenvolvidas, incluindo um auditório.

A visitação na FLONA é basicamente de alunos dos ensinos fundamental e médio, pesquisadores e de moradores locais. A UC não possui programas de Uso Público e não possui infraestrutura para os visitantes.

4. LINHA DE BASE

A construção da linha de base se dá através da caracterização ambiental das Unidades de Conservação e de seu entorno, verificando as condições ambientais anteriores ao rompimento da Barragem de Fundão, o que possibilita a reconstrução do processo de degradação nas UCs desde a ruptura da barragem até o presente momento.

A linha de base é ferramenta fundamental para o desenvolvimento do projeto, de maneira que a identificação e avaliação de impactos deve se respaldar em uma compreensão qualificada do potencial ambiente afetado.

A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) tem larga experiência em estudos de desastres e desenvolveu uma metodologia para medição dos seus efeitos e impactos demográfico, social, econômico e ambiental. De acordo com a CEPAL (2014), a medição dos impactos deve ser realizada tendo como referência a situação prévia ao acontecimento do desastre.

Para a mensuração dos impactos provenientes de um desastre é necessário analisar a situação e condições ambientais preexistentes, considerando as vulnerabilidades e capacidade de resiliência do sistema e a degradação ambiental existente anteriormente, e identificando o papel do ambiente na mitigação ou intensificação do dano.

Ainda de acordo com a CEPAL (2003), a avaliação dos impactos deve iniciar preferencialmente quando as atividades emergenciais pós desastre (ações necessárias ao salvamento de vidas e provisão de fornecimentos de caráter essencial às pessoas afetadas) se completarem ou estão por finalizar. Tal avaliação tem como objetivo identificar as necessidades e prioridades para a fase de reconstrução, ou seja, a reordenação do espaço físico, alocando os recursos necessários às prioridades ambientais, sociais e econômicas.

Sánchez (2013) trata sobre estudos de base para empreendimentos em fase de licenciamento, de maneira a prever e monitorar os impactos. Mas, neste caso, compreende-se que tais considerações a respeito dos estudos de base se aplicam como referência para a construção de linha de base para avaliação dos impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão.

Os estudos de base são centrais, de maneira que o diagnóstico das condições ambientais anteriores são referência para comparação entre a situação anterior e pós-rompimento. É em torno dos estudos de base que giram a organização dos trabalhos de campo, de maneira a verificar e aprofundar informações, e a produção do diagnóstico ambiental.

De acordo com Sánchez (2013) o estudo de base deve ser focado no levantamento de componentes e processos dos meios físico, biótico e antrópico e suas interações. Não são, portanto, acúmulo de informações disponíveis e não se limitam a uma descrição estática do ambiente, abordando a dinâmica ambiental das áreas.

Da mesma maneira a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) (2006) enfatiza que a construção da linha de base é mais do que um inventário, precisa ser elaborada de maneira estratégica, coletando e organizando informação selecionada, atendendo às necessidades para avaliação dos impactos. Dessa forma, o diagnóstico deve dar especial atenção aos sistemas e serviços

ecológicos, capacidade de resiliência e vulnerabilidade do sistema, estoques ativos naturais, áreas sensíveis, habitats críticos e componentes valiosos dos ecossistemas.

A construção da linha de base se dá através da compilação de informações úteis, suficientes, confiáveis e quantitativas e da investigação das condições anteriores ao evento. Ou seja, a partir do levantamento e sistematização de informações secundárias disponíveis em documentos oficiais, relatórios e Notas Técnicas, documentos das próprias unidades (Planos de Manejo, decretos e estudos de criação), trabalhos acadêmicos, artigos científicos e outros materiais cabíveis. Posteriormente, as verificações em campo contribuirão para confirmação das informações e a magnitude e/ou extensão dos impactos.

A metodologia da caracterização das unidades e avaliação dos impactos tem como base as perguntas orientadoras elaboradas em conjunto com os órgãos gestores das UCs. As perguntas orientadoras contribuem para determinar o levantamento e a profundidade do estudo necessário. E o mesmo ocorre de forma contrária: a caracterização das Unidades de Conservação também contribui para o levantamento de quais são as questões-chave para identificação e avaliação dos impactos.

Sánchez (2013) afirma que quanto mais se conhece sobre um ambiente, maior é a capacidade de identificar e avaliar impactos. Da mesma forma, quanto menos se sabe sobre um ambiente, maior é o potencial de um empreendimento causar impactos, devido ao desconhecimento dos processos ambientais e da vulnerabilidade ou resiliência do ambiente.

A construção da linha de base pode encontrar limites importantes caso seja constatada a indisponibilidade ou a falta de dados e informações necessárias sobre as condições ambientais anteriores ao rompimento da Barragem. Neste caso, dados coletados a partir das observações humanas sobre as condições passadas podem ser úteis para a caracterização das Unidades de Conservação.

A percepção humana não pode deixar de ser um aspecto levado em consideração na análise, pois em última instância, são os sujeitos afetados pelos impactos e pelas ações de reparação, contudo esses tipos de dados precisam ser utilizados com racionalidade para evitar distorções sobre a avaliação.

Conclui-se, portanto, que a construção da linha de base parte do levantamento e compilação de dados secundários sobre as condições ambientais das Unidades de Conservação anteriormente ao rompimento da Barragem de Fundão; utiliza as percepções humanas sobre tais condições como método complementar, principalmente quando constatada a falta de dados; e adota dados mais amplos da Bacia do Rio Doce de maneira a consolidar a caracterização das Unidades de Conservação com a maior precisão possível.

4.1 LINHA DE BASE DO MEIO FÍSICO

4.1.1 Aspectos Metodológicos

O Diagnóstico do meio físico fornece as primeiras informações necessárias à busca por respostas para as perguntas orientadoras relacionadas direta ou indiretamente com as alterações físicas potenciais que possam ter ocorrido na UC mediante o rompimento da Barragem de Fundão. Tais perguntas são:

- (a) Com a chegada da lama de rejeitos no Rio Doce, litoral do ES e litoral sul da Bahia, qual área da UC foi atingida?
- (b) Com a chegada da lama de rejeitos na UC, qual componente ou compartimento dos meios físicos e/ou biótico foi afetado. Além disso, mapa das UCs e Zona de Amortecimento.
- (c) Quais evidências apontam que a lama foi depositada ou interferiu no ambiente?
- (d) A presença da lama nas áreas atingidas causou alguma alteração física, biológica ou de utilização socioeconômica dos seus recursos?
- (g) Quais áreas (mapeamento das mesmas com geração de dados georreferenciados) no interior da UC e em sua Zona de Amortecimento foram diretamente afetadas pela lama? Nestas áreas quais as porções em que a lama ficou depositada (substrato, margens, solo, vegetação, etc.)? Qual a evolução da situação desde o rompimento da barragem até os dias atuais?
- (h) Nas áreas em que a lama ficou depositada, quais as alterações físicas, químicas e biológicas observadas? A lama afetou áreas de reprodução de espécies aquáticas e anfíbios? Quais espécies foram afetadas (destaque para espécies raras, endêmicas ou ameaçadas cuja ocorrência foi registrada na UC e sua Zona de Amortecimento)? A deposição de lama afetou a áreas de forrageamento e reprodução de espécies de aves aquáticas ou migratórias? Quais espécies foram afetadas (destaque para espécies raras, endêmicas ou ameaçadas cuja ocorrência foi registrada na UC e sua Zona de Amortecimento)?
- (i) Quais as técnicas recomendadas para recuperação ou restauração das áreas afetadas? Há viabilidade da dragagem de alguns pontos onde o depósito de lama promove alterações drásticas que prejudicam a reprodução ou o fluxo de fauna? No caso de afetação de vegetação, haja vista que a lama altera o substrato comprometendo a regeneração natural, quais as estratégias recomendadas para recuperação dessas áreas?
- (j) Haja vista que a recuperação de APPs pode ser uma estratégia para otimizar processos de recarga, redução de assoreamento e aumento de habitats para as populações aquáticas afetadas, quais áreas de APP nas UCs afetadas e em suas zonas de amortecimento poderiam ser recuperadas (mapeamento georreferenciado)? Quais as técnicas/ações recomendadas, na perspectiva de melhorar a qualidade da água e aumentar as áreas potenciais para reprodução de peixes, anfíbios e crustáceos de água doce?
- (l) Quais atividades na sub-bacia em que está localizada a UC concorrem para o agravamento dos impactos do rompimento da barragem (ex: erosão, geração efluentes líquidos, desmatamento, formas de uso da terra não sustentáveis como agricultura quimificada e demais agentes poluidores etc.)? Quais medidas na gestão das atividades produtivas ou na gestão do território poderiam ser utilizadas para mitigar tais impactos? Qual o histórico de uso e ocupação da terra na região até o rompimento da Barragem de Fundão, em particular na UC e seu entorno? Quais os programas e planos públicos e privados, previstos para a região?
- (m) Com relação à alteração da qualidade da água, quais parâmetros foram alterados pelo rompimento da barragem? Observação: considerar as coleções de água afetadas, as coleções de água incluídas nas UCs afetadas e as águas subterrâneas. Que medidas devem ser adotadas para reverter ou mitigar essa situação?
- (n) Qual o impacto da alteração da qualidade da água e substrato do Rio Doce (e demais corpos d'água afetados) em termos limnológicos? Quais os desdobramentos dessas alterações nos processos e populações dos ambientes terrestres a que estão associados?
- (o) Quais impactos (identificáveis e potenciais) do aumento da turbidez e demais alterações na qualidade da água do Rio Doce (e demais corpos de água) na riqueza, diversidade e dominância das espécies aquáticas de invertebrados e vertebrados (destaque para peixes, anfíbios e crustáceos de água doce)? Quais espécies de peixes e anfíbios foram eliminadas, ou tiveram suas populações muito reduzidas (destaque para espécies raras, endêmicas e ameaçadas)?

Para iniciar o processo de busca por respostas das perguntas norteadoras apresentadas, a respeito dos efeitos do rompimento da Barragem de Fundão no meio físico, entende-se que é necessário que haja um primeiro esclarecimento sobre o que se pretende identificar de alteração no meio físico da área de estudo, tendo em vista que a construção da Linha de Base e as possíveis modificações na paisagem causadas pelo rompimento da Barragem de Fundão precisam estar relacionadas com o tipo de material e processos que podem ter desencadeado impactos potenciais no meio físico da Unidade de Conservação.

Por isso, antes dos resultados da Linha de Base, o presente estudo se propôs a apresentar, de forma sintética, um primeiro levantamento sobre a qualidade do rejeito da Barragem de Fundão, características de seu comportamento uma vez injetado na rede hidrográfica da bacia do Rio Doce. Esse primeiro levantamento partiu dos conceitos e características físicas e químicas do rejeito de minério de ferro da Barragem de Fundão, identificado pelos trabalhos de Saadi e Campos (2015), Felipe et al. (2016a) e MPF (2017a).

Desse tópico em diante são apresentados os resultados da caracterização da Linha de Base dos aspectos físicos que compõem a área de estudo. Após a construção dessa base e mediante os resultados dos levantamentos secundários, foram inseridos dados e informações mais recentes (posteriores ao desastre de Fundão) que contribuíram com a análise das condições atuais da paisagem e identificação prévia dos impactos potenciais no meio físico. A metodologia utilizada foi sistematizar, setorizar e interpretar bases de dados já consolidadas em Relatórios Técnicos, Programas da Fundação Renova e outras bibliografias. Portanto, os resultados são em função do acesso às informações sobre o comportamento dos fatores físicos-ambientais na Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento, considerando o contexto geográfico regional do médio-baixo Rio Doce no que tange aos aspectos climáticos, geológicos, hidrológicos (águas subterrâneas e de superfície), geomorfológicos, hidrográficos, limnológicos e pedológicos.

O médio-baixo Rio Doce, segundo Eletrobras/IPH (1992), engloba a porção da bacia do Rio Doce desde Governador Valadares (Minas Gerais), e se estende até sua desembocadura, no litoral do estado do Espírito Santo. A Unidade de Conservação Floresta Nacional de Goytacazes se insere no trecho mais próximo a região costeira, no baixo Rio Doce, município de Linhares (ES).

A seguir, são apresentados procedimentos específicos para análise de cada componente da paisagem na área de estudo, considerando sua importância e possibilidades de interação com o rejeito ejetado no Rio Doce.

Clima

As características climáticas de um ambiente condicionam a distribuição e quantidade de água que precipita nos sistemas, desencadeando diferentes processos erosivos e hidrológicos que contribuem para a formação dos fluxos de água e materiais transferidos entre os compartimentos das bacias hidrográficas (CARVALHO, 2017; MPF, 2017, 2017a). Na análise climática da área de estudo foram elencadas informações gerais sobre o tipo climático, temperatura e pluviosidade, baseado na compilação de informações disponíveis em relatórios técnicos e documentos sobre as condições macroclimáticas (classificação climática de Köppen) que atuam na bacia do Rio Doce.

Também foram realizadas análises em escalas mesoclimáticas a partir de dados levantados por estações automáticas da rede de monitoramento pluvial da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), localizadas entre o trecho médio-baixo Rio Doce. A análise dos dados foi dividida em

dois momentos, considerando o período histórico e recente. No primeiro, feita a caracterização da média da pluviosidade mensal com base em séries históricas entre o período de 1985 até final de 2015 (MPF, 2017, 2017a). Já para a análise mais recente, foi realizada a análise da precipitação pluvial mensal total dos períodos chuvosos (entre outubro a março) dos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018. O destaque para o período chuvoso se deve por duas questões: (i) o rompimento da Barragem de Fundão ocorreu na época em que há um aumento da pluviosidade na bacia (novembro de 2015); e (ii) de acordo com a literatura pesquisada durante o período de chuvas, ocorre o aumento da vazão e da remobilização de sedimentos marginais e de fundo desta bacia, afetando outros parâmetros hidrossedimentológicos e de qualidade da água, como sólidos suspensos e turbidez (MPF, 2017, 2017a; GOLDER, 2018).

A análise da pluviosidade enfatizou a observação do comportamento da estação mais próxima da UC, sendo os resultados desta posteriormente comparados ao comportamento das outras três estações avaliadas. Além de identificar a quantidade de chuvas nesses locais, esses dados subsidiaram a interpretação de outros aspectos físicos, tais como relacionados a hidrologia.

Geologia

O fator geológico é responsável pelo condicionamento estrutural da geomorfologia da bacia e, portanto, pela hidrografia de superfície. Por sua influência na configuração desse modelado, foi feita a caracterização do contexto geológico e das unidades estratigráficas onde está situada a Unidade de Conservação em estudo e sua Zona de Amortecimento. Essa caracterização foi realizada com base no levantamento de informações de relatórios técnicos, diagnósticos sobre a geodiversidade regional e com base em mapeamentos realizados pela CPRM. A escala de análise das unidades litoestratigráficas foi 1:500.000.

Hidrogeologia

Os reservatórios de águas subterrâneas são formados pela água que infiltra e se acumula nos vazios interconectados das rochas. Essa água se desloca lentamente por entre os sedimentos, grãos e fissuras, vindo a alimentar as nascentes. Assim sendo, o estudo das águas subterrâneas (hidrogeologia) contribui com informações sobre o comportamento das águas superficiais (MPF, 2017a).

Por isso foi feita a caracterização das águas subterrâneas da FLONA de Goytacazes, considerando sua localização em relação a bacia do Rio Doce, em especial no seu médio-baixo curso. Tendo em vista que o foco é a identificação de possíveis impactos potenciais originados pelo rompimento da Barragem de Fundão nas águas de subsuperfície, e considerando que não existem informações suficientes para realização de uma análise setorizada das águas subterrâneas da bacia (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010; MPF, 2017, 2017a). Essa caracterização foi elaborada a partir da setorização de dados secundários, informações científicas e acervos técnicos sobre as condições hidrogeológicas e hidroquímicas da área em estudo. A escala de análise das unidades hidrogeológicas foi 1:500.000.

Geomorfologia

Através da geomorfologia identifica-se a relação do relevo com os fatores que controlam a drenagem (geologia) e os fatores funcionais (clima) que condicionam e modelam determinada unidade de

paisagem (CARVALHO, 2017). A análise do relevo utilizou diferentes escalas de mapeamento e informações oriundas de pesquisas científicas e levantamentos de órgãos oficiais.

Em um primeiro momento, foi feita uma caracterização geral do relevo da UC e sua ZA, utilizando como base o levantamento da CPRM (2010). A partir desse levantamento foi feita a complementação das características geomorfológicas locais e regionais, contextualizando a área de estudo em relação as geoformas morfoestruturais, de Strauch (1955) e Souza (1995), e em relação as unidades morfológicas propostas por Saadi e Campos (2015). A síntese de ambas as classificações possibilitou a integração de características geológicas com o relevo e com a rede hidrográfica da bacia do Rio Doce, além de considerar identificação da unidade morfológica em função do trecho do canal principal em que se insere a área de estudo.

Já num segundo momento, foi feita a caracterização morfológica do trecho fluvial onde se enquadra a área de estudo utilizando o trabalho Saadi e Campos (2015). Para esse trecho especificamente, foi realizado o levantamento de bibliografias e dados que pudessem embasar a identificação de impactos potenciais na geomorfologia fluvial da área de estudo. Dentre os principais trabalhos utilizados se destacam: CPRM/ANA, (2015a; 2015b), Saadi e Campos (2015), Felipe et al. (2016), MPF (2017a).

Para ilustrar a morfologia fluvial da área de estudo até o momento anterior ao evento, foram utilizadas imagens do programa Google Earth Pro.

A escala de análise do mapa de unidades geomorfológicas é de 1:500.000, e o mapa de drenagem produziu informações em escala de 1:250.000. Os mapas de hipsometria e declividade permitiram que as análises alcançassem escalas cartográficas de até 1:17.000. Estes mapas foram gerados com o uso de dados vetoriais intermediários de isolinhas (produzidos pela Fundação Renova), originados das imagens do satélite Planet Scope, que possuem resolução espacial de 3,4 m. Para calcular a escala de mapas produzidos a partir de imagens basta dividir sua resolução espacial pelo fator de acuidade visual padrão do olho humano (sadio), que equivale a 0,2 mm, adequando a transformação das medidas constantes escalares.

Para análise da morfologia fluvial foram utilizadas informações produzidas em três escalas espaciais: (a) dados em escala regional, considerando a dimensão da bacia do Rio Doce, por trabalhos como os de Saadi e Campos (2015) dentre outras referências; (b) dados em grandes escalas, com imagens do Google Earth Pro observadas em escalas de até 1:800 m.; e (c) dados em escala local, obtidas em campo, por trabalhos como os de Felipe et al. (2016a).

As imagens de satélite de alta resolução, fornecidas pela Fundação Renova, foram avaliadas quanto a sua contribuição na identificação dos possíveis impactos na morfologia fluvial, e em termos metodológicos. As imagens cedidas pela Renova foram: (a) imagens do satélite Rapdeye, 5m de resolução, do dia 04 de novembro de 2015 e (b) imagens do satélite Planet Scope, 3, 4 m de resolução, do ano 2016.

Hidrossedimentologia

A caracterização hidrossedimentológica foi realizada com o objetivo de verificar o padrão de comportamento do Rio Doce antes, durante e depois do rompimento da Barragem de Fundão, ocorrido no dia 05 de novembro de 2015. Para isso foi feita a análise de: (i) Vazão (descarga líquida), (ii) Granulometria dos sedimentos; (iii) Concentração de Sedimentos Suspensos Totais (ou Sólidos

Suspensos Totais), e (iv) Descargas Sólidas Estimadas nas localidades com amostragens mais próximas da UC.

O procedimento de pesquisa partiu da observação das descargas líquidas e sólidas do trecho do médio-baixo Rio Doce e, considerando a existência e disponibilidade de dados, foi feita a compilação dos mesmos e de resultados técnicos mais específicos sobre o trecho fluvial onde se insere a UC em estudo. As informações e dados utilizados foram obtidos de levantamentos institucionais disponíveis em sites de pesquisa e relatórios técnicos, gerados por amostragens obtidas nas estações fluviométricas da CPRM em parceria com ANA, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM/MG), e do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS) da Fundação Renova.

Importante esclarecer que, apesar de existirem várias estações fluviométricas no médio-baixo Rio Doce, abrangendo o trecho fluvial onde está inserida a área de estudo, nem todas possuem dados hidrossedimentológicos, e outras não apresentam boa correlação entre a vazão e a descarga sólida (consistência dos dados), ou pelo reduzido número de medições ou por grandes diferenças entre as datas das coletas (MPF, 2015a). Por isso, em alguns momentos, foi necessário caracterizar o trecho fluvial da área de estudo a partir de dados ou de vazão, granulometria, concentrações de sedimentos suspensos totais ou das descargas sólidas, a partir de dados relativos a estações fluviométricas mais a montante e não tão próximas da UC, conforme apresentado no Anexo I.

Para facilitar a compreensão de alguns termos de hidrossedimentologia, cabe um breve esclarecimento de alguns conceitos. A vazão ou descarga líquida corresponde ao volume de água que passa em determinada seção na unidade de tempo, e pode ser medida por meio da determinação da velocidade do escoamento, por exemplo m^3/s ou $L/S/Km^2$ (quando inclui cálculo da vazão média específica de uma área de drenagem). A medição da vazão pode ser utilizada para cálculo de outros parâmetros relacionados ao transporte de sedimentos pelo fluxo de água, dentre eles se destaca o cálculo da descarga sólida, obtido pela multiplicação da concentração de sedimentos na amostra pela vazão líquida (MPF, 2017a).

Em relação aos **sedimentos** ou **sólidos suspensos totais**, o termo diz respeito às concentrações de sedimentos ou sólidos em suspensão na coluna d'água. Na dinâmica fluvial, a carga de sedimentos pode ser classificada por três tipos: dissolvida, em suspensão e do leito. No jargão técnico, muitas vezes, a soma da carga de sedimentos em suspensão e dissolvida é designada como "sedimentos suspensos totais" ou "sólidos suspensos totais" (MPF, 2017a). Os sedimentos de baixa granulometria (tamanho), como silte, argila e algumas granulometrias de areia, são suficientemente pequenos para serem transportados pelo fluxo turbulento, misturadas à água na forma de uma solução heterogênea, constituindo a carga de sedimentos em suspensão. A distinção entre carga em suspensão e carga do leito baseia-se mais no mecanismo de transporte do que no tamanho da partícula. Por exemplo, partículas transportadas em suspensão em um rio de alta declividade podem constituir carga do leito para rios de planície. Embora não exista uma separação clara entre as cargas do leito (arraste e saltação) e cargas em suspensão (suspensão e dissolvida), divide-se a **descarga sólida total** em descarga sólida do leito, descarga sólida em suspensão e descarga sólida dissolvida. (SANTOS et al., 2001; CARVALHO, 2008; MPF, 2017a).

A **descarga sólida** ou **descarga de sedimentos**, a concentração total de sedimentos suspensos capaz de ser transportada em uma seção transversal do rio por unidade de tempo, geralmente expressa em toneladas por dia. O cálculo da descarga sólida é precedido da medição simultânea da vazão (descarga líquida) junto a concentração média de sedimentos em suspensão total na seção transversal do rio (MANCUSO, 2014). Frequentemente, as descargas sólidas em suspensão e dissolvidas são tratadas em conjunto, e assim são calculadas a partir das concentrações de sedimentos ou "sólidos suspensos

totais” (SST) (SANTOS et al., 2001; MPF, 2017a). Nesse diagnóstico foi feita a caracterização do comportamento da **descarga sólida** em suspensão no trecho fluvial próximo da área de estudo.

Qualidade da água

De forma a construir uma linha de base que permita avaliar se o rompimento da Barragem de Fundão resultou em degradação ambiental na FLONA de Goytacazes levantamos, organizamos, compilamos e sistematizamos dados provenientes das diversas fontes.

Os dados mais completos disponíveis para a montagem de uma linha de base de qualidade de água do Rio Doce são aqueles disponibilizados pelo IGAM (2018). Bem mais esparsos são os dados de monitoramento conduzidos pelo IEMA, do Espírito Santo, em 2018. Dentro da Zona de Amortecimento da FLONA de Goytacazes, o IEMA possui a Estação de Monitoramento Fluviométrico de Linhares-BR101, RDC1D025. Esta estação corresponde à Estação 56998300 da ANA e à Estação RDO15, do novo Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PPQQS, a partir de agosto de 2017).

Nesta estação foram registrados dados relativos a 4 parâmetros básicos de qualidade de água, 10 elementos e íons (incluindo ferro, zinco, e as séries de nitrogênio e fósforo), 1 indicador de contaminação microbiológica e 2 contaminantes orgânicos ou indicadores de contaminação orgânica.

Coletivamente, estes dados foram registrados semestralmente de 18 de maio de 1999 a 21 de outubro de 2010. Para a definição da linha de base, utilizamos todos os pontos de dados, totalizando 27 amostragens ao longo de 12 anos. Na prática, o número de observações variou de 5 a 27, dependendo do parâmetro.

De forma a interpretar os valores numéricos observados neste ponto, usamos como referência os padrões de qualidade para Rios de Classe 2 da Resolução 357/2005 do CONAMA (2005), que é replicada na Resolução 1/2008 do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM), de 2008. Águas de Classe 2 são, resumidamente, aquelas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação; à aquicultura e à pesca.

Para a definição da linha de base, a série temporal de cada variável foi sintetizada em médias e medianas como medidas de tendência central e desvios-padrão, intervalos de confiança e percentis como medidas de dispersão. Percentis indicam o valor abaixo do qual determinada porcentagem de observações ocorre. Assim, o 25º. percentil é o valor numérico abaixo do qual estão 25% das observações; o 50º. percentil (ou mediana) é o valor numérico abaixo do qual estão 50% das observações (portanto dividindo o conjunto de dados ao meio); o 75º. percentil é o valor numérico abaixo do qual estão 75% dos valores observados; e assim por diante. O cálculo de médias, desvios-padrão e intervalos de confiança foi feito apenas como referência, uma vez que recomendamos o uso de medianas e demais percentis na definição da linha de base. Isto porque percentis são menos sensíveis a distribuições de dados assimétricos e a valores extremos, que poderiam resultar tanto de episódios ambientais atípicos como de erros analíticos e/ou de registro de dados, e que são a posteriori de detecção improvável ou mesmo impossível. Embora trate-se de uma decisão arbitrária, propomos aqui a exclusão dos 10% dos valores mais baixos e 10% dos valores mais altos para assim definir a faixa de valores entre o 10º. e o 90º. percentis como a linha de base.

Muito embora toda medida apresente limites de quantificação (LQ) em função da metodologia analítica, limites de quantificação são mais frequentemente reportados em análises químicas. Por exemplo, se o limite de quantificação para alumínio dissolvido for de 0,10 mg/L, uma contaminação da ordem de 0,09 mg/L passaria indetectado. Em outras palavras, a concentração de alumínio dissolvido em determinada amostra reportada como sendo <LQ poderia estar em qualquer lugar entre nula e 0,09 mg/L. Na presente análise, inferimos os limites de quantificação analisando os resultados reportados pelo IGAM em seu sítio. Valores apresentados como “menores que” (<) foram interpretados como sendo valores abaixo do limite de quantificação. Em alguns casos, dois LQs puderam ser inferidos para uma mesma variável ao longo da série temporal; tal situação não seria descabida uma vez que ao longo dos anos métodos analíticos mais precisos podem vir a ser utilizados pelo órgão ambiental.

A forma de inclusão ou exclusão de valores <LQ em uma análise estatística depende de sua prevalência no universo amostral (EPA, 2006). Optamos de forma conservadora a incluir os dados no limite (ou seja, qualquer amostra com concentração de alumínio dissolvido < 0,1 mg/L foi considerado como tendo exatamente 0,1 mg/L). Este valor, que poderia inflar o valor da média, tem efeito nulo sobre o valor da mediana ou de demais percentis desde que valores reportados como iguais ao limite de quantificação sejam interpretados como “< LQ”.

Foram consultados documentos disponibilizados pela Renova, em especial Hydrobiology (2015, 2016), Golder (2016a), (Golder 2016b), Golder (2017), e Ecology & Environment (2018).

Realizamos buscas bibliográficas complementares nas bases Web of Science e Scielo cruzando as palavras-chave "Rio Doce" OR "samarco" OR "fundão" OR "Goytacazes" em todo o seu período de cobertura. Desta forma pudemos avaliar a existência de artigos disponíveis em periódicos arbitrados e indexados sobre o contexto ambiental da região (e.g., Rodrigues et al. 2013 e Santolin et al. 2015) e/ou sobre a UC em análise. Também analisamos o Plano de Manejo da Unidade de Conservação, bem como alguns poucos estudos não-publicados a que tivemos acesso.

Finalmente, analisamos o contexto da paisagem e da rede de drenagem dentro e ao redor de cada Unidade de Conservação através de imagens de satélite disponibilizadas no *Google Earth*.

Pedologia

A caracterização dos solos foi realizada no intuito de identificar tendências relativas à permeabilidade, granulometria, presença de matéria orgânica e potencialidades de uso. Para tanto, esta análise tomou por base o levantamento de informações em relatórios técnicos, pesquisas científicas e mapeamentos de solos regionais, disponibilizados em sites institucionais como os dados e relatórios da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Solos, Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) e IEMA (ES). A escala de análise dos tipos de solos foi realizada na escala de 1:250.000.

Para caracterizar as propriedades químicas e concentrações de metais pesados nos tipos de solos presentes na área de estudo, o presente diagnóstico se utilizou o estudo da FEAM (2013), sobre Valores de Referência de Qualidade (VRQs) de elementos-traço em solos de Minas Gerais, e nos resultados do trabalho de Souza et al. (2015). Este último foi um trabalho complementar aos levantamentos e análises de solos preexistentes no estado de Minas Gerais, mas que também serviu como referência para identificar a qualidade dos solos da Floresta Nacional de Goytacazes e sua ZA, localizada no Estado do Espírito Santo.

4.1.2 Caracterização da Linha de Base do Meio Físico na FLONA de Goytacazes

4.1.2.1 Características e comportamento do rejeito da Barragem de Fundão mediante o rompimento

A Barragem de Fundão pertence ao complexo Germano, Fundão e Santarém, as quais eram utilizadas pelas empresas Samarco e Vale para acondicionar o rejeito da exploração do minério de ferro das jazidas locais.

O rejeito da Barragem de Fundão é fruto do beneficiamento das rochas de itabiritos, presentes na Formação Cauê e, portanto, apresenta concentrações elevadas de minério de ferro. Essa alta concentração de ferro (óxidos e hidróxidos) é identificada em toda a bacia do Rio Gualaxo do Norte, onde se insere a barragem, além da ocorrência variada de outros elementos químicos associados ao material rochoso como arsênio, chumbo, manganês, bário, zinco e níquel (RODRIGUES et al., 2015).

Segundo o relatório da Brandt Meio Ambiente (2005), o rejeito de Fundão apresenta aspecto arenoso e argiloso, composto basicamente por ferro, sílica (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3), fósforo e dióxido de manganês.

Estudos anteriores a esse relatório, realizados no sistema de drenagem onde está situada a Barragem de Fundão, indicaram que o pH da água é básico e apresenta concentrações variadas de sódio, que se associam ao uso de soda cáustica durante o processo de beneficiamento do ferro (MATSUMURA, 1999; VERVLOET, 2016). Pires et al. (2003) associou a capacidade de retenção do sódio e de metais pesados como cromo, cádmio, chumbo, manganês e o próprio ferro, a alta presença da goethita e hematita na composição do rejeito na barragem. A princípio, a retenção desses metais pesados pela presença de ferro seria um fator positivo, reduzindo a dispersão de contaminantes para o sistema hídrico. Contudo, mediante o rompimento da Barragem de Fundão em 05 de novembro de 2015, existe o risco de que a acumulação desses minerais no rejeito da barragem possa ter contaminado o sistema hidrogeomorfológico da bacia do Rio Doce pelo volumoso fluxo de lama ejetado da rede hidrográfica.

Em um curto espaço de tempo, cerca de 39,2 milhões de m^3 de rejeito de minério de ferro foram liberados para a drenagem, dentre os quais “cerca de 18 milhões m^3 foram carregados diretamente para a calha do Rio Gualaxo do Norte e cerca de 16 milhões de m^3 ficaram depositados, inicialmente, nos vales desse rio e de seus tributários adjacentes” (IBAMA, 2015; VERVLOET, 2016, p. 109). Após Fundão ser rompida pelo rejeito, o fluxo viscoso atingiu a barragem de Santarém, à jusante, causando o seu galgamento, e irrompendo em direção ao Rio Gualaxo do Norte, Rio Do Carmo, até alcançar o Rio Doce, por onde foi sendo transportado até alcançar o litoral Atlântico no município de Linhares, estado do Espírito Santo (VERVLOET, 2016).

No total, 663,2 km de corpos hídricos foram diretamente impactados pelo fluxo de rejeito, sendo que o maior volume de material e de granulometria mais grosseira se depositou na calha do Rio Gualaxo do Norte e ficou retido na barragem de Candonga, Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Risoleta Neves. A partir da jusante dessa barragem foram sendo transportados sedimentos mais finos junto com a coluna d'água do rio e, por isso, classificados como carga em suspensão (VERVLOET, 2016).

O volume do rejeito e a energia de deslocamento do fluxo ejetado na bacia causaram alterações na morfologia e dinâmica hidrossedimentológica do sistema fluvial. A massa sedimentar do rejeito se comportou como fluido, tal como descargas sedimentares lamosas típicas de inundações episódicas. Ao longo do Rio Gualaxo do Norte a carga sedimentar de rejeito se comportou de duas formas: (i) nos

vales do rio principal, a onda de passagem de rejeito seguiu a direção preferencial da drenagem, e (ii) nos tributários, foram duas ondas de passagem sendo que, num primeiro momento, os sedimentos lamosos subiram os vales em direção a montante e num segundo momento, a onda de sedimentos rebaixou com a inundação e arrastou os materiais arrancados pela primeira onda, formando uma planície de rejeito de minério de ferro (VERVLOET, 2016).

Até a barragem de Candonga, o fluxo de rejeito se comportou como fluido de detritos. Porém, desse trecho em direção a jusante do Rio Doce o transporte foi basicamente de sedimentos mais finos (silte e argila) na coluna d'água (CPRM/ANA, 2015a; 2015b. VERVLOET, 2016).

A jusante da barragem de Candonga, ao atingir o Rio Doce, os impactos do fluxo de rejeito na coluna d'água do Rio Doce e tributários se relacionam com o desencadeamento de duas ondas de passagem, segundo os relatórios do CPRM e ANA (2015a; 2015b): primeiro por uma onda de cheia, e depois por uma onda de massa d'água com elevada turbidez. A diferença entre as duas ondas de passagem ocorreu devido a velocidade de deslocamento da massa de água ter sido superior à do material em suspensão. Ambas alteram o comportamento hidrossedimentológico e da qualidade da água em momentos distintos, e seus desdobramentos nos sistemas físico-ambientais locais ainda estão sendo avaliados.

4.1.2.2 Clima

O clima é a manifestação integrada de condições de temperatura, umidade e pressão atmosférica em um dado local, medidas por um período de tempo. Essas características são estabelecidas por fatores geográficos como latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, cobertura e uso da terra (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; CAVALCANTI et al., 2009, MPF, 2017a).

Na bacia do Rio Doce, o clima é bastante influenciado pela maritimidade e pela topografia, os quais interferem diretamente na umidade e variação da temperatura. Pela região estar relativamente perto do Atlântico, as massas de ar originadas no oceano têm forte influência no clima, como as massas de ar Tropical Atlântica (MTA) e Polar Atlântica (MPA), além da Equatorial Continental (MEC), caracterizada pelas correntes de oeste. A MEC atua na primavera e no verão, causando altas temperaturas médias anuais (MPF, 2017a).

Assim, de acordo com a classificação climática de Köppen, são identificados três tipos climáticos na bacia do Rio Doce: (i) tropical de altitude com verões frescos e chuvosos, presente nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do Rio Doce; (ii) tropical de altitude com verões quentes e chuvosos, presente nas nascentes de seus afluentes; e (iii) clima quente com chuvas de verão, presente nos trechos médio e baixo do Rio Doce e de seus afluentes (MPF, 2017a). Este último é o tipo climático de maior interesse para o presente diagnóstico, pois é onde se enquadra a FLONA de Goytacazes, UC em estudo.

De modo geral, no trecho médio-baixo Rio Doce, as temperaturas são elevadas na maior parte do ano, variando entre 18°C e 24,6 °C (CBH-DOCE, 2014). O regime pluviométrico se relaciona com a variação da temperatura, e se caracteriza por dois acentuados períodos distintos: (i) o período chuvoso, nos meses mais quentes do ano, que se estende de outubro a março, com índices de pluviométricos maiores em dezembro; e (ii) o período seco, nos meses mais frios do ano, que vai de abril a setembro, com estiagem mais acentuada de junho a agosto (MPF, 2017a). Observa-se que o período de estiagem incide com maior intensidade na área do médio Rio Doce, enquanto que, no baixo Rio Doce a

distribuição das chuvas ao longo do ano é mais regular devido à proximidade com o litoral do estado do Espírito Santo (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

De acordo com o estudo do MPF (2017a), realizado a partir da análise de séries históricas de dados mensais de pluviosidade entre o período de 1985 a 2015, a região onde está localizada a FLONA de Goytacazes, apresentou maiores concentrações de chuva no período quente (de outubro a março), com máximas em dezembro, entre 183-215 mm/mês; e elevações súbitas em março, conhecida como veranico. As menores concentrações pluviais ocorrem no período seco, de abril a setembro, com destaque para o mês de agosto, que apresentou médias mensais de variação de chuvas entre 35-38 mm/mês (Tabela 10).

Tabela 10 - Média de variação mensal das chuvas (mm/mês) entre o período de 1985 a 2015 na região onde se localiza a Floresta Goytacazes

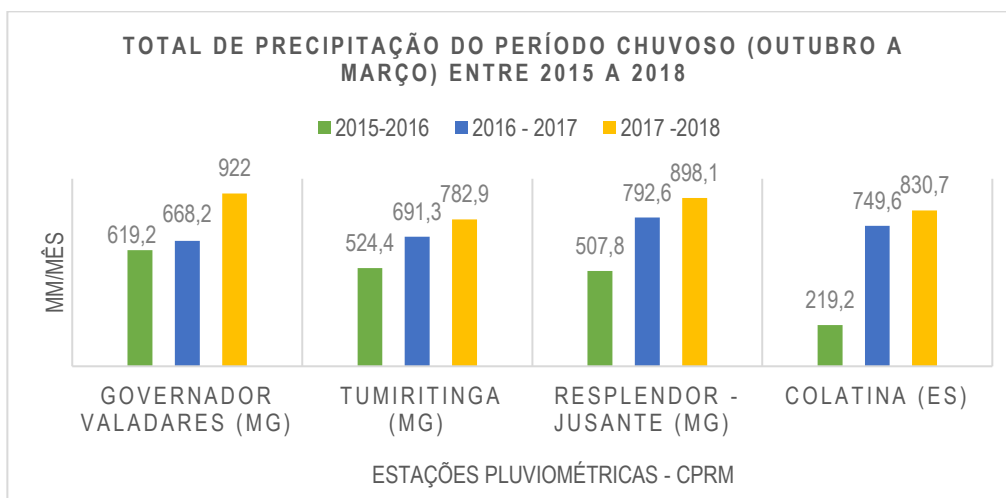
Mês	Faixa (mm)
Janeiro	119-146
Fevereiro	76-92
Março	121-134
Abril	78-85
Maio	45-49
Junho	36-41
Julho	35-40
Agosto	35-38
Setembro	39-42
Outubro	96-100
Novembro	182-194
Dezembro	183-215

Fonte: Adaptado do MPF (2017; 2017a).

De maneira geral, a variação da quantidade de chuvas comanda o regime fluvial do Rio Doce, que se caracteriza como perene, influenciando também na hidrologia do sistema (MPF, 2017). Este é o foco da caracterização climática nesse diagnóstico, tendo em vista que os reflexos de tais condições são sentidos na Floresta de Goytacazes e sua ZA (área de estudo) de forma direta (por efeito da precipitação local) e indireta (pela convergência dos fluxos a montante do local).

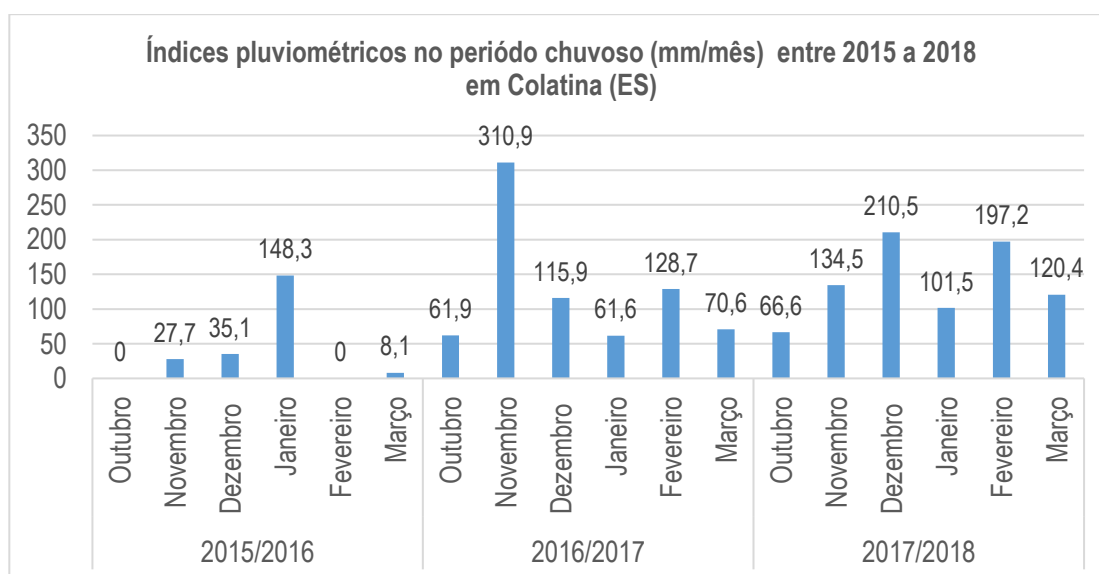
Dessa forma, a fim de possibilitar maiores aprofundamentos a respeito das condições pluviais dessa região, no Gráfico 1 são apresentados os valores totais de chuvas entre os meses de outubro a março (período chuvoso) entre final de 2015 e início de 2018 em quatro estações pluviométricas situadas no médio-baixo Rio Doce. E no Gráfico 2 verifica-se o comportamento das chuvas na estação pluviométrica mais próxima da Floresta Nacional de Goytacazes (Espírito Santo).

Gráfico 1 - Total de precipitação do período chuvoso (outubro a março) entre 2015 a 2018 nas estações pluviométrica localizadas no médio-baixo Rio Doce.



Fonte: Dados da Rede do CPRM (2018).

Gráfico 2 - Total de precipitação mensal no período chuvoso entre 2015 a 2018 na estação pluviométrica de Colatina (ES).

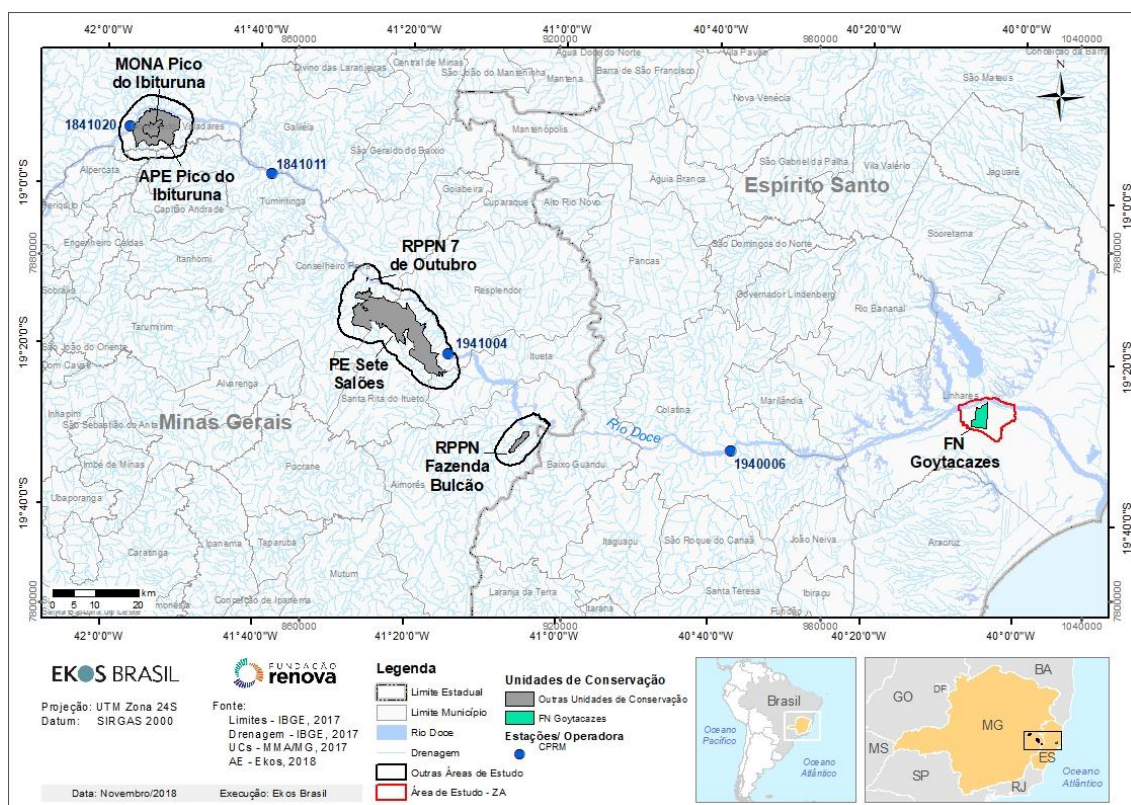


Fonte: Dados da Rede do CPRM (2018).

A partir do Gráfico 1 e do Gráfico 2, pode-se observar que, entre 2015 e 2016, a estação de Colatina registrou os índices mais baixos de chuvas quando comparado com as outras estações e em relação aos anos sucessores, sendo que, apenas no mês de janeiro/2016, os índices elevam um pouco, com total mensal de 148,3 mm. No período seguinte (entre 2016 a 2017), as máximas foram registradas em novembro de 2016 (310,9 mm/mês) e, posteriormente, entre 2017 e 2018, os picos de chuva foram registrados em dezembro/2017 (210,5 mm/mês).

A localização das estações pluviométricas em relação a área de estudo pode ser observada no Mapa 3.

Mapa 3 - Localização das estações pluviométricas em relação a FLONA de Goytacazes



4.1.2.3 Geologia

A bacia do Rio Doce é composta por diferentes tipos de rocha, cujas idades vão desde o Arqueano (2,6 Ga) até o Cenozoico (presente). Em termos gerais, no alto Rio Doce, predominam rochas pré-cambrianas, geoprovíncia auríferífera conhecida como Quadrilátero Ferrífero, onde se situa a Barragem de rejeito de Fundão. Seguindo o fluxo da drenagem até a porção do seu médio curso, quando este toma a direção leste e onde está situada a FLONA de Goytacazes, ocorre uma variedade de rochas paleoproterozoico e neoproterozoico, dentre as quais pode-se destacar rochas alcalinas, graníticas, migmatíticas, gnáissicas e vulcano-sedimentares. E por fim, seguindo o Rio Doce até quando este alcança o litoral capixada, as sequências proterozóicas vão cedendo lugar aos domínios de rochas cenozoicas, formadas por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados resultantes dos processos intempéricos atuantes sobre essas sequências ao longo do tempo geológico (MPF, 2017a).

De acordo com o mapa geológico da CPRM, na área de estudo predominam litologias da **Era Cenozóica** (65,5 milhões de anos até os dias atuais).

As coberturas detríticas cenozóicas são sequências sedimentares encontradas nos canais fluviais e planícies aluvionares. Nessas sequências sedimentares são comuns bancos de argilitos caulínicos, com extensões laterais expressivas (ECOPLAN-LUME, 2010). Na área de estudo as Formações Cenozóicas são relativas a dois Períodos distintos:

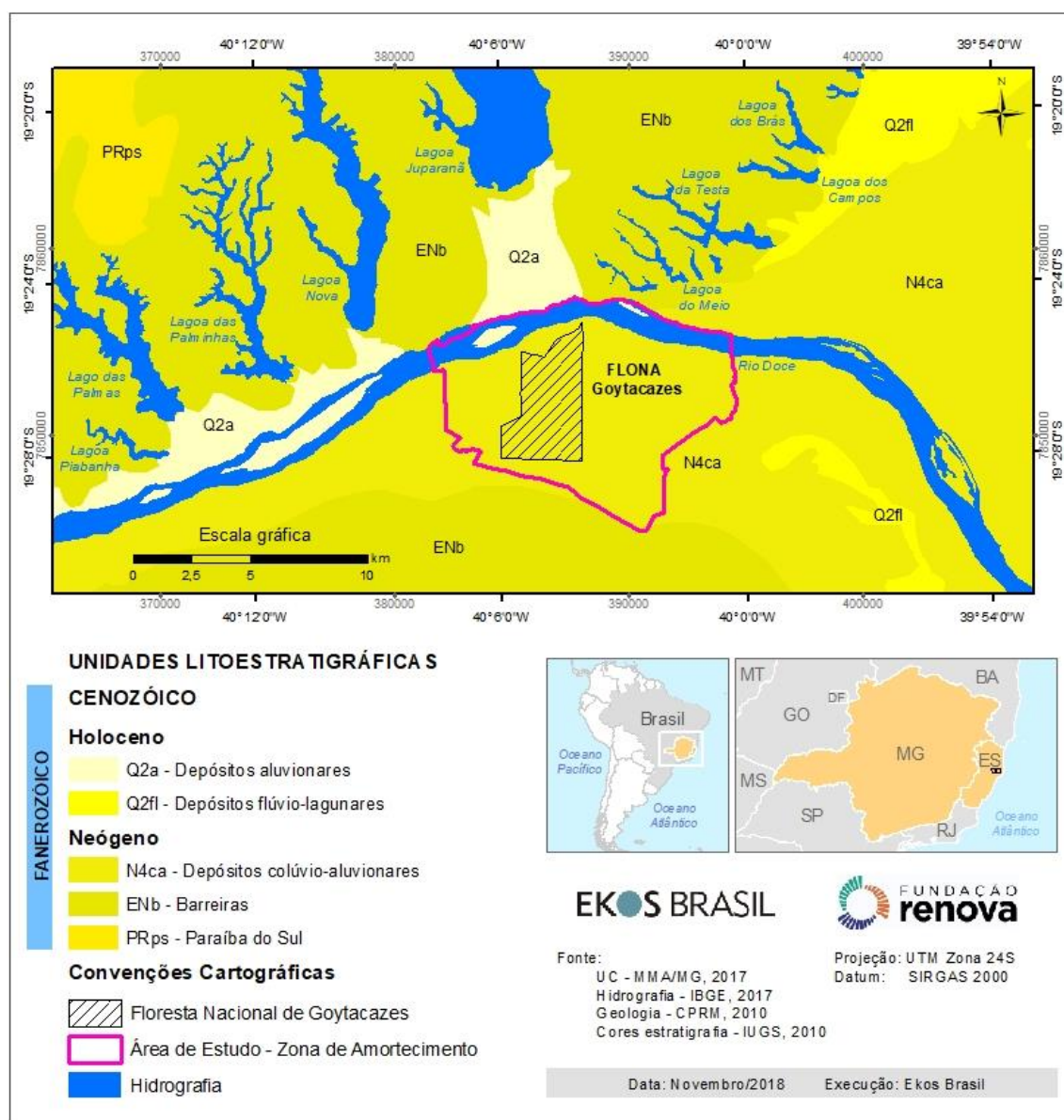
- *Período Neógeno*, com ocorrência de Depósitos Colúvio-aluvionares do Grupo Barreiras. O Grupo Barreiras é uma Formação litológica sedimentar que ocupa grande área da parte continental da Bacia Sedimentar do Espírito Santo. Nesse Grupo são encontradas tipologias rochosas de arenito conglomerático e argilito arenoso. São depósitos detríticos constituído por arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, argilosos, finos a grosseiros, mal selecionados, com granulometria cascalho, areia e argila, geralmente contendo horizontes

lateríticos (ECOPLAN-LUME, 2010). Os sedimentos que compõem os Depósitos colúvio-aluvionares desse Grupo foram transportados ao longo das encostas até alcançar a planície flúvio-lagunar devido à ação combinada da gravidade e da água. Neles predominam cascalho, areia e lama.

- *Período Quaternário, Época do Holoceno* (momento atual) com predomínio de Depósitos Aluvionares intercalados com Depósitos Flúvio-lagunares. Os Depósitos Aluvionares são litologias caracterizadas pela presença de sedimentos clásticos inconsolidados diferenciados em aluviões ou areias brancas. O primeiro tipo constitui os depósitos de areias quartzosas grossas, de grãos angulosos mal selecionados, conglomeráticas, micáceas, com intercalações argilossilticas e argilosas. Nos terrenos de Depósitos Flúvio-lagunares predominam sedimentos arenosos e lama, representados essencialmente por areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica. Estes sedimentos de idade Holocênica condizem a misturas de materiais depositados em antigas lagunas e mangues que ocorriam na região, e que foram assentados desde o início da última transgressão marinha. Na FLONA de Goytacazes, os Depósitos Flúvio-lagunares correspondem principalmente a sedimentos aluviais depositados pelo Rio Doce nos períodos de cheias, compondo a planície deltáica do Rio Doce, preenchendo fundos de vales encaixados em unidades mais antigas posicionadas abaixo desses depósitos (ICMBio, 2013).

O Mapa 4, abaixo, apresenta a formação geológica descrita, para a área de estudo da FLONA de Goytacazes.

Mapa 4 – Geologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes



4.1.2.4 Hidrogeologia

O rompimento da Barragem de Fundão afetou a hidrologia da bacia do Rio Doce, especialmente as águas de superfície, com desdobramento diretos ou indiretos para outros compartimentos do sistema, incluindo as águas subterrâneas. Por essa razão, se faz necessário a caracterização do contexto hidrogeológico em que se insere a Floresta Nacional de Goytacazes, tendo em vista sua relevância para a preservação ambiental.

As águas subterrâneas se encontram alojadas nas fraturas das rochas, após infiltração, principalmente, de precipitações pluviais. Quando são passíveis de exploração, são denominados de aquíferos, e neste caso podem ser considerados uma unidade geológica ou parte de uma formação suficientemente permeável de modo a permitir a produção significativa de água a partir de nascentes e poços (MPF, 2017a). Essas unidades são caracterizadas de acordo com suas características geoquímicas e hidrogeológicas.

Em termos geoquímicos, as rochas e solos da bacia do Rio Doce possuem abundância de minério de ferro, alumínio e manganês, e por isso esses elementos também estão presentes no rejeito da Barragem de Fundão. Os três elementos são absorvidos pela crosta terrestre, porém eles são muito pouco solúveis em condições físico-químicas normais encontradas nas águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, esses minérios podem estar presentes em grandes concentrações nas águas, porém só serão absorvidos pelos organismos se estiverem em solução. Em superfície, esses minérios são facilmente conduzidos pela água, tanto em solução quanto sob a forma de partículas, porém no nível freático são praticamente veiculados apenas como material em solução devido a baixa velocidade e capacidade do fluxo transportar materiais sólidos (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010; MPF, 2017).

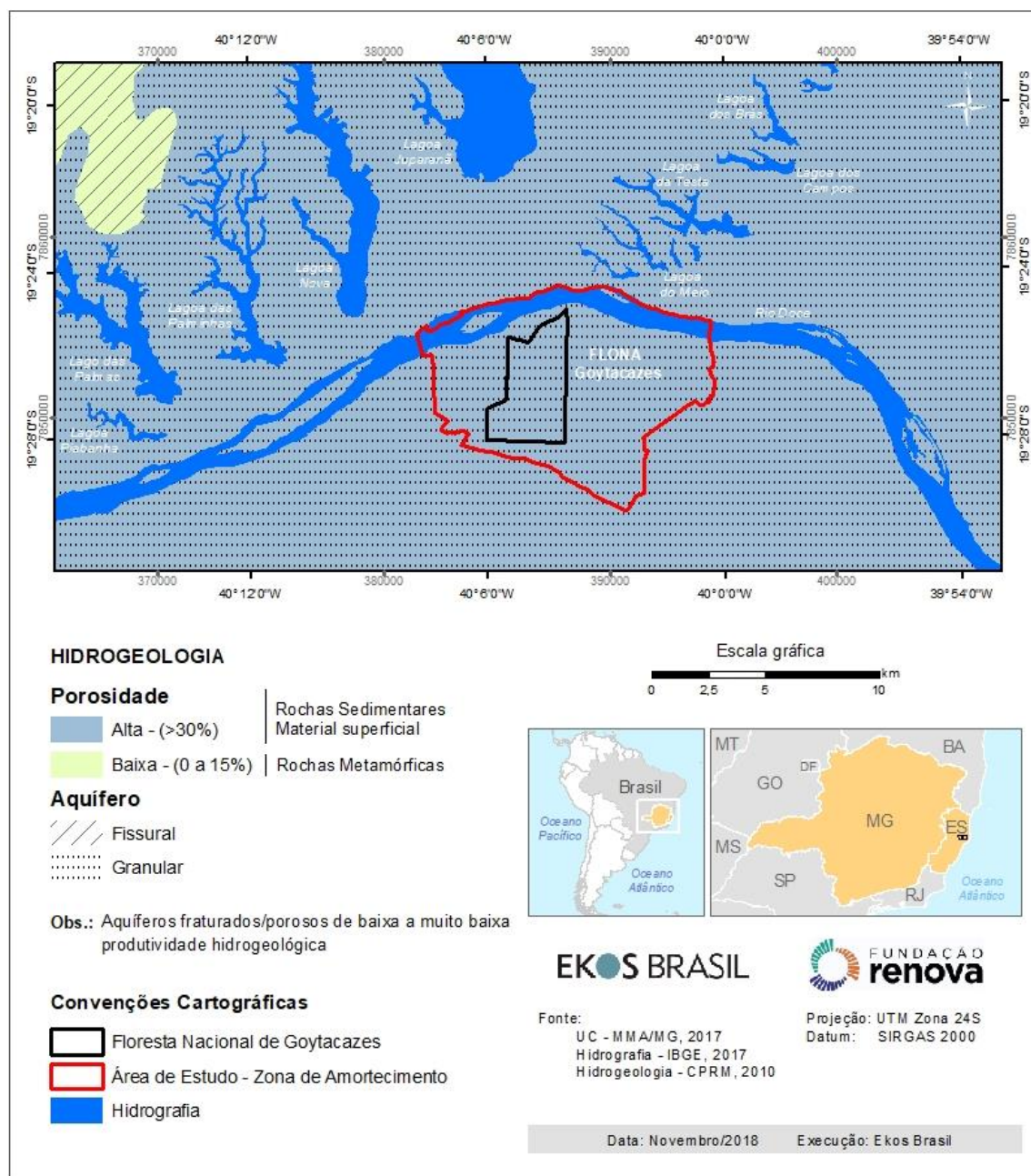
Em relação ao sistema hidrogeológico da bacia do Rio Doce, são identificadas, basicamente, duas unidades aquíferas: fissuradas e granular, diferenciadas por sua distribuição espacial, tipos de rocha (estrutura física e química) e condições de armazenamento e circulação de água (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010; MPF, 2017).

Nos Aquíferos Fissurados a acumulação e circulação das águas subterrâneas ocorrem através da porosidade secundária desenvolvida por falhas, fraturas e diaclases nas rochas. No sistema subterrâneo da bacia do Rio Doce essa unidade é subdividida em aquífero fissurado (i) em rochas quartzíticas; (ii) em rochas xistosas; e (iii) em rochas cristalinas. Essa subdivisão é feita de acordo com a predominância de tipos litológicos de rocha reservatório associadas a uma unidade geológica regional (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010, p. 75).

Os Aquíferos Granulares ou Porosos são representados por uma sequência de rochas sedimentares detríticas de idade Cenozóica, onde a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas ocorre através da porosidade primária da rocha. Essa unidade apresenta uma composição litológica constituída de sedimentos areno-argilosos, cascalhos, areias, argilas, arenitos e conglomerados inconsolidados das Formações Barreiras, Fonseca e Linhares, com ocorrência de corpos sedimentares arenosos e siltico-arenosos recentes, formando aluviões próximos às margens do Rio Doce e afluentes, depósitos de cordões litorâneos flúvio-lagunares e coberturas detrito lateríticas aluvionares (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010, p. 75).

A FLONA de Goytacazes está situada próxima a calha do Rio Doce, integralmente na unidade do Aquífero Granular, conforme representado no Mapa 5.

Mapa 5 - Unidades hidrogeológica onde está situada a Floresta Nacional de Goytacazes.



No Aquífero Granular a porosidade das rochas é elevada (acima de 30%), o que tende a favorecer a vazão da água subterrânea mediante a perfuração de poços. A partir da base de dados do SIAGAS/CPRM (2018), foram identificados sete poços tubulares dentro da área de estudo (Figura 3).

Figura 3 - Poços tubulares dentro dos limites da área de estudo (linha vermelha) da Floresta Nacional de Goytacazes.



Fonte: CPRM (2018), *Google Earth PRO* (2018).

Não foram identificados dados quantitativos ou qualitativos sobre as águas subterrâneas dos poços tubulares da área de estudo.

Na tentativa de caracterizar a qualidade das águas de poços posicionados próximo a área de estudo, o presente diagnóstico focou sua atenção na análise das unidades localizadas dentro de uma faixa de 1500 metros do curso do médio-baixo Rio Doce que continham dados relativos a parâmetros de vazão e qualidade da água: elementos traço, macroconstituintes, ou mesmo medidas obtidas em campo como pH e turbidez (MPF, 2017a). No caso, foram identificados 11 poços tubulares com dados de vazão, mas desses apenas quatro deles continham informações de qualidade da água (Tabela 11). As concentrações foram avaliadas tomando por base os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, para enquadramento das águas subterrâneas.

Tabela 11 - Poços tubulares com disponibilidade de informações, cadastrados no SIAGAS/CPRM, localizados em uma faixa de 1.500 m ao longo da calha do médio-baixo Rio Doce

Código	3100008098	3100008099	3100002712	3100022406	3100022407	3100022408	3100002719	3100022479	3100022480	3100018854	3100020638
UTM E	388119	388288	263591	261886	263094	263222	222142	185826	222402	232712	283120
UTM N	7852915	7852607	7862590	7861153	7862645	7861754	7899511	7899971	7899731	7897236	7843610
Estado	ES	ES	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG	MG
Município	Linhares	Linhares	Resplendor	Resplendor	Resplendor	Resplendor	Tumiritinga	Tumiritinga	Tumiritinga	Galileia	Aimorés
Localidade ² :	Br 101 (1)	BR 101 (1)	Respl. (2)	Sede (3)	Sede (3)	Sede (3)	Tumir. (3)	Sede (3)	Sede (3)	Sede (3)	Sede (3)
Vazão ³	28.8	22.5	13	42.33	47.98	24.01	55.37	55.36	47.98	3.35	9.64
Qual. da água	não	sim	não	sim	não	não	não	sim	sim	não	não
Data da coleta		23/01/2011		18/07/2013				25/07/2013	23/07/2013		
Condutividade (µS.cm-1)		165		2237				1075	1070		
pH		6,93		7,6				8,08	7,6		
Turbidez (NTU)		95		-				-	-		
Alcalinidade (mg.L-1)		69		-				307,77	-		
Dureza Total CaCO ₃ (mg.L-1)		114		338				1,44	27,3		
FerroTot (mg/L)		4,9		2,8				1,57	3,3		
Manganês (mg/L)		0,01		2				-	1,1		
Cloreto (mg/L)		10,8		332				85,59	76,4		
Sulfato (mg/L)		-		540				111,89	22,8		
Nitrato (mg/L)		3,34		-				0,4			
Fluoreto (mg/L)		-		0,18				-	-		

Fonte: Adaptados do MPF (2017a); CPRM (2018).

² Localidade: (1) Est. Experimental Filogônio Peixoto; (2) Cooperativa Agropecuária; (3) Copasa.

³ Vazão - Estabilização (m³/h).

Em relação a vazão, os maiores valores se concentraram nos poços localizados no município de Tumiritinga e Resplendor, no médio Rio Doce, seguido do município de Linhares, no baixo Rio Doce. O conhecimento de informações sobre a composição da água de poços em condições comparáveis, com base na literatura e o relato de operadores de sistemas de abastecimento da região visitada, faz ver que o ferro, por exemplo, pode ser identificado em concentrações maiores do que 4,9 mg.L⁻¹, o máximo registrado. Com o manganês, as concentrações foram relativamente mais baixas. No entanto, devido à ausência de dados em alguns poços, não foi possível estabelecer uma correlação sobre as concentrações dos parâmetros, de montante a jusante (MPF, 2017Aa).

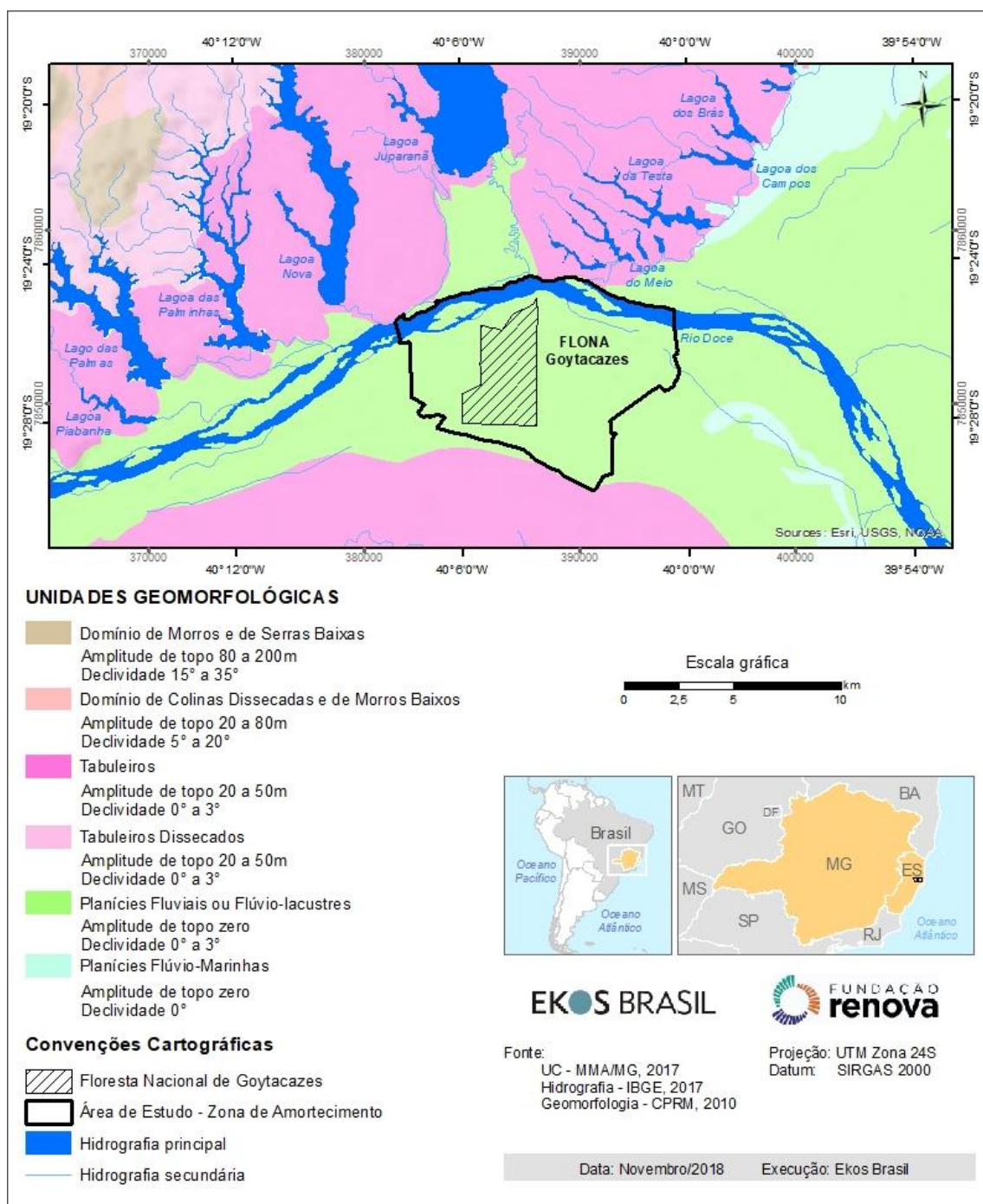
No caso do pH, que é um parâmetro relevante para qualquer sistema de coleta e distribuição, assim como o cloreto, a disponibilidade de dados foi mais frequente. Os índices de pH giraram em torno de uma faixa entre 6,4 a 8,08, que pode ser considerada normal. O cloreto, medido nos quatro poços, apresentou grandes variações na amostra do poço 3100022479 (Tumiritinga-Copasa Sede), com concentração de 85,59 mg.L⁻¹. Esse valor não se configura uma desconformidade com respeito à Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), porém é bastante elevado frente às concentrações dos outros poços (MPF, 2017Aa). O sulfato é um parâmetro que apresentou variação entre 0,5 e 112 mg.L⁻¹, podendo variar mais do que isso em condições naturais (MPF, 2017a).

4.1.2.5 Geomorfologia

O modelado do relevo é reflexo da dinâmica integrada dos agentes naturais na paisagem e das intervenções humanas sobre o ambiente. Portanto, a caracterização de morfologias em diferentes níveis taxonômicos contribui para que se possa compreender as tendências de comportamento geomorfológico e possíveis alterações físicas na área de estudo, causadas pelo impacto do rompimento da Barragem de Fundão.

De acordo com o levantamento realizado pela CPRM (2010), a FLONA de Goytacazes e sua ZA estão inseridas em uma planície flúvio-lacustre, com declividades suaves de até 3° (Mapa 6). Estas planícies são sustentadas, exclusivamente, pelo domínio morfoestrutural de Depósitos Sedimentares, que se estende por uma ampla região do estado do Espírito Santo assumindo morfologias distintas, de acordo com o predomínio de aspectos físicos de paisagens locais (ICMBio, 2013).

Mapa 6 - Geomorfologia da área de estudo da FLONA de Goytacazes



O modelado plano da área de estudo se relaciona aos aspectos geomorfológicos de complexos deltaicos, estuários e praias, com sedimento aluvial da porção emersa do delta do Rio Doce e depósitos arenosos de origem litorânea. São áreas muito suscetíveis a alagamentos devido à elevação das cotas do Rio Doce, especialmente durante o período chuvoso e, também, pela influência das marés. A presença de materiais com texturas essencialmente arenosas facilita a infiltração e atesta a supremacia de processos acumulativos/deposicionais e de lixiviação dos solos em detrimento de processos denudacionais/erosivos (ICMBio, 2013).

No contínuo da paisagem, as planícies são mescladas a presença de pequenas depressões associadas a ondulações suaves do terreno, formadas por arenosos e alguma textura argilosa (ICMBio, 2013), conforme representado pela Figura 4.

Figura 4 - Tipos de relevo na Unidade de Conservação Floresta Nacional Goytacazes.



Relevo essencialmente plano da Flora Goytacazes.



Perspectiva do trecho da área de estudo conformado por morfologia suavemente ondulado (baixa declividade), sustentada por sedimentos de textura essencialmente arenosa

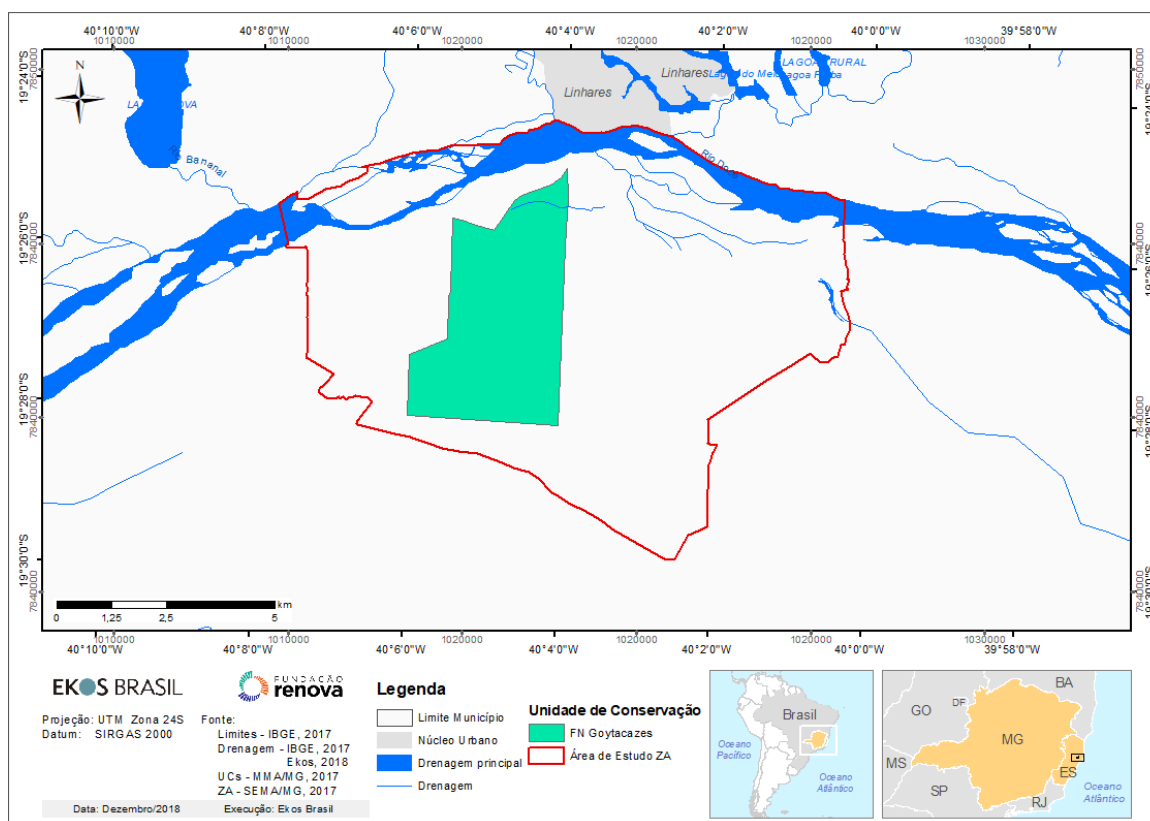
Fonte: ICMBio (2013).

Além dos limites da área de estudo, o modelado plano é substituído por rampas, também chamadas Tabuleiros costeiros. Nestas unidades morfológicas, as topografias podem chegar até 50 metros, mas não atingem declividades acima de 3°. Esses tabuleiros são sustentados por sedimentos neogênicos do Grupo Barreiras e expõem uma superfície de topo perfeitamente plana (SAADI E CAMPOS, 2015).

As planícies flúvio-lacustre e costeiras, junto aos tabuleiros litorâneos fazem de um complexo de morfologias de dissecação profunda, operadas pelos cursos d'água da bacia do Rio Doce, que desemboca a leste “em áreas de restingas e manguezais entremeados sobre os entrelaçamentos de cordões litorâneos com dunas e sedimentos flúvio-marinhos quaternários” (SAADI E CAMPOS, 2015, p. 73). Estas unidades morfológicas, em termos regionais, são tratadas como geoformas de “platôs baixos com dissecação fluvial” nos trabalhos de Strauch (1955); Souza (1995) e Saadi e Campos (2015).

A característica plana do relevo e a estrutura dos terrenos arenosos dificultam o desenvolvimento da drenagem na área de estudo da FLONA de Goytacazes. As poucas nascentes se situam na posição mais próxima ao Rio Doce, situado na margem norte desta Unidade de Conservação, conforme pode-se observar no Mapa 7.

Mapa 7 - Drenagem da área de estudo da FLONA de Goytacazes.



Morfologia fluvial da área de estudo

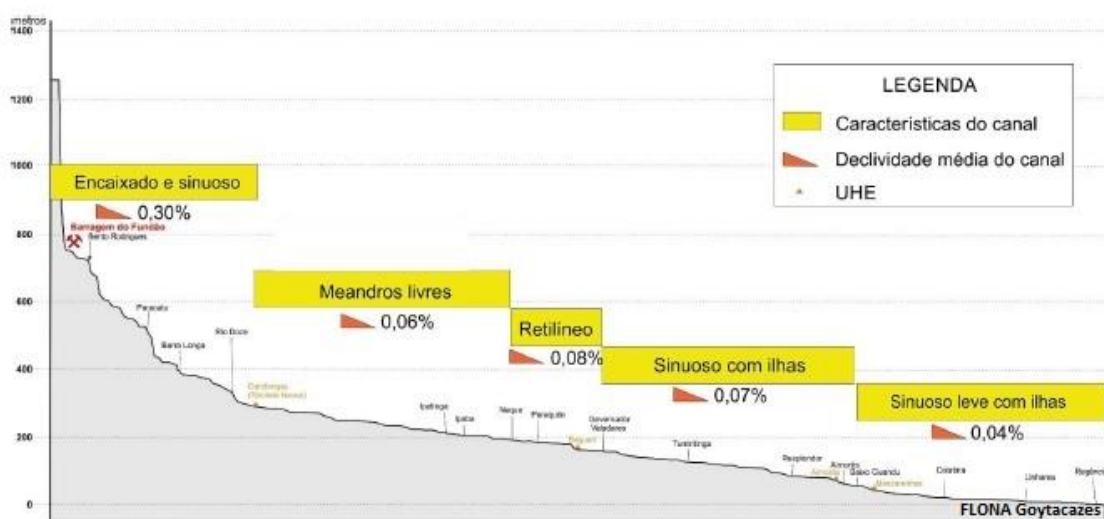
De acordo com Christofolletti (2011), análises de cursos de água só podem ser realizadas em função da perspectiva global do sistema hidrográfico, uma vez que eles integram o ciclo hidrológico e sua alimentação se processa através das águas de subsuperfície (hidrogeologia) e superfície. Portanto, considerando que o fluxo de rejeito, oriundo do rompimento da Barragem de Fundão, se concentrou na rede hidrográfica, e causou ondas de passagem no rio principal e tributários através da onda de cheia e de massa d'água com elevada turbidez (CPRM/ANA, 2015a; 2015b), no período imediatamente posterior ao desastre, possivelmente podem ter sido geradas morfologias de acumulação (depósitos de rejeito) ou de erosão marginal na calha do Rio Doce.

De maneira geral, a morfodinâmica do trecho fluvial onde está inserida a área de estudo pode ser caracterizada conforme a classificação de Saadi e Campos (2015). Segundo os autores, a área de estudo está localizada no trecho 5, entre a cidade de Baixo Guandu e a desembocadura do Rio Doce. Este trecho do Rio Doce possui uma declividade média de 0,04% e um comprimento de 153 km. O canal é basicamente retilíneo com exceção de algumas largas sinuosidades que podem ser observadas em escala regional, e margens bem delineadas. Sua largura média varia de uma centena de metros, na jusante da barragem de Mascarenhas, e chega a 1800 metros no litoral, onde adquire um comportamento anastomosado devido à grande quantidade de ilhas formadas sobre depósitos sedimentares no leito do rio. Também são comuns, ao longo do trecho, bancos de areia agrupados, indicando baixa velocidade dos fluxos d'água e baixa capacidade de transferência de sedimentos até o oceano (SAADI E CAMPOS, 2015).

Apesar do predomínio de processos de acumulação de sedimentos e da baixa declividade do trecho 5 do Rio Doce, os vales são relativamente encaixados e as planícies marginais são, em geral, estreitas e de pouca recorrência. Esse comportamento da dinâmica fluvial se altera conforme o Rio Doce se aproxima da cidade de Linhares, onde se localiza a Floresta Nacional de Goytacazes. Lá o curso do rio é influenciado por uma repentina abertura do vale, ocupado por um conjunto de lagoas marginais com largas margens sub-horizontais suspensas a poucos metros acima da cota média do rio, formadas sobre as planícies flúvio-lacustres locais, em substrato constituído por sedimentos fluviais e marinhos quaternários. Este sistema de hidrogeomorfologia complexa se associa aos sedimentos neogênicos do Grupo Barreiras, configurando na paisagem os tabuleiros costeiros (SAADI E CAMPOS, 2015).

Logo a jusante da área de estudo, conforme aumenta a influência dos sedimentos marinhos sob a planície flúvio-lacustre do Rio Doce, esta morfologia se expande formando um grande leque arenoso de 35 km de extensão na direção noroeste-sudeste do litoral, devido ao curvamento do Rio Doce para o sul. “Neste ambiente deltaico, a forte carga sedimentar do rio e a fraquíssima declividade de seu canal não lhe permitem abrir uma passagem direta” (SAADI E CAMPOS, 2015, p. 86).

Gráfico 3 - Perfil longitudinal do canal do Rio Doce, características gerais e localização (relativa) da área de estudo.

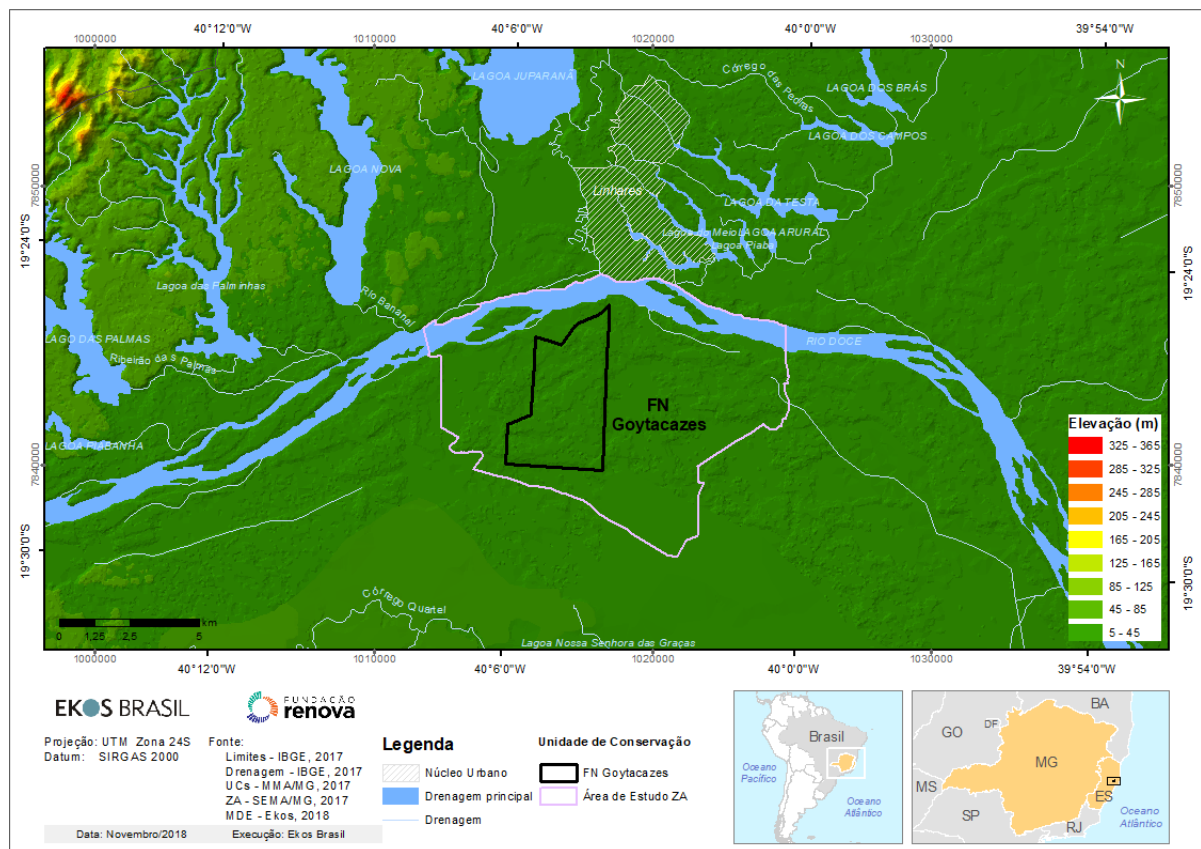


Fonte: Adaptado de Saadi e Campos (2015).

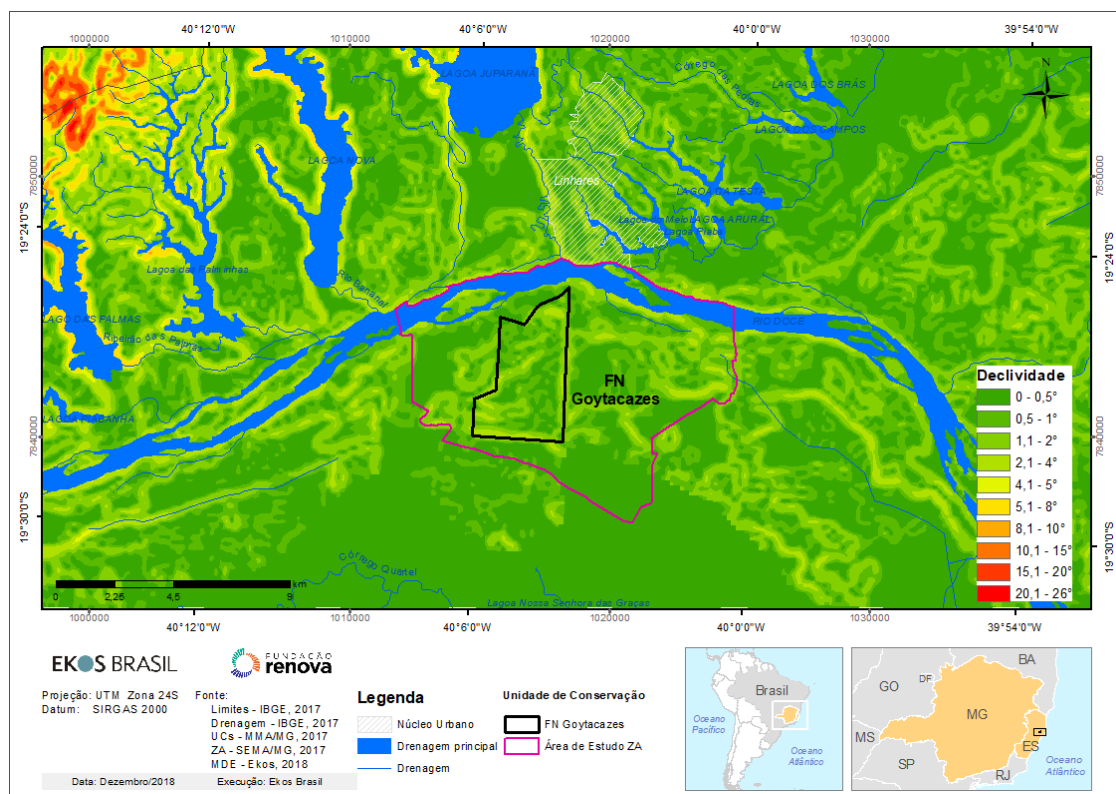
A carga de sedimentos trazida pelos cursos d'água pode ser depositada em qualquer ponto da rede de drenagem; porém, nas seções do rio onde há mudanças bruscas de profundidade e gradiente, e de menor gradiente (declividade) existe uma tendência maior ao acúmulo de materiais devido à redução de velocidade e turbulência dos fluxos (CUNHA, 2007).

Observando o Mapa 8 de hipsometria (elevação) e o Mapa 9, de declividade, percebe-se que a FLONA de Goytacazes está posicionada em terrenos de elevação e inclinação praticamente iguais ao Rio Doce, onde se concentrou os impactos e efeitos originados do rompimento da Barragem de Fundão. Esse trecho do Rio Doce na área de estudo se situa em terrenos baixos, com pouca variação altimétrica (entre 5 a 45 m) e declividades entre 0° a 4° graus.

Mapa 8 - Hipsometria da área de estudo da FLONA de Goytacazes



Mapa 9 - Declividade da área de estudo da FLONA de Goytacazes



No trecho do Rio Doce indicado pelos mapas de elevação (Mapa 8) e declividade (Mapa 9), o nível de base local são as confluências com os canais tributários, onde o fluxo de água é reduzido e, portanto, também a competência (tamanho das partículas mobilizadas) e capacidade (quantidade das partículas mobilizadas) do rio transportar os sedimentos, podendo, inclusive, sofrer refluxo do material, com o retorno de parte dos sedimentos para os canais (MENDES, 2018). Nessas áreas de confluência, os sedimentos são condicionados a se depositarem nas margens à montante e, portanto, estes são locais ao longo da seção estudada em que pode ter havido alguma deposição do rejeito originado do rompimento da Barragem de Fundão em 2015.

Além das áreas de confluência, a morfologia de margens fluviais convexas tende a proporcionar maior retenção de sedimentos em suas posições, atenuando a velocidade e turbulência dos fluxos (CUNHA, 2007).

No leito fluvial, a identificação de outras morfologias também pode ter funcionado como “armadilhas” para retenção dos rejeitos originados da Barragem de Fundão. São elas:

- afloramento rochoso no leito do rio, que podem facilitar a deposição de sedimentos de acordo com a morfologia do material;
- barras arenosas, que são “formas deposicionais de material do fundo do canal (areia) que emergem a superfície da água ou que se encontram parcialmente submersas” STEVAUX E LATRUBESSE, 2017, p.145). São comuns nas áreas de confluência e planícies.
- ilhas fluviais, que podem ser formadas ou pelo afloramento de rochas ou manto de intemperismo, ou mesmo por barras fluviais emersas, sendo, em alguns casos coberta por vegetação estabilizada ou não.

Algumas das morfologias citadas (zonas de confluência e feições fluviais) podem ser observadas na área de estudo a partir das imagens disponíveis pelo programa *Google Earth* (vide Figura 5).

Figura 5 - Exemplos de tipos de feições fluviais de deposição de sedimentos na área de estudo

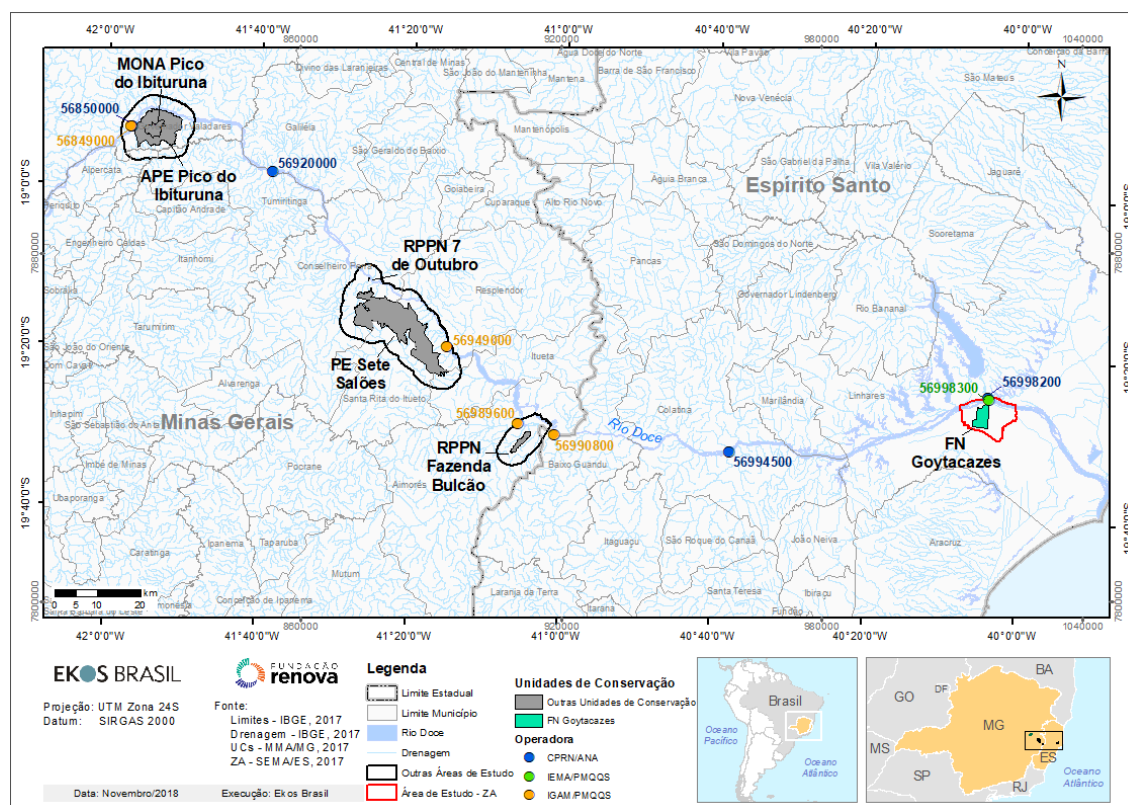


Fonte: Google Earth (2018).

4.1.2.6 Hidrossedimentologia

As análises hidrossedimentológica se basearam em informações levantadas pela estação fluviométrica mais próximas da área de estudo, identificadas no Mapa 10 pelo código do CPRM/ANA: 56994500 (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; IGAM/MG, 2017; ANA, 2018; PMQS, 2018; GOLDER, 2018).

Mapa 10 - Localização das estações fluviométricas próximas à FLONA de Goytacazes



Fonte: CPRM/ANA (2015a; 2015b), IGAM/MG (2017), ANA (2018), PMQGS (2018).

Para ilustrar o comportamento histórico das descargas líquidas e sólidas na estação fluviométrica selecionada (código 56994500) são apresentados os resultados gráficos obtidos pelo MPF (2017a).

Gráfico 4 - Representação gráfica das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56994500. Fonte: MPF (2017a).

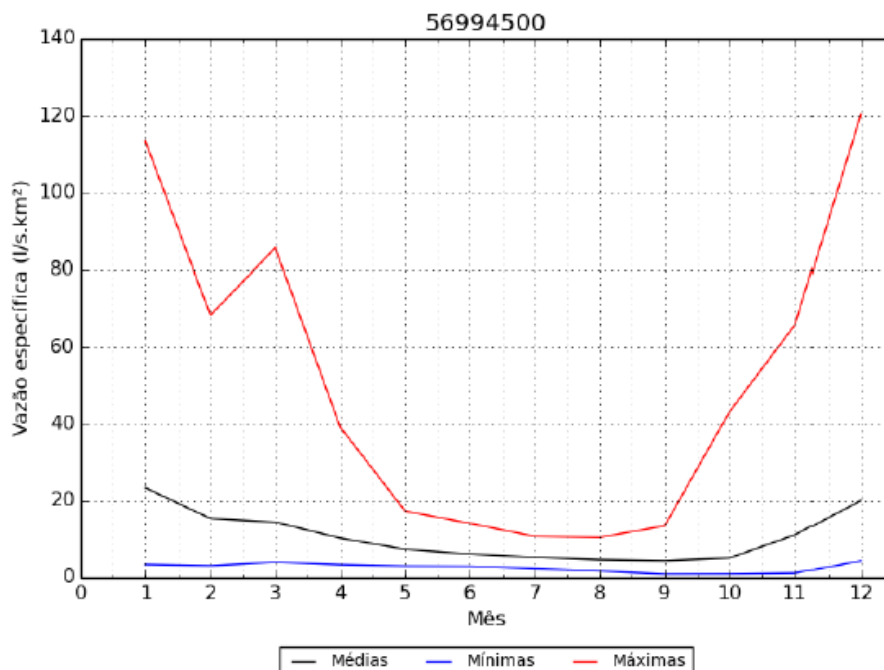


Tabela 12 - Valores das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56994500. Fonte: MPF (2017a).

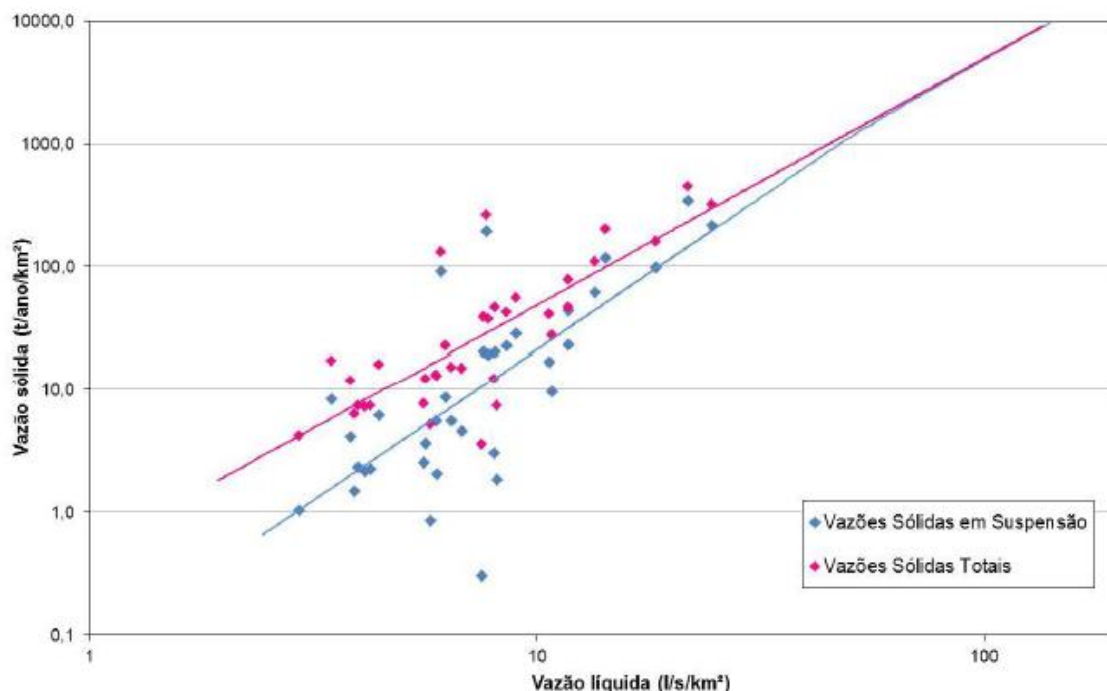
Vazões médias mensais de longo termo na estação fluviométrica selecionada	
Código	56994500
Nome da Estação	Colatina/ES
Área de Drenagem (km²)	76400
Data de início	03/01/1985
Data de fim	04/11/2015
MLT absoluta (m³/s)	812,2
MLT específica (l/s/km²)	10,6
Faixa Máxima Diária L/S/Km²	366 a 552
Faixa Mínima Diária L/S/Km²	1,65 a 2,47

De acordo com o MPF (2017, 2017a), o trecho do médio-baixo Rio Doce, onde está localizada a FLONA de Goytacazes, apresentou vazões médias específicas pontuais (por área) entre 1985 até 2015, na faixa de 8,46 a 11,65 L/S/Km², com máximas diárias de 366 a 552 L/S/Km² e mínimas de 1,65 a 2,47 L/S/Km².

Em relação as medições sólidas da bacia do Rio Doce, a rede de monitoramento da ANA/CPRM obtém dados a partir da concentração de sólidos totais em suspensão. Não são realizadas amostragens da carga sólida por arraste. O transporte sólido médio específico na estação foi determinado com base na aplicação das curvas-chave sobre as séries de vazões médias diárias para o período base comum (1998-2015). A partir da figura abaixo conclui-se que, historicamente ocorre uma correlação positiva

entre os dados de vazão sólida e líquida: quando se eleva as descargas líquidas, também se eleva as descargas sólidas (MPF, 2017a).

Gráfico 5 - Representação gráfica da curva chave de sedimentos entre o período de 1998 a 2015 na estação 56994500, município de Colatina (ES). Fonte: MPF (2017a).



*Amostragem coletada durante o monitoramento especial da bacia do Rio Doce, em novembro/2015 pelo CPRM/ANA. **Vazão acima do limiar para alerta de cheia de 4131 e 4796 m³/s; segundo o CPRM/ANA.

4.1.2.7 Qualidade da água

Doze anos de monitoramento de qualidade de água na Estação Fluviométrica de Linhares (1999-2010) pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos permitem o estabelecimento de uma linha de base minimamente adequada para alguns parâmetros de qualidade da água do Rio Doce pré-rompimento da Barragem de Fundão. O Gráfico 6, Gráfico 7, Gráfico 8, Gráfico 9,

Gráfico 10 e Gráfico 11 apresentam séries temporais selecionadas, dentre as 17 variáveis de resposta monitoradas pelo IEMA e sintetizadas na Tabela 3 (Anexo I).

- *Parâmetros básicos de qualidade de água.* Sólidos totais e turbidez (propriedade óptica da água que reflete a interceptação, espalhamento e absorção da luz por material orgânico e inorgânico suspenso; Wetzel & Likens 2000) são parâmetros físicos de grande relevância para este estudo, uma vez que são diretamente relacionados com a perturbação ambiental de interesse, isto é, a injeção de um enorme volume de rejeitos de mineração no sistema fluvial. Cerca de 85% dos valores observados para turbidez (Gráfico 6) estiveram dentro dos padrões de qualidade de água para rios de Classe 2 ao longo destes 12 anos (CONAMA 2005, COPAM 2008). Não há padrões de qualidade de rios CONAMA para sólidos totais. O oxigênio dissolvido, parâmetro de grande relevância para a atividade biológica mas também para as reações de oxidação-redução, esteve em 96% das observações acima do padrão CONAMA; apenas uma entre 27 de amostras

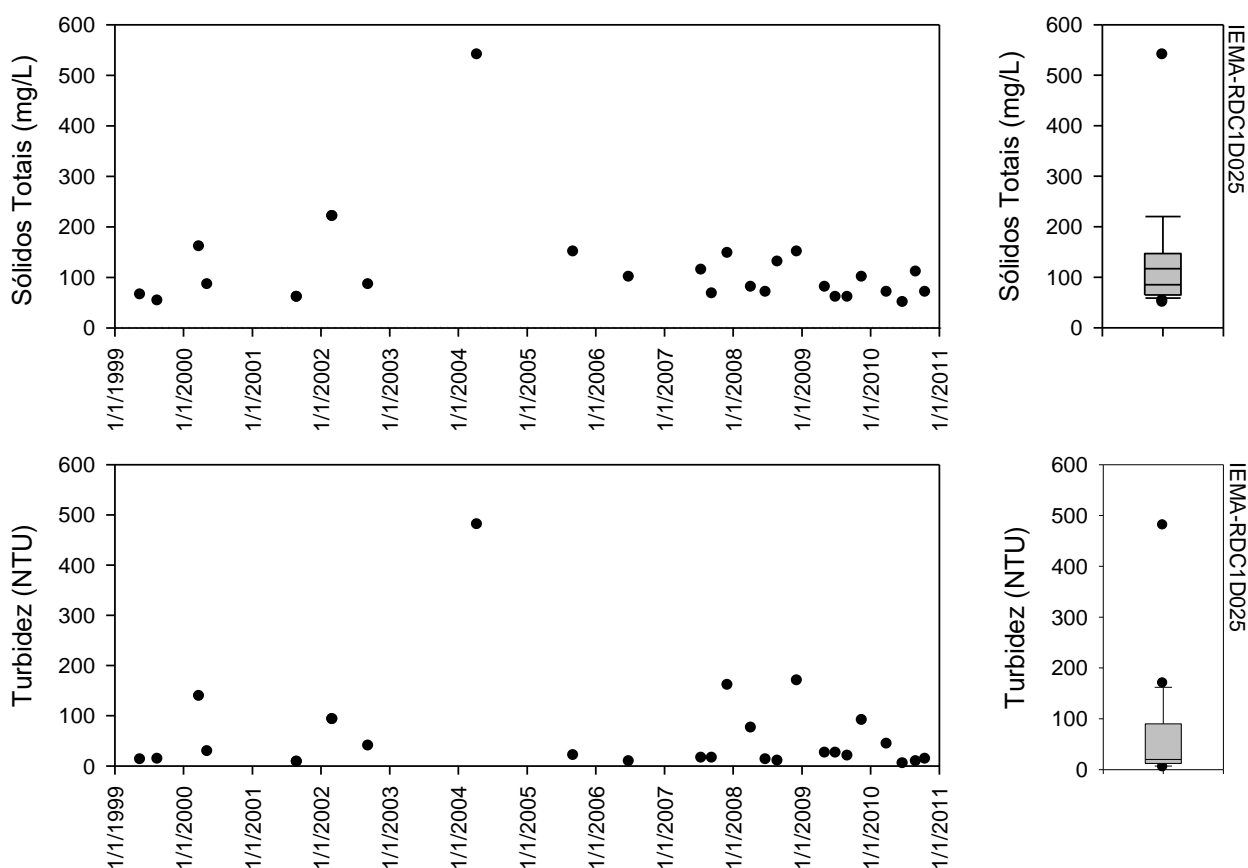
esteve abaixo do limiar de 5 mg/L (4,8 mg/L) (Gráfico 7). De forma similar, apenas uma entre 27 amostras esteve com valores de pH e medida de acidez da água fora dos padrões da Resolução CONAMA 357 (pH=5,6).

- *Metais e outros elementos químicos.* Metais são elementos químicos de grande relevância para este estudo uma vez que estão diretamente relacionados com a perturbação ambiental de interesse, isto é, a injeção de um enorme volume de rejeitos de mineração no sistema fluvial do Rio Doce. Esta contaminação por metais pode ser responsável por uma série de impactos adversos sobre homem e ambiente uma vez que todos os metais podem ser tóxicos acima de determinado limiar; e que nada menos que um quarto dos metais é incluído em listas de poluentes de preocupação prioritária no mundo inteiro, frequentemente encabeçadas por mercúrio, cádmio e chumbo (Grillitsch & Schiesari 2010). Ao mesmo tempo, é importante ressaltar que a mineração metálica é atividade histórica na Bacia do Rio Doce e precede em décadas ou mesmo séculos o rompimento da Barragem de Fundão. Portanto, é fundamental o estabelecimento de uma linha de base adequada para contaminação por metais. Dito isto, é muito pobre a base de dados do IEMA para contaminação das águas do Rio Doce por metais. Há entre 5 e 6 pontos de dados para ferro total (Gráfico 8) e zinco (Gráfico 9), apenas, o que preclui maiores inferências sobre uma linha de base.
- *Macronutrientes: séries de nitrogênio, fósforo e potássio.* Nitrogênio e fósforo são importantes elementos constituintes de proteínas, ácidos nucleicos e membranas celulares que, por frequentemente se encontrarem em disponibilidade ambiental inferior à demanda biológica, agem como fatores limitantes para a produtividade de ecossistemas aquáticos (Wetzel, 2001). Por serem limitantes para a produtividade primária, sua suplementação – notadamente pela erosão e lixiviação de solos fertilizados em ambientes rurais e pelo lançamento de efluentes em ambientes urbanos – pode originar episódios de eutrofização (Scholten et al., 2005). Em casos extremos, espécies de nitrogênio como amônia e nitrito podem ainda atingir concentrações tóxicas para organismos aquáticos (Camargo & Alonso, 2006; Ilha & Schiesari, 2014). No período analisado, todas as 21 amostras de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal apresentaram valores muito inferiores (e portanto atenderam com folga) aos padrões de qualidade de rios de Classe II do CONAMA (Gráfico 10). Por outro lado, duas e oito amostras em 27, respectivamente, apresentaram concentrações de nitrogênio total e fósforo total acima dos padrões definidos. De acordo com a concentração de fósforo total o Rio Doce em Linhares configura um corpo d'água eutrófico (24 de 27 amostras, ou 89% das amostras, estão acima do limiar para 'eutrófico' de 30ug/L; Wetzel 2001).
- *Contaminantes microbiológicos e carga orgânica.* A linha de base para contaminação microbiológica e orgânica do Rio Doce conforme indicada por coliformes fecais e DBO está disponibilizada no Gráfico 11. Nota-se que a carga orgânica em Linhares excedeu os valores CONAMA em 3 de 27 amostras (11%).

No que diz respeito ao interior da UC propriamente dita, o Plano de Manejo da FLONA de Goytacazes (2013) diz que “apesar da área não apresentar abundância de recursos hídricos, corroborada pela inexistência de rios, ribeirões, córregos ou riachos, observa-se na mesma, a presença de áreas alagadas em função das diferenças topográficas apresentadas no local e da baixa permeabilidade do solo. O sistema de drenagem local ocorre preferencialmente, no sentido sudoeste-nordeste da FLONA, em direção ao canal principal do Rio Doce, ocasionando, em função das cheias regionais condizentes à estação de verão, o surgimento e/ou o enchimento de diminutas áreas alagadas em seu interior e entorno imediato”. A julgar pelas fotografias e mapa de uso da terra, além de uma provável abundância de pequenas poças temporárias há, ao menos, duas áreas significativas de brejos: um grande brejo ao longo do limite oeste da FLONA, próximo à margem do Rio Doce, e cuja formação e/ou expansão se deu pela construção da Rodovia BR-101; e um grande brejo, aparentemente > 300 hectares, que penetra

no meio da FLONA, no sentido sudoeste-nordeste. Sumarizando, a FLONA aparenta carecer de cursos d'água lóticos, mas possui uma abundância de corpos d'água lênticos temporários.

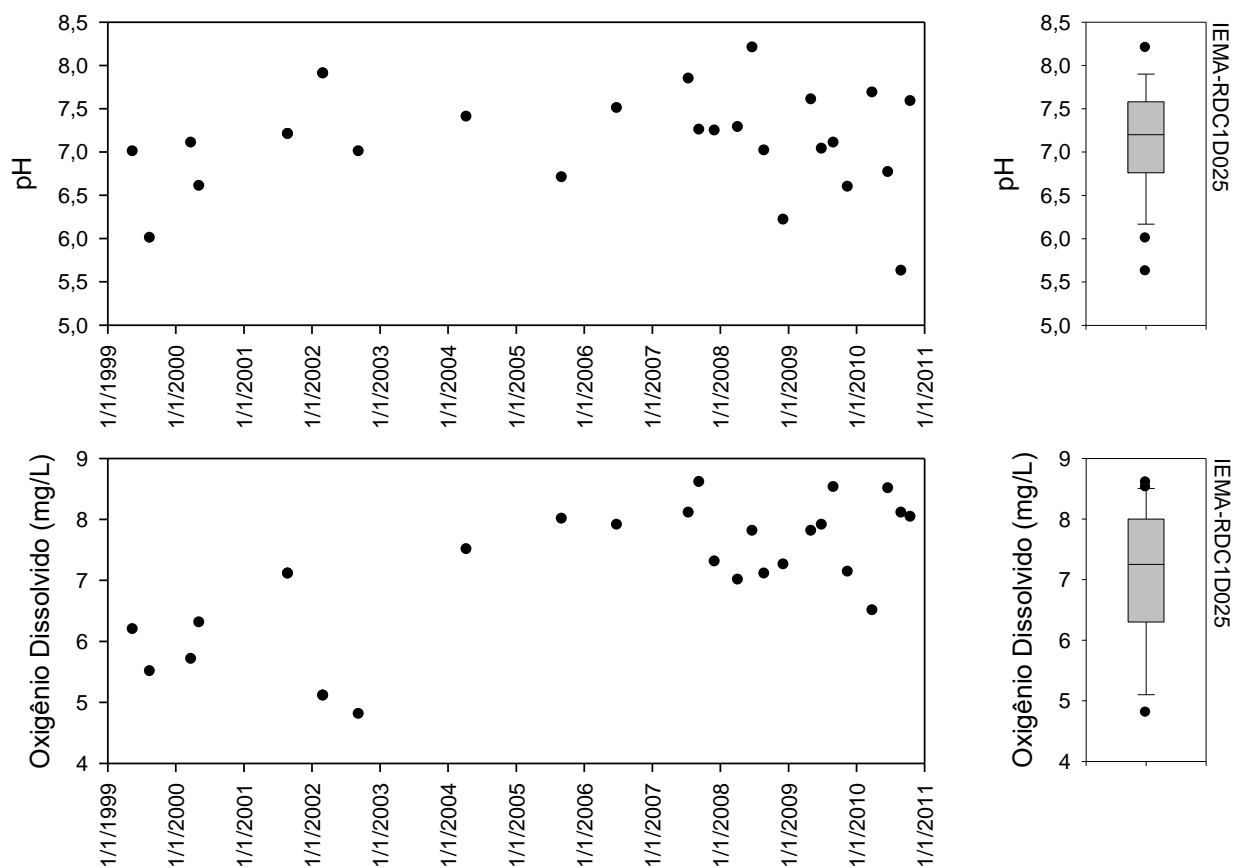
Gráfico 6 - Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Sólidos suspensos e turbidez são os parâmetros físicos mais diretamente ligados ao assoreamento e, portanto, à passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce.



Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Esquerda: gráfico de dispersão mostrando série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal. Os limites inferior, médio e superior da caixa representam respectivamente o 25º, o 50º (=mediana) e o 75º percentil; as barras inferior e superior o 10º. e o 90º percentil; e os círculos representam outliers dos valores medidos

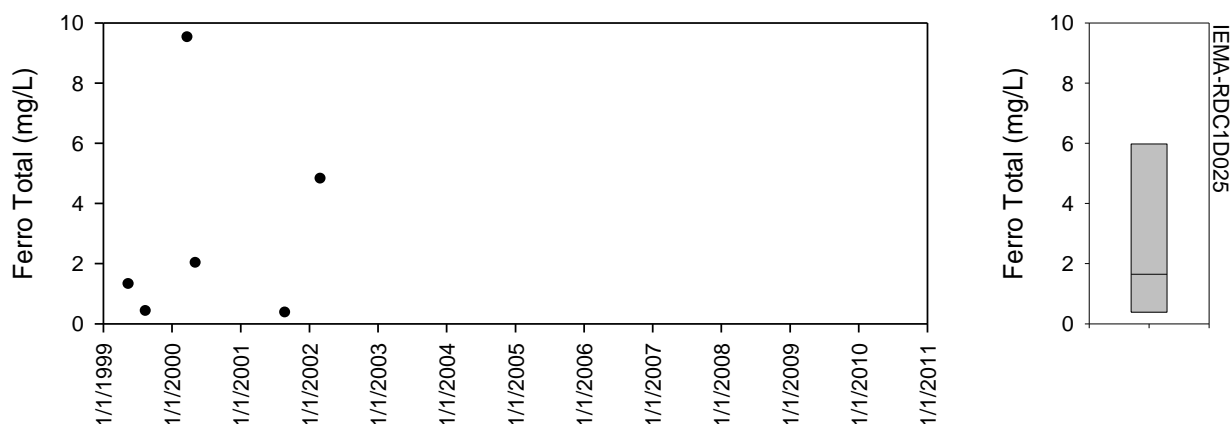
Gráfico 7 - Linha-base dos parâmetros básicos de qualidade de água pH (acima) e oxigênio dissolvido (abaixo) do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011.



Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Esquerda: gráfico de dispersão mostrando série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

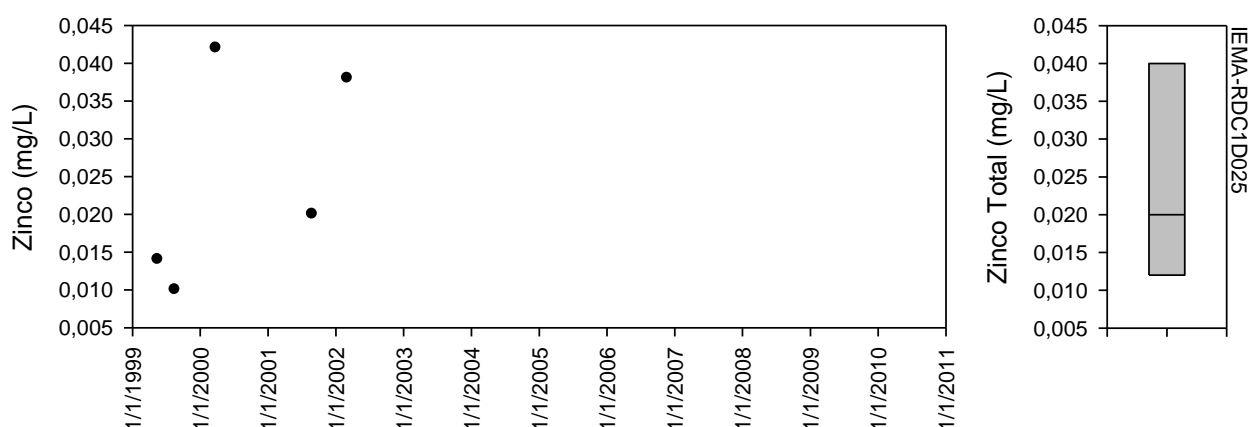
Gráfico 8 - Linha-base do Ferro Total na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Ferro é o elemento metálico dominante no rejeito de mineração depositado na Barragem de Germano e, por extensão, na Barragem de Fundão (Hydrobiology 2015).



Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Nota: Esquerda: gráfico de dispersão com série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

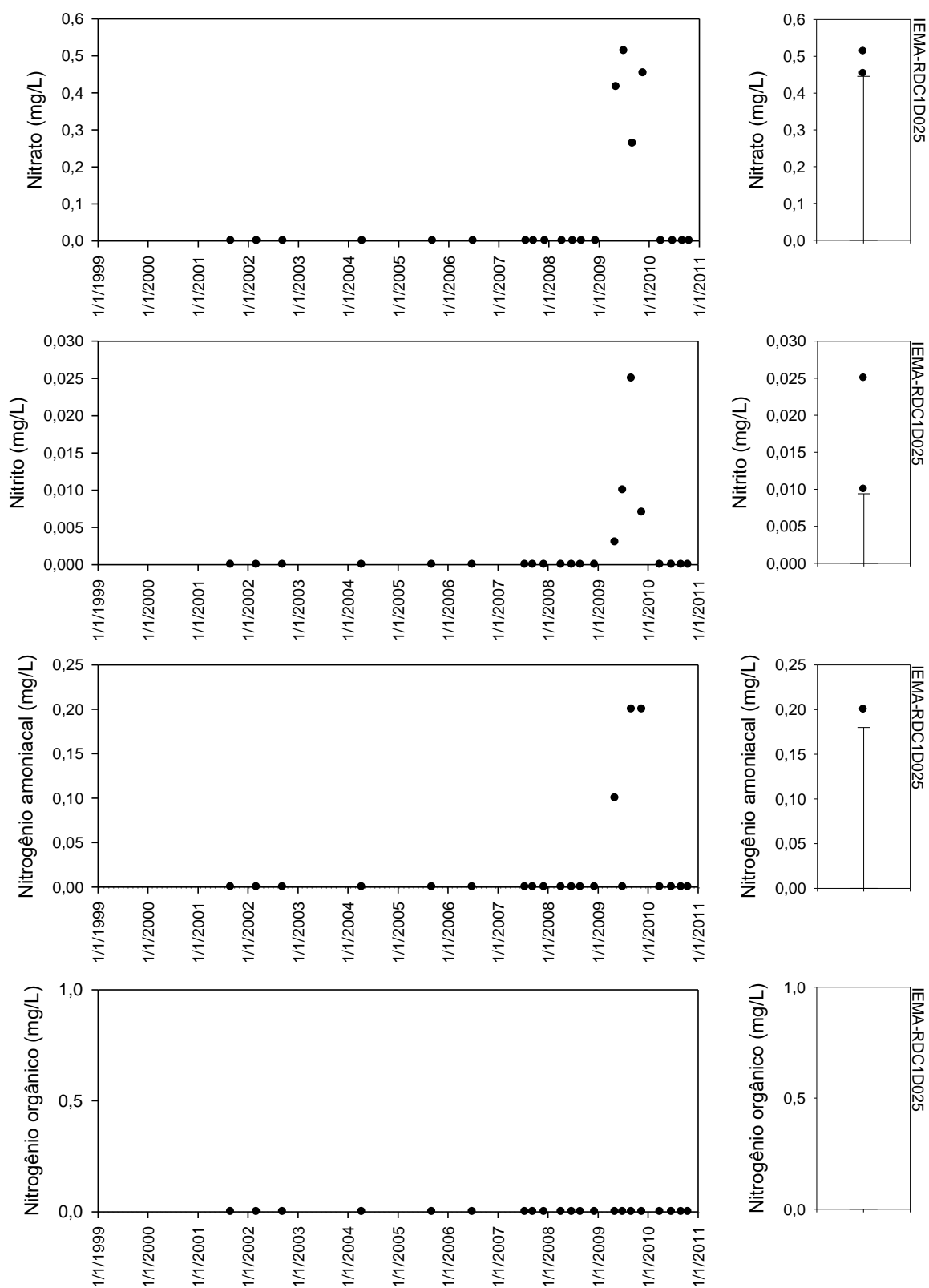
Gráfico 9 - Linha-base das concentrações de Zinco na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. Esquerda: gráfico de dispersão com série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

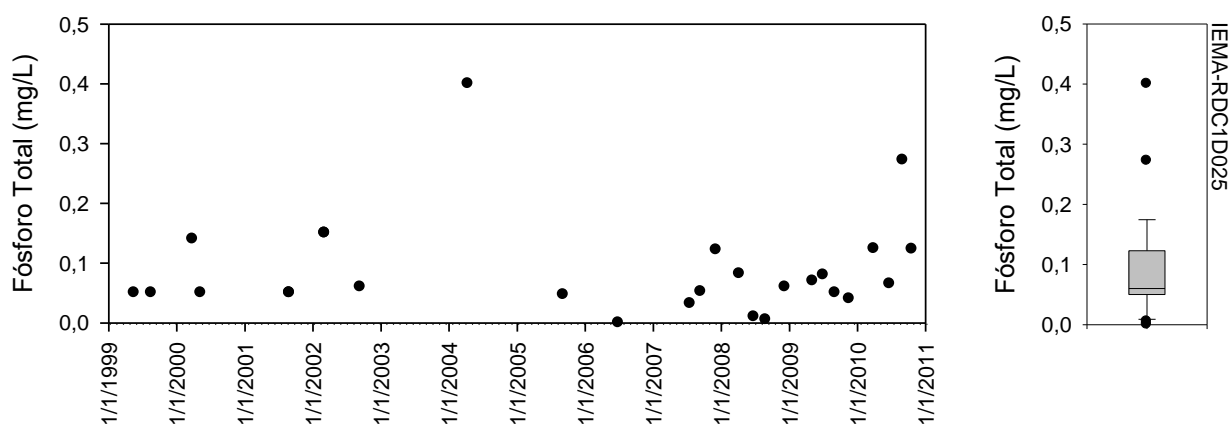


Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Esquerda: gráfico de dispersão com série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

Gráfico 10 - Linha-base das concentrações de (a) Nitrato (b) Nitrito (c) Nitrogênio amoniacal (d) Nitrogênio orgânico (e) fósforo total na água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQQSS RDO15) entre 1999 e 2011. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção primária em ecossistemas aquáticos.

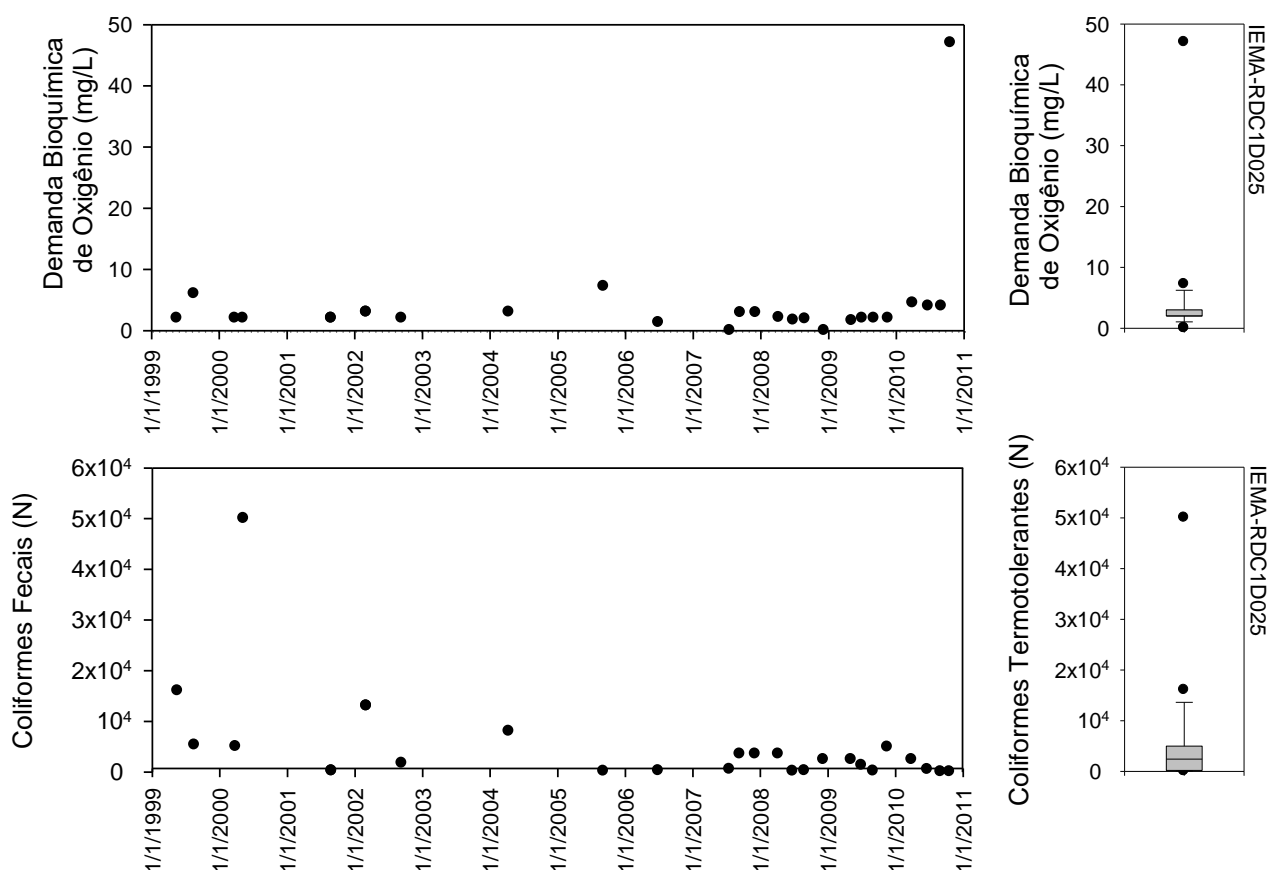




Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Esquerda: gráfico de dispersão mostrando série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

Gráfico 11 - Linha-base da contaminação orgânica (demanda bioquímica de oxigênio) e microbiológica (coliformes fecais) da água do Rio Doce em Linhares (Estação IEMA RDC1D025, correspondente às Estações ANA 56998300 e PQSS RDO15) entre 1999 e 2011.



Dados do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santos (IEMA), acessados em novembro de 2018.

Esquerda: gráfico de dispersão mostrando série temporal. Direita: boxplot sintetizando toda a série temporal.

4.1.2.8 Pedologia

A integração das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos permite que estes exerçam diferentes funções na paisagem, tanto do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento de plantas, quanto em relação a capacidade de suporte às alterações do meio, tendo em vista a conservação ambiental ou mesmo a produção agrícola (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009; MPF, 2017, 2017a).

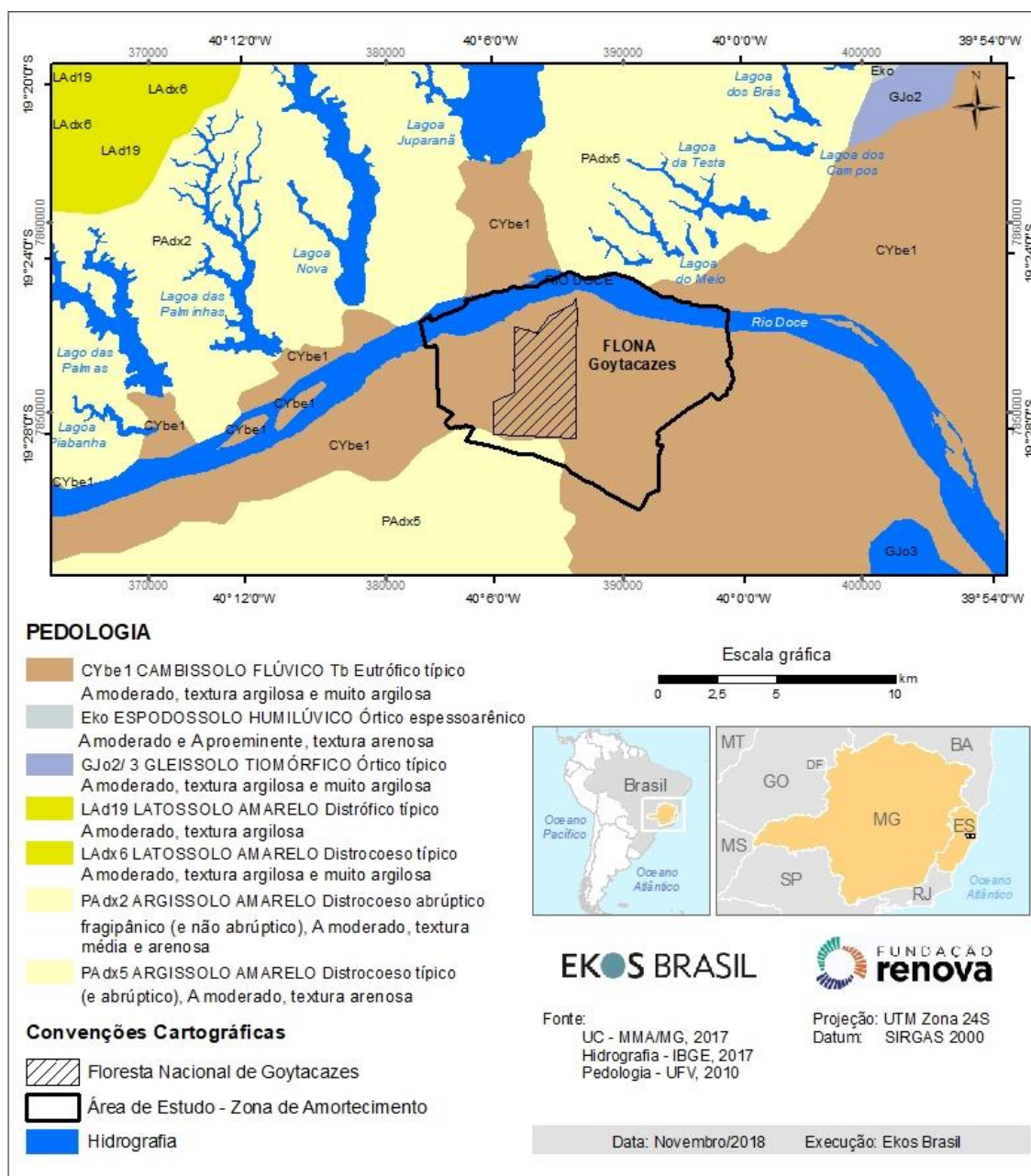
Para a área onde está situada a FLONA e ZA, foram observados mapeamentos de solos com classes distintas para as mesmas áreas:

- No mapa de solos da Embrapa (PANOSO, 1978), a área de estudo apresenta as classes de Neossolo flúvico e Neossolo quartzarênicos. Esse levantamento foi realizado no ano de 1978, na escala 1:400.000.
- No mapa de solos do Governo do Estado do Espírito Santos, atualizado e disponibilizado no site da instituição (GEOBASES, 2016), as classes identificadas são: Cambissolo flúvico (CYbe1) e Argissolo amarelo (PAdx5). Entretanto, acrescenta-se que, no próprio levantamento

é indicado que parte da área que hoje corresponde ao Cambissolo flúvico, em outras classificações corresponde ao Neossolo flúvico (GEOBASES, 2016), e por isso pode haver alguma correlação entre as ocorrências dos dois tipos de solo em função da metodologia adotada por cada levantamento (escolha das áreas de amostragem e quantidade de amostras, escala do mapeamento). Este dado de solos, do Governo do Estado do Espírito Santos, foi confeccionado a partir do mapa exploratório de solos do Radam Brasil, escala 1:250.000, e a adaptação de diferentes fontes bibliográficas, dentre elas, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCs da Embrapa, atualizado em 2013, e o Atlas do Espírito Santo de 2008 (GEOBASES, 2016).

Como o levantamento realizado pelo Governo do Estado do Espírito Santo é mais recente e utilizou escalas cartográficas mais detalhadas, o presente diagnóstico optou por utilizá-lo, caracterizando e representando no Mapa 11 as classes **Cambissolo flúvico e Argissolo amarelo**. Contudo, considerando que muitos trabalhos têm caracterizado os **Neossolos flúvicos** como uma das principais unidades na área de estudo (ICMBio, 2013, MPF, 2017), e que há alguma correspondência de área ocupada por esta classe e Cambissolos flúvico (GEOBASES, 2016), também foi elaborada a sua caracterização no intuito de complementar as informações deste estudo.

Mapa 11 - Pedologia da região da FLONA de Goytacazes



Os **Cambissolos** são solos rasos, pouco desenvolvidos, o que pode ser evidenciado pela sua estrutura, que não expressa claramente o processo de alteração do material de origem e a estratificação dos sedimentos; com espessura no mínimo mediana (50-100 cm de profundidade). São solos fortemente, até imperfeitamente, drenados, rasos a profundos, de cor bruma ou bruno-amarelada, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (AGEITEC, 2018). O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o solum, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do horizonte A para o Bi. A estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços (AGEITEC; EMBRAPA, 2018). Os **Cambissolos flúvicos** possuem um caráter flúvico dentro de 120 cm a partir da superfície do solo, ou seja, até essa profundidade são fortemente influenciados pela sobreposição de depósitos de sedimentos

fluviais. Podem variar de pouco profundos a profundos, sendo normalmente de baixa permeabilidade. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro, podendo ocorrer em diversos ambientes: montanhosos ou baixadas. Na área de estudo, que se situa em uma planície fluvial, os Cambissolos flúvicos ocupam todo o limite da UC, com exceção da sua ZA, onde também pode ser encontrado Argissolo amarelo (GEOBASES, 2016). Neste tipo de unidade geomorfológica, alguns Cambissolos, com maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, podem apresentar elevado potencial para o uso agrícola (AGEITEC, 2018).

Os **Argissolos** são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de baixa atividade, ou alta quando a saturação por bases for baixa ou caráter aluminico na maior parte do horizonte B (MPF, 2017a). O horizonte B textural é subsequente ao horizonte A ou E, sendo que este horizonte não atende aos padrões das classes dos luvisolos, planossolos, plintossolos ou gleissolos. Em geral, os **Argissolos amarelos** são formados principalmente por sedimentos do Grupo Barreiras, mas, também podem estar associados a rochas cristalinas ou sob influência destas. A principal característica deste tipo de solo é a presença do horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), tipicamente de coloração amarelada, mais frequentes no matiz 10YR com valor e croma maiores que 4. Em geral, os teores de ferro são baixos, mas com forte presença de óxido de ferro (goethita). A com o horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente. Apresentam muito baixa a baixa fertilidade, forte a moderadamente ácidos e textura que pode variar de arenosa/média até média/muito argilosa. Variam de profundos e muito profundos com sequência de horizontes bem estruturados e coesos, que ao serem umedecidos, tornam-se friáveis, exceto quando são cimentados, os quais podem ocorrer em relevo abaciado e com drenagem incipiente, apresentando mosqueados e concreções ferruginosas nos horizontes subsuperficiais (AGEITEC, 2018). Na área de estudo, os Argissolos amarelos ocupam o trecho a sudoeste da UC, dentro de sua Zona de Amortecimento (Vide Mapa 11).

Considerando a classe **Neossolo flúvico**, identificada pela Embrapa (PANOSO, 1978), estas são unidades pedológicas também presentes onde atualmente são identificados os Cambissolos flúvicos. Os Neossolos flúvicos são solos em formação, pouco desenvolvidos em termos estruturais e, por seu caráter flúvico, derivam da deposição de sedimentos dos fluviais, com formação de camadas sobrepostas de sedimentos aluviais recentes sem que haja relações pedogenéticas entre elas. São constituídos por material mineral ou por material orgânico com espessura inferior a 20 cm, textura média ou argilosa/muito argilosa com horizonte A moderado, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (CARVALHO, 2017; MPF, 2017a). Estão presentes nas áreas planas, onde ocorre deposição progressiva de minerais e sedimentos trazidos pela ação da drenagem fluvial (aluvião). Na área de estudo, pela classificação da Embrapa (PANOSO, 1978), estes solos recobrem toda a planície fluvial, onde ocorrem inundações periódicas. Por tais razões, apresentam restrições quanto ao uso agrícola, mas sua preservação é fundamental para a manutenção da rede de drenagem (ICMBio, 2013; EMBRAPA, 2018).

Além dos tipos de solo na UC e sua ZA, foi feito um levantamento sobre comportamento geral de algumas de suas propriedades pedológicas e tendências de concentrações de metais pesados. Esse levantamento se baseou nos trabalhos realizados pela FEAM (2013), Souza et al. (2015) e Ministério Público Federal (2017a), que analisaram e sistematizaram informações sobre a qualidade de tipos de solos do estado de Minas Gerais. Dentre elas foi avaliada a classe Argissolos amarelos, presente na área de estudo. No entanto, não foram identificados valores para a classe de Cambissolo flúvico e, por isso, optou-se por apresentar os resultados observados para a classe Neossolos flúvico, uma vez que esta foi a unidade pedológica caracterizada no Plano de Manejo da FLONA (ICMBio, 2013). Assim, de

acordo com os trabalhos da FEAM (2013) e Souza et al. (2015), os tipos de solos presentes na área de estudo podem apresentar padrões de qualidade conforme a Tabela 13:

Tabela 13 - Propriedades e concentração de metais nos tipos de solos presentes na Floresta Nacional Goytacazes

Propriedade e Metais	Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para Solo (mg.kg-1 de peso seco)	Tipos de solo		
		Neossolo flúvico	Cambissolo flúvico	Argissolo Amarelo
Quant. De amostras	SL	20	sem valor	1
pH	SL	6,2–17	sem valor	5,8
CTC ¹ 9 (cmolc kg-1)	SL	7,7–53	sem valor	12,7
Matéria Orgânica Total (%)	SL	2,3–157	sem valor	6,1
Teor de Argila (%)	SL	23,0–65	sem valor	29
Alumínio (g kg-1)	SL	26,8–131	sem valor	278
Ferro (g kg-1)	SL	31,1–56	sem valor	23,9
Manganês (mg kg-1)	SL	72– 339	sem valor	451
Arsênio - As (mg kg-1)	8	2,3–189	sem valor	3,6
Bário - Ba (mg kg-1)	93	60-103	sem valor	178,6
Cádmio - Cd (mg kg-1)	<0,4	1,3–71	sem valor	1,4
Cromo - Cr (mg kg-1)	75	43,2–90	sem valor	14
Cobre (Cu)	49	29,9–51	sem valor	48
Mercúrio - Hg (mg kg-1)	0,05	<LPQ ²	sem valor	0,2
Níquel - Ni (mg kg-1)	21,5	16,3–69	sem valor	5,3
Chumbo - Pb (mg kg-1)	19,5	12,4–91	sem valor	36,5
Zinco - Zn (mg kg-1)	46,5	44,3–90	sem valor	30,7

Nota: ¹ CTC (capacidade de troca de cátions); ²LPQ limite prático de quantificação).

Fonte: Adaptado de FEAM (2013), Souza et al. (2015) e MPF (2017a).

Apesar dos valores apresentarem uma faixa de variação, considerando as máximas, pode-se observar que, em relação as propriedades dos solos: (i) o pH básico predomina nos Neossolos flúvico enquanto que no Argissolo amarelo possui o pH mais ácido; (ii) os índices mais elevados da capacidade de troca de cátions (CTC) nos Neossolo flúvico indicam que, em geral, eles são menos intemperizados e tendem a apresentar argilas de mais alta atividade do que os Argissolos amarelos; (iii) o Neossolo flúvico possui maior variação e maiores concentrações de matéria orgânica e do teor de argila do que o Argissolo amarelo; (iv) enquanto o alumínio, ferro e manganês podem apresentar grande variação no Neossolo flúvico, no Argissolo amarelo, as concentrações são em geral mais elevadas e estáveis.

Em relação aos metais pesados, as concentrações podem apresentar grande variabilidade nos Neossolos flúvico, o que dificulta um diagnóstico mais preciso para essa unidade pedológica. No entanto, observando os índices das máximas encontrados para esse tipo de solo, o bário foi o mineral

que mais se destacou, seguindo da possibilidade de altas concentrações de arsênio, cromo, chumbo e zinco. Nos Argissolos amarelos, foram identificados valores acima dos padrões de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para o bário, cádmio, mercúrio e chumbo, enquanto que, o arsênio, cromo e níquel apresentaram valores abaixo do VRQ (FEAM, 2013; SOUZA et al., 2015; MPF, 2017a).

Apesar de alguns desses metais serem importantes para a manutenção da biota, quando disponibilizados nos solos em altas concentrações ou em condições específicas, podem se tornar tóxicos e contaminar o ambiente (KABATA – PENDIAS, 2001; MPF, 2017, 2017a). Isso pode ter acontecido como efeito indireto do fluxo de rejeito originado do rompimento da Barragem de Fundão, em 2015. Contudo, não foram identificados estudos suficientes sobre a concentração de metais pesados nos solos da UC, antes e pós o rompimento da barragem, para que se pudesse comparar os resultados.

4.2 LINHA DE BASE DO MEIO BIÓTICO

4.2.1 Aspectos Metodológicos

Vegetação

Para a classificação da vegetação de Goytacazes foi adotado o Manual técnico da vegetação brasileira elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). O referido manual utiliza o sistema fisionômico-ecológico para estabelecer as classificações da vegetação, o que, segundo o IBGE:

delimita uma região: que corresponde a um tipo de vegetação que deve ser inicialmente separada por classe de formação, que corresponde à estrutura fisionômica determinada pelas formas de vida vegetal dominantes, podendo ser florestal (dominada por macrofanerófitos e mesofanerófitos) e não florestal (dominada por microfanerófitos, nanofanerófitos, caméfitos, hemícriptófitos, geófitos e terófitos).

Para obtenção dos dados sobre a vegetação, foram consultadas publicações em periódicos, teses, dissertações, Planos de Manejo e artigos. Para elaboração da lista de espécies ocorrentes na área, foram consultados bancos de dados online disponíveis nos portais SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/>) e JABOT (jabot.jbrj.gov.br/). Para classificação das espécies segundo o grau de ameaça utilizou-se as listas disponíveis da IUCN (2018), CNCFlores (2013) e Simonelli & Fraga (2007).

Mastofauna

Os mamíferos são um grupo de vertebrados com marcada variação de forma e hábitos. Os métodos utilizados para o seu estudo fazem com que sejam tradicionalmente divididos em quatro grupos: pequenos mamíferos terrestres, incluindo no Brasil, as Ordens Rodentia e Didelphimorphia, com espécies que dificilmente passam de 2 kg de peso; mamíferos voadores, pertencentes à Ordem

Chiroptera (morcegos); mamíferos de médio e grande porte, geralmente acima de 2 kg, pertencentes às Ordens Rodentia, Lagomorpha, Carnivora, Cetartiodactyla, Perissodactyla, Primates, Pilosa e Cingulata; e por último os mamíferos aquáticos, das Ordens Sirenia e Cetartiodactyla.

A divisão se dá em grande parte devido aos métodos de captura e amostragem utilizados: com os mamíferos de pequeno porte terrestres sendo capturados através de armadilhas de contenção e de queda, os quirópteros com o uso de rede de neblina, os mamíferos de médio e grande porte através de métodos de registro indireto como fezes ou pegadas, e diretos como avistamento e câmera-traps, e os aquáticos através de avistamento.

O presente diagnóstico tem como foco os mamíferos de pequeno porte, tanto terrestres como voadores, bem como as espécies de médio e grande porte terrestres presentes na área da FLONA de Goytacazes e no seu entorno. Para fins do diagnóstico, foram levantadas as espécies de provável ocorrência na área, com base na literatura, tanto histórica quanto atual, incluindo periódicos, teses, Planos de Manejo e informações sobre áreas protegidas.

O conjunto de dados obtidos foi utilizado como base para construir uma revisão do conhecimento, traçando um panorama das espécies de ocorrência para região e seus respectivos ambientes. Com base no conhecimento gerado, e especialmente com relação às espécies mais abundantes, espécies de importância, endêmicas, ameaçadas, bioindicadoras, sensíveis, poderão ser avaliados os impactos e buscadas possíveis estratégias de mitigação.

A principal fonte de informação sobre a mastofauna da FLONA de Goytacazes é aquela apresentada em seu Plano de Manejo (ICMBio, 2013), complementada por publicações gerais sobre mamíferos da Mata Atlântica e específicas sobre a ocorrência de algumas das espécies de distribuição mais restrita ou consideradas ameaçadas (Anacleto et al., 2014; Caso et al., 2008; Reis et al., 2006; Caso et al., 2015; Gardner, 2008; Bonvicino et al., 2008; Patton et al., 2015; Azevedo et al., 2013; Moreira et al., 2008; ICMBio, 2013; Nascimento & Feijó, 2017; Trigo et al., 2013; Reis et al., 2013; Graipel et al., 2017; DeMatteo et al., 2018; Mendes et al., 2008; Naveda et al., 2018; Barquez & Diaz, 2015).

A taxonomia empregada baseia-se em Gardner (2018), Patton et al., (2015), Bonvicino et al. (2008), Reis et al. (2006) e Reis et al. (2013).

Avifauna

A construção da linha de base para a avifauna foi feita a partir de dados secundários. Tal caracterização foi realizada sempre levando em consideração os demais componentes bióticos e abióticos da FLONA de Goytacazes e da matriz na qual ela se insere. Foram investigadas praticamente todas as fontes publicadas disponíveis para a região, incluindo artigos publicados em periódicos científicos, livros, capítulos de livros e resumos de congressos. A busca por fontes históricas foi realizada através da consulta manual à compilação bibliográfica realizada por Oniki & Willis (2002) e da busca por localidades de interesse e suas fontes de informação associadas, tal como listadas em Paynter & Taylor (1991).

Relatórios técnicos e planos de manejo foram buscados junto ao IEMA-ES. Teses de doutorado e dissertações de mestrado foram buscadas nos repositórios online das principais instituições que realizam pesquisa na bacia do Rio Doce, tais como UFV (<http://www.locus.ufv.br/>), UFES (<http://repositorio.ufes.br/>), UFMG (<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/>), USP (<http://www.teses.usp.br/>) e UFRJ (<http://minerva.ufrj.br/>).

Foram consultadas através de catálogos impressos (e.g. Pinto, 1938, 1944, 1964; Vielliard, 1994), ou planilhas digitais disponibilizadas pelos curadores, os acervos das seguintes coleções ornitológicas: Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (DZUFMG), Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNUFMG), Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (MCNA), Museu de Zoologia João Moojen de Oliveira da Universidade Federal de Viçosa (MZJMO) e Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). Dados do Museu de Biologia Professor Mello Leitão (MBML) e do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ), que foram acessados através dos seus bancos de dados online disponíveis, respectivamente, nos portais *SpeciesLink* (<http://splink.cria.org.br/>) e *Global Biodiversity Information Facility* (<http://www.gbif.org/>). Além disso, foram também acessados através do portal VertNet (<http://vertnet.org/>) os dados do acervo de dezenas de coleções zoológicas estadunidenses e de outros países estrangeiros. Adicionalmente, foram consultados os arquivos sonoros da Fonoteca Neotropical Jaques Vielliard, *Borror Laboratory of Bioacoustics* e *Macaulay Library of Natural Sounds* através dos portais VertNet ou SpeciesLink. Neste estudo não foram considerados os registros da plataforma de Ciência Cidadã Wikiaves (<https://www.wikiaves.com.br/>), pois este website apresenta os registros agrupados por município, não fornecendo localidades exatas. Uma vez que a cidade Linhares está localizada na margem oposta do Rio Doce e, também abriga alguns dos dois maiores remanescentes de vegetação nativa do estado, ambas bem inventariadas – Reserva Biológica de Sooretama e Reserva Natural Vale - a inclusão dos dados do Wikiaves inflacionaria artificialmente o número de espécies esperado para a FLONA, incluindo também registros improváveis.

Após o levantamento dos dados secundários disponíveis, foi compilada uma lista das espécies de aves com ocorrência confirmada para a FLONA de Goytacazes, tendo como base o arranjo taxonômico e sistemático proposto pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Piacentini et al., 2015). Desta listagem foram destacadas as espécies de maior interesse conservacionista e de maior importância como indicadoras da qualidade ambiental. As espécies endêmicas da Mata Atlântica foram identificadas tendo como base a listagem de espécies da Mata Atlântica revisada por Moreira-Lima (2013) e outras listagens anteriores (Brooks et al., 1999; Silva et al., 2004). As espécies raras e sensíveis foram identificadas através da base de dados compilada por Parker (1996), sendo as espécies exóticas identificadas com base a lista nacional de aves elaborada pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Piacentini et al., 2015). O status de conservação foi definido em nível Global (IUCN, 2018), Nacional (MMA, 2014) e Estadual (Passamani & Mendes, 2007).

Após a compilação da lista de espécies da avifauna e a leitura do material bibliográfico disponível, foi realizada uma análise visual das imagens de satélite da FLONA de Goytacazes (evidenciada por meio de um polígono kml) e da sua paisagem de entorno utilizando-se o software *Google Earth®* (<https://www.google.com/earth/>). Essa análise objetivou avaliar, entre outras coisas, o tipo e integridade da cobertura vegetal da UC e sua inserção na paisagem (e.g. conectividade com fragmentos de vegetação nativa vizinhos, uso do solo predominante na matriz etc.). A ferramenta de visualização de “imagens históricas” permitiu que a interpretação das imagens de satélite fosse realizada para diversos períodos anteriores e posteriores ao rompimento da barragem, possibilitando inferências sobre a extensão e magnitude dos impactos. Embora muito limitada e cheia de vieses, essa é uma das poucas abordagens possíveis nessa etapa de diagnóstico em virtude da escassez de dados.

Herpetofauna

Para o estabelecimento da linha de base da herpetofauna da FLONA de Goytacazes foi utilizado como fonte de informação principal o Plano de Manejo da UC, que apresenta um inventário representativo das espécies de anfíbios e répteis, realizado majoritariamente por meio de dados primários e cerca de dois

anos antes do rompimento da Barragem de Fundão (ICMBio, 2013). A qualidade do inventário e a cronologia em relação ao rompimento fazem da lista de espécies apresentada no Plano de Manejo, a linha de base ideal (na medida das opções disponíveis) para avaliar a composição da herpetofauna da FLONA em um momento pré-rompimento. Dessa forma, optou-se por não utilizar fontes imprecisas espaço-temporalmente provenientes da fragmentada bibliografia científica, no intuito de se ater apenas às ocorrências conhecidas e não potenciais para a UC. Apesar de apresentar dados consistentes sobre a riqueza e composição de espécies, o Plano de Manejo não possui informações acerca de parâmetros da estrutura de comunidade relacionados a abundância e distribuição espacial das espécies, sendo esses, portanto, não utilizados para o estabelecimento da linha de base.

A classificação taxonômica utilizada para os anfíbios seguiu Frost (2018) e para répteis Costa & Bérnils (2018). A ocorrência de espécies oficialmente ameaçadas de extinção seguiu a lista da IUCN (2018), a lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção (MMA, 2014, ICMBio, 2014), a lista das espécies da fauna ameaçada de extinção no estado do Espírito Santo (Gasparini et al., 2017).

Ictiofauna

Para a caracterização da linha de base da ictiofauna foi realizado o levantamento das informações sobre este grupo na bacia do Rio Doce, depositadas em coleções científicas, disponíveis na plataforma SpeciesLink (CRIA, 2018), com identificação confirmada por especialistas e dados do monitoramento de ictiofauna em andamento, disponibilizado pela Fundação Renova. Foram considerados todos os municípios com alguma porção inserida na Zona de Amortecimento da UC. Posteriormente, as coordenadas dos dados utilizados para a construção da linha de base foram plotadas para visualizar a espacialização dos dados obtidos na área de estudo (Mapa 17).

Não há caracterização prévia da ictiofauna da FLONA de Goytacazes no respectivo Plano de Manejo, e como apresentado no Mapa 2, aparentemente a FLONA não apresenta corpos d'água perenes. Para a construção da linha de base para a ictiofauna foram considerados dados do município de Linhares-ES, com as espécies registradas para a porção baixa do Rio Doce, excluindo os registros de espécies com ocorrência exclusiva no estuário e região costeira.

O Diagnóstico de Linha de Base irá dar as primeiras diretrizes para as respostas das perguntas orientadoras. As perguntas do meio biótico que orientarão os levantamentos são:

- (b) Com a chegada da lama de rejeitos na UC, qual componente ou compartimento dos meios físicos e/ou biótico foi afetado. Além disso, mapa das UCs e Zona de Amortecimento
- (c) Quais evidências apontam que a lama foi depositada ou interferiu no ambiente?
- (d) A presença da lama nas áreas atingidas causou alguma alteração física, biológica ou de utilização socioeconômica dos seus recursos?
- (e) Quais espécies foram afetadas, e como o foram (quais aspectos do ciclo biológico) pela incidência da lama de rejeitos, de sua pluma ou em decorrência de alterações das características físicas e químicas dos ambientes e meios?
- (f) As atividades e projetos desenvolvidos na UC sofreram alguma alteração após a chegada da lama de rejeitos (ex.: mortalidade de animais, modificação nas propriedades físico-químicas da água, deposição da lama de rejeitos, diminuição da visitação, necessidade de alteração de projeto de pesquisa, manejo ou exploração de recursos, ou cancelamento do mesmo)?
- (h) Nas áreas em que a lama ficou depositada, quais as alterações físicas, químicas e biológicas observadas? A lama afetou áreas de reprodução de espécies aquáticas e anfíbios? Quais espécies foram afetadas (destaque para espécies raras, endêmicas ou ameaçadas cuja ocorrência foi registrada na UC e sua Zona de Amortecimento)? A deposição de lama afetou a

- áreas de forrageamento e reprodução de espécies de aves aquáticas ou migratórias? Quais espécies foram afetadas (destaque para espécies raras, endêmicas ou ameaçadas cuja ocorrência foi registrada na UC e sua Zona de Amortecimento)?
- (i) Quais as técnicas recomendadas para recuperação ou restauração das áreas afetadas? Há viabilidade da dragagem de alguns pontos onde o depósito de lama promove alterações drásticas que prejudicam a reprodução ou o fluxo de fauna? No caso de afetação de vegetação, haja vista que a lama altera o substrato comprometendo a regeneração natural, quais as estratégias recomendadas para recuperação dessas áreas?
 - (j) Haja vista que a recuperação de APPs pode ser uma estratégia para otimizar processos de recarga, redução de assoreamento e aumento de habitats para as populações aquáticas afetadas, quais áreas de APP nas UCs afetadas e em suas zonas de amortecimento poderiam ser recuperadas (mapeamento georreferenciado)? Quais as técnicas/ações recomendadas, na perspectiva de melhorar a qualidade da água e aumentar as áreas potenciais para reprodução de peixes, anfíbios e crustáceos de água doce?
 - (k) Com o “rompimento da barragem, houve aumento no isolamento de populações de mamíferos nas diferentes margens do Rio Doce? Dar destaque para *Lontra longicaudis* (lontra), *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara), *Tapirus terrestris* (anta), *Panthera onca* (onça pintada) e *Puma concolor* (onça parda). Os aumentos da conectividade dos remanescentes destas áreas poderiam aumentar a viabilidade dessas populações? Quais as áreas (mapeamento georreferenciado) cuja conservação ou recuperação poderiam contribuir para o aumento da conectividade e a viabilidade dessas espécies? Que áreas devem ser priorizadas para a expansão das UCs atingidas ou a criação de novas UCs a título de compensação?
 - (n) Qual o impacto da alteração da qualidade da água e substrato do Rio Doce (e demais corpos d'água afetados) em termos limnológicos? Quais os desdobramentos dessas alterações nos processos e populações dos ambientes terrestres a que estão associados?
 - (o) Quais impactos (identificáveis e potenciais) do aumento da turbidez e demais alterações na qualidade da água do Rio Doce (e demais corpos de água) na riqueza, diversidade e dominância das espécies aquáticas de invertebrados e vertebrados (destaque para peixes, anfíbios e crustáceos de água doce)? Quais espécies de peixes e anfíbios foram eliminadas, ou tiveram suas populações muito reduzidas (destaque para espécies raras, endêmicas e ameaçadas)?
 - (p) Qual o impacto da alteração da qualidade da água e substrato do Rio Doce (e demais corpos d'água afetados) na distribuição de espécies da ictiofauna e herpetofauna ocorrentes nas UCs afetadas (destaque para as espécies raras, ameaçadas, endêmicas e “de piracema”)? Houve isolamento de populações? Quais as perspectivas para a reversão do quadro (se basear nos requisitos de habitat de espécies indicadoras ou chave)? Quais as ações/programas ou projetos poderiam mitigar esse impacto?
 - (q) Considerando que espécies sensíveis são mais afetadas nos casos de alterações drásticas do ambiente, o controle de espécies de peixes exóticas invasoras poderia minimizar o impacto sobre as espécies de peixes nativas? Quais as ações/programas/projetos recomendados?
 - (r) Com relação aos aspectos acima elencados (p), no caso de espécies afetadas, quais aspectos do seu ciclo biológico foram afetados? No caso de espécies raras, ameaçadas, endêmicas, migratórias ou “de piracema”, quais as medidas propostas para garantir a viabilidade das populações existentes na UC e sua Zona de Amortecimento
 - (s) Nas áreas de deposição foi observada alteração da comunidade florística ou indícios de intoxicação ou déficit nutricional nas plantas, principalmente nas plântulas e no extrato herbáceo? Houve impacto sobre o recrutamento de novos indivíduos? Quais ações necessárias para a reversão deste quadro e para a recuperação das margens afetadas?

- (x) Quais os tipos de pressão sobre as UCs foram intensificadas após o evento? Houve algum tipo de pressão antrópica que surgiu após o evento e não era observada no período anterior ao mesmo? Quais ações devem ser utilizadas para mitigar as pressões exercidas sobre a UC? (Destaque para o incremento de caça e pesca dentro das UCs) Quais as principais pressões sobre a UC antes e depois do rompimento da barragem?
- (y) Quais ações de apoio à comunidade podem diminuir as pressões observadas na UC? Sendo constatado o aumento da pesca e caça na UC, e considerando que espécies mais sensíveis tendem ter suas populações reduzidas, quais as formas de viabilizar a implantação de projetos junto às comunidades para reprodução dessas espécies de peixes? Considerando as espécies mais valorizadas para a pesca comercial e artesanal, qual a viabilidade de criação de áreas de produção dessas espécies para exploração pela comunidade do entorno da UC, a partir do etnoconhecimento local (entendimento e conhecimento das comunidades afetadas)? Quais outros recursos impactados e como diminuir as pressões sobre eles a partir do etnoconhecimento local? Que tipo de uso econômico a comunidade faz na UC?

4.2.2 Histórico do conhecimento sobre a biodiversidade do Médio e Baixo Rio Doce

No século XIX, com a vinda da família real portuguesa, vários naturalistas europeus tiveram acesso ao Brasil, coletando espécimes e aumentando o conhecimento sobre a fauna e a flora locais (Graipel et al., 2017). A região do Rio Doce foi cenário de diversas expedições de naturalistas, em sua maioria europeus, com foco no aumento do conhecimento zoológico e botânico da região.

Um dos primeiros naturalistas a levantar a fauna da bacia do Rio Doce, ainda no início do século XIX, foi o zoólogo alemão Freyreiss, que veio ao Brasil a convite do cônsul da Rússia, Gregor von Langsdorff, auxiliar em atividades de coleta e preparação de espécimes zoológicos. Juntamente com o Príncipe Maximilian de Wied-Neuwied e com o botânico Friedrich Sellow, em 1815, Freyreiss explorou a região do baixo Rio Doce até a costa do Espírito Santo, coletando e enviando espécimes zoológicos e botânicos para museus europeus (Freireyss, 1906; Papavero, 1971; Pinto, 1952; Pinto, 1979; Bokermann, 1957; Moraes et al. 2014).

Auguste de Saint-Hilaire, botânico francês, foi outro naturalista a conduzir expedições de levantamento botânico e zoológico na bacia do Rio Doce. Inicialmente foi acompanhado por Langsdorff, coletando no alto Rio Doce. Langsdorff retorna então ao Rio de Janeiro, e Saint-Hilaire continua a expedição, visitando Itabira, Itambé do Mato Dentro, Morro do Pilar, Conceição do Mato Dentro, Serro, e Peçanha, às margens do Rio Suaçui (Papavero, 1971; Pinto, 1952; Pinto, 1979; Saint-Hilaire, 1975). Em 1818, explora a região do baixo Rio Doce, visitando Regência, Lagoa Juparanã e outras áreas próximas a Linhares, coletando principalmente mamíferos, aves e exemplares botânicos (Papavero, 1971; Saint-Hilaire, 1974). A contribuição de Saint Hilaire ao conhecimento da região dá-se também através de suas descrições das florestas nativas e dos tipos vegetacionais presentes (Saint-Hilaire, 1974; 1975; 2011).

Johann Baptiste von Spix, famoso zoólogo alemão, percorreu grande parte do leste do Brasil, juntamente com o botânico Karl Friedrich von Martius. Os dois naturalistas exploraram a região do alto Rio Doce

em 1818 (Vanzolini, 1981), resultando na descrição de diversas novas espécies (Papavero, 1971; Pinto, 1979; Vanzolini, 2004).

Ao longo de sua história, o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo tradicionalmente contratava naturalistas viajantes para realizar coletas, aumentando o número de espécimes depositados nas coleções. No início do século XX, um destes coletores, Ernst Garbe, juntamente com seu filho Walter, empreendeu uma viagem ao Espírito Santo, coletando em Ibiraçu e seguindo para o baixo Rio Doce (Pinto, 1945), estabelecendo-se primeiramente em Colatina e posteriormente no Baixo Guandú; e coletando em Linhares e Lagoa Juparanã (Ihering, 1911).

Em 1925 a ornitóloga alemã Emilie Snethlage, naturalista-viajante então contratada pelo Museu Nacional do Rio de Janeiro, explorou a bacia do Rio Doce, coletando no baixo Rio Doce, em Colatina, Lagoa Juparanã e Baixo Guandu (Aguirre, 1951; Ruschi, 1951).

Em 1939, uma parceria entre o Instituto Oswaldo Cruz e o Museu de História Natural de Berlim resultou na expedição liderada pelo ornitólogo alemão Adolf Schneider. Da expedição faziam parte o ornitólogo alemão Helmuth Sick, os técnicos do Instituto Oswaldo Cruz, Álvaro Aguirre e Antônio Aldrighi, o caçador Adauto Miranda e a taxidermista Margarete Schneider (Pacheco & Bauer, 1995). Após a expedição, Helmut Sick decidiu permanecer no Espírito Santo, tendo coletado ao longo de dois anos na Serra de Jatiboca, perto de Itarana. Visitou ainda outras localidades próximas, incluindo Linhares, Santa Teresa, Serra do Caparaó e Sooretama (Pacheco & Bauer 1995), aumentando grandemente o conhecimento ornitológico da região.

Uma das mais importantes expedições realizadas na bacia do Rio Doce foi organizada pelo Museu de Zoologia da USP em 1940 e liderada pelo ornitólogo Olivério Pinto, contando com a presença de Benedito Soares, e dos coletores profissionais Alfonso Olalla e Walter Garbe. Resultou na coleta de mais de 1500 exemplares em Minas Gerais no Espírito Santo, e especificamente no baixo Rio Doce, no Rio São José e na Lagoa Juparanã (Pinto, 1945; 1952).

Também em 1940, uma expedição conjunta do Serviço de Estudos e Pesquisas da Febre Amarela e da Rockefeller Foundation, envolvendo os pesquisadores do Museu de Zoologia da USP; do Museu Nacional do Rio de Janeiro; e do Museu de História Natural de Nova Iorque, Herbert Berla, Gentil Dutra, Leoberto C. Ferreira e Ernest Holt, explorou o baixo Rio Doce coletando em Ibiraçu e Colatina (Pinto, 1945; Pacheco & Parrini, 1999).

Augusto Ruschi, então pesquisador do Museu Nacional do Rio de Janeiro, foi mais um zoólogo a explorar a região, coletando intensivamente no Espírito Santo, e na bacia do Rio Doce, especialmente em Linhares, entre as décadas de 1940 e 1970 (Vieillard, 1994). Na década de 60, Rolf Grantsau realizou coletas em Colatina (Vasconcelos & Pacheco, 2012), contribuindo especificamente para o aumento do conhecimento sobre as espécies de beija-flores.

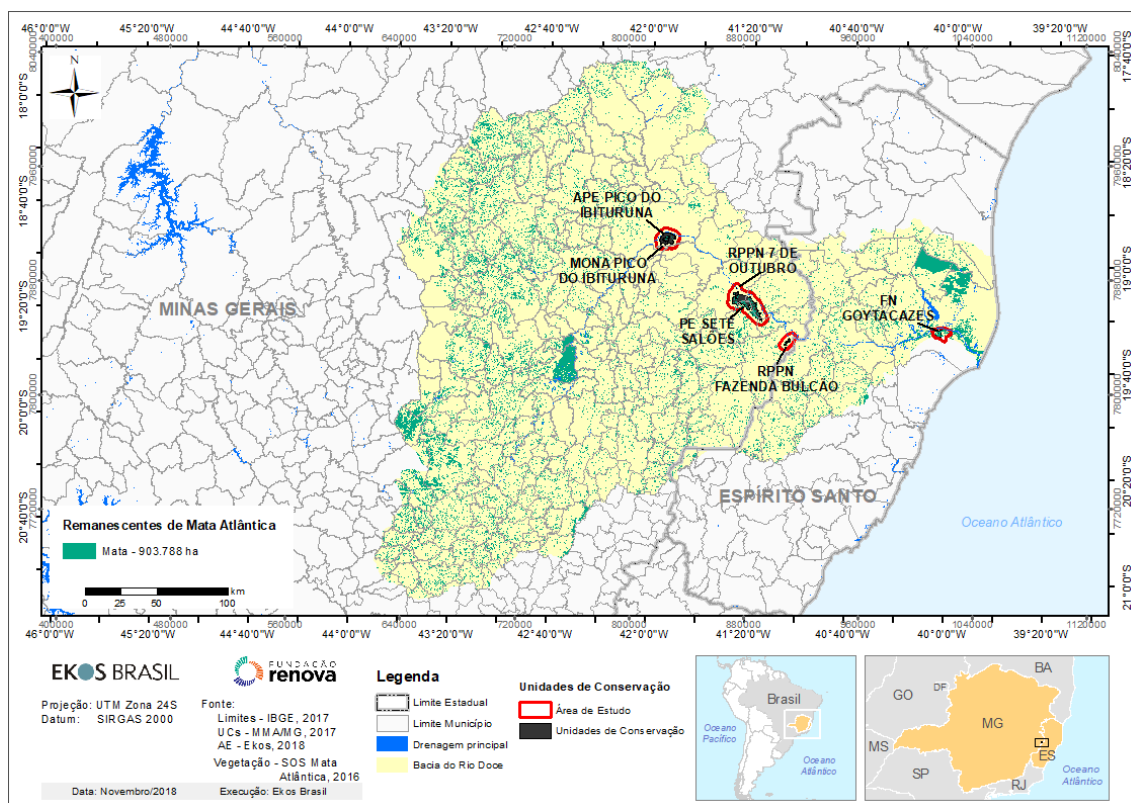
4.2.3 Caracterização da Linha de Base na FLONA de Goytacazes

4.2.3.1 Vegetação

A Floresta Nacional de Goytacazes encontra-se inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Mapa 12). Segundo o Decreto Federal nº 750/1993, considera-se Mata Atlântica como:

Formações florestais e ecossistemas associados, inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações e denominações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE: Floresta Ombrófila Densa Atlântica; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; manguezais; restingas; campos de altitude; brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (BRASIL, 1993).

Mapa 12 - Mapa de vegetação da Bacia do Rio Doce.

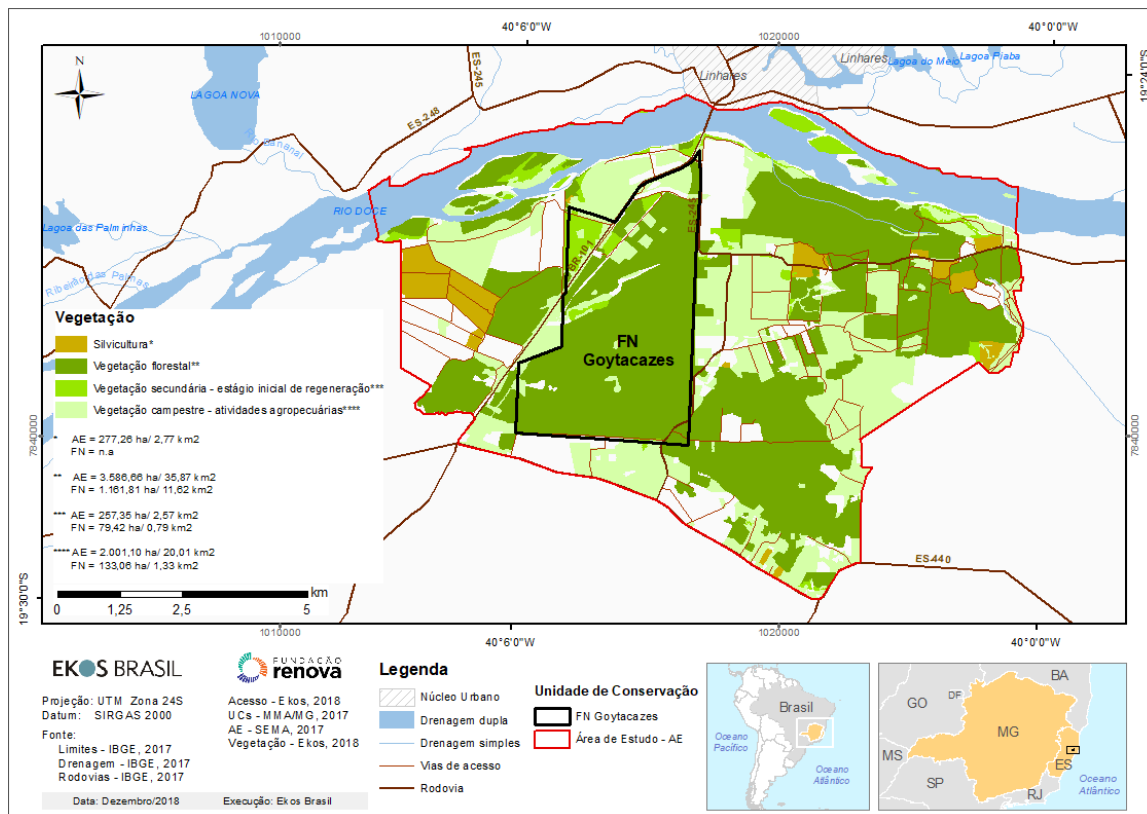


A FLONA de Goytacazes abrange relevante remanescente de Floresta Ombrófila Densa de Aluvião, um ecossistema florestal desenvolvido sobre solo aluvial, após a última regressão marinha do Holoceno sendo, portanto, um ecossistema raro dentro do bioma Mata Atlântica, possuindo características únicas. Possui diferentes estágios de regeneração, porém com um percentual representativo para o estágio avançado/floresta madura.

Estudos florísticos e fitossociológicos realizados na FLONA relataram a presença de tipologias vegetacionais (Mapa 13) representadas por macega/capoeira, floresta em estágio inicial (incluindo cabruca) de regeneração, floresta em estágio médio e avançado de regeneração e área brejosa (ICMBio, 2013). Dentre esses, destaque deve ser dado para a floresta em estágio avançado de regeneração que representa a maior parte da área da UC (ca. 83%, ICMBio, 2013) e tem potencial para abrigar a maioria das espécies registradas, incluindo todas as que possuem maior relevância para a conservação. Destaca-se ainda, duas regiões brejosas formadas em áreas com depressões no relevo que cortam a área no sentido paralelo ao Rio Doce. A menor delas, fica situada no extremo sul da FLONA, a menos de 1 km do Rio Doce e encontra-se margeada por vegetação em estágio inicial de regeneração por um lado e avançado pelo outro (ICMBio, 2013), conferindo ambientes diversos para a maioria das espécies

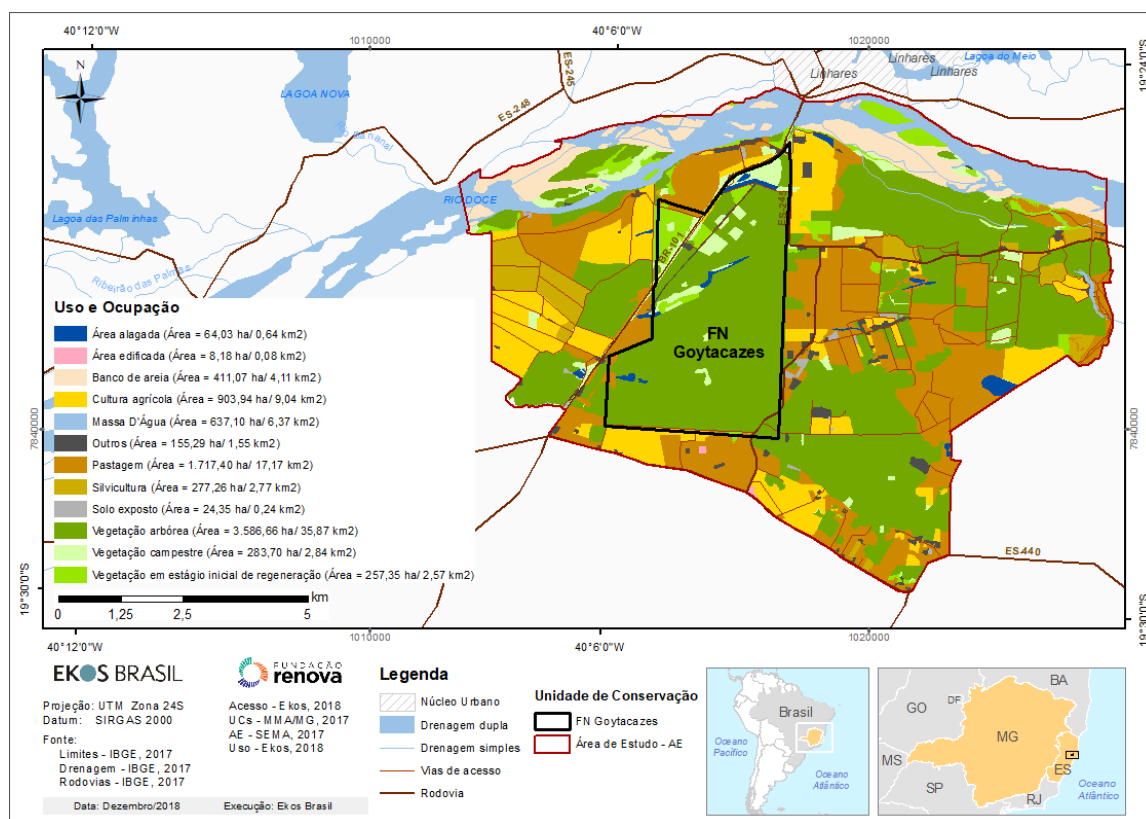
da herpetofauna. A segunda encontra-se um pouco mais ao sul, a cerca de 2,5 km da margem do rio e está circundada por floresta em estágio avançado de regeneração (ICMBio, 2013). Nessas áreas formam-se, especialmente durante a estação chuvosa, coleções de água parada que são o ambiente reprodutivo da maioria das espécies de anfíbios da FLONA.

Mapa 13 - Cobertura Vegetal da FLONA de Goytacazes e região.



Na Zona de Amortecimento, maior importância pode ser dada ao fragmento situado as margens do Rio Doce (a nordeste da FLONA), que representa um dos poucos remanescentes da mata ciliar nesse trecho do rio e que, por isso, pode ter sido mais influenciado pelo rompimento do que as matas da UC. Ressalta-se também, o fragmento localizado a sudeste da FLONA, que apesar de se encontrar em um estado de conservação aparentemente pior que o da UC, encontra-se contínuo à reserva, aumentando consideravelmente o tamanho total desse fragmento, que é um dos maiores remanescentes de floresta da região (Mapa 13).

Mapa 14 - Uso e ocupação do solo da FLONA de Goytacazes e região - biótico



O Plano de Manejo (ICMBio, 2013) detectou dentre as espécies identificadas, 20 espécies com potencial para alimentação (frutos comestíveis), 66 potencialmente paisagísticas (arborização urbana e parques), 73 potenciais para produção de madeira (serraria, postes para cerca, movelaria), 13 medicinais (casca, ramos e folhas), seis apícolas (flores nectaríferas ou oleaginosas), 11 com celulose potencial para produção de papel e 10 espécies cujas partes vegetativas e frutíferas podem ser utilizadas para produção de artesanatos (casca para cordas e frutos secos para brindes). Além destas características, todas as espécies arbustivo-arbóreas podem ser utilizadas em recuperação de áreas degradadas, porém sua seleção vai depender do ambiente (mata ciliar, topo de morro, entre outros) e do nível de degradação em que a área se encontra, devendo ser utilizadas como pioneiras aquelas de crescimento rápido, e as de crescimento médio a lento, como secundárias e clímax.

Foram observadas ainda, a ocorrência de espécies invasoras associadas com bordas de trilhas, estradas, brejos e macega presentes dentro da FLONA. As espécies encontradas foram *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (acácia), *Brachiaria decumbens* Stapf (braquiária), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (leucena), *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim meloso) e *Panicum maximum* Jacq. (capim colonião) (ICMBio, 2013).

Nas diferentes tipologias vegetais da FLONA, foram identificadas 350 espécies distribuídas em 82 famílias. As famílias mais representativas foram Myrtaceae (35), Leguminosae (48), perfazendo 28% das espécies, evidenciando alta riqueza (Lista de espécies 1 – Anexo II).

A Lista de espécies 1 do Anexo II ainda apresenta as espécies de possível ocorrência na FLONA, destacando aquelas ameaçadas de extinção a nível estadual, nacional e internacional. Foram encontradas 24 espécies sob diferentes categorias de ameaça, incluindo aquelas em perigo de extinção,

vulneráveis à extinção e criticamente ameaçadas. Há ainda, quatro espécies consideradas raras, representadas por *Couratari asterotricha* Prance (imbirema), *Handroanthus riocercensis* (A.H. Gentry) S.O. Grose (ipê rajado), *Moldenhawera papillanthera* L.P. Queiroz, G.P. Lewis & Allkin (caingá) e *Myrcia follii* G.M. Barroso & Peixoto (batinga folhuda).

As informações, das espécies que se seguem, são retiradas da descrição da Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 (CNCFlora, 2013):

Couratari asterotricha (Lecythidaceae) é uma espécie endêmica da Mata Atlântica conhecida por poucos registros de herbário. *C. asterotricha* está sujeita à perda e degradação de seu habitat em todas as localidades de ocorrência, devido a atividades turísticas, no município de Cabo Frio (RJ), e à expansão de atividades agropecuárias, no estado do Espírito Santo. Além disso, suspeita-se que, devido à exploração madeireira, a espécie venha sofrendo um declínio contínuo no número de indivíduos maduros. É considerada na categoria "Em perigo" (EN) na Lista da Flora do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007), e "Criticamente em perigo" (CR) na Lista Vermelha da IUCN (2018).

Handroanthus riocercensis (Bignoniaceae) conhecida popularmente como ipê-amarelo e pau-d'arco-flor-de-algodão, é uma espécie secundária que ocupa o estrato médio-superior da floresta e caracteriza-se por árvores de até 35 m de altura, apresentando síndrome de dispersão anemocórica. Endêmica do Brasil, ocorre nos Estados da Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais, até 200 m de altitude. É restrita ao bioma Mata Atlântica, onde é encontrada em Floresta Ombrófila. Está protegida pelo Parque Estadual do Rio Doce e pelas Reservas Biológicas de Sooretama e Natural da Companhia Vale do Rio Doce. Estima-se que existam 2.000 indivíduos maduros na natureza. Encontra-se sob constante ameaça devido ao desflorestamento nos municípios onde ocorre. Em Jussari (BA), por exemplo, a perda da vegetação nativa foi de 95%; em Alegre (ES), de 90%, em Linhares (ES), de 85% e, em Sooretama (ES), de 60%. São necessários investimentos em pesquisa científica e esforços de coleta a fim de verificar a existência de subpopulações, considerando a viabilidade populacional e sua proteção. Considerada "Em perigo" (EN) pela Lista vermelha da Flora do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007).

Moldenhawera papillanthera (Leguminosae) é endêmica do Estado do Espírito Santo. Apesar de ter uma subpopulação significativamente preservada, é apontada como rara, e sua madeira apresenta valor comercial. Além disso, está sujeita a situações de ameaça, considerando o uso comercial e as queimadas ocorrentes na região como ameaças potenciais. Considerada "Em Perigo" (EN) pela Lista de Espécies Ameaçadas do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007) e "Vulnerável" (VU) na Lista Vermelha da flora brasileira (CNCFlora, 2013).

Myrcia follii (Myrtaceae) é uma espécie arbórea endêmica do Estado do Espírito Santo, encontrada em apenas duas localidades: na Reserva Estadual da Vale do Rio Doce e no município de Santa Maria do Jetibá, esta amostra coletada mais recentemente. Tem uma área de ocorrência bastante reduzida (AOO=8 km²). A grande perda de habitat sofrida no Estado indica que a população de *M. follii* é severamente fragmentada. Dessa maneira, a espécie é considerada "Criticamente em perigo" (CR) na Lista Vermelha da flora brasileira (CNCFlora, 2013) e considerada "Vulnerável" (VU), segundo a Lista Vermelha da flora ameaçada do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007).

4.2.3.2 Mastofauna

Até 1965 o conhecimento sobre a fauna de mamíferos do estado restringia-se, além das coletas históricas, à lista elaborada por Ruschi (Ruschi, 1965). Mais recentemente, Moreira et al. (2008) compilaram os dados sobre mamíferos para todo o estado, com um total de 4.435 registros entre dados

de literatura e de museus. Estes autores dividiram o estado em regiões, segundo o conhecimento sobre sua mastofauna, e aquela que chamaram de “Polo de Linhares”, em torno dos municípios de Linhares e Sooretama, próximas à FLONA de Goytacazes, foi considerada uma das mais bem conhecidas, e ainda uma das mais ricas em espécies, em grande parte devido à presença das reservas de Sooretama e Reserva Natural da Vale do Rio Doce.

As Listas de Espécies 2 a 4 do Anexo II mostram as espécies de mamíferos de provável ocorrência na FLONA de Goytacazes, organizadas segundo seus hábitos, tamanho e metodologia utilizada no levantamento e registro de espécies (pequenos mamíferos terrestres, quirópteros, mamíferos de médio e grande porte). O estado de conservação das espécies é apresentado no nível global, de acordo com a lista vermelha (IUCN, 2016), nacional (MMA, 2014) e do estado do Espírito Santo (Espírito Santo, 2005).

Com relação ao estudo que permitiu a obtenção de dados primários para a área - o Plano de Manejo da FLONA (ICMBio, 2003) - foram registradas 48 espécies de mamíferos, através de entrevistas, busca ativa e armadilhas fotográficas. Segundo os resultados, espécies como o queixada (*Pecari tajacu*), o cateto (*Tayassu pecari*), a anta (*Tapirus terrestris*) e a onça pintada (*Panthera onca*) são consideradas localmente extintas. O veado-catingueiro (*Mazama guazoubira*) foi considerado o mamífero mais abundante na FLONA, e o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) foram considerados espécies comuns, com base nos registros obtidos.

Uma das principais ameaças detectadas durante o diagnóstico para o Plano de Manejo foi a caça, além dos atropelamentos de fauna na BR101 e na rodovia municipal que dá acesso à região litorânea do município.

A lista de provável ocorrência, com base em dados da literatura, soma um número considerável de espécies de mamíferos ao Plano de Manejo. A FLONA de Goytacazes pode abrigar 119 espécies de mamíferos, sendo 22 pequenos mamíferos terrestres, 55 quirópteros (Lista de espécies 3 do Anexo II) e 42 de mamíferos de médio e grande porte. No entanto, é possível que parte destas espécies, particularmente no que diz respeito aos mamíferos de médio e grande porte, que tiveram sua adição à lista devido à sua distribuição original e/ou a registros históricos, estejam localmente extintas. Esse é o caso da ariranha (*Pteronura brasiliensis*), do tatu-canastra (*Priodontes maximus*), da onça-pintada (*Panthera onca*), da anta (*Tapirus terrestris*) e das duas espécies de porcos do mato.

Segundo a Lista Internacional de Espécies Ameaçadas de Extinção, 7 espécies são consideradas vulneráveis, 6 quase ameaçadas, 2 ameaçadas e 2 criticamente ameaçadas, estas últimas pertencentes à ordem Primates. Segundo a lista brasileira, são 13 espécies de médio e grande porte vulneráveis, 2 ameaçadas e 1 criticamente ameaçada. Já para o Espírito Santo, são 7 espécies vulneráveis, 3 ameaçadas, 6 criticamente ameaçadas e uma provavelmente extinta.

A lista de espécies do Anexo II mostra as espécies de mamíferos de importância para a conservação, com base na lista de espécies de provável ocorrência na FLONA de Goytacazes, excluindo-se as quase ameaçadas (NT).

No que diz respeito ao status de conservação, para pequenos mamíferos, a FLONA deve abrigar duas espécies de marsupiais, a cuica-d'água e a catita, criticamente ameaçadas para o estado do Espírito Santo. A cuica d'água, *Chironectes minimus*, é uma espécie de hábitos semi- aquáticos, considerada rara e cujos hábitos apenas recentemente têm sido melhor conhecidos. Entre as 55 espécies de quirópteros de provável ocorrência, nenhuma encontra-se enquadrada em alguma categoria de ameaça em nível global. Duas espécies são consideradas vulneráveis para o Brasil, e três para o Espírito Santo.

A maior parte das espécies preocupantes em termos de seu risco de extinção são mamíferos de médio e grande porte. Destacam-se aí diversas espécies de carnívoros, muitas delas de hábitos pouco conhecidos, mas dependentes de cobertura florestal mais densa e normalmente encontrados em baixas densidades, além de apresentar áreas de vida extensas: o cachorro do mato vinagre (*Speothos venaticus*), o jupará (*Potos flavus*), as quatro espécies de felídeos de pequeno porte incluídas na lista, e a onça pintada e a suçuarana. Dentre os carnívoros listados, a lontra (*Lontra longicaudis*) e a ariranha (*Pteronura brasiliensis*), espécies de hábitos semi-aquáticos, devem encontrar-se extintas localmente, segundo dados da literatura.

Algumas das espécies de interesse para a conservação são normalmente alvos de caça: é o caso das duas espécies de porcos do mato, o cateto (*Pecari tajacu*) e o queixada (*Tayassu pecari*), e da cutia (*Dasyprocta leporina*). A caça é também a razão pela qual o tatu-canastra (*Priodontes maximus*) é considerado extinto.

Caça e fragmentação de habitat são também responsáveis pela diminuição das populações das espécies de primatas listadas com algum grau de ameaça. O mono-carvoeiro, extinto em grande parte da mata Atlântica, é atualmente encontrado em pequenas populações. O sagui-da-serra-escuro é uma espécie de pequeno porte que, além de enfrentar a perda de habitat, sofre competição com espécies de primatas introduzidas.

O lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) são espécies que utilizam preferencialmente ambientes abertos. O primeiro vem ampliando sua distribuição devido à conversão de áreas florestadas da Mata Atlântica em pastagens, mas sofre o impacto da fragmentação de habitats e é uma das espécies mais frequentemente encontradas atropeladas nas estradas. O segundo encontra-se possivelmente extinto na região.

É importante ressaltar que as espécies listadas como de importância para a conservação na FLONA de Goytacazes são em sua maioria consideradas como sofrendo algum grau de ameaça ao longo de toda a sua distribuição, especialmente através da caça e da fragmentação de habitats. Sendo assim, é fundamental elaborar estratégias para sua conservação, com base no aumento do conhecimento sobre sua biologia e na recomposição das áreas florestadas e reestabelecimento da conectividade, sempre que possível, entre as áreas protegidas.

4.2.3.3 Avifauna

Dentre as UCs do médio e baixo Rio Doce, a FLONA de Goytacazes é, sem dúvida, a mais bem estudada do ponto de vista ornitológico. As primeiras amostragens ornitológicas da FLONA de Goytacazes foram realizadas por Augusto Ruschi no início da década de 1970, quando a área ainda era uma Estação Experimental devotada à pesquisa da cultura do cacau. Os espécimes obtidos nas pioneiras coletas de Ruschi encontram-se depositados no Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (MBML). Posteriormente, Giovanni Dambroz realizou um levantamento dos Psittacidae da área (Dambroz, 2006 apud ICMBio, 2013). Novos dados foram obtidos posteriormente durante estudos de impacto ambiental (Biodinâmica 2007 e Petrobras 2005 apud ICMBio, 2013). O último grande inventário da avifauna local foi conduzido durante duas campanhas realizadas em 2010 por José Simon, que veio a ser o responsável pela compilação da listagem das espécies de aves já registradas na FLONA de Goytacazes e seu entorno imediato, a qual integra o Plano de Manejo desta UC (ICMBio, 2013). Nenhuma outra fonte significativa de dados foi encontrada para a área de estudo.

A Lista de espécies 6 do Anexo II, compilada por Simon (ICMBio, 2013), apresenta 204 espécies com ocorrência conhecida para a FLONA, e mostra que a avifauna é típica da floresta de baixada do Espírito Santo (altamente ameaçada), embora já se apresente depauperada em espécies. Nesta lista, por exemplo, faltam diversas espécies raras e ameaçadas bem conhecidas para duas áreas protegidas de grande porte vizinhas à FLONA: a Reserva Biológica de Sooretama e a Reserva Natural Vale. Dentre as espécies ausentes e que provavelmente ocorreram na região até pelo menos a primeira metade do século XX, destacam-se os representantes de maior porte e/ou mais exigentes das Famílias Tinamidae, Accipitridae Trogonidae, Picidae, Thamnophilidae e Dendrocolaptidae, entre outros. Os representantes dos Cotingidae, por exemplo, desapareceram por completo e o ameaçado beija-flor balanço-rabo-canela *Glaucidium dohrnii* foi registrado na área pela última vez em 1973. Muitas dessas espécies são excelentes indicadoras da qualidade ambiental, requerendo extensas áreas de floresta madura para sobreviver, além de recursos específicos (determinadas espécies de frutos ou cavidades em árvores de grande porte para nidificação, por exemplo).

As principais espécies cinegéticas originalmente encontradas nas florestas de tabuleiro do Espírito Santo, tais como o macuco *Tinamus solitarius*, a jacutinga *Aburria jacutinga* e o mutum-de-bico-vermelho *Crax blumenbachi*, também se encontram ausentes, revelando que, além da fragmentação e descaracterização do habitat, a pressão de caça pode ter sido (e talvez ainda seja) considerável. Dentre as espécies cinegéticas remanescentes, destacam-se os representantes das famílias Tinamidae, Anatidae, Cracidae e Columbidae, mas nenhum deles é um troféu particularmente cobiçado. Estas espécies, portanto, não costumam sofrer grandes pressões de caça. Supreendentemente, a comunidade de Psittacidae encontra-se bem representada por espécies sensíveis e ameaçadas, sugerindo que a pressão de captura de animais utilizados como xerimbabo talvez não seja muito intensa. Embora o número de espécies de aves aquáticas registrado seja considerável, muitas dessas espécies, em especial os Charadriiformes, foram registrados apenas nas áreas de entorno da FLONA, jamais em seu interior.

Praticamente, um quinto dos táxons registrados são endêmicos da Mata Atlântica (16 espécies e 26 subespécies), o que corrobora com as altíssimas taxas de endemismo de aves normalmente encontradas nesta província biogeográfica (Moreira-Lima, 2013). Vinte e três táxons registrados se inserem em alguma categoria de ameaça, sendo dez (43%) endêmicos da Mata Atlântica, o que demonstra boa correlação entre endemismo e ameaça. Dentre as espécies ameaçadas merecem destaque: gavião-pombo-pequeno *Amadonastur lacernulatus*, tiriba-grande *Pyrrhura cruentata*, tiriba-de-orelha-branca *Pyrrhura leucotis*, maitaca-de-barriga-azul *Pionus reichenowi* e o papagaio chauá *Amazona rhodocorytha*, todas endêmicas da Mata Atlântica. Dentre as espécies de ampla distribuição que apresentam subespécie e/ou populações ameaçadas no leste do Brasil, merecem destaque: inambu-anhangá *Crypturellus variegatus*, urubuzinho *Chelidoptera tenebrosa*, papagaio-moleiro *Amazona farinosa*, flautim-marrom *Schiffornis turdina*, poiaieiro-de-sobrancelha *Ornithion inerme*, capitão-de-saíra-amarelo *Attila spadiceus*, chirito *Ramphocaenus melanurus*, sabiá-da-mata *Turdus fumigatus* e fim-fim-grande *Euphonia xanthogaster*.

A maior parte das espécies de alta sensibilidade registradas é endêmica da Mata Atlântica e/ou se encontra ameaçada de extinção. Três outras espécies de alta sensibilidade são dependentes de recursos específicos durante uma fase do seu ciclo de vida (praias arenosas para se reproduzir), mas devido à sua alta vagilidade e ausência de registros reprodutivos na FLONA, esta classificação não se aplica para essas três espécies no contexto em questão.

4.2.3.4 Herpetofauna

Foram registradas, por meio de dados secundários, 43 espécies de anfíbios e 43 de répteis, sendo oito lagartos, uma anfisbena, 32 serpentes, um cágado e um jacaré com ocorrência conhecida na FLONA de Goytacazes (Lista de espécies 6 do Anexo II). A riqueza de anfíbios pode ser considerada alta e representativa, equivalendo a cerca de 32% das 133 espécies compiladas para o Espírito Santo (Almeida et al., 2011) e cerca de 73% das 59 espécies registradas na Reserva Natural da Vale e seu entorno, situada em Linhares (Gasparini et al., 2016). Com relação aos répteis, a riqueza também pode ser considerada expressiva representando cerca de 34% das 125 espécies do Espírito Santo (Costa & Bérnils, 2018) e cerca de 67% das 64 espécies registradas na Reserva Natural da Vale e seu entorno (Bérnils et al., 2015).

Um pouco mais da metade das espécies (46 spp., 53%) é endêmica ou quase endêmica da Mata Atlântica, ou seja, apresenta a maior parte da distribuição dentro desse bioma, como apresentado na Lista de espécies 7 do Anexo II. As demais 40 espécies (47%) apresentam ampla distribuição geográfica, ocorrendo em mais de um bioma, sendo que os lagartos *Dactyloa punctata* e *Polychrus marmoratus* as serpentes *Chironius fuscus*, *Dipsas variegata* e *Siphlophis compressus* ocorrem apenas na Mata Atlântica e Amazônia.

A maior parte das espécies se divide em espécies típicas de ambientes abertos (25 spp., 29%), incluindo espécies comuns e frequentemente associadas a ambientes alterados e ecologicamente pouco relevantes (e.g. *R. crucifer*, *R. granulosa*, *R. diptycha*, *B. albomarginata*, *B. faber*, *B. semilineata*, *D. anceps*, *D. branneri*, *D. elegans*, *D. seniculus*, *S. eurydice*, *S. fuscovarius*, *L. fuscus*, *L. latrans*, *P. burmeisteri*, *C. latirostris*, *H. mabouia*, *A. ameiva*, *Tropidurus gr. torquatus*, *P. patagoniensis*) e que são generalistas quanto ao hábitat (24 spp., 28%) podendo ocorrer em ambientes abertos, florestais ou de borda (e.g. *L. wuchereri*, *S. merianae*, *B. constrictor*, *C. exoletus*, *C. fuscus*, *C. quadricarinatus*, *D. dichrous*, *L. ahaethula*, *S. sulphureus*, *C. plumbea*, *E. miliaris*, *E. poecilogyrus*, *H. carinicaudus*, *L. annulata*, *O. aeneus*, *O. petolarius*, *P. olfersii*, *P. nigra*, *S. neuwiedi*, *T. nattereri*, *T. salgueiroi*, *A. brongersmianus*, *B. jararaca*, *A. radiolata*). Trinta espécies (35%) ocorrem exclusivamente no interior de florestas (e.g. *C. aurita*, *H. binotatus*, *A. brunoi*, *I. langsdorffii*, *P. aguirrei*, *C. capixaba*, *C. schubarti*, *D. schirchi*, *S. incrassatus*, *A. passarelli*, *M. alipioi*, *C. laevicollis*, *D. albifrons*, *D. variegata*, *S. compressus*) ou no interior e na borda desses de ambientes florestais (e.g. *T. mesophaeus*, *L. cupreus*, *L. natalensis*, *L. spixi*, *L. thomei*, *P. crombiei*, *P. rohdei*, *D. punctata*, *G. darwinii*, *L. scincoides*, *P. marmoratus*, *C. hortulanus*, *E. reginae*, *I. cenchoa*, *M. corallinus*).

No que diz respeito à conservação, destaque deve ser dado à ocorrência do anfíbio *Dasypops schirchi*, ameaçado sob a categoria Vulnerável (VU, Peixoto & Pimenta, 2004) e do cágado-do-brejo, *Acanthochelys radiolata*, considerado Quase Ameaçada (NT, Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group 1996), ambos pela IUCN. Salienta-se também a presença dos anfíbios *Ceratophrys aurita*, *Aparasphenodon brunoi*, *Sphaenorhynchus pauloalvini*, *Leptodactylus cupreus* e *Macrogenioglottus alipioi* classificados como Dados Insuficientes (DD) pelas listas do Brasil e/ou Espírito Santo. Todas as espécies com maior relevância para a conservação ocorrem exclusivamente em ambientes florestais ou em sua borda (Lista de espécies 8 do Anexo II).

Dasypops schirchi é uma espécie monotípica de microhilídeo, endêmica da Mata Atlântica que ocorre no interior e bordas de florestas de baixada (até 60 metros acima do nível do mar) das planícies costeiras dos estados da Bahia e Espírito Santo (Miranda-Ribeiro, 1924; Peixoto & Pimenta 2004; Haddad et al., 2013). A espécie se reproduz de forma explosiva, após chuvas fortes, em poças temporárias recém-formadas onde deposita uma grande quantidade de ovos (cerca de 5200 óvulos em uma fêmea; Pombal & Cruz, 2016) e o seu girino se desenvolve (Cruz & Peixoto, 1978). Não há estudos sobre a dieta de *Dasypops schirchi*, contudo, baseado no que se sabe para outras espécies de Microhylidae da Mata Atlântica, a espécie deve se alimentar principalmente de cupins e formigas, além de outros invertebrados

terrestres (Solé et al., 2002; Teixeira et al., 2006, Van Sluys, 2006). Também não se tem informações sobre a alimentação das suas larvas, mas a julgar pelo formato do seu corpo e aparato bucal devem se alimentar de partículas em suspensão na água (Altig & McDiarmid, 1999). A IUCN listou a rã *Dasypops schirchi* na categoria em perigo (VU, B1ab(iii)), baseado na sua extensão de ocorrência restrita, distribuição severamente fragmentada ou conhecida por não mais que 10 localidades e provável diminuição da qualidade do seu habitat (Peixoto & Pimenta, 2004). A principal ameaça à espécie é a perda de habitat devido à agropecuária, desmatamento, indústria e expansão urbana (Peixoto & Pimenta 2004).

Acanthochelys radiolata é um cágado típico de águas lentas, brejos com fundo lodoso e vegetação aquática abundante (Ernst & Barbour 1989). Distribui-se em áreas de Mata Atlântica de baixada, de Alagoas ao Rio de Janeiro (Garbin et al. 2016). Há registro em diferentes pontos do Espírito Santo, incluindo a região do Rio Doce. Em Minas Gerais a espécie foi, até o momento, oficialmente registrada apenas em Muriaé (Garbin et al. 2016), havendo, contudo, grande possibilidade de que habite ambientes aquáticos (principalmente brejos e lagoas) das áreas de menor elevação da bacia do Rio Doce no estado. Estudos sobre sua história natural indicam que a reprodução ocorre de novembro a março (verão); a fêmea põe de dois a quatro ovos apenas, depositando-os em um ninho cavado no solo, raso e coberto por folhas, próximo à raiz de árvores; na natureza os ovos são encontrados entre março e julho e o nascimento ocorre entre setembro e novembro (Mocelin et al. 2008). O comportamento alimentar de *A. radiolata* na natureza é desconhecido (Souza 2004), mas em cativeiro os exemplares aceitam uma variedade de presas, como peixes, caracóis, insetos aquáticos e anfíbios (Ernst & Barbour 1989). De acordo com a IUCN, a espécie encontra-se quase ameaçada de extinção (NT), o que significa que se nada for feito para a sua conservação em breve *Acanthochelys radiolata* poderia ser classificada em alguma categoria de ameaça (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group 1996).

Ceratophrys aurita é endêmica do domínio da Mata Atlântica, típica de interior e borda de mata onde habita o folhicho (Haddad et al., 2013), ocorrendo desde o estado da Bahia ao Rio Grande do Sul (Frost et al., 2018). A espécie se reproduz em ambientes de água parada sendo considerada pouco abundante e observada apenas durante ou após chuva intensa (Feio et al., 2008). Espécies do gênero *Ceratophrys* apresentam adaptações morfológicas relacionadas à dieta carnívora, podendo incluir canibalismo quando larva e pequenos vertebrados, como roedores, répteis ou outros anuros, durante a fase adulta (Schalk et al. 2014). O grande porte, diversidade de cores e comportamento agressivo dessas espécies têm também despertado interesse em pethobistas. A espécie foi classificada na categoria Dados Deficientes (DD) no Espírito Santo, onde são conhecidos poucos registros da espécie (Almeida et al., 2011).

Aparasphenodon bruno é endêmica da Mata Atlântica e ocorre no interior de florestas de baixada de São Paulo até a Bahia (Feio et al. 1998; Mollo Neto & Teixeira Jr. 2012; Ruas et al. 2013). Conhecida como pererecas-de-capacete devido à singular ossificação craniana, contém características relacionadas ao comportamento de fragmose no qual os indivíduos adentram tocas e se protegem utilizando o dorso da cabeça como tampa protetora (Pimenta et al., 2009). Na maioria das vezes, essas espécies são registradas ocupando interior de tanques de bromélias ou ocos de árvores ou bambu (Feio et al., 1998), mas possuem biologia reprodutiva ainda pouco conhecida. Os girinos da espécie se desenvolvem em poça temporária (Wogel et al. 2006). Sua dieta é generalista e contempla diversos grupos de artrópodes, como Orthoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Arachnida (Teixeira et al., 2002; Gomez-Mesa et al., 2017). Teixeira et al. (2017), analisando conteúdo estomacal apenas de indivíduos jovens dessa espécie, reportaram a prevalência de Coleoptera, Hymenoptera e Hemiptera. A dieta ainda é desconhecida durante fase larval de *A. bruno*, cabendo destacar, porém, o registro de oofagia em *A. arapapa* (Lourenço-de-Moraes et al., 2013). *Aparasphenodon bruno*, apesar de globalmente

considerada LC (least concern), consta na lista como DD (Dados Insuficientes) nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. De fato, em Minas Gerais, a espécie segue sendo conhecida apenas para o Parque Estadual do Rio Doce (Feio et al., 1998). No Espírito Santo, porém, Almeida et al. (2011) revelaram, a partir de registros de coleção, que há coletas de *A. brunoi* para 10 municípios do estado.

Sphaenorhynchus pauloalvini é endêmica da Mata Atlântica e, desde sua descrição, há quase cinco décadas (Bokermann, 1973), foi registrada apenas em dois municípios na Bahia (Freitas et al., 2009), em Linhares, incluindo seu registro na FLONA de Goytacazes, no Espírito Santo (Almeida et al., 2011, ICMBio, 2013). A espécie ocorre em corpos d'água lênticos associados à borda de floresta onde ovos e girinos se desenvolvem (livro de tabuleiros). Não há informação sobre a dieta da espécie, mas é provavelmente invertívora, baseado na dieta do congêner *Sphaenorhynchus planicola* que se alimenta de pequenos artrópodes, sobretudo Hymenoptera (formigas) e Coleoptera (Teixeira & Ferreira, 2010). A espécie é considerada DD (Dados Insuficientes) pela IUCN (Peixoto & Pimenta, 2004) e pela lista do Espírito Santo.

Leptodactylus cupreus é endêmica da Mata Atlântica ocorrendo na Serra do Brigadeiro em Minas Gerais (Caramaschi et al., 2008), em quatro municípios no estado do Espírito Santo (Peres et al., 2010, Almeida et al., 2011, ICMBio, 2013) e três na Bahia (Cassini et al., 2013). A espécie se reproduz no interior ou borda de florestas e seus girinos se desenvolvem em poças temporárias (Motta et al., 2010). Por hora, ainda não há estudos que detalhem sua dieta, porém é esperado, como na maioria dos anuros, que seja do tipo generalista contendo, sobretudo, pequenos artrópodes das ordens Coleoptera e Formicidae (Junqueira et al., 2016). *Leptodactylus cupreus* não teve seu status de conservação regionalmente avaliado pela lista de espécies ameaçadas do Espírito Santo, já que foi descrita após a publicação da mesma. É considerada DD (Dados Insuficientes) globalmente pela IUCN (IUCN SSC, 2010), entretanto, cabe ressaltar que na época dessa avaliação ainda se considerava *L. cupreus* conhecida apenas em sua localidade tipo, na Serra do Brigadeiro, em Minas Gerais.

Macrogenioglottus alipioi é uma espécie monotípica de anuro, de interior ou borda de mata, considerada endêmica do domínio Mata Atlântica, ocorrendo de São Paulo até Pernambuco (Haddad et al., 2013; Sobrinho et al., 2013; Frost et al., 2018). Apesar de sua ampla distribuição, trata-se de uma espécie relativamente rara e pouco representada em coleções (Silva et al., 2003). Reproduz-se ao longo de poças temporárias adjacentes a riachos, onde as desovas são depositadas em pequenos filetes gelatinosos que se aderem à vegetação (Abravaya & Jackson, 1978). A dieta não é conhecida para a fase larval, mas, a julgar pela proximidade filogenética (Pyrón & Wiens, 2011) e similaridade morfológica (Abravaya & Jackson, 1978; Lisboa et al., 2011), possivelmente o hábito alimentar seja semelhante a outras espécies da família, cujos adultos se alimentam de pequenos invertebrados, sobretudo minhocas, lesmas e caracóis (Abravaya & Jackson, 1978) e os girinos, preferencialmente de algas e detritos do sedimento (Echeverría et al., 2007). Apesar de globalmente listada na categoria LC (Menos Preocupante) pela IUCN (Carvalho-e-Silva et al. 2010), a rã *Macrogenioglottus alipioi* é regionalmente considerada DD (Dados Insuficientes) pela lista de espécies ameaçadas no estado do Espírito Santo, onde é conhecida para apenas os municípios de Linhares e Santa Tereza (Almeida et al., 2011).

Não se considerou o registro de *Dendropsophus microcephalus* presente no Plano de Manejo (ICMBio, 2013). Essa espécie ocorre no México, América Central, em alguns países do Norte da América do Sul (Colômbia, Venezuela) e algumas porções do norte do Brasil (Frost, 2018) e, portanto, não ocorre na área de estudo. É provável que se trate de alguma espécie do grupo de *Dendropsophus microcephalus*, mas sem a verificação do material testemunho, caso esse tenha sido coletado, não é possível atribuir uma identidade segura a esse táxon.

Apesar de ser uma espécie potencialmente utilizada para a caça, não há informações sobre a frequência e intensidade dessa atividade sobre populações do jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, na bacia do Rio Doce, tão pouco na UC em questão. A única informação disponível é anedótica e sugere que a captura de cinco indivíduos de *Caiman latirostris* com lesões na maxila inferior teria sido causada pela atividade de caça dentro do Parque Estadual do Rio Doce (Yves et al. 2018). Entretanto, esse trabalho não apresenta um conjunto de evidências que pudesse corroborar essa hipótese, como a obtenção, por exemplo, de relatos da comunidade local confirmando esse hábito, o registro de armadilhas ou de animais caçados, crânios ou peles apreendidas. Assim, não se sabe quão relevante é a caça do jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, para as populações ribeirinhas ou mesmo se essa atividade impacta significativamente as populações da espécie no rio.

Apesar dos dados secundários não possuírem informações acerca da distribuição espacial das espécies na FLONA de Goytacazes, baseado na distribuição das principais tipologias vegetacionais na UC e entorno e nas características das espécies quanto ao uso de hábitat, é possível diagnosticar os ambientes da área de estudo quanto à sua relevância para a conservação da herpetofauna.

As demais áreas da ZA apresentam usos mais intensivos do solo e, portanto, são menos relevantes para a conservação da herpetofauna local, além de funcionarem com uma matriz aberta em meio a um ambiente originalmente florestal, o que dificulta a dispersão da maioria das espécies da herpetofauna da UC, que são de ambientes fechados.

4.2.3.5 Ictiofauna

A ictiofauna potencial do entorno da FLONA de Goytacazes é composta por 106 espécies, pertencentes a 11 ordens e 30 famílias (Lista de espécies 8 do Anexo II), sendo as ordens Characiformes e Siluriformes e as famílias Characidae (Characiformes) e Loricariidae (Siluriformes) as mais representativas, seguindo o padrão descrito para a ictiofauna da região Neotropical (Lowe-McConnell, 1999). Pela proximidade do estuário, é possível notar a presença de alguns componentes de fauna típicos destes ambientes como *Anchoa* sp. (Clupeiformes: Engraulidae), *Genidens genidens* (Siluriformes: Ariidae), *Microphis lineatus* (Syngnathiformes: Syngnathidae), *Eleotris pisonis* (Gobiiformes: Eleotridae), *Awaous tajasica* (Gobiiformes: Gobiidae), *Mugil platanus* (Mugiliformes: Mugilidae) e *Centropomus pectinatus* (Perciformes: Centropomidae) reconhecidos pela sua capacidade de adentrar em águas continentais, ocupando inclusive corpos d'água de pequeno porte, como ribeirões e riachos, aumentando a diversidade de ordens e famílias encontradas nas proximidades da FLONA de Goytacazes.

Nota-se a presença de 21 espécies introduzidas, sendo 17 alóctones, *Metynnis lippicottianus*, *Metynnis maculatus*, *Pygocentrus nattereri*, *Pygocentrus piraya*, *Pygocentrus* sp., *Serrasalmus brandtii*, *Serrasalmus spilopleura* (Characiformes: Serrasalmidae), *Prochilodus argenteus*, *Prochilodus costatus*, *Prochilodus* cf. *lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae), *Salminus franciscanus* (Characiformes: Bryconidae), *Lophosilurus alexandri* (Siluriformes: Pseudopimelodidae), *Hoplosternum littorale* (Siluriformes: Callichthyidae), *Pogonopoma wertheimeri* (Siluriformes: Loricariidae), *Astronotus ocellatus*, *Cichla kelberi* e *Cichla ocellaris* (Cichliformes: Cichlidae), e quatro exóticas: *Clarias gariepinus* (Siluriformes: Clariidae), *Coptodon rendalli*, *Oreochromis niloticus* (Cichliformes: Cichlidae), oriundas da África e *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae), da América Central. Todas as sete espécies apresentam grande potencial invasor e capacidade de exclusão de espécies nativas por predação ou sobreposição de nicho.

Foram identificadas quatro espécies apresentando algum grau de ameaça segundo o Livro vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de Extinção (ICMBio/MMA, 2018). *Prochilodus vimboides* (Characiformes: Prochilodontidae) é classificada como espécie vulnerável tanto em território nacional, quanto nos estados

de Minas Gerais e Espírito Santo. *Brycon insignis* (Characiformes: Bryconidae) é classificada como espécie criticamente em perigo para o território nacional e estado de Minas Gerais, e em perigo para o estado do Espírito Santo. *Rachoviscus graciliceps* é classificada como espécie vulnerável tanto em território nacional, quanto no estado do Espírito Santo e *Xenurolebias izecksohni* (Cyprinodontiformes: Cynolebiidae) é classificada como espécie vulnerável para o território nacional e estado de Minas Gerais, e em perigo para o estado do Espírito Santo. Destas três espécies, *P. vimboides* e *B. Insignis* se apresentam como espécies potencialmente migradoras, sendo que *P. vimboides*, assim como seus congêneres participam ativamente no processamento da matéria orgânica particulada depositada no fundo dos ambientes aquáticos (Flecker, 1996), a espécie é ameaçada por pressão de pesca, introdução de espécies invasoras congêneres, desmatamento e construção de barramentos. Suspeita-se que houve uma redução de pelo menos 50% em toda sua área de ocorrência nos últimos 50 anos (Vieira & Gasparini, 2007, ICMBio/MMA, 2018). Enquanto *B. Insignis* e muitos dos seus congêneres atuam como potenciais dispersores de sementes das espécies arbóreas presentes nos corredores ripários (Reys, Sabino & Galetti, 2009). Apesar de serem gêneros tipicamente encontrados em rios de maior porte, indivíduos jovens podem habitar corpos d'água de menor porte.

Rachoviscus graciliceps é uma espécie pouco frequente e localmente abundante, típica de alagados permanentes rasos, florestados, com água ácida, sempre próximos à nascentes, na região da planície costeira (ICMBio/MMA, 2018).

Xenurolebias izecksohni, assim como grande parte dos membros da família Cynolebiidae, é uma espécie de ciclo de vida curta, que vivem em corpos d'água temporários (principalmente poças) e depositam seus ovos no sedimento, que passam por período de diapausa (ressecamento) e eclodem na próxima estação chuvosa. Pelas características apresentadas, é muito comum que espécies de Cynolebiidae apresentem distribuições restritas, muitas vezes sendo endêmicas de uma única poça (Costa, 2002). Por este motivo, e devido ao relevo mais plano da região onde se insere a FLONA de Goytacazes, podemos destacar estas duas espécies como um potencial alvo de futuros projetos de conservação, sendo necessário um mapeamento detalhado dos corpos d'água temporários presentes na UC e monitoramento para confirmar a presença das espécies dentro dos seus limites.

4.3 LINHA DE BASE DO MEIO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL E DE USO PÚBLICO

4.3.1 Aspectos Metodológicos

O Diagnóstico fornece as primeiras informações necessárias à busca por respostas para as perguntas orientadoras relacionadas direta ou indiretamente com os potenciais impactos no meio socioeconômico e cultural que possam ter ocorrido na UC mediante o rompimento da barragem. Em síntese, a orientação contida nas perguntas para o meio socioeconômico indica a necessidade de se saber se em razão do rompimento da Barragem do Fundão, em 05 de novembro de 2015, houve comprometimento dos usos socioeconômicos e culturais da população do interior e entorno da UC, assim como da oferta dos serviços ecossistêmicos e/ou ambientais a esta sociedade, em diferentes esferas, e se em decorrência do impacto sofrido pela sociedade, houve aumento de impacto sobre a UC. Dentre a totalidade das perguntas orientadoras apresentadas, considerou-se as seguintes para os estudos:

- f) As atividades e projetos desenvolvidos na UC sofreram alguma alteração após a chegada da lama de rejeitos (ex.: mortandade de animais, modificação nas propriedades físicoquímicas da água, deposição da lama de rejeitos, diminuição da visitação, necessidade de alteração de projeto de pesquisa, manejo ou exploração de recursos, ou cancelamento do mesmo)?
- (l) Quais atividades na sub-bacia em que está localizada a UC concorrem para o agravamento dos impactos do rompimento da barragem (ex: erosão, geração efluentes líquidos, desmatamento, formas de uso da terra não sustentáveis como agricultura quimificada e demais agentes poluidores etc.)? Quais medidas na gestão das atividades produtivas ou na gestão do território poderiam ser utilizadas para mitigar tais impactos? Qual o histórico de uso e ocupação da terra na região até o rompimento da Barragem de Fundão, em particular na UC e seu entorno? Quais os programas e planos públicos e privados, previstos para a região?
- (t) Houve diminuição da visitação, necessidade de alteração de projeto de pesquisa, manejo ou exploração de recursos, ou cancelamento do mesmo na UC? Em caso de modificações provenientes da chegada da lama de rejeitos, estas deverão ser detalhadas o máximo possível e deverão ser previstas estratégias e métodos para responder os seguintes aspectos: - Quais as principais medidas reparatórias e/ou mitigatórias necessárias que deverão ser tomadas para que as atividades afetadas possam ser retomadas ou que tenham a qualidade melhorada? - Caso essas modificações não possam ser reparadas e/ou mitigadas, quais medidas compensatórias poderão auxiliar na melhora dos aspectos gerais da UC (programas e estratégias de gestão, atividades desenvolvidas, recursos explorados, benefícios sociais, culturais e econômicos aferidos por usuários e beneficiários da UC, entre outros)? As atividades e projetos desenvolvidos na UC sofreram alguma alteração após a chegada da lama de rejeitos? Como é organizada a UC? Há plano de manejo ou alguma forma de regramento preliminar? Se sim, encontra-se em processo de implantação? Se não, como são definidas as atividades e projetos? Quais atividades e projetos desenvolvidos em cada uma das UCs? Como são as rotinas da UC? Qual a estrutura, planos de ordenamento e rotinas para lidar com eventos de risco?
- (u) Quais os impactos do rompimento da barragem no número de visitantes? Desde o ocorrido, houve alguma alteração no perfil dos visitantes? Qual o impacto dessa redução na economia local e regional? Quais os setores mais afetados? Que tipo de ações/projetos/programas poderiam mitigar tais impactos? Qual o impacto dessa redução na relação de identidade e pertencimento das comunidades em relação a UC?
- (v) Houve comprometimento da imagem da UC enquanto mantenedora dos serviços ambientais/ecossistêmicos, turísticos, culturais e de conservação da biodiversidade? Em quais níveis se deu esse comprometimento (local, regional, estadual, nacional, internacional)? Quais as ações necessárias para restabelecer a imagem e a função da unidade em todas estas instâncias? Qual a percepção das comunidades quanto ao risco em relação a área de estudo?
- (w) Qual o grau de comprometimento do rio (e de seus afluentes afetados) como fonte de recursos para as comunidades inseridas nas UCs ou em seu entorno? Quais os recursos afetados? Qual a extensão do comprometimento de cada recurso em termos quantitativos? Qual a perspectiva temporal de restauração desses recursos? Como este comprometimento afetou a comunidade? Quantas famílias foram diretas e indiretamente afetadas pelo comprometimento dos recursos em questão? Qual a perda financeira estimada por família afetada? Como este comprometimento de recursos e o impacto sobre as famílias afetou a UC? Quais as ações que devem ser utilizadas no sentido de aumentar a proteção das UCs, garantir a sustentabilidade da comunidade e harmonizar a relação entre a UC e a comunidade?
- (x) Quais os tipos de pressão sobre as UCs foram intensificadas após o evento? Houve algum tipo de pressão antrópica que surgiu após o evento e não era observada no período anterior ao

mesmo? Quais ações devem ser utilizadas para mitigar as pressões exercidas sobre a UC? (Destaque para o incremento de caça e pesca dentro das UCs) Quais as principais pressões sobre a UC antes e depois do rompimento da barragem?

- (y) Quais ações de apoio à comunidade podem diminuir as pressões observadas na UC? Sendo constatado o aumento da pesca e caça na UC, e considerando que espécies mais sensíveis tendem ter suas populações reduzidas, quais as formas de viabilizar a implantação de projetos junto às comunidades para reprodução dessas espécies de peixes? Considerando as espécies mais valorizadas para a pesca comercial e artesanal, qual a viabilidade de criação de áreas de produção dessas espécies para exploração pela comunidade do entorno da UC, a partir do etnoconhecimento local (entendimento e conhecimento das comunidades afetadas)? Quais outros recursos impactados e como diminuir as pressões sobre eles a partir do etnoconhecimento local? Que tipo de uso econômico a comunidade faz na UC?
- (z) Com o rompimento da barragem houve incremento dos usos e ocupações humanas na UC? Há formas de uso e ocupação humana na UC? Quais suas características? Há pressão de assentamentos humanos no entorno da UC sobre seus recursos?
- (a') Houve aumento na frequência e magnitude de incêndios florestais na UC? Quais pontos da UC são mais vulneráveis (mapeamento georreferenciado, incluindo área e frequência)? Que danos potenciais à biodiversidade e às práticas socioculturais das comunidades do entorno podem ser atribuídos a estes incêndios? Quais as estruturas/equipes/ações/programas e projetos devem ser implantadas na UC para controlar este fenômeno? Qual o histórico de incêndio sobre a UC no olhar das comunidades afetadas?
- (b') Houve impacto sobre o patrimônio cultural e arqueológico?
- (c') Foi observado alteração em relação à saúde da população?
- (d') A presença da lama nas áreas atingidas causou alguma alteração nas formas de uso e ocupação social, cultural e econômica da terra e nas práticas de lazer e turismo? Quais as formas de uso e ocupação da terra (social, cultural, econômica e de práticas de lazer e turismo) em cada uma das UCs e seus entornos? Existem comunidades tradicionais, quilombolas e/ou indígenas, nas áreas das UCs ou seu entorno? Se sim, qual a inserção dessas comunidades nos processos socioeconômicos regionais?
- (e') Quais as formas de envolvimento socioeconômico e cultural da sociedade local para participar nos processos de recuperação das APPs? Existem projetos ligados a recuperação de APP? Qual seu nível de implantação? Há conhecimento da população local sobre a importância das APPs? Há interesse em participar de sua recuperação? Quais os principais atores e entidades envolvidos nessas atividades? Qual a capacidade de governança local?

Para traçar a linha de base do meio socioeconômico, cultural e de uso público buscou-se identificar as principais características e a dinâmica de gestão da UC em relação à sociedade envoltória. Além das informações sobre a Unidade de Conservação, foram pesquisados dados sobre seu entorno, em razão das influências sobre a UC, com potencial de geração de impactos, positivos e negativos, diretos ou indiretos. A UC é entendida, então, a partir de sua inserção nos processos de desenvolvimento socioeconômico da região e não como um fator alheio ou de impedimento dessas formas de desenvolvimento.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) reforça a ideia de integração entre a UC e sua área envoltória (de amortecimento) quando a define, em seu artigo segundo, inciso XVIII, como “o entorno de uma Unidade de Conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade” (BRASIL, 2000) e destaca sua importância quando aponta que as “Unidades de Conservação, exceto Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, devem possuir uma Zona de

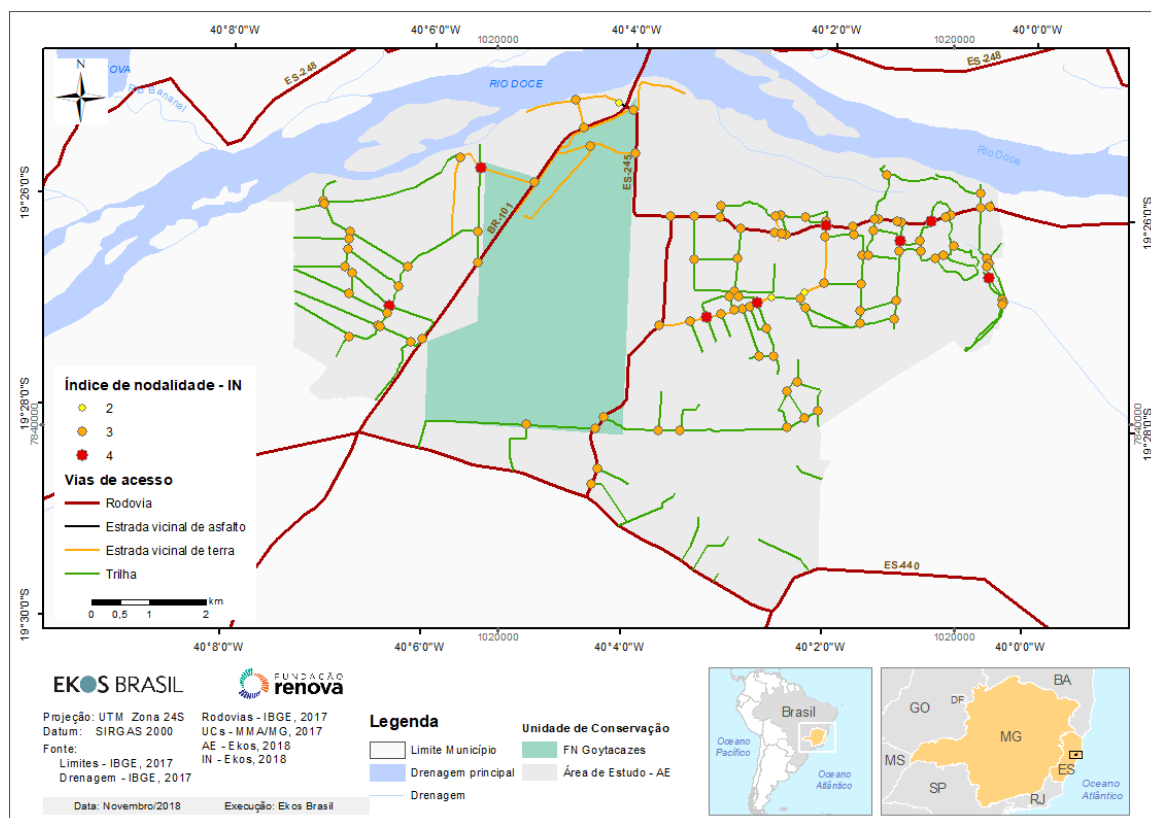
Amortecimento” (BRASIL, 2000, artigo 25). A preocupação desta zona é com relação ao ordenamento das atividades que ocorrem no entorno da UC.

Considerou-se também para definição e análise da área de estudo as áreas vulneráveis ou de risco. As áreas “com risco de expansão urbana ou presença de construção que afetem aspectos paisagísticos notáveis junto aos limites da UC; [áreas] com ocorrência de acidentes geográficos e geológicos notáveis ou aspectos cênicos próximos; sítios arqueológicos” são importantes critérios socioeconômicos indicados pelo ICMBio/IBAMA para análise da Zona de Amortecimento (ICMBio/IBAMA, 2000, p. 96).

Também as recomendações da figura das reservas da biosfera – ainda que não seja o caso de considerar o território da reserva na definição da área de estudo, em razão da dimensão da UC e da proposta de trabalho – oferecem elementos de interesse para entendimento da relação da UC com seu entorno, notadamente a definição de zona tampão ou de amortecimento, e permitem abordar parcelas do terreno que tenham ligação mais direta com a Unidade de Conservação (RBMA, 1996; BRASIL, 2000). Ainda que o Roteiro do ICMBio/IBAMA (op. cit., p. 97) apresente alguns critérios que não devem ser incluídos numa Zona de Amortecimento (“Áreas urbanas já estabelecidas e Áreas estabelecidas como expansões urbanas pelos Planos Diretores Municipais ou equivalentes legalmente instituídos”) resolveu-se para o presente levantamento, considerar também áreas urbanas que estivessem em contato direto com a UC ou que apresentassem influências indiretas..

Uma importante ferramenta para a avaliação da influência das práticas socioeconômicas na UC é o o mapa de nodalidade (Mapa 15).

Mapa 15 - Nodalidade da FLONA de Goytacazes



A nodalidade é uma forma de avaliar a conexão da área de estudo a partir dos cruzamentos das vias de comunicação, vinculada a parte de um conceito fundamental, denominado “*Situação*”. A *Situação* é definida pelas relações externas que o lugar estudado mantém com outros, vizinhos ou distantes (RUGG, 1972, p. 81). Tratou-se, aqui, de considerar a FLONA de Goytacazes como o lugar central e a partir do qual são estabelecidas relações, avaliadas a partir das “nodalidades” (trama de nós), que indicam a acessibilidade de uma área em relação a outras, ou, pode-se dizer também, que são possibilidades de conexão com áreas ou lugares externos ao estudados (Idem, ibidem, p. 82). A nodalidade serve como análise da atração de pessoas e mercadorias, que podem ser estabelecidas por meios artificiais (estradas) ou naturais (rios, por exemplo). Nesse sentido, a *Situação* é

horizontal e está associada às propriedades de interdependência regional, conexões entre lugares e interação espacial. A Situação é um conceito espacial pleno, geométrico, uma vez que permite conhecer um local a partir da horizontalidade em relação a sua vizinhança (FERREIRA, 2003, p. 22).

Na dinâmica das características espaciais, o processo de difusão torna-se o centro dos interesses de investigações, indicando maneiras de como as coisas se movem (PRINCE, 1978). Sua análise pode ser classificada “verificando os diferentes tipos de caminhos e examinando sua extensão na relação com os diferentes tipos de barreiras que restringem seu desenvolvimento” (Idem, ibidem, p. 28).

A noção de difusão espacial se aplica aos estudos dos processos que põem em jogo o deslocamento de mercadorias, produtos, pessoas, de práticas e ideias em conjunto. Trata-se de um conjunto de processos que contribuem para o deslocamento no espaço geográfico, e os efeitos de retorno (socioculturais e econômicos) que estes deslocamentos geram no espaço. Para tal é importante analisar variáveis como distância e acessibilidade do lugar.

A distância é avaliada sobre uma referência, como as UCs do presente projeto, das quais irradiam redes de conexão e acessibilidade a partir de seus limites. A acessibilidade de um lugar é definida em geral como o grau de possibilidades com o qual um lugar pode ser alcançado a partir de vários outros lugares. Nesse sentido, dependendo do grau de dificuldade, a acessibilidade pode expressar o grau de tensão (o atrito) no espaço e no tempo, os quais dependem de variáveis como⁴:

- A estrutura da rede (sinuosidade e configuração das vias), que na área de estudo se dá pela centralização das funções exercidas pelas estradas asfaltadas em relação às demais estradas e trilhas;
- A qualidade da infraestrutura, entendendo esta como características técnicas (número e largura de vias), que também pode ser hierarquizada na região, considerando as condições e largura do leito para a circulação de mercadorias, pessoas e informações;
- As tensões topográficas (clinografia do terreno), que podem oferecer na região em estudo, grandes obstáculos a serem vencidos, como subidas íngremes;
- Os regulamentos em vigor, como a legislação ambiental e as ações dos agentes ambientais das UCs que contribuem para evitar pressões sobre as áreas naturais florestadas;

Com base nessas informações é possível estabelecer e inferir relações espaciais na região a partir da avaliação das redes geográficas (acessos à região) e da nodalidade – os nós - situados nos cruzamentos de trilhas e estradas que dinamizam as conexões e deslocamentos na região.

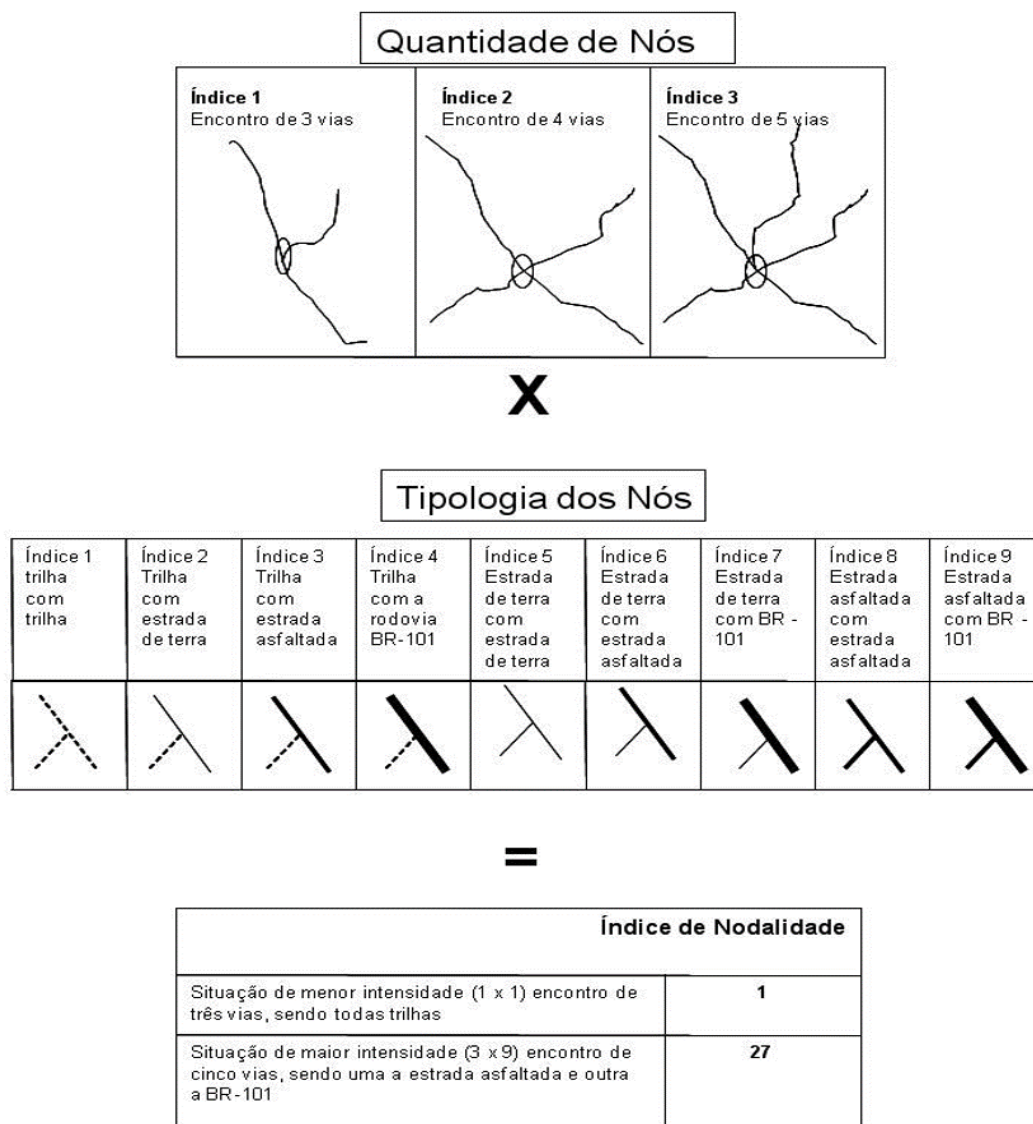
Assim, a fim de estabelecer a Área de Estudo e de entender como se deu o processo de ocupação e de

⁴ De acordo com Pumain, Denise. 2005. Transferring concepts for urban modelling: capture or exchange? IN: Portugali J. (ed) 2005, *Complex artificial environments*, Springer, pp. 71-84.

difusão espacial das características ambientais, sociais e econômicas da região foram analisadas, à luz da escola espacial, as redes geográficas através de índices de nodalidade e de acessibilidade, a partir da elaboração do mapa de índice de nodalidade. Consideram-se tais índices como indicadores lineares do processo de territorialização na área de estudo, destacando-se os embates e sinergias entre os segmentos da sociedade que atuaram e atuam na região. O índice de nodalidade é um referencial para se estimar a intensidade de conexão de um local às localidades vizinhas, traduzindo-se em um parâmetro que revela o potencial de interações entre as populações dentro da rede. Este tipo de informação geográfica, além de fornecer elementos para se estudar a regionalização econômica e a difusão de inovações, é, sobretudo, indicador de locais de elevado contágio espacial entre diferentes populações, muitas vezes manifestado por atividades comerciais ou de migração (FERREIRA, 2003, p. 169).

Para entender as conexões (os fluxos de mercadoria, pessoas e informações) da área de estudo, mapearam-se as vias de comunicação, como as trilhas, estradas de terra, estradas vicinais asfaltadas, relacionadas aos principais processos socioespaciais da região. Os índices de nodalidade foram gerados a partir de uma matriz que considerou informações quantitativas (o nº de cruzamentos) e qualitativas (os atributos dos cruzamentos), conforme Figura 6. Desta forma, pode-se estabelecer um índice de nodalidade que varia de 1 a 27, expressando a intensidade de relações e conexões na área de estudo e desta com outras áreas.

Figura 6 - Matriz para o estabelecimento do índice de nodalidade



A fim de identificar os potenciais impactos sobre o meio socioeconômico e cultural na área de estudo é importante compreender as relações de dependência entre as comunidades e os serviços ecossistêmicos ofertados pela área protegida (ROSA, 2014). Pode-se estabelecer como hipótese que quanto maior o grau de vulnerabilidade da comunidade, maior sua dependência direta dos recursos naturais e/ou dos serviços ecossistêmicos providos pela UC. E maior será a dimensão do impacto se não houver alternativa à comunidade para a oferta daquele recurso ou serviço, até então provido pela área protegida.

O conceito de serviços ecossistêmicos, que engloba termos como serviços da natureza, serviços ambientais e capital natural, está ligado ao entendimento de que a sociedade é beneficiada pelos ecossistemas (ROSA, 2014). Embora já utilizado anteriormente, o conceito se consolida em 2005, no âmbito da Avaliação Ecológica do Milênio que estabeleceu a classificação dos serviços em quatro categorias (op. cit. p. 20):

- **Serviços de Regulação:** regulação do clima, manutenção da qualidade do ar, da água e do solo, moderação de eventos naturais extremos.

- Serviços de Suporte: manutenção dos habitats dos seres vivo e manutenção da diversidade genética.
- Serviços de Provisão: energia e matéria, como alimentos, matéria-prima, água potável.
- Serviços Culturais: referem-se ao bem-estar não material, como lazer, turismo, espiritualidade, inspiração, herança e transmissão cultural.

Identificar a vulnerabilidade de determinada população a um evento, seja este de origem natural ou tecnológica, demanda a análise de várias dimensões da realidade. Ao analisar a relação entre estudos sobre população e ambiente e a vulnerabilidade a perigos naturais, Hogan e Marandola Jr realçam a crescente preocupação com a dimensão relacional, circunstancial e espacial, nestes estudos, pois “cada lugar, sociedade e indivíduo, exposto aos mesmos perigos, pode ser afetado de modo diferente” (HOGAN; MARANDOLA JR, 2007, p. 76). Diferenças institucionais, políticas, econômicas, culturais e espaciais influenciam de maneira distinta pessoas e lugares. Os autores entendem o termo vulnerabilidade como a situação que, envolvendo as condições sociais, econômicas, demográficas, geográficas, entre outras, “afetam a capacidade de responder ao perigo e ao risco” (op. cit., p. 75). Salientam ainda que

Embora um entendimento mais abrangente das relações entre os componentes e dimensões da vulnerabilidade seja necessário, é igualmente importante prosseguir nos esforços para compreender o específico nexos causal em lugares específicos, porque são neles que se materializam as diferentes dimensões da vulnerabilidade, dando-nos pistas sobre a natureza de tais interações. [...] Seria um erro, porém, subestimar a importância de estratégias locais e da experiência das comunidades na redução da vulnerabilidade (DELICA-WILLISON; WILLISON, 2004). Estratégias e ações na escala local são respostas culturais significativas que produzem efeitos importantes e duradouros na capacidade de adaptação e resposta ao risco por parte de pessoas e de lugares (HOGAN; MARANDOLA JR., 2007, p. 77).

A vulnerabilidade social de uma comunidade é, então, um dos componentes a serem estudados para que se tenha a compreensão da capacidade de resposta de um determinado grupo a potenciais impactos. A vulnerabilidade social é a condição que caracteriza grupos de pessoas em situação de exclusão social, sobretudo por fatores socioeconômicos.

O Índice de Vulnerabilidade Social – IVS – é um indicador que busca traduzir a ausência ou a insuficiência de recursos necessários ao bem-estar e à qualidade de vida da população, o que provoca situações de vulnerabilidade social, e tem como referência os resultados dos censos demográficos de 2000 e 2010. São dezesseis indicadores que compõem o IVS, organizados em três dimensões, conforme Tabela 14.

Tabela 14 - Indicadores que compõem as três dimensões do Índice de Vulnerabilidade Social – IVS

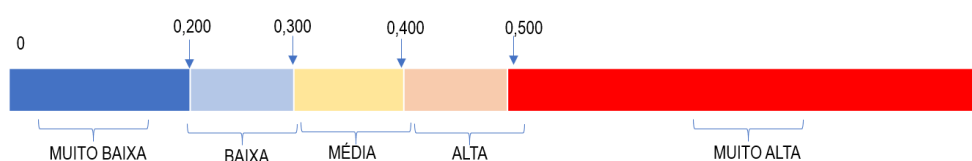
Dimensão	Indicador
	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.

IVS infraestrutura urbana	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.
IVS capital humano	Mortalidade até 1 ano de idade.
	Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola.
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola.
	Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos.
	Percentual de mães chefes de família sem ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade no total de mulheres chefes de família.
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade.
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo.
IVS renda e trabalho	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010) na população total dessa faixa etária.
	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010).
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade.
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal.
	Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo (2010) e dependentes de idosos.

Fonte: IPEA, 2015

O IVS varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município (Figura 7). As faixas de IVS definidas pelo IPEA são: **muito baixa**, **baixa**, **média**, **alta** e **muito alta**.

Figura 7 - Faixas do Índice de Vulnerabilidade Social



O IVS está disponível na plataforma eletrônica do IPEA em diferentes recortes territoriais, sendo o de maior detalhe o municipal.

A escala do município é comumente utilizada para diagnósticos do meio socioeconômico nos estudos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Muitas das informações que contribuem para o conhecimento das características da Unidade de Conservação e de seu entorno, nos aspectos social, político, econômico e territorial, estão agregadas nas estatísticas nessa escala. Assim, a fim de elaborar um perfil socioeconômico geral do contexto onde se insere a Unidade de Conservação procedeu-se à consulta de dados do Censo do IBGE de 2000 e de 2010, além de outras fontes oficiais, organizando-as por município.

Entretanto, potenciais impactos relacionados ao meio socioeconômico podem não ser identificados nessa escala municipal de estudo. Optou-se, então, por uma escala de maior detalhe, chegando-se aos setores censitários. A escolha dos setores censitários, conforme descrito na delimitação da área de estudo, obedeceu ao critério de proximidade à UC (Zona de Amortecimento ou raio de 3 km). Posteriormente, a observação do mapa de nodalidade mostrou alguns espaços de interesse para a análise em razão da interação potencial com a UC. Considerando que o IVS acima descrito – e mesmo o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal IDH-M, outro importante indicador das condições de vida de uma população – são disponibilizados na escala municipal, buscou-se no Censo Demográfico de 2010, no âmbito dos setores censitários, dados estatísticos que permitam compreender algumas das características da vizinhança da UC, de modo a contribuir para a compreensão do grau de vulnerabilidade das comunidades do entorno da UC. Não se trata de calcular o índice de vulnerabilidade de cada uma das comunidades, mas de, a partir de algumas variáveis levantadas pelo Censo 2010, compreender as condições sociais da comunidade inserida em cada setor censitário.

Mesmo nessa escala mais detalhada, deve-se considerar que as informações são decorrentes de dados estatísticos datados. Então, nesta etapa, considerou-se importante a identificação dos setores que, por sua condição de vulnerabilidade e/ou proximidade com a UC e com o Rio Doce, foram visitados durante a etapa de campo.

Além das estatísticas para o delineamento do perfil social e econômico, para se traçar a linha de base do meio socioeconômico, cultural e de uso público recorreu-se à interpretação do mapa de uso da terra da região em que se encontra inserida a UC; a publicações em revistas científicas e anais de congressos, teses e dissertações, relacionadas ao turismo, lazer e uso público na região, às comunidades tradicionais indígenas, quilombolas e ribeirinhas, ao patrimônio histórico, arqueológico e cultural presente nas próprias UCs ou em seu entorno. Por meio de consultas aos sítios eletrônicos de instituições oficiais nos três níveis de governo foi possível se obter a relação de bens patrimoniais. Porém, nem sempre havia referência quanto a sua localização, o que impossibilitou, inicialmente, afirmar a relação entre determinado bem e a UC, entretanto, as expedições a campo e oficinas permitiram informações mais precisas sobre a localização dos bens, além de complementar algumas informações contidas no diagnóstico de linha de base.

4.3.2 Caracterização da Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público na FLONA de Goytacazes

4.3.2.1 Histórico das Formas de Uso e Ocupação do Território

Localizada no baixo Rio Doce, Linhares teve sua ocupação vinculada, durante o período colonial, à função exercida pelo rio como canal de penetração das navegações expedicionárias em direção ao médio e ao alto curso⁵. No Brasil Colônia e Imperial a conexão de áreas de exploração se dava no sentido leste-oeste, adentrando o território a partir do litoral, por verdadeiras hidrovias nos grandes rios, com uma estrutura econômica baseada nessas “bacias de exportação” (MORAES, 1991).

Até o início do século XIX, existiam dois pequenos aldeamentos no baixo Doce, Regência e Nossa Senhora da Conceição, o primeiro instalado em 1572 e o segundo em 1593. O quartel de Coutins, localizado às margens do Rio Doce, tinha a função de controle das navegações e combate ao contrabando de ouro das minas, escoado pelo rio (ZAMBON, 2009, apud SILVA, 2014). Porém,

O propósito governamental de incentivar a navegação não obteve o êxito esperado, devido às dificuldades que o rio apresentava e aos constantes ataques dos índios botocudos. Em 1803, os indígenas atacaram o Porto de Souza e deixaram o Quartel, conhecido como Coutins, totalmente destruído (IBGE, 2018)⁶.

A Freguesia, depois Vila de Linhares teve vários contornos territoriais. No Recenseamento Geral de 1920, “a vila de Linhares é constituída de 8 distritos: Linhares, Acioli de Vasconcelos, Regência, Baixo Guandu, Baunilha, Colatina, Mascarenhas, Mutum e Regência” (IBGE, 2018)⁷. Linhares é desmembrado de Colatina e elevado à categoria de município em 1943.

A cultura do café foi significativa na expansão da fronteira agrícola capixaba e a abertura de vias de comunicação em direção ao norte do estado, na década de 30, favoreceu a introdução das lavouras de cacau, cujos remanescentes são hoje objeto do agro-turismo no município.

Além da agricultura, o extrativismo florestal deixou suas marcas no território de Linhares. A extração de madeira, desde os terraços aluviais até as restingas litorâneas, atuou na ampliação das áreas desmatadas e direcionou o uso para as atividades agrícolas e pecuárias. Segundo Silva (2014):

Até 1960 praticamente todo o município era coberto pela Mata Atlântica, porém após a crise do café, a economia se reergue através do extrativismo florestal, iniciando o desmatamento da Mata Atlântica, caracterizando o ciclo da madeira, que em sua maioria era utilizada para a construção da nova Sede do Brasil, Brasília, deixando o rastro madeireiro e alterando a paisagem, surgindo um território vasto de lavouras, pastagens e pequenas vilas, onde a Mata Atlântica ficou reduzida a fragmentos descontínuos (SILVA, op. cit. p. 25).

⁵ Há testemunhos da presença humana na pré-história nas restingas pleistocênicas da planície costeira do Rio Doce, no entorno da lagoa Suruaca. Datações de sambaquis atestam cerca de 4.400 anos. Tanto os habitantes pré-históricos quanto os indígenas pré-coloniais praticavam a coleta, a caça e a pesca e o ambiente proporcionava florestas e lagunas costeiras com abundante estoque de recursos (SUGUIO, 1982; GONÇALVES, 2014; ZUNTI, 1982, apud SILVA, 2014).

⁶ Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/espirtosanto/linhares.pdf>. Acesso: 03 dez 2018.

⁷ Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/espirtosanto/linhares.pdf>. Acesso: 03 dez 2018

Incentivos do governo federal atuaram fortemente na ocupação na planície costeira. Recursos direcionados à construção de canais artificiais de drenagem para escoamento das áreas inundáveis atuaram na redefinição dos usos da terra, pois áreas antes inviáveis de serem ocupadas puderam se transformar em pastagens (SILVA, op. cit.).

Inserida na economia globalizada, Linhares destaca-se como polo de desenvolvimento regional, com atividades de caráter urbano-industrial: agricultura exportadora de frutas, importante polo moveleiro e grande produtor de petróleo e gás natural, cujas jazidas são exploradas pela Petrobrás em território na faixa litorânea do município.

Sua localização e suas características, anunciadas como vantagens competitivas, logística privilegiada, atraem possibilidades de investimento em infraestrutura de transporte, como o terminal marítimo de minério de ferro, previsto inicialmente para uma “área de 1.200 hectares na região da Fazenda Praia Bela, em Praia de Cacimbas”, destinado à mineradora Manabi⁸. O projeto, apresentado em 2013, foi alterado para um porto multicargas, a ser construído em Degredo, no litoral de Linhares, cujo processo de licenciamento encontra-se em curso⁹.

O uso e ocupação da terra na área de estudo apresenta substancial parcela de vegetação arbórea, categoria em que a FLONA de Goytacazes tem grande representatividade, conforme pode ser observado no Mapa 14 e Tabela 15. Essa parcela provavelmente inclui parte de vegetação nativa, mata de cabruca e silvicultura. No entorno da UC, são frequentes os usos relacionados à agricultura e, em maior área, à pecuária.

Tabela 15 - Uso e ocupação da terra na FLONA de Goytacazes

Tipo de uso e ocupação	ha	Km²	%
Área alagada	64	0,64	0,77
Área edificada	8,18	0,08	0,10
Banco de areia	411,07	4,11	4,94
Cultura agrícola	903,94	9,04	10,86
Massa d'água	637,1	6,37	7,65
Pastagem	1717,4	17,17	20,63
Silvicultura	277,26	2,77	3,33
Solo exposto	24,35	0,24	0,29
Vegetação arbórea	3.586,66	35,87	43,08
Vegetação campestre	283,7	2,84	3,41

⁸ http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20160722_aj05772_portos_linhares.pdf

⁹ <http://www.sitedelinhares.com.br/noticias/geral/mlog-ex-manabi-anuncia-construcao-de-porto-multicargas-em-degredo-com-investimentos-de-r-800-mi>

Vegetação em estágio inicial de recuperação	257,35	2,57	3,09
Outros	155,29	1,55	1,87

Próximo à estrada sentido Regência há uma parcela de área de cabruca, como também do outro lado do Rio Doce. Historicamente os proprietários da mata de cabruca são os ricos da cidade de Linhares. Devido a perda da lavoura pela vassoura de bruxa, essas áreas estão atualmente improdutivas, sendo vendidas irregularmente como lotes, apesar de o Plano Diretor apontar como áreas que não poderiam ser urbanizadas¹⁰.

Ainda que a maior parte da população da área de estudo seja considerada como urbana, o que consta na descrição dos setores censitários, na Tabela 15 a área edificada corresponde a pouco mais de 0,10% dos tipos de ocupação identificados, em contraste aos 20,63% relacionado à *Pastagem*, aos quase 11% relacionados a *Culturas agrícolas* (principalmente coco e cacau) e os 3,3% de *Silvicultura* (reflorestamento de eucalipto e de seringueira). No Plano de Manejo da FLONA de Goytacazes foi observada a tendência em alguns pontos para o crescimento do uso urbano, o que aponta para a reserva de áreas para expansão urbana.

A descrição contida no Plano de Manejo da FLONA indica na Zona de Amortecimento a presença de pequenas propriedades cujas áreas variam de 3 até 60 ha, e de fazendas com grandes áreas que vão de 100 até mais de 500 ha. Há predomínio, nas propriedades, de áreas com pastagens e com as culturas de cacau e coco, e com cana, mamão e seringueira em algumas delas. Existem ainda áreas com mata que cobre os cultivos de cacau, denominada localmente de mata de cabruca em muitas destas propriedades.

Um importante aspecto a ser considerado diz respeito à estrutura viária da área de estudo. Uma rodovia federal corta a UC e uma rodovia estadual acompanha parte de seus limites. Esse fator em si pode significar vetor de pressão sobre a UC. A ponte que atravessa o Rio Doce é o único ponto de acesso da FLONA para a cidade de Linhares. Estima-se que mais de 20 mil veículos atravessam a ponte por dia.

No atual processo de expansão industrial de Linhares está definido que a área do entorno da FLONA é o “trecho que se consolida o atual eixo de investimentos industriais do município, sendo configurado no Plano Diretor Municipal como uma área de uso industrial, consolidando-se no Distrito Industrial de Rio Quartel” (ICMBIO, 2013). Checagem em campo quanto à hipótese de refuncionalização de algumas áreas com a finalidade de destinação turística descarta tal cenário.

A imagem que compõe o Mapa 14, de uso e ocupação da terra, associada à conjectura quanto à existência de extensas áreas reservadas pela especulação imobiliária, adequa-se à reflexão de Hogan e Marandola (2007):

As cidades são cada vez mais dispersas, aumentando suas áreas de terras devido à especulação imobiliária (em cidades grandes e de porte médio é comum encontrar mais da metade das terras desocupadas), sem considerar a natureza das relações entre população e ambiente. O que em geral prevalece é o ajuste ao ambiente da cidade, e não o contrário, processo que está na raiz de muitos perigos urbanos,

¹⁰ O fato foi relatado pelos participantes da Oficina realizada em Governador Valadares nos dias 06 e 07 de fevereiro que avaliam ter a mata de cabruca uma função ecológica importante, mesmo sendo uma área agrícola.

especialmente inundações. É importante pensar nesses termos porque a identificação tardia de áreas de risco e a remoção da população dessas áreas são processos complexos que envolvem problemas éticos, sociais, técnicos e financeiros difíceis de resolver. Além disso, essas ações são apenas paliativas. Enquanto o modelo corrente de urbanização continuar a ignorar os limites ambientais da localização de cada cidade, nenhuma solução será possível. Quando estivermos ocupados com uma área de risco, haverá outra sendo criada num processo sem fim. Padrões de urbanização e de uso da terra devem ser reexaminados, porque a forma urbana é um reflexo de processos que reproduzem riscos em novos contextos, ampliando sua magnitude e intensidade, e aumentando os números de lugares e pessoas vulneráveis (HOGAN; MARANDOLA, 2007, p. 81).

4.3.2.2 Perfil Socioeconômico de Linhares/ES

Conforme apontado no item metodologia de trabalho, o perfil socioeconômico da área de estudo foi traçado e analisado a partir de duas escalas: a do município e a dos setores censitários. A FLONA Goytacazes está localizada integralmente no município de Linhares. Para a caracterização do município foram consultados dados que permitem uma visão generalista acerca de sua demografia, economia, condições de vida de sua população, infraestrutura e saneamento básico. Os dados gerais de caracterização do município foram obtidos junto a fontes oficiais (IBGE, Fundação João Pinheiro, PNUD, IPEA).

O município de Linhares

Demografia

O município de Linhares possuía população total de 112.608 habitantes em 2000 e passou para 141.306 habitantes no ano de 2010. É o sexto município mais populoso do estado representando, em 2010, 4,02% da população do Espírito Santo. Pode-se observar na Tabela 16, que Linhares é menos adensada do que o Estado do Espírito Santo. Com área de 3.496,5km², a densidade demográfica em 2000 era de 32,1hab./km² e aumentou para 40,3 hab./km² em 2010, enquanto a densidade demográfica do estado passou de 67,2 parra 76,2 no mesmo período.

Tabela 16 - Área Territorial, População e Densidade Demográfica do município, do estado de ES, 2000 e 2010.

Localidade	Área (km ²)	População		Densidade	
		2000	2010	2000	2010
Linhares	3.496,5	112.608	141.306	32,1	40,3
Espírito Santo	46.086	3.097.232	3.514.952	67,2	76,2

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2000 e 2010.

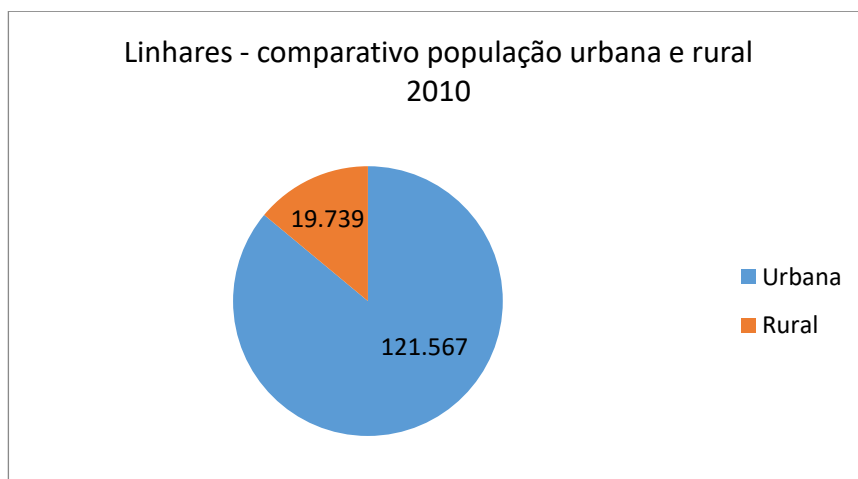
Acompanhando a tendência do país e do estado, a população de Linhares é predominantemente urbana, com percentuais ainda mais elevados que aqueles. Houve significativa redução da população rural que passou de 17,48% da população total em 2000 para 13,94% em 2010.

Tabela 17 - População Residente Total, Urbana e Rural em Linhares, ES – 2000 e 2010

Localidade	2000					2010				
	População total	População rural	%	População urbana	%	População total	População rural	%	População urbana	%
Linhares	112.608	19.685	17,48	92.923	82,52	141.306	19.739	13,94	121.567	86,03
Espírito Santo	3.097.232	634.183	20,48	2.463.049	79,52	3.514.952	583.480	16,60	2.931.472	83,40
Brasil	169.799.170	31.837.000	18,75	137.961.000	81,25	190.755.799	29.830.007	15,60	160.925.792	84,40

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2000 e 2010.

Gráfico 12 - Comparativo entre população urbana e rural em Linhares, ES – 2010



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Sobre a situação do domicílio, se rural ou urbano, cabe chamar a atenção para a necessidade de considerar um aspecto relacional entre ambas as categorias, tanto no domínio de sua base material quanto no domínio das representações. Abramovay (2000, apud IPEA, 2018) classifica como “vícios de raciocínio” as definições utilizadas pelo IBGE,

que em suas pesquisas não foge da clássica centralidade urbana e da simplificação do rural como espaço exclusivo de atividades produtivas relacionadas ao setor agropecuário. Ainda que as opções metodológicas em grandes pesquisas amostrais sejam necessárias e justifiquem, em grande medida, a adoção de simplificações conceituais, ao reproduzir uma dada hierarquização e supremacia do urbano sobre o rural temos como resultado uma ambiguidade entre os dados produzidos e a realidade social vivida (IPEA, 2018, p. 27).

Essa informação deve ser considerada, então, associada a outras informações e análises, como a densidade demográfica e a interpretação dos dados contidos no Mapa 14, de uso e ocupação da terra.

Há um ligeiro equilíbrio entre homens e mulheres. Em 2010, os homens representaram 49,8% da população total e as mulheres representaram 50,1%. Para o Brasil, homens são 48,97% e mulheres 51,03%.

Gráfico 13 - População Total, por Gênero, Rural e Urbana em Linhares, ES – 2000 e 2010

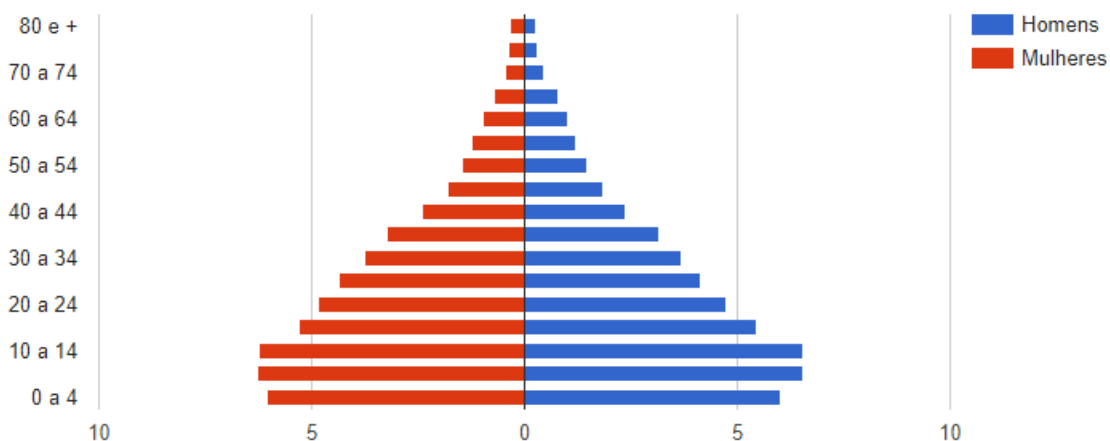
Ano	População Total	Urbana			Rural			Total	
		Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
2000	112.608	92.923	45.661	47.262	19.685	10.335	9.350	55.996	56.612
2010	141.306	121.567	59.882	61.685	19.739	10.533	9.206	70.415	70.891

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Um aspecto importante em relação à demografia é o processo de transição demográfica, decorrente da diminuição das taxas de mortalidade, natalidade e sobretudo da taxa de fecundidade, que ao longo do tempo declinam e tendem a se equilibrar em patamares mais baixos, alterando significativamente a composição e dinâmica da população. O Brasil encontra-se em fase adiantada nesse processo e, ainda que o fenômeno atinja a sociedade brasileira como um todo, diversidades regionais e socioculturais tornam-no múltiplo, fazendo com que assuma características variadas de acordo com o território em que acontece. Algumas características importantes da transição demográfica ora em curso são: i) declínio acentuado das taxas de crescimento populacional; ii) significativas alterações na estrutura etária da população; iii) crescimento populacional de forma mais acentuada nas áreas definidas como urbanas; iv) as áreas rurais tendem a perder população; v) *envelhecimento demográfico* (aumento do peso relativo dos idosos no conjunto da população), quando a migração não é significativa na área em estudo (CARMO et. al., 2012). O Gráfico 14, o Gráfico 15 e o Gráfico 16, referentes à pirâmide etária dos anos de 1991, 2000 e 2010, ilustram o processo no município de Linhares.

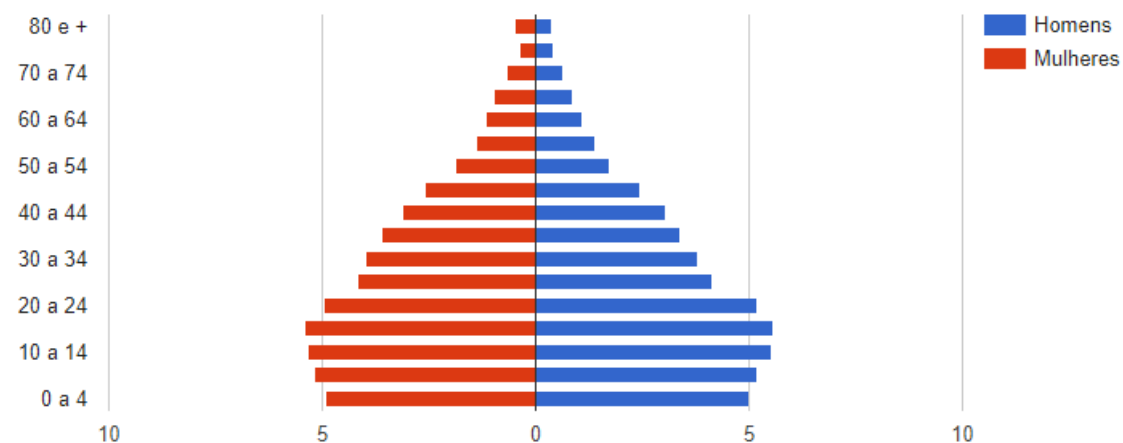
No eixo horizontal encontra-se o percentual da população, dividida por sexo; no eixo vertical estão os grupos de idade, as faixas etárias. Em comparação com os dois censos anteriores (1991 e 2000) identifica-se contínua diminuição da base, decorrente da diminuição das taxas de natalidade e fecundidade, sobretudo no decênio 2000-2010. Em 1991, o grupo de habitantes entre 0 e 4 anos representava 12,07% do total da população. Em 2010, o mesmo grupo representou 7,94% do total da população. Também o topo da pirâmide apresenta alterações, com aumento significativo de habitantes com mais de 80 anos, resultado da diminuição da taxa de mortalidade e consequente aumento da expectativa de vida. Em 1991, representavam 0,60% da população; em 2010 eram 1,20%.

Gráfico 14 - 1991 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)



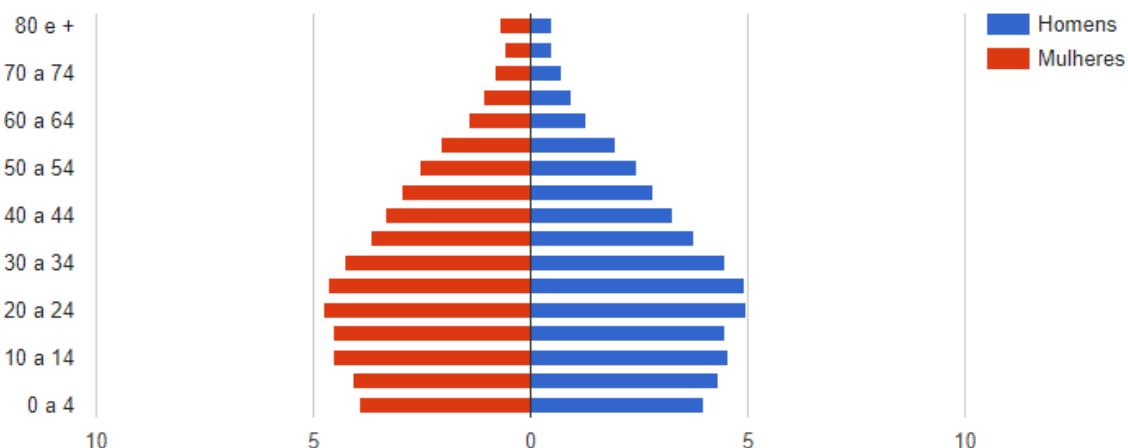
Fonte: PNUD, Ipea e FJP.

Gráfico 15 - 2000 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)



Fonte: PNUD, Ipea e FJP.

Gráfico 16 - 2010 – Pirâmide Etária de Linhares – ES (distribuição por sexo, segundo os grupos de idade)



Fonte: PNUD, Ipea e FJP.

Condições sociais e qualidade de vida da população

Para a análise das condições sociais e da qualidade de vida de uma população, atualmente, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um dos principais indicadores. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) permite a análise da série histórica desde o Censo de 1991 e permite também a indicação de tendências quanto ao desenvolvimento da localidade. O IDHM é um número com variação entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior é o desenvolvimento humano num município. A Tabela 18 apresenta as variáveis consideradas no cálculo do índice.

Tabela 18 - Variáveis do IDHM

Dimensões	Variáveis utilizadas
Vida longa e saudável Longevidade	Medida pela expectativa de vida ao nascer, calculada a partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE.
Acesso ao conhecimento Educação	Medido a partir de dois indicadores: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Percentual de pessoas de 18 anos ou mais com ensino fundamental completo (peso 1); ✓ Fluxo escolar da população em diferentes faixas etárias (5 a 6 anos, 11 a 13 anos, 15 a 17 anos e 18 a 20 anos) de modo a acompanhar a população em idade escolar em quatro momentos importantes da sua formação, o que facilita identificar se crianças e jovens estão nas séries adequadas às suas idades (peso 2).
Padrão de vida Renda	Medido pela renda municipal per capita obtida a partir da soma da renda de todos os residentes dividida pelo número de pessoas que residem no

município.

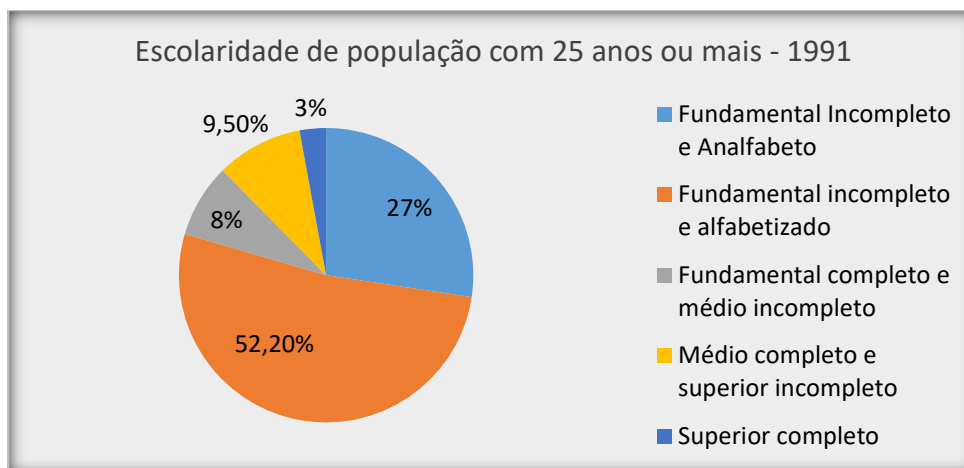
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 – PNUD, IPEA e FJP.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) de Linhares foi de 0,724, em 2010, índice que situa o município na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). A *longevidade* é a dimensão que mais contribui para a formação do índice, seguida de renda e, por último, *educação*. Esta sequência é uma constante nos municípios do Vale do Rio Doce.

Educação

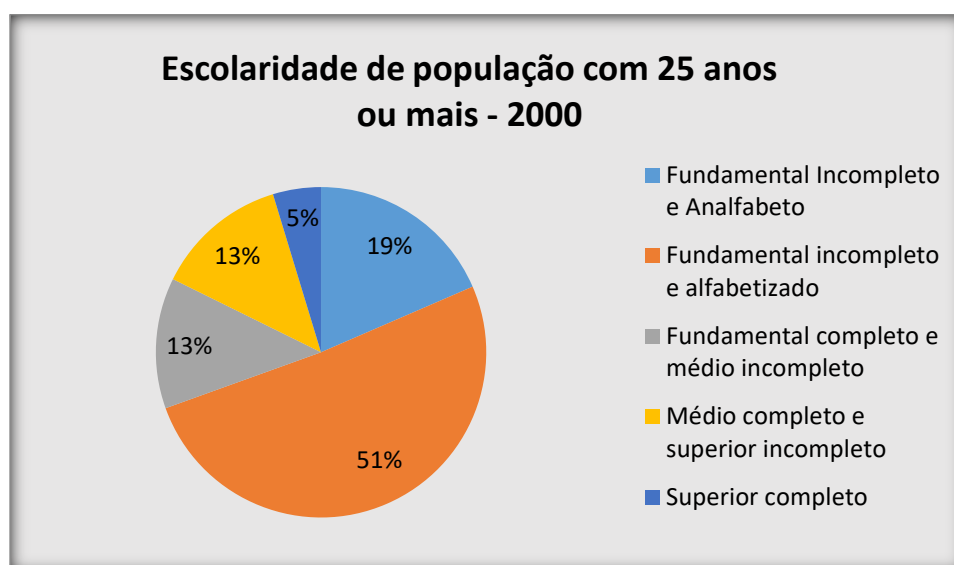
Com relação à educação, os dados sobre escolaridade da população adulta, com mais de 25 anos de idade, mostram o resultado de sucessivas políticas públicas no plano nacional voltadas ao aumento da escolaridade da população brasileira. Os índices que medem a evolução de aspectos ligados à educação, sobretudo da população adulta, são considerados de grande inércia, pois carregam o peso de gerações anteriores, mais velhas, que não tiveram o acesso ao ensino – universalizado – como as atuais gerações. É possível observar que no período de 1991 a 2010 houve a redução do percentual de pessoas com ensino *fundamental incompleto e analfabeto* (de 27% para 12%) e o significativo aumento do percentual de pessoas adultas com formação nos níveis *médio completo e superior incompleto* (de 10% para 25%) e *superior completo* (de 3% para 9%). O Gráfico 17, Gráfico 18 e o Gráfico 19 ilustram as informações.

Gráfico 17 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 1991



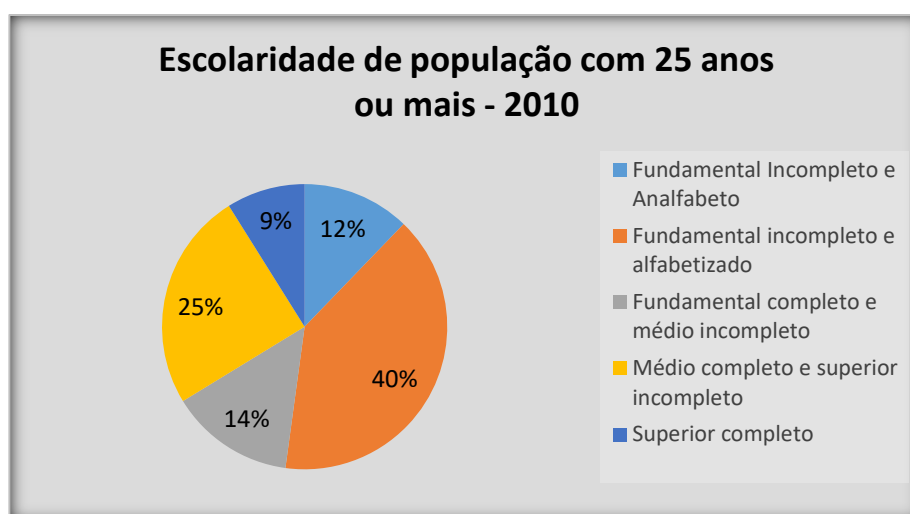
Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Gráfico 18 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 2000



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Gráfico 19 - Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Linhares em 2010



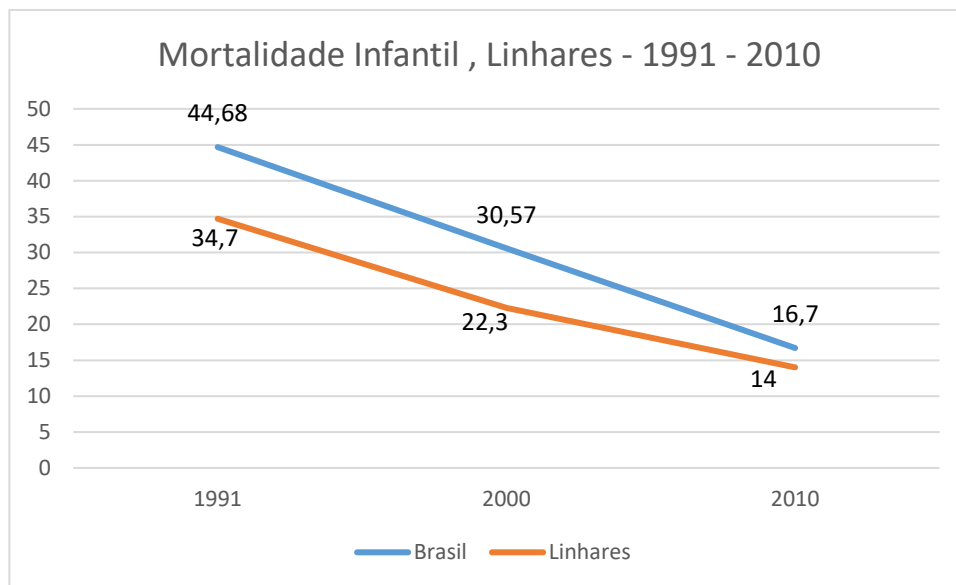
Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Saúde

Outra dimensão importante para a caracterização das condições de vida de uma determinada população é a saúde. Dentre os indicadores relacionados à saúde, a mortalidade infantil é um dos mais importantes. A taxa de mortalidade infantil refere-se à morte de crianças no primeiro ano de vida em relação a cada mil crianças nascidas vivas do período de um ano. É um importante indicador social sobre as condições de saúde, de nutrição, de saneamento básico e de educação de um determinado local. As taxas de mortalidade infantil vêm diminuindo progressivamente em muitos países em desenvolvimento, inclusive

no Brasil. Em Linhares, acompanhando a tendência de queda, a taxa declinou de 34,7 óbitos por mil nascidos vivos em 1991 para 14 em 2010, conforme mostra o Gráfico 20

Gráfico 20 - Mortalidade Infantil nos municípios de Linhares, ES - 1991, 2000 e 2010.



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Vulnerabilidade Social

Conforme destacado no item metodologia de trabalho, um importante aspecto a ser considerado para a compreensão dos potenciais impactos sobre a Unidade de Conservação na perspectiva do meio socioeconômico é a vulnerabilidade da população a alterações em seu ambiente. O Índice de Vulnerabilidade Social representa um dos aspectos a serem observados. A Tabela 19 apresenta o IVS para Linhares nos anos de 2000 e 2010.

Tabela 19 - Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Linhares, 2000 e 2010

Nome do Município	Ano	IVS	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho
Linhares	2000	0.378	0.205	0.496	0.432
	2010	0.252	0.114	0.358	0.282

Fonte: IPEA, 2018

Salienta-se que quanto mais próximo de 1 é o IVS, maior é a vulnerabilidade social no município. O IVS de Linhares evoluiu no período de **Média Vulnerabilidade** para **Baixa Vulnerabilidade**, conforme as faixas apresentadas na Figura 7.

Economia

Com a finalidade de apreender alguns elementos da dinâmica econômica dos municípios inseridos na área de estudo, foram observados os seguintes indicadores: o Produto Interno Bruto (PIB), o Produto Interno Bruto per capita e indicadores de produção, ocupação e renda.

O PIB do município de Linhares, considerado um centro regional, tem pouca expressão na composição do PIB de Espírito Santo, sendo de 3,56% em 2005 e de 4,16% em 2015, apresentando tendência de elevação, conforme pode ser observado na Tabela 20.

Tabela 20 - Produto Interno Bruto a preços correntes de Linhares, ES - 2005 e 2015 (mil)

Município	2005	2015	Participação no PIB Estadual (%)	
			2005	2015
Linhares	1.401.570,00	5.239.006,60	3,56%	4,16%
Espírito Santo	47.222.579.000	120.363.143.000	-	-

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2017.

Quanto ao Produto Interno Bruto *per capita*, o município de Linhares apresentou valor de R\$ 11.543,35 em 2005 e de R\$ 32.011,14 em 2015, com elevação bem superior que os índices estadual e nacional para o mesmo período, conforme pode ser observado na Tabela 21

É importante destacar que o PIB *per capita* (divisão do PIB pelo número de habitantes de um determinado lugar) é um indicador que aponta quanto cada habitante produziu em determinado período. Não se trata de uma medida de renda pessoal, pois não considera o nível de desigualdade da sociedade. Assim, municípios que abrigam sede de empresas ou grandes hidrelétricas ou, ainda, grandes projetos de investimento para exploração de recursos naturais não renováveis, podem ter um PIB *per capita* relativamente alto sem que isso signifique uma renda *per capita* maior ou um melhor nível de bem-estar ou qualidade de vida para a população.

Tabela 21 - Produto Interno Bruto *per capita* de Linhares, ES - 2015.

Município	PIB <i>per capita</i> (reais) - 2005	PIB <i>per capita</i> (reais) - 2015
Linhares	11.543,35	32.011,14
Espírito Santo	13.854,93	30.627,45
Brasil	11.658,12	28.876,00

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018.

Outros indicadores são comumente considerados, então, para que se tenha uma aproximação com a realidade local. A Tabela 22 apresenta indicadores de renda, pobreza e desigualdade. Observa-se, em sua leitura, fatores positivos para uma sociedade mais equânime, como o aumento da renda *per capita* e a diminuição do percentual de habitantes *extremamente pobres* e *pobres*. O Índice de Gini¹¹, que mede a concentração de renda, apresenta queda no período – fator positivo. O Brasil é um dos países mais desiguais do mundo, e ainda que tenha melhorado alguns dos indicadores, sua colocação do ranking não condiz com sua posição na economia mundial.

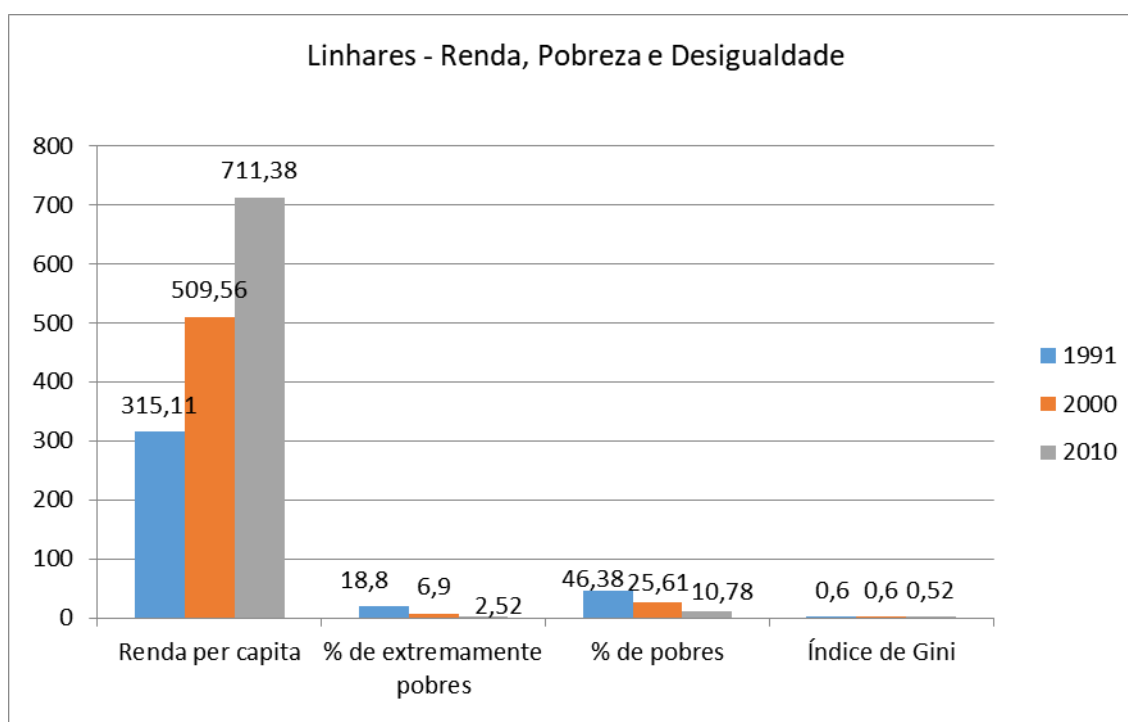
Tabela 22 - Renda, Pobreza e Desigualdade em Linhares, ES – 1991, 2000 e 2010

Indicador	1991	2000	2010
Renda <i>per capita</i> (R\$)	315,11	509,56	711,38
% de extremamente pobres	18,80	6,90	2,52
% de pobres	46,38	25,61	10,78
Índice de Gini	0,60	0,60	0,52

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

¹¹ O Índice de Gini numericamente, varia de 0 a 1, sendo que 0 representa a situação de total igualdade e o valor 1 significa completa desigualdade de renda.

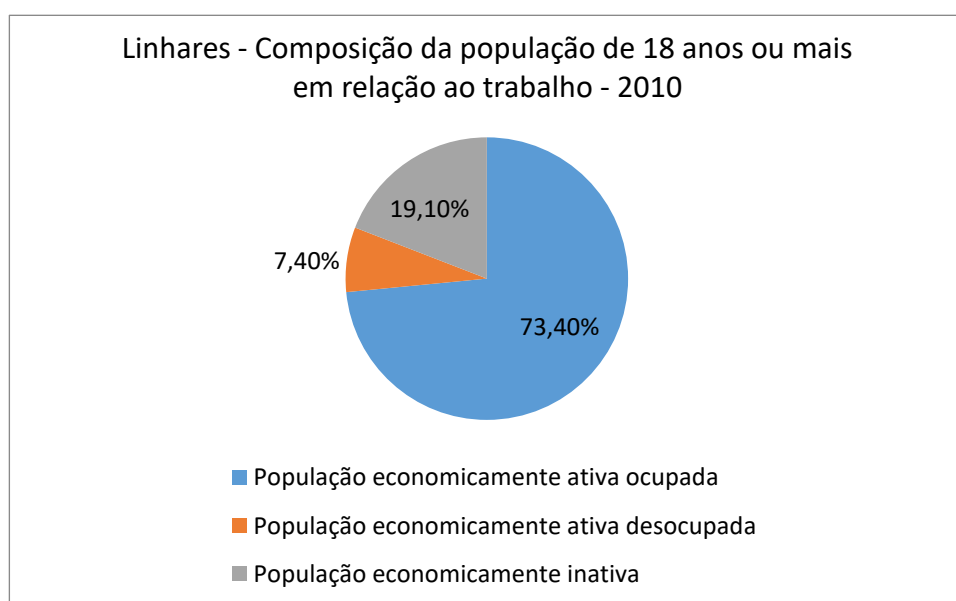
Gráfico 21 - Renda, Pobreza e Desigualdade em Linhares, ES – 1991, 2000 e 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

O percentual de população economicamente ativa com mais de 18 anos, representado pela **taxa de atividade**, no município de Linhares teve elevação no período de 2000 a 2010, saindo de 70,16% em 2000 e chegando em 73,42%. O percentual da população economicamente ativa desocupada, representado pela **taxa de desocupação**, passou de 10,48% para 7,44% no mesmo período (PNUD, Ipea e FJP, op. cit). O Gráfico 22 ilustra os resultados de 2010.

Gráfico 22 - População Economicamente Ativa de Linhares, ES - 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

Como pode ser observado na Tabela 23, no município de Linhares, em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 14,71% trabalhavam no setor agropecuário, 0,89% na indústria extrativa, 14,17% na indústria de transformação, 8,93% no setor de construção, 17,12% no comércio e 38,66% no setor de serviços. Ou seja, a maioria da população com mais de 18 anos, ocupada, encontrava-se em 2010 no setor de serviços, sendo o setor terciário o responsável pela ocupação de mais da metade da população com mais de 18 anos.

Tabela 23 - Ocupação na faixa etária de 18 anos por setor econômico de Linhares, ES - 2010

Setor Primário	%	Setor Secundário	%	Setor Terciário	%
Agropecuário	14,71	Indústria transformação	14,17	Comércio	17,12
Indústria extrativa	0,89	Construção	8,93	Serviços	38,66
Total	15,6	Total	23,10	Total	56,73

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018.

O valor adicionado é a contribuição ao Produto Interno Bruto (PIB) pelas diversas atividades econômicas. O valor é obtido pela diferença entre o valor bruto da produção e o consumo intermediário absorvido por cada uma das atividades. O valor adicionado é utilizado pelos estados para o cálculo do índice de retorno do ICMS aos municípios. A Tabela 24 apresenta os valores relacionados aos anos de 2005 e 2015. Em 2015, o setor de serviços foi o que mais contribuiu para a formação do PIB municipal. Na tabela, é possível observar que a dinâmica da economia local está vinculada crescentemente aos setores secundário e terciário.

Tabela 24 - Valor Adicionado (por setor) do município de Linhares em 2005 e 2015 (em R\$ mil).

Valor adicionado	2005	2015
Agropecuária	177.579,00	192.304,29
Indústria	430.757,00	1.623.332,74
Serviços	622.319,00	1.946.327,13
Administração Pública	-	723.951,05

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018.

O setor de serviços, que vem tendo expressão crescente na composição do PIB do Brasil e de diversos países, abrange

atividades de alojamento e alimentação, transportes e serviços auxiliares dos transportes, correio e telecomunicações, informática, serviços imobiliários e de

aluguel de bens, serviços prestados principalmente às empresas e outras atividades de serviços (serviços auxiliares financeiros, representantes comerciais e agentes do comércio, serviços auxiliares da agricultura, serviços recreativos, culturais e desportivos e serviços pessoais). O setor produtor de serviços vem assumindo papel cada vez mais importante no desenvolvimento da economia mundial, tanto do ponto de vista da geração de renda e emprego, como da substancial contribuição para a dinâmica econômica dos países (IBGE, 1999)¹².

Quanto ao ICMS Ecológico, a informação é de que o Espírito Santo ainda não possui legislação que permita o repasse, a título de compensação, aos municípios que tenham áreas estabelecidas como Unidades de Conservação¹³.

Os Setores Censitários da Área de Estudo

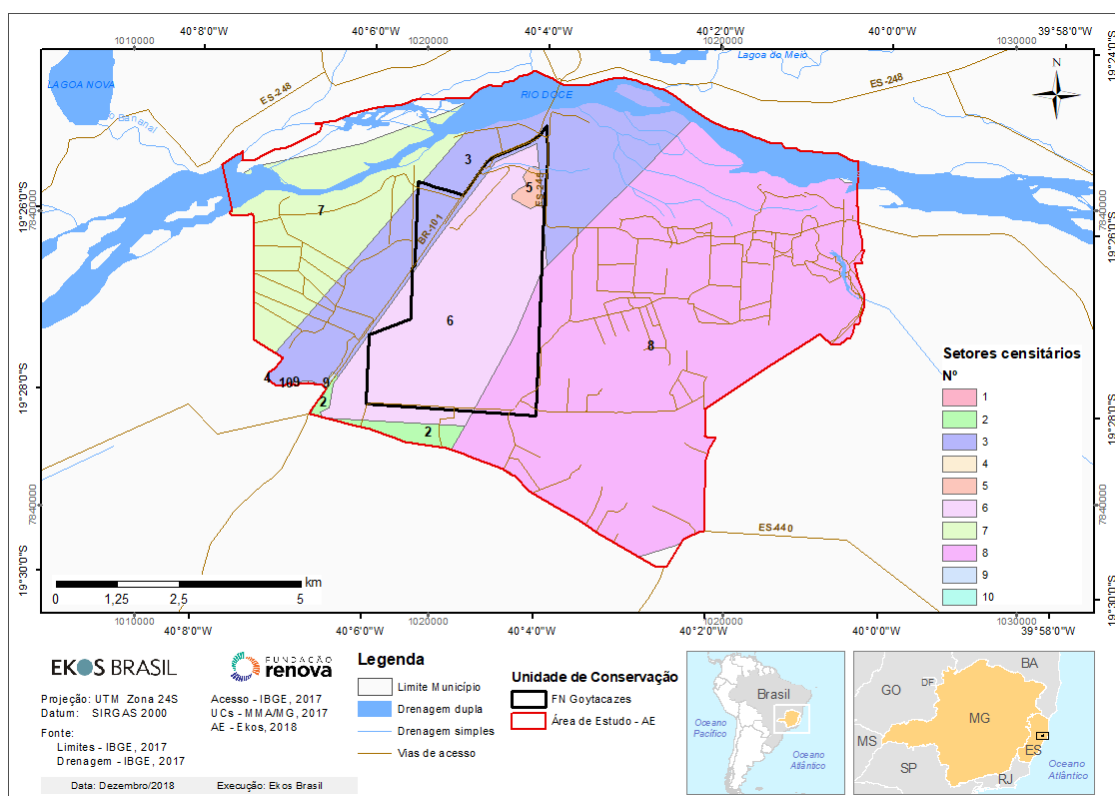
Um dos elementos que norteou a definição da área de estudo do meio socioeconômico foi a configuração dos setores censitários adjacentes aos limites da Unidade de Conservação, como abordado nas definições metodológicas. Isso se deve à disponibilidade de dados censitários que possibilitam maior aproximação quanto às características locais o que, por sua vez, podem indicar atuais ou tendenciais relações com a UC. Os dados são do Censo de 2010, mais recente recenseamento do IBGE.

Foram identificados dez setores censitários na área de estudo da FLONA da Goytacazes – área que coincide com a Zona de Amortecimento definida no Plano de Manejo da UC, todos no distrito de nome Bebedouro. A maior parte da FLONA está inserida no setor de número 6 (ID 62288), classificado como urbano. Há um setor que se localiza integralmente no interior da FLONA, o de número 5 (ID 62287); sobre este setor não há informações disponíveis no banco de dados do IBGE. Os setores 3 (ID 62285) e 8 (ID 62293) comportam pequenos trechos do território da UC. Os outros são vizinhos à FLONA. Apenas dois setores, dentre os dez, são rurais. Vide Mapa 16.

¹²Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/comercioeservico/pas/analisePAS99.shtm>. Acesso em: 20 nov. 2018.

¹³ http://www.icmsecolgico.org.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=77

Mapa 16 - Setores censitários da área de estudo



Dentre os dados disponibilizados no Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) buscou-se aqueles que contribuíam para uma abordagem generalista, ainda que focada numa parte menor do território, como é o setor censitário. Os dados trazem informações para a caracterização demográfica, social e econômica dos moradores, além das relacionadas à infraestrutura e aos serviços de saneamento básico, também fornecendo indicativos quanto à vulnerabilidade dos moradores locais. Ressalta-se que a proposta não é produzir o índice de vulnerabilidade social do setor (conforme o existente para o município), mas obter elementos que, associados a outras informações sobre a área, permitam uma análise integrada do meio para a definição da linha de base e identificação dos potenciais impactos decorrentes do rompimento da barragem do Fundão.

A Tabela 25 apresenta os dados referentes à população e domicílios de área de estudo. 3.647 moradores, distribuídos em 1008 domicílios, o que perfaz uma média de 3,62 moradores por domicílio, acima da média brasileira, que é de 3,3 moradores por domicílio. O setor 8 é o mais populoso, seguido dos setores 10, 1, 4 e 9. Os setores 2 e 6 são bem pouco populosos

Tabela 25 - Domicílios e População, por setor censitário com interface direta com a FLONA de Goytacazes, 2010.

Nº	Município	ID	Setor Censitário Códigos	Tipo de Setor	Domicílios	Moradores	Média de moradores por domicílio
1	Linhares	62283	320320507000003	Urbano	163	570	3,5
2		62284	320320507000004	Urbano	24	85	3,54
3		62285	320320507000005	Urbano	81	303	3,74
4		62286	320320507000006	Urbano	140	521	3,72

5		62287	320320507000007	Urbano			
6		62288	320320507000008	Urbano	6	27	4,5
7		62292	320320507000012	Rural	85	317	3,73
8		62293	320320507000013	Rural	208	729	3,5
9		62296	320320507000016	Urbano	145	512	3,53
10		62298	320320507000018	Urbano	156	583	3,74
Total					1008	3647	3,62

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 23 - População, por setor censitário com interface direta. FLONA de Goytacazes, 2010.

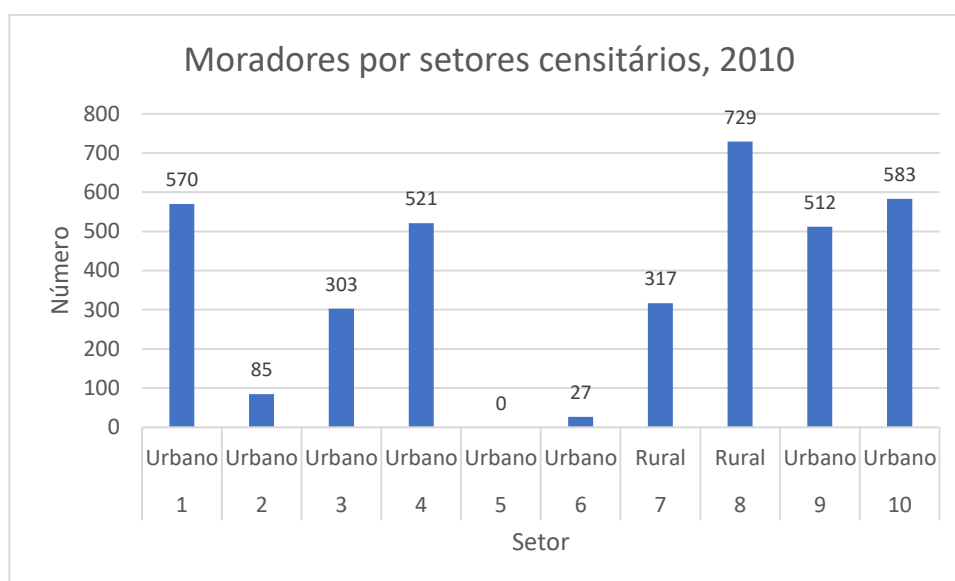
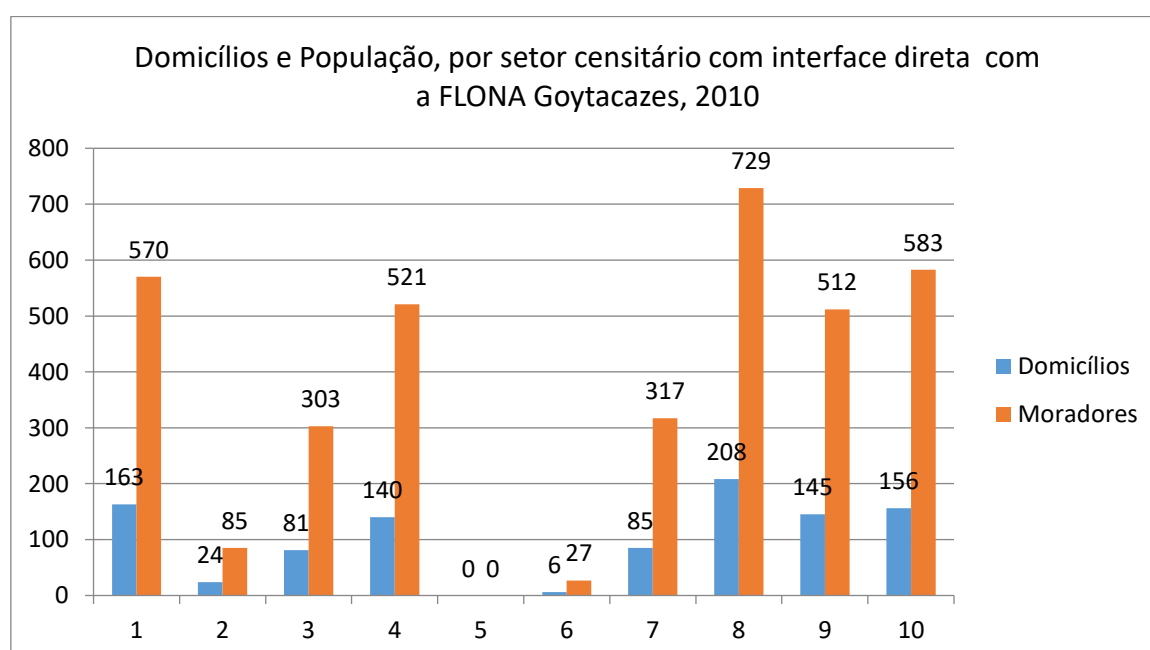


Gráfico 24 - Domicílios e População, por setor censitário com interface direta. FLONA de Goytacazes, 2010.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

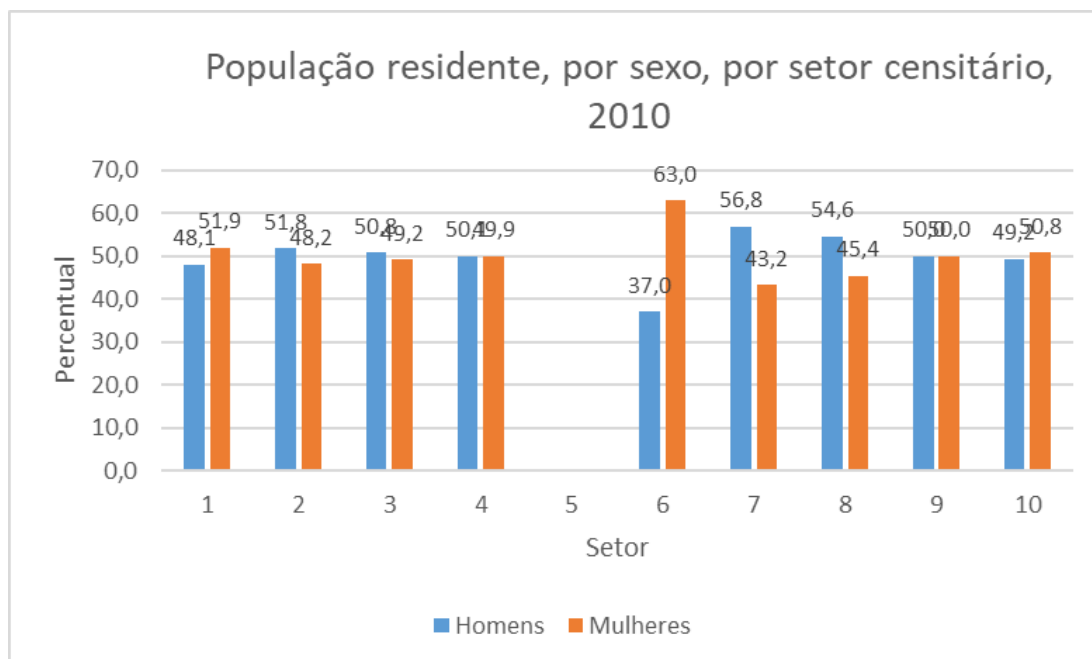
Quanto à questão da distribuição da população por sexo, pode-se observar na Tabela 26 e no Gráfico 25 certa homogeneidade no padrão, com percentuais muito próximos de mulheres e de homens, exceto para o setor 6, que apresenta grande diferença, sendo o percentual de mulheres muito superior ao de homens. É importante o aprofundamento da análise dessa variável quando há grande discrepância entre os sexos, sobretudo quando o número de mulheres suplanta o número de homens em proporção elevada, o que, associado a outras variáveis, é um possível indicador de maior vulnerabilidade. Observa-se também na Tabela 26 o número de crianças e idosos, outra variável que oferece pistas sobre a vulnerabilidade do grupo. Com relação ao número de crianças, tem-se que os setores 6 e 4 apresentam a maior proporção em relação ao número total de moradores do setor, respectivamente: 44,4% e 31,3%. Com relação à população com mais de 70 anos, os setores 9 e 10 apresentam proporcionalmente 4,9%; 4,5%

Tabela 26 - População residente, gênero e idade por setor censitário, 2010

Nº	Tipo de Setor	População Residente	Homens Residentes	Mulheres Residentes	Residentes até 14 anos	Residentes com mais de 70 anos
1	Urbano	570	274	296	150	22
2	Urbano	85	44	41	22	2
3	Urbano	303	154	149	82	6
4	Urbano	521	261	260	163	11
5	Urbano	0	0	0	0	0
6	Urbano	27	10	17	12	0
7	Rural	317	180	137	93	6
8	Rural	729	398	331	211	21
9	Urbano	512	256	256	123	25
10	Urbano	583	287	296	163	26

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 25 – População por sexo, setores censitários, FLONA de Goytacazes, 2010



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

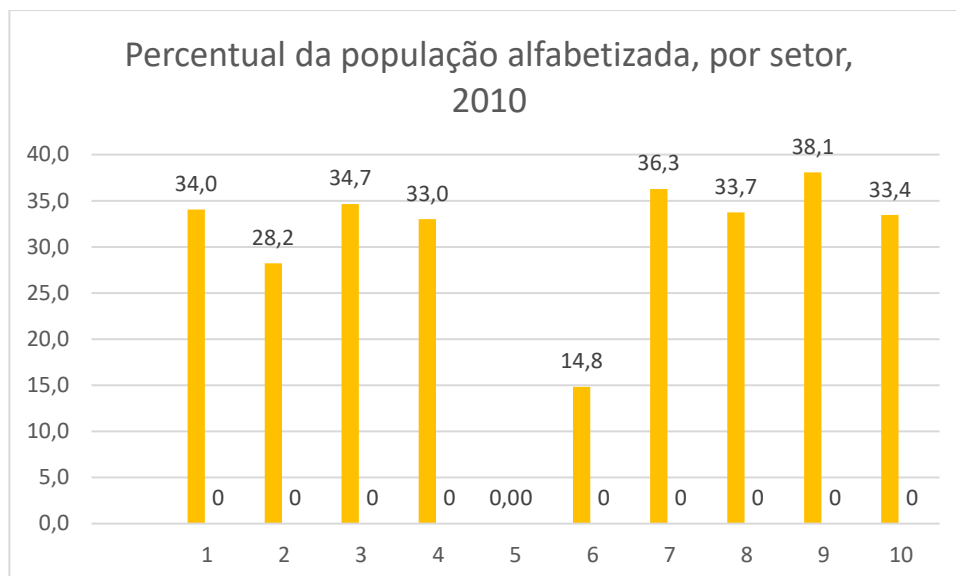
A Tabela 27 apresenta o número de pessoas alfabetizadas por faixa de idade e o percentual de alfabetizados por setor. O percentual de pessoas alfabetizadas em cada setor encontra-se abaixo da média regional. O setor 6 apresenta a menor percentual de alfabetizados. Porém, conforme a tabela é o setor que concentra, proporcionalmente, o maior número de moradores com menos de 14 anos.

Tabela 27 - Pessoas alfabetizadas por faixa de idade, por setor, 2010.

Nº	Tipo de Setor	Pessoas com 11 a 14 anos	Pessoas com 15 a 24 anos	Pessoas com 25 a 49 anos	Pessoas com mais de 50 anos	Total de pessoas alfabetizadas	Percentual de pessoas alfabetizadas (%)
1	Urbano	24	40	104	26	194	34,0
2	Urbano	3	6	8	7	24	28,2
3	Urbano	15	24	50	16	105	34,7
4	Urbano	26	52	77	17	172	33,0
5	Urbano	0	0	0	0	0	0,0
6	Urbano	0	1	3	0	4	14,8
7	Rural	24	38	40	13	115	36,3
8	Rural	36	74	85	51	246	33,7
9	Urbano	21	34	102	38	195	38,1
10	Urbano	27	46	96	26	195	33,4

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 26 - Percentual da população alfabetizada nos setores censitários de influência da FLONA de Goytacazes, 2010.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Os dados relacionados ao rendimento mensal (*per capita*) de cada domicílio estão apresentados na Tabela 28 e no Gráfico 27. Observa-se a predominância dos domicílios que têm rendimentos *per capita* inferiores a um salário mínimo ao mês, forte indicador de vulnerabilidade social. Destaque para o setor 6, que tem todos os domicílios nessa situação.

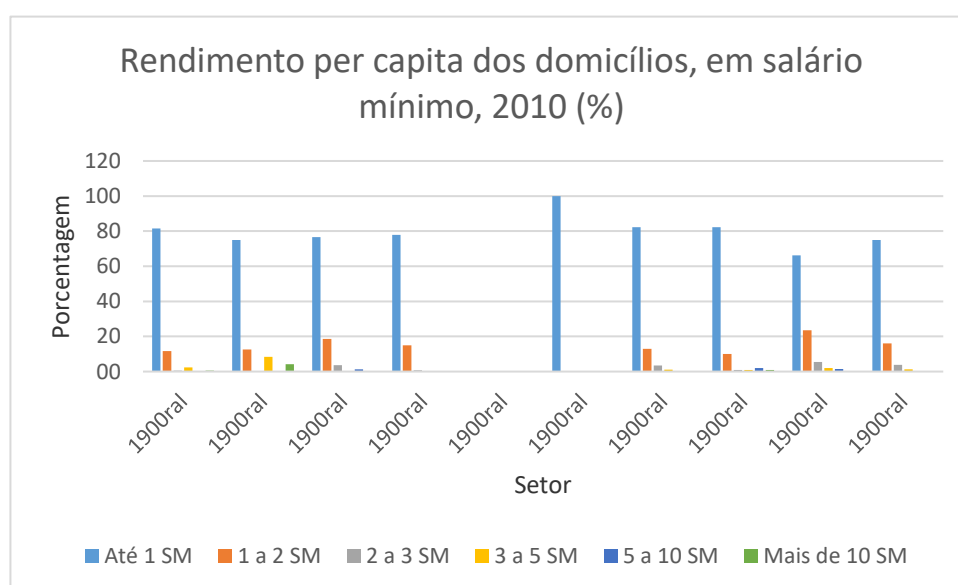
Tabela 28 - Rendimento nominal mensal *per capita* dos Domicílios Permanentes (não inclui improvisados), em salários mínimos, por setor censitário, 2010.

Nº	Tipo domicílio	Domicílios	Até 1 SM	1 a 2 SM	2 a 3 SM	3 a 5 SM	5 a 10 SM	Mais de 10 SM	Sem rendimento

1	Urbano	163	133	19	1	4	0	1	3
2	Urbano	24	18	3	0	2	0	1	0
3	Urbano	81	62	15	3	0	1	0	0
4	Urbano	140	109	21	1	0	0	0	5
5	Urbano		0	0	0	0	0	0	0
6	Urbano	6	6	0	0	0	0	0	0
7	Rural	85	70	11	3	1	0	0	0
8	Rural	208	171	21	2	2	4	2	2
9	Urbano	145	96	34	8	3	2	0	2
10	Urbano	156	117	25	6	2	0	0	3

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 27 – Rendimento nominal mensal *per capita* dos domicílios em salários mínimos, por setor censitário, 2010



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010

Infraestrutura e Serviços de Saneamento Básico

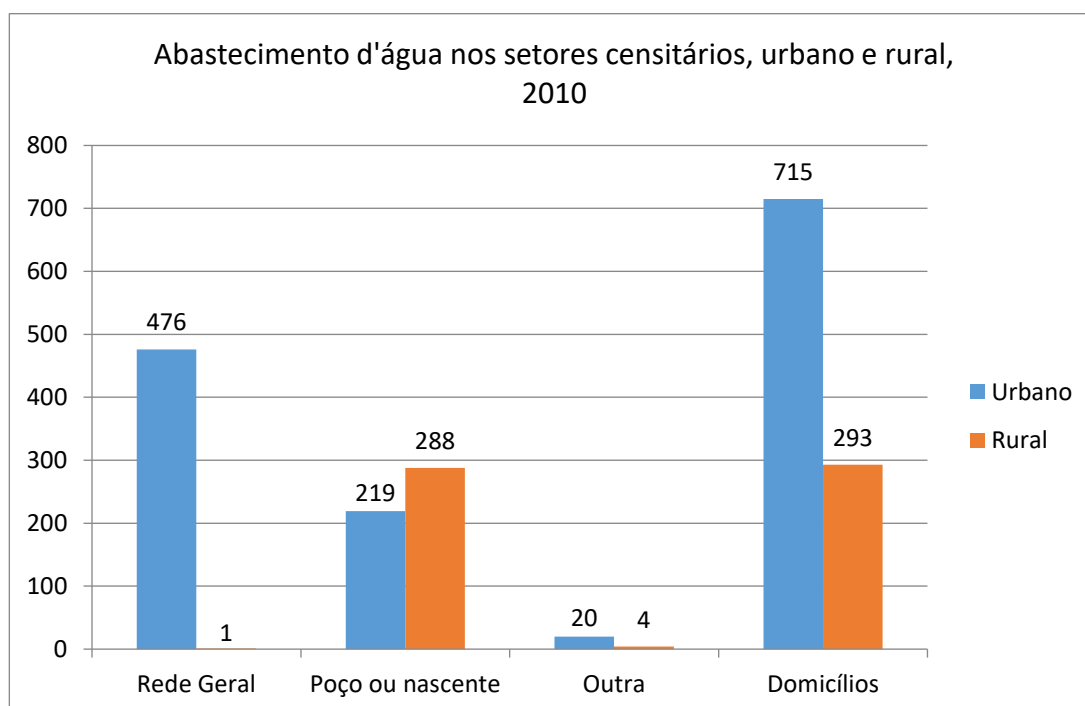
Com relação à infra-estrutura e serviços de saneamento básico foram recolhidos dados referentes ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário, aos resíduos sólidos e energia elétrica em cada um dos setores censitários.

Quanto ao abastecimento de água, alguns setores apresentam grande proporção de domicílios que captam águas de poços ou nascentes: 6 (100%), 7 (97,6%), 8 (98,6%) e 2 (87,5%). O setor 3 apresenta, ainda, domicílios com outras fontes de captação. Os setores 1, 4, 9 e 10 têm a maior parte dos domicílios com abastecimento ligado à rede geral.

Tabela 29 - Forma de abastecimento d'água por setor censitário, na área de influência da FLONA de Goytacazes, 2010.

Nº	Tipo de setor	Total de domicílios	Rede Geral	Poço ou nascente	Outra
1	urbano	163	121	41	1
2	urbano	24	2	21	1
3	urbano	81	13	55	13
4	urbano	140	101	36	3
5	urbano	0	0	0	0
6	urbano	6	0	6	0
7	rural	85	1	83	1
8	rural	208	0	205	3
9	urbano	145	114	31	0
10	urbano	156	125	29	2

Gráfico 28 - Abastecimento d'água nos setores censitários, urbano e rural, 2010.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

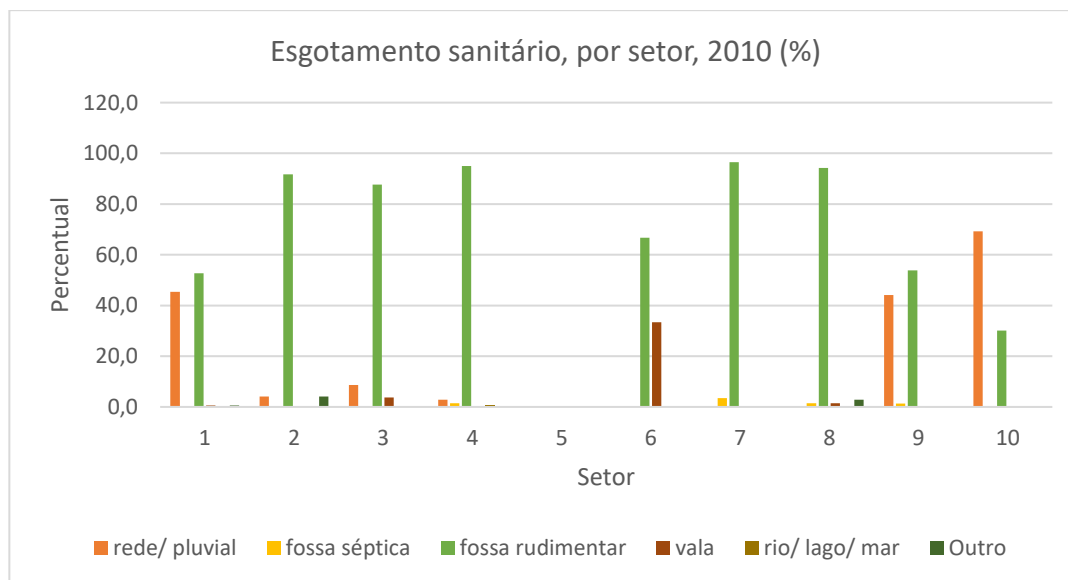
Com relação ao esgotamento sanitário, a maioria dos setores apresenta situação bastante crítica. Há predomínio de fossas rudimentares nos domicílios de todos os setores, com exceção do setor 10. No setor 6 há, ainda, o despejo em vala.

Tabela 30 - Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, área de influência FLONA de Goytacazes, 2010

Nº	Tipo de Setor	Esgotamento Sanitário					
		rede/ pluvial	fossa séptica	fossa rudimentar	vala	rio/ lago/ mar	Outro
1	Urbano	74	0	86	1	0	1
2	Urbano	1	0	22	0	0	1
3	Urbano	7	0	71	3	0	0
4	Urbano	4	2	133	0	1	0
5	Urbano						
6	Urbano	0	0	4	2	0	0
7	Rural	0	3	82	0	0	0
8	Rural	0	3	196	3	0	6
9	Urbano	64	2	78	0	0	0
10	Urbano	108	0	47	0	0	0

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 29 - Esgotamento sanitário por setor censitário, área de influência FLONA de Goytacazes, urbano e rural, 2010



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Com relação à destinação do lixo, a Tabela 31 e o Gráfico 30 apresentam a situação dos domicílios presentes nos setores censitários. No setor 6 nenhum domicílio dispõe de coleta; nos setores 2, 7 e 8

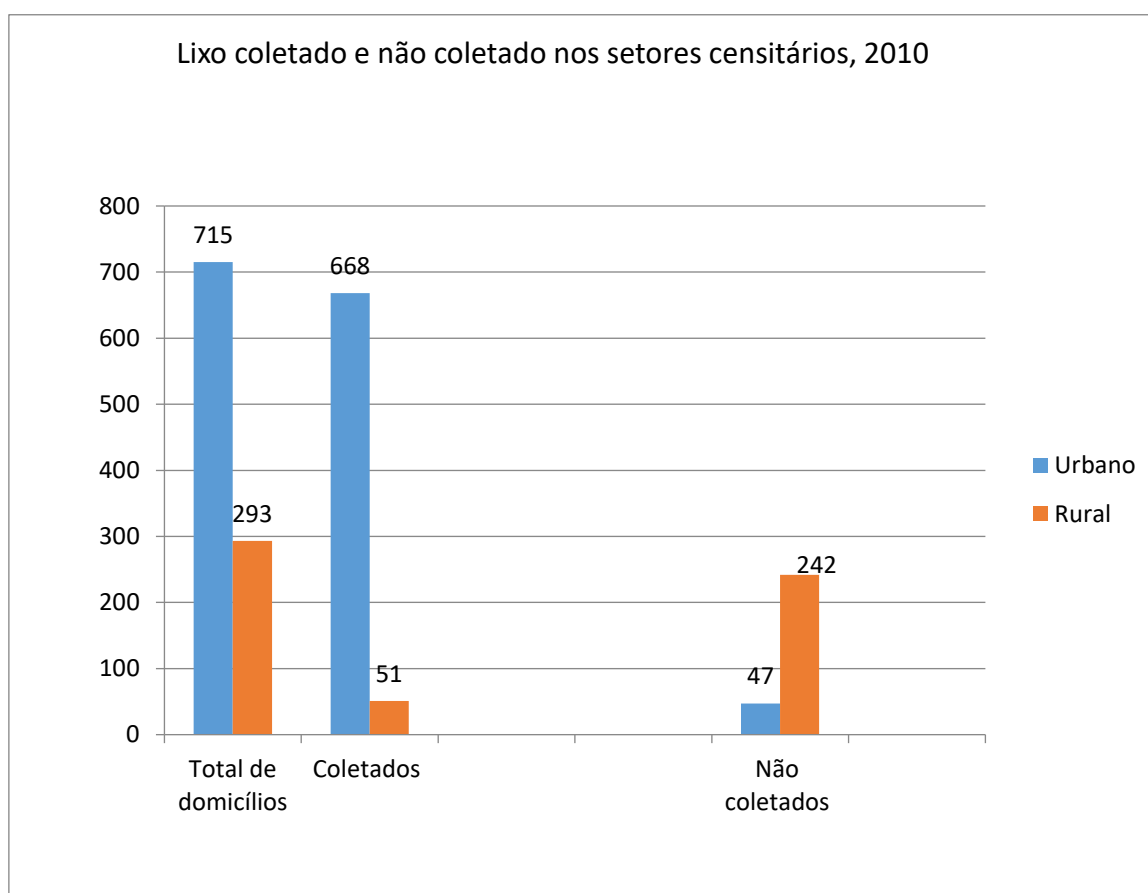
uma pequena parte dos domicílios têm coleta e nos setores 1, 4, 9 e 10 são todos os domicílios servidos de coleta pública. A queima é a principal forma de destinação do lixo para os domicílios que não possuem coleta

Tabela 31 - Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor censitário, 2010.

Nº	Tipo de setor	Total de domicílios	Forma de Destinação de Lixo Coletado			Não coletado	
			Coleta	Serviço de limpeza	Caçamba	Queima	Outros
1	Urbano	163	163	163	0	0	0
2	Urbano	24	5	4	1	13	6
3	Urbano	81	59	57	2	16	6
4	Urbano	140	140	140	0	0	0
5	Urbano						
6	Urbano	6	0	0	0	4	2
7	Rural	85	4	4	0	69	12
8	Rural	208	47	46	1	137	24
9	Urbano	145	145	145	0	0	0
10	Urbano	156	156	156	0	0	0

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

Gráfico 30 - Lixo coletado e não coletado nos setores censitários, área de influência FLONA de Goytacazes, 2010.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

O abastecimento de energia elétrica é universalizado nos setores censitários na área e influência da FLONA. Apenas dois setores têm domicílios sem energia elétrica. No setor 10 são dois domicílios e no setor 4, há um domicílio.

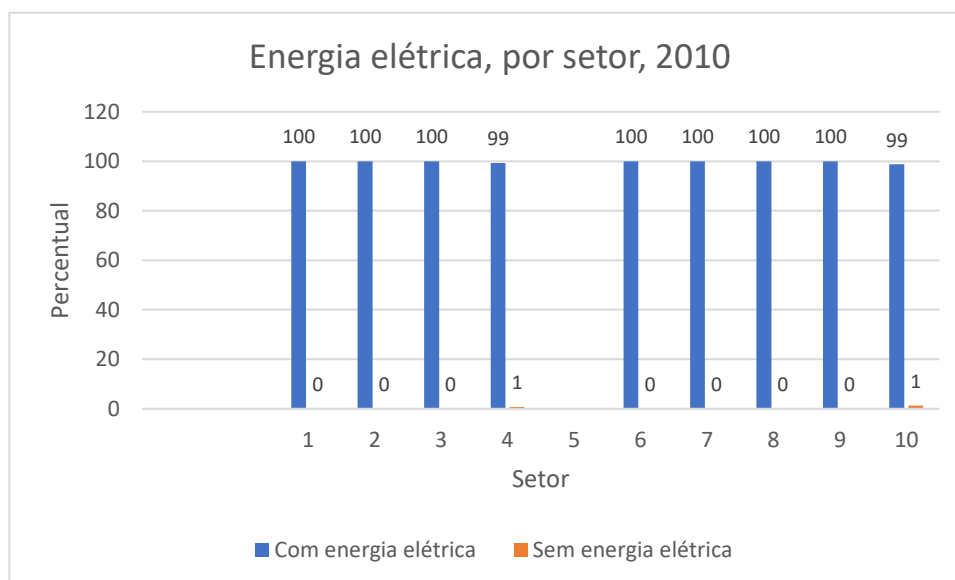
Tabela 32 – Energia elétrica por setor censitário na área de influência FLONA de Goytacazes, 2010

Nº	Tipo de setor	Domicílios	Com energia elétrica	Sem energia elétrica
1	Urbano	163	163	0
2	Urbano	24	24	0
3	Urbano	81	81	0
4	Urbano	140	139	1
5	Urbano			
6	Urbano	6	6	0
7	Rural	85	85	0
8	Rural	208	208	0
9	Urbano	145	145	0

10	Urbano	156	154	2
----	--------	-----	-----	---

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010

Gráfico 31 – Energia elétrica por setor censitário, na área de influência FLONA de Goytacazes, 2010



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010

A Tabela 33 apresenta uma síntese dos dados levantados em relação a cada setor selecionado na área de estudo. Acrescentou-se aos dados estatísticos as informações decorrentes do Mapa de Nodalidade (Mapa 15) e Mapa de Uso e Ocupação da Terra (Mapa 14). A coloração indica a vulnerabilidade de cada setor, na comparação entre eles, de acordo com as informações levantadas até o momento. Quanto mais vermelha, mais crítica a situação do setor em relação às variáveis levantadas.

Optou-se pela escolha de quatro dimensões, reconhecidas por estudiosos como importantes para a identificação de vulnerabilidades e de capacidade de respostas em situação de perigo e emergências (HOGAN; MARANDOLA, 2007) para as quais identificou-se as variáveis trabalhadas no âmbito deste diagnóstico.

- Espacial: localização, nodalidade, uso e ocupação;
- Demográfica: população e estrutura familiar;
- Condições de vida familiar: renda e alfabetização;
- Condições de habitação: água, esgotamento sanitário, lixo e eletricidade.

Fez-se, então, um exercício preliminar de valorar a importância daquela variável em cada setor na sua relação com a Unidade de Conservação. Quanto à dimensão espacial, observou-se: i) se o setor se localiza no interior da UC; ii) se existem vias de acesso com potencial de pressão sobre a UC; iii) a característica de uso e ocupação, se há área degradada ou vegetação protegida. Para a dimensão demográfica, observou-se: i) população total (considerando que quanto maior a população, maior tendência de pressão sobre a UC); ii) número de moradores por domicílio (quanto maior, maior tendência a vulnerabilidade); iii) estrutura familiar (quanto maior o número de crianças e idosos, maior a dependência destes em relação aos adultos, fator de vulnerabilidade). Quanto às condições de vida: i) renda e alfabetização são variáveis clássicas na definição da vulnerabilidade, pois influenciam os acessos à bens e serviços e as respostas a situações de emergência. As condições de habitação são indicativas

de vulnerabilidade social e ambiental, sobretudo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a disposição de resíduos sólidos.

O resultado é apresentado na Tabela 33. Ressalta tatar-se de de uma comparação entre os setores censitários da área de estudo, não guardando relação com parâmetros externos. Objetiva-se que essa síntese seja uma referência para os trabalhos de campo e por esse trabalho complementada.

Tabela 33 - Vulnerabilidade de cada um dos setores selecionados na área de estudo

Setor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variável										
Localização em relação à UC										
Mais populoso										
Morador/domicílio										
Mais crianças										
Mais idosos										
Alfabetização										
Renda										
Água										
Esgotamento sanitário										
Lixo										
Eletricidade										
Nodalidade										
Uso e ocupação										

4.3.2.3 Patrimônio Cultural e Arqueológico

O patrimônio material, protegido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), é composto por um conjunto de bens culturais classificados segundo sua natureza: arqueológico, paisagístico e etnográfico; histórico; belas artes; e das artes aplicadas. Os bens tombados de natureza material podem ser imóveis como as cidades históricas, sítios arqueológicos e paisagísticos e bens individuais; ou móveis, como coleções arqueológicas, acervos museológicos, documentais, bibliográficos, arquivísticos, videográficos, fotográficos e cinematográficos.

No cadastro nacional de sítios arqueológicos do IPHAN, tem-se os registros de sítios no município de Linhares elencados na Tabela 34.

Tabela 34 - Sítios arqueológicos no município de Linhares

Sítio	Descrição	Localização
Perobas	Sítio cerâmico a céu aberto localizado próximo a lagoa, em área de elevação suave, perturbado por diversas ações antrópicas.	Fica próximo ao Fórum Municipal e o Centro de Zoonoses.
Fazenda Rio Doce	Morro de conchas e terra preta, com outros restos de fauna.	
Durão	Fragmentos Cerâmicos aflorando à superfície e detectados por meio de furos com cavadeira articulada	
Sítio Ponte da Suruaca	Sítio pré-histórico, com presença de sambaqui (sedimento escuro com carapaças de moluscos)	
Durão (Atualização de registro)	Sítio pré-colonial cerâmico localizado nas proximidades da margem esquerda do córrego João Pedro. A área do sítio arqueológico Durão apresenta-se bastante impactada pela constante extração de área no entorno do local.	Margem esquerda do córrego João Pedro.
Suruaca 20 (registro atualizado)	Sambaqui situado a aproximadamente 500 m da margem do acesso principal que leva a estação coletora de Lagoa Bonita. O local está atualmente ocupado por uma pastagem tomada por trechos alagadiços ou alagáveis e presença de arbustos.	Margem do acesso principal que leva a estação coletora de Lagoa Bonita
Lagoa Bonita 24 e 25 (Registro atualizado)	Sambaqui situado numa área de pastagem alagadiça e plana inserida. Localiza-se num trecho mais elevado do relevo plano que o circunda. Este sítio apresenta uma extensão relevante, apresentando uma elevação proeminente com vegetação	

	arbustiva e dendezeiros.	
Lagoa Bonita 19, 20 e 23 (Registro atualizado)	sítios Lagoa Bonita 19, 20 e 22 23 situam-se numa região plana alagadiça, atualmente drenada por canais de dragagem que entrecortam a região e ocupada por pastagem.	O sítio localiza-se sobre um elevado suave que se sobressai em meio à paisagem.
Lagoa Bonita 06 - Morro do Mutum (registro atualizado)	Sambaqui situado acerca de 500 m da Lagoa Bonita. Sua elevada altura destaca o local em meio à paisagem plana atualmente ocupada por pastagem. Além disso, sobre o elevado há uma construção recente (casa) que, por sua vez, chama bastante atenção.	
Platô Verde	Sítio lítico, situado na me do Rio Doce, em plateau de cota altimétrica em torno de 58 m, ao passo que a calha fluvial do baixo Rio Doce está entorno de 25 metros. Veg. Rasteira, ocal de plantio que anualmente recebe arado, com mata atlântica preservada.	
Graciosa	Sítio pré-histórico cerâmico à céu aberto afiliado à Tradição Tupiguara.	

Fonte: Cadastro Nacional dos Sítios Arqueológicos, IPHAN, 2018¹⁴

Dentre os bens imateriais registrados no IPHAN no município de Linhares, destacam-se:

- Ofício dos mestres de Capoeira: Categoria: Saberes; Registrada em 21/10/2018

Exercido pelos detentores dos conhecimentos tradicionais e responsáveis pela transmissão oral das suas práticas, rituais e herança cultural. Largamente difundida no Brasil e no mundo, a capoeira depende da manutenção da cadeia de transmissão desses mestres para sua continuidade como manifestação cultural. O saber da capoeira é transmitido de modo oral e gestual, de forma participativa e interativa, nas rodas, nas ruas e nas academias, assim como nas relações de sociabilidade e familiaridade construídas entre mestres e aprendizes.

¹⁴ <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/228>

- Roda de Capoeira: Categoria Formas de Expressão; Registrada em 21/10/2008.

A Roda de Capoeira é um elemento estruturante desta manifestação, espaço e tempo onde se expressam simultaneamente o canto, o toque dos instrumentos, a dança, os golpes, o jogo, a brincadeira, os símbolos e rituais de herança africana - notadamente banto - recriados no Brasil. Profundamente ritualizada, a roda de capoeira congrega cantigas e movimentos que expressam uma visão de mundo, uma hierarquia e um código de ética que são compartilhados pelo grupo. Na roda de capoeira se batizam os iniciantes, se formam e se consagram os grandes mestres, se transmitem e se reiteram práticas e valores afro-brasileiros.

O município de Linhares possui ainda importante conjunto arquitetônico, reunindo diferentes tipos de atributos históricos e culturais, como as igrejas, edificações, praças e artefatos artísticos culturais.

Segundo os participantes da Oficina realizada em Governador Valadares, nos dias 06 e 07 de fevereiro, os sítios arqueológicos protegidos, arrolados anteriormente, encontram-se fora da área de estudo.

4.3.2.4 Comunidades Tradicionais, Quilombolas e Indígenas

O conceito de comunidades tradicionais, povos tradicionais ou populações tradicionais refere-se a grupos sociais que carregam características singulares de relações com a natureza. Via de regra, essas relações são pautadas e/ou definem modos de vida, identidades, conhecimentos e territorialidades; são carregadas de símbolos, mitos, rituais; têm forte influência da ancestralidade. As comunidades possuem organização familiar, econômica e de produção próprias, com amplo domínio de seus processos, ainda que com relações diversas com o mercado (DIEGUES, 2004). Um importante aspecto é que as comunidades tradicionais se auto identificam ou são identificadas pelos outros como pertencentes a uma cultura distinta das demais.

Além de uma categoria antropológica, pode ser considerada uma categoria política: o auto reconhecimento e o reconhecimento pelo outro como *população, comunidade ou povo tradicional* pode conferir direitos. Honora (2018) analisou a conceituação de “comunidades tradicionais” em quatro atos normativos da legislação brasileira, três deles de âmbito nacional, a saber:

- Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) que, em seu artigo 3º, define que população tradicional é aquela que vive em estreita relação com o ambiente natural, dependendo de seus recursos naturais para a sua reprodução sociocultural, por meio de atividades de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2006).
- Política Nacional de Povos e Comunidades Tradicionais - PNPCT (Decreto nº 6.040/2006) que diz, em seu artigo 3º, que povos e comunidades tradicionais são os grupos culturalmente diferenciados que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007).
- Lei da Biodiversidade, acesso ao patrimônio genético e repartição de benefícios (Lei nº 13.123/2015) que, em seu artigo 2º, define comunidade tradicional como sendo o grupo culturalmente diferenciado que se reconhece como tal, possui forma própria de organização social e ocupa e usa territórios e recursos naturais como condição para a sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas geradas e transmitidas pela tradição (BRASIL, 2015).

Ainda que a diversidade cultural presente em território nacional encontre algum respaldo na legislação apresentada, é importante salientar que a Constituição Federal confere direitos distintos aos grupos indígenas e remanescentes de quilombos, como o direito ao território, expressamente resguardado pelos artigos 231 e 232, e artigo 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias (HONORA, op. cit.). O direito ao território não está explícito no texto constitucional para ribeirinhos, caiçaras, caboclos, jangadeiros, quebradeiras de coco e tantos outros representantes da diversidade cultural – também está considerada como patrimônio pela Constituição Federal.

Com relação às Unidades de Conservação, sobretudo as pertencentes ao grupo de proteção integral, o conflito entre o Estado e as comunidades data, em alguns casos, da criação formal da UC sobre territórios habitados por povos tradicionais. Noutros casos, o conflito se estabelece quando começa a implantação de fato das UC, pois muitas delas ficaram durante longo período sem qualquer ação para sua implementação.

A Lei que instituiu o SNUC (Lei nº 9855, de 2000) tem tratamento diferenciado para as chamadas populações tradicionais, seja estabelecendo categorias de manejo específicas para a proteção do patrimônio cultural de grupos específicos, como a Reserva Extrativista (RESEX) e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), ambas do grupo de uso sustentável, seja reconhecendo a existência das comunidades tradicionais no interior de Unidades de Conservação de proteção integral e estabelecendo condições para sua permanência temporária (BRASIL, 2000). São inúmeros os conflitos decorrentes das situações de sobreposição de interesses sobre o mesmo território, e a resistência de grupos culturalmente distintos tem gerado movimentos organizados para manutenção ou recuperação desses territórios. Observa-se, em inúmeras situações, processos de autoafirmação de identidades ou criação e apropriação de discursos e de categorias anteriormente alheias ao próprio grupo, como é o caso da categoria genérica de *comunidade tradicional* (MALDONADO, HONORA, MARCONDES, 2016).

No caso da categoria de manejo *floresta nacional*, o artigo 17 do SNUC prevê a presença de populações tradicionais em seu parágrafo segundo:

§ 2º Nas Florestas Nacionais é admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação, em conformidade com o disposto em regulamento e no Plano de Manejo da unidade (BRASIL, 2000)

Ainda que admitida a permanência, segundo informação constante no Plano de Manejo da FLONA, “não existe relato da existência deste tipo de população na sua área” (ICMBIO, 2013).

Em Linhares há uma comunidade remanescente de quilombo – Degredo – reconhecida pela Fundação Cultural Palmares, em 20 de maio de 2016¹⁵, que se localiza fora da área de estudo. O Relatório da Linha-Base, Volume II (INSTITUTOS LACTEC, 2017), apontou a existência de quatro comunidades ribeirinhas no município, porém não há informação que indique que as comunidades se localizem na área de estudo.

Segundo os participantes da Oficina realizada em Governador Valadares, nos dias 06 e 07 de fevereiro, não há comunidades tradicionais na área de estudo. O gestor da FLONA indica a existência de uma comunidade vizinha à UC – a Comunidade Santo Antônio – com características de uma comunidade quilombola (pequena, de um núcleo familiar, com aproximadamente 50 pessoas), bastante vulnerável.

¹⁵ <http://www.palmares.gov.br/sites/mapa/crqs-estados/crqs-es-04122018.pdf>

Não há registro dessa comunidade junto à FCP e não há informação de algum procedimento/interesse interno à comunidade para seu reconhecimento como comunidade remanescente de quilombo.

4.3.2.5 Atividades de Lazer e Turismo

A região onde se insere a FLONA de Goytacazes tem o município de Linhares como o mais desenvolvido economicamente, embora o setor turístico não se destaque em relação a outras atividades econômicas. Do ponto de vista ambiental, Linhares possui um importante remanescente da Mata Atlântica, parte dele protegido pela Floresta Nacional de Goytacazes. Além da FLONA há também outras UCs, como a Reserva Biológica de Comboios, a Reserva Biológica de Sooretama, além da reserva particular da Companhia Vale do Rio Doce, mas que não fazem parte da contratação desta consultoria.

A topografia do município é plana e apresenta 69 lagoas, algumas de grande porte, como a Lagoa Juparanã, com 30 km de extensão por 4 a 5 km de largura. As lagoas oferecem um importante atrativo turístico, sendo visitadas por milhares de pessoas¹⁶.

Linhares é de fácil acesso, pela proximidade da Capital (Vitória), dotada de porto e aeroporto. A cidade é cortada pela BR 101, a principal rodovia brasileira, contudo necessita melhorias de infraestrutura para dar acesso aos locais abertos à visitação no interior ou no entorno da FLONA. O portal de entrada da FLONA situa-se a 45 km do centro da cidade de Linhares. Como o município se localiza numa vasta planície costeira, ampliada pela calha do Rio Doce, o relevo é plano com colinas levemente onduladas. Essas formas de relevo permitiram com que a cidade de Linhares construísse seu arruamento numa configuração em forma de tabuleiro. Fora da área urbana, o município apresenta uso das terras com florestas, silvicultura, pastagens e, em menor área, cultivo agrícola.

O litoral de Linhares possui uma unidade do Projeto TAMAR (tartarugas-marinhas), na vila de Regência, por ser um local de reprodução desses animais, especialmente da tartaruga gigante. Além disso, a faixa litorânea do município atrai turistas por serem ótimas para a prática de surf, pesca oceânica e tranquilidade junto à natureza. O Rio Doce atravessa a cidade e tem sua foz no município, sendo ele o maior do estado e um dos maiores da Região Sudeste. O Delta do Rio Doce forma um espetáculo natural que atrai a visita de muitos turistas. Outro atrativo do litoral de Linhares é a Praia de Barra Seca, onde é praticado o naturismo. Na área próxima existe infraestrutura com pousadas para receber os turistas¹⁷.

A atividade turística em Linhares se desenvolve, principalmente, a partir da exploração das características ambientais do município, composto por lagoas e praias. Por possuir uma atividade agrícola associada a grandes extensões de áreas verdes, o agro-turismo, principalmente do cacau (em função das chamadas matas de “cabruca”, mantidas por conta da sombra necessária ao crescimento dos pés), é uma nova modalidade turística da região. O patrimônio cultural da cidade também contribui para o desenvolvimento dessa atividade. O potencial turístico de Linhares é pouco explorado e carente de infraestrutura. O incremento das atividades econômicas pode vir a dinamizar o turismo de negócios, demanda crescente na região, segundo informações do Plano Estratégico Municipal¹⁸.

Essa análise é corroborada na interlocução com atores locais. A avaliação é de que o turismo é pouco explorado em Linhares, restringindo-se ao Pontal do Ipiranga e Regência. A Reserva da Vale (na região, mas fora da área de estudo) não é regularizada como território de conservação, mas tem apelo turístico.

¹⁶ Fonte: <https://www.guiadoturismobrasil.com/roteiro/12/rota-do-verde-e-das-aguas>. 22.11.2018

¹⁷ Fonte: <https://www.guiadoturismobrasil.com/roteiro/12/rota-do-verde-e-das-aguas>. 22.11.2018

¹⁸ <https://www.rotascapixabas.com/2010/09/11/a-rota-do-verde-e-das-aguas/>.

Os demais locais são visitados por um público regional e foi relatado que os benefícios não ficam no município. Dentre as atividades de lazer e turismo potenciais há o agroturismo nas plantações de cacau do outro lado do Rio (fora da área de estudo), mas ainda incipiente. As lagoas da região, principalmente a Lagoa Juparanã e a Lagoa Nova, são bastante frequentadas para atividades de lazer, apesar de os acessos serem por propriedades privadas, o que dificulta o acesso pela população.

O turismo regional tem um circuito já consolidado: a Rota do Verde e das Águas. Este roteiro abrange todo o litoral norte do Espírito Santo, integrando os municípios de Aracruz, Linhares, São Mateus e Conceição da Barra. Ao todo são 261 km de estradas que separam a capital Vitória do ponto final da rota – a vilazinha de Itaúnas – em Conceição da Barra.

Como o próprio nome já diz, a rota tem como principais destaques o verde das reservas naturais (só o Município de Linhares tem 25% das reservas de Mata Atlântica do Estado) e as águas – doce e salgada – das praias e lagoas presentes em todos os municípios. Contudo, é necessária uma avaliação mais pormenorizada sobre essas características, pois, como hipótese, os detritos de lama do rompimento da Barragem do Fundão podem ter comprometido as praias e alterado essas atividades de lazer e turismo. Isso precisa ser mais bem avaliado no trabalho de campo.

Complementando o circuito da Rota Verde, este também oferece a oportunidade de conhecer tribos indígenas em Aracruz, dois projetos TAMAR (um em Linhares e outro em São Mateus), um sítio histórico em São Mateus e a rica tradição cultural de Conceição da Barra, como o Baile de Congo e a festa de Ticumbi. O auge da rota, no entanto, está mesmo nas dunas, no ecossistema, na história e, claro, no forró daquele que é, de longe, o vilarejo de praia mais tradicional do Espírito Santo: Itaúnas.

Apesar da divulgação nos meios de comunicação que a FLONA de Goytacazes é parte integrante da Rota do verde e das Águas de Linhares – ES, o Diagnóstico do Plano de Manejo da UC realizado em 2013 (ICMBIO, 2013, p. 72), destaca que

não existem efetivamente atividades integradas de aproveitamento turístico entre as ações da FLONA e as do poder público municipal. Esta UC tem sido utilizada pelo poder público municipal como área de desenvolvimento e atividades de Educação Ambiental, envolvendo alunos de escolas municipais. No circuito turístico regional, a FLONA de Goytacazes não se encontra citada entre os atrativos relacionados à Rota do Verde e das Águas que envolvem o Município de Linhares dentre outros municípios do litoral norte do Espírito Santo. A contribuição da FLONA de Goytacazes para atividade turística é ainda potencial, podendo agregar atividades relacionadas à visitação turística, à educação ambiental e ao uso público, existindo uma proposta de construção de infraestrutura de apoio turístico na FLONA visando à utilização de seu potencial natural para a realização de esportes e de atividades de lazer.

Nesse sentido, há uma lacuna na integração regional deste roteiro, distanciando a FLONA de uma maior inserção socioeconômica regional, com atividades ligadas ao turismo e ao lazer da população local. Perde-se a oportunidade de relacionar a visitação ao patrimônio natural, protegido pela UC, ao cultural mais amplo expresso, entre outros fatores pelo patrimônio material e imaterial de Linhares, expresso, entre outros atrativos, pelas festas populares como: a Festa do Caboclo Bernardo; o Encontro de Bandas de Congo; a Festa dos Pescadores (dia de São Pedro) (ICMBIO, 2013, p. 57), além da Festa de Santa Catarina, que tem como atração a Levantada do Mastro, que acontece no final de Ano, em Regência.

Destaca-se ainda, o artesanato também como um ramo de fomento às atividades turísticas do município. As principais técnicas encontradas na região são: porcelanas pintadas, vidros trabalhados com pintura,

tapeçaria, pinturas em tecidos, caixas de madeira trabalhadas em pirografia, artesanato com espinha de peixe e conchas.

Considerando todas essas informações, a Rota Verde é composta por um conjunto de atrativos que ainda não foram pensados de uma maneira integrada. Os principais pontos de atração turística do município que merecem ser pensados de uma forma integrada são¹⁹:

- Lagoa Juparanã, a segunda maior lagoa do Brasil em volume de água, com atividades de pesca e banho. Possui três praias: Três Pontas, Floresta e Pontal Ouro.
- Lagoa Nova, a segunda maior lagoa do estado.
- Igreja Matriz Nossa Senhora da Conceição, construída no século XIX.
- Casa da Câmara, monumento histórico que foi Sede da Prefeitura.
- Ponte Getúlio Vargas, que cruza o Rio Doce, construção de 1954. Atualmente essa ponte encontra-se interditada devido a queda de alguns trechos da mesma.
- Ilha do Imperador, localizada na lagoa Juparanã.
- Praia da Barra Seca, primeira praia capixaba oficial de nudismo.
- Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, a maior reserva de Mata Atlântica do estado, com 22 mil hectares (Rebio de Sooretama).
- Projeto TAMAR, no qual o IBAMA realiza trabalhos de proteção e preservação das tartarugas marinhas. Localizado no distrito de Regência.
- Reserva Biológica de Comboios, entre Linhares e Aracruz.
- Praia de Pontal de Ipiranga, com 25km de praias.
- Praias de Comboios, no local onde fica a base do Projeto TAMAR.
- No Centro da cidade, na Praça 22 de Agosto, localizam-se o Acervo Histórico Municipal, a Velha Igreja e a visão do encontro do rio Pequeno com o Rio Doce. Às margens do rio Pequeno, encontra-se o antigo cais do porto do Rio Doce.
- Pontal do Ipiranga, localizado a 45km da sede do município.
- Balneário de Urusuquara, 10km ao norte de Pontal do Ipiranga, próximo à foz do rio Ipiranga.
- Cúpula do Farol de Regência, medindo 47m de altura, construído em 1895, no Pontal Norte da barra do Rio Doce.
- FLONA de Goytacazes na Rota do Verde e das Águas (Linhares, ES).

É importante destacar que a facilidade de conexão de áreas do entorno das UCs com o centro regional, expressa por vias de circulação em bom estado, podem desencadear a mudança do uso das terras do entorno e, ao que tudo indica, a tendência é de que esse uso seja o industrial.

O mapa de nodalidade da área, vide Mapa 15, contribui para análise desta situação, apontando os maiores índices encontrados nos setores oeste, ao longo da Rodovia BR-101. O acesso à FLONA de Goytacazes, a partir de Vitória, é feito pela BR-101, após percorrer um total aproximado de 120 km no sentido Norte. Considerando uma rota iniciada na cidade de Linhares, o percurso se limita à travessia da ponte sobre o Rio Doce para alcançar os limites da Unidade. A distância da cidade de Linhares (centro) até a sede da FLONA é de aproximadamente 3 km. Existe ônibus circular até a sede da FLONA.

A paisagem protegida pela FLONA funcionaria como elemento para a valorização das terras de seu entorno, se houvesse expectativa de uso turístico da área. Isso porque a natureza protegida pelas UCs é um fator que tem valorizado espaços desde a criação dos primeiros parques nacionais nos Estados

¹⁹ <https://www.rotascapixabas.com/2010/09/11/a-rota-do-verde-e-das-aguas/>.

Unidos, que esteve associada a um movimento de valorização da natureza, pois as cidades em industrialização e urbanização crescentes não podiam mais oferecer ambientes naturais adequados (MCCORMICK, 1992).

Além dos usos oficiais serem voltados ao público escolar, não há registros sobre o perfil dos visitantes em atividades de lazer na UC. Ainda assim, sabe-se que há parcela de visitantes considerados como ecoturistas, pois buscam uma re-ligação à natureza e grupos oriundos da região, buscando “benefícios psicológicos”. Dessa forma, o uso desses espaços ao ar livre aumenta a integração social e a interação entre vizinhos (CHIESURA, 2004), mas não necessariamente por motivações ambientais. Tal fato pode ser atribuído aos valores que a natureza adquiriu para a sociedade contemporânea. Nessa linha, “[...] a experiência em um parque pode reduzir o estresse [...], melhorar a contemplação, rejuvenescer o morador da cidade e proporcionar uma sensação de paz e tranquilidade” (CHIESURA, 2004, p. 129).

Antes do rompimento da barragem, o rio e suas margens eram muito utilizados como espaço de esporte, lazer e recreação (DIAS, 2011). Contudo, antes da lama de detritos chegar à área com o rompimento da barragem, o leito do Rio Doce já apresentava problemas ambientais. Em 2011, mais a montante, na cidade de Governador Valadares, já eram constatados problemas ligados aos baixos parâmetros de qualidade das águas do Rio Doce, sendo eles, riscos potenciais para a saúde. Mesmo assim, o Rio era marcante para atividades de canoagem e *Jet ski*. As práticas de lazer e recreação, sobretudo o nado, eram mais comumente realizadas às margens do rio (DIAS, op. cit.).

Associado aos esportes e atividades náuticas, as margens do Rio Doce na região constituíam-se em espaços de sociabilidade, com encontros para bate papo, socialização e manifestações culturais (DIAS, op. cit.).

4.3.2.6 Uso Público da FLONA de Goytacazes

No interior da área protegida, a paisagem e as atividades se assemelham a de seu entorno. Os atrativos que se situam no interior da UC são muito semelhantes aos externos a ela, como os remanescentes do uso da terra antigo da área, as matas de cabruca, onde se plantava cacau no sub-bosque da floresta. A diferenciação entre o entorno e o interior da UC se dá por um maior regramento que ela institui. No caso da visitação, tais atividades estão inseridas e condicionadas às recomendações do programa de uso público, contido no Plano de Manejo.

A criação desta Unidade teve como uma das motivações de maior significado, a sua potencialidade como unidade produtora de sementes de espécies florestais nativas, considerando no conjunto, as suas características de localização, bioma representado, biodiversidade, estado de conservação e dimensão da área (ICMBIO, 2013, p. 13). Embora com esses objetivos primários, destaca-se na FLONA, o grande potencial para atividades ligadas à educação ambiental e ao turismo. A UC é um atrativo para a população do município de Linhares e dos arredores, carentes de atrações recreativas e de lazer. A FLONA oferece atividades de Educação Ambiental que consistem em conhecer seus recursos naturais, realizar passeio por trilha pedagógica de 3,5km ou passeio por uma trilha interpretativa para turistas com 100m de extensão (idem, ibidem, p.17).

Consultas ao ICMBIO (2013) e ao website da Prefeitura de Linhares, indicaram que a visitação à FLONA, em sua maioria, é feita por alunos do ensino fundamental e médio, população predominantemente de Linhares e pesquisadores, não havendo, entretanto, um programa de Uso Público voltado aos cidadãos em seu tempo livre, notadamente em atividades de lazer e recreação nos finais de semana.

Transcorridos quase dez anos da criação da FLONA, observa-se que as suas potencialidades em relação ao uso sustentável ou ainda, como área importante na formação do corredor ecológico foram ampliadas. Por se tratar de uma UC de uso sustentável, de acesso facilitado a estudantes e pesquisadores para realização de trabalhos e mesmo a visitantes, sua consolidação deverá contribuir efetivamente para ampliar o relacionamento destes grupos.

Com relação à infraestrutura destinada à visitação da UC tem-se:

- Sede Administrativa mobiliada e contendo equipamentos de escritórios para uso interno;
- Sanitários na Sede e externos. Estes estão localizados próximos da área da trilha curta, facilitando a utilização por parte dos visitantes à FLONA. Instalações normais e para portadores de necessidades especiais, já adequados à legislação pertinente.
- Equipamentos e ferramentas diversas para trabalho tais como: equipamento básico de combate a incêndio (05 bombas costais, 01 pinga-fogo, etc.), trator; carreta e tanque; 2 veículos Toyota - com tração nas 4 rodas e cabine dupla; 2 veículos de passeio.

O recurso para a implantação da infraestrutura e aquisição de veículos e equipamentos é, em maior parte, oriunda de compensações ambientais de empreendimentos localizados na Zona de Amortecimento da FLONA. Quando há empreendimento em processo de licenciamento, a equipe técnica da FLONA se manifesta e a UC é indicada para recebimento da compensação é a FLONA.

Com relação à delimitação, a área é totalmente demarcada, cercada e aceirada, além de formada por um bloco único de vegetação contínua. Alguns pequenos espaços desflorestados somam cerca de 65 hectares que estiveram comprometidos, no passado, com a instalação de experimentos de pesquisa agrícola. Estes espaços poderão contribuir para a implantação das estruturas administrativas ou outras instalações destinadas à visitação pública, de unidades de pesquisa ou demonstrativas de projetos de recuperação florestal.

De acordo com a legislação em vigor, especialmente considerando-se o SNUC (BRASIL, 2000) para a implementação e manejo de Áreas Protegidas torna-se fundamental a elaboração de Planos de Manejo. Estes são instrumentos capazes de assinalar as potencialidades e fragilidades de cada área, suas necessidades de proteção e suas possibilidades de uso para diversos fins, inclusive para uso recreativo e turístico, foco deste tópico. O Plano de Manejo destaca as práticas e equipamentos voltados a visitação na área de estudo e suas inserções no programa de uso público.

Importante destacar que a FLONA já possui seu Plano de Manejo, o qual foi aprovado em março de 2013 (Portaria 175/2013-ICMBIO). Nesse período também foi implantado o Conselho Gestor da FLONA, pela Portaria 18/2007 (ICMBIO, 2013).

Para a elaboração do Plano de Manejo “teve como base o Roteiro Metodológico para a Elaboração de Planos de Manejo de Florestas Nacionais MMA/ICMBIO (2009), no Termo de Referência (2008), no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da FLONA e nas Oficinas Técnicas e Participativas” (ICMBIO, 2013, p. 01).

Assim, o Plano de Manejo, segundo o ICMBio (2013) foi elaborado de uma forma participativa, envolvendo atores e lideranças comunitárias e pesquisadores dos diversos campos do conhecimento, caracterizando uma equipe eminentemente interdisciplinar e integrando saberes técnicos-científicos e os locais-tradicionais. Foi realizado um inventário, com uma caracterização da UC em seus aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Os dados foram analisados procurando identificar áreas mais frágeis e outras que suportassem uma maior interferência. No processo de elaboração do zoneamento,

as áreas mais frágeis foram classificadas como zonas mais restritivas, e as mais resilientes, voltadas ao uso público. A partir destas definições foram estabelecidos os Programas de Manejo.

Há vários estudos sobre a importância, os objetivos e as finalidades de áreas protegidas ou Unidades de Conservação. Alguns autores apontam que uma área protegida, tal como as UCs deste estudo, apresentam como objetivos e finalidades: proteção dos recursos naturais, para a qual a Unidade de Conservação foi criada; desenvolvimento de pesquisa sobre suas características socioambientais, a fim de melhorar o conhecimento a respeito destas características e também contribuir para o manejo da área; oferta de áreas para lazer, recreação e educação ambiental à comunidade (ROBIM, 1999; MILANO, 1997). O Programa de Uso Público é pensado e estruturado para atender a este último objetivo (MILANO, op. cit.). O IBAMA indica que um “Programa de Uso Público” deve propiciar a aproximação dos visitantes com a natureza, permitindo que estes interiorizem o significado das áreas protegidas, sua importância em termos de preservação, manejo e aproveitamento indireto dos recursos naturais e culturais (BRASIL, 1999).

O Programa de Uso Público também deve propiciar lazer, recreação e educação ambiental para os visitantes (comunidade local e turistas), além de despertar uma consciência crítica para a necessidade de conservação dos recursos naturais em uma Unidade de Conservação (CERVANTES BERGAMASCO; CARDOSO, 1992).

Para atender a estes objetivos, algumas estratégias e atividades já estão consagradas, tal como o respeito às condições espaciais da área – seu zoneamento. As atividades e equipamentos do Programa de Uso Público de uma UC devem ser desenvolvidos, segundo IBAMA (BRASIL, 2002), em quatro zonas: zona primitiva, zona histórico-cultural, zona de uso extensivo e zona de uso intensivo. Na zona primitiva e na histórico-cultural as atividades de uso público devem ser bastante limitadas, com relação ao controle e tipos de atividades dos visitantes, devido às suas maiores fragilidades ambientais e/ou culturais (expressas pelos ambientes naturais mais bem conservados e por vestígios ou existência de manifestações da sociedade no passado). As características dessa zona precisam ser levantadas, ampliando o manejo para equipamentos e atividades histórico-culturais, em obras construídas no passado pela sociedade.

A infraestrutura e os serviços sócio comunitários existentes no entorno da FLONA estão concentrados nas duas comunidades nele existentes: Areal e Bebedouro. Contudo, há a necessidade de melhorias de infraestrutura para uso público na FLONA. E a gestão também conta com a realização de projetos de uso público, como: área de lazer (logo após a ponte, saindo da cidade) com área de caminhadas, praça de alimentação e centro de vivência; mirante no meio da FLONA para observação por cima da copa das árvores; melhorias na estrutura de apoio ao visitante. A FLONA recebe, por ano, cerca de 3 mil visitantes (ICMBIO, 2013, p. 62).

A concepção de proteção da natureza, traduzida pelo modelo de parques, criados nos EUA, gerou uma noção de atendimento ao visitante focada predominantemente nas características da natureza da área protegida (SANSOLO et al, 2015). Isso parece lógico – as pessoas querem conhecer a natureza protegida por essas unidades. Mas, essa abordagem leva a um reducionismo das possibilidades de interação do público com a Unidade de Conservação. É comum observar os centros de visitantes desses locais carregados de informações sobre as características naturais, mas sem uma relação entre tais características: água, relevo, solo, flora e fauna, se limitando a uma visão centrada em um desses aspectos (SANSOLO et al, op. cit.). Mais que isso, as informações também não apresentam uma conexão da natureza protegida pela UC com a região onde se insere em suas características socioeconômicas e/ou nas relações com o público em geral.

A função de um programa de uso público não é obrigatoriamente o aprendizado do visitante, mas sim uma sensibilização deles sobre os temas tratados (TILDEN, 2007). Em uma situação adequada, pode-se imaginar que cada Unidade de Conservação deveria desenvolver um programa de uso público que pudesse atender aos objetivos da interação dos sujeitos e comunidades usuárias dos espaços. No entanto, esta não é a realidade corrente em muitas UCs brasileiras e nas da área de estudo, que se encontra em situação mais precária por não desenvolver nenhum programa específico de atendimento ao público.

O programa de uso público deve estar embasado em ações que contribuam para a conservação da natureza, com a manutenção de áreas vegetadas; e ao mesmo tempo, garantam o uso das pessoas, em seu momento de lazer, fazendo com que os usuários possam ter acesso a uma diversidade de práticas lúdico-educativas com potencial de reflexão sobre as ações dos sujeitos na cidade e na natureza (RAIMUNDO; PACHECO; COSTA, 2011).

O direito ao lazer, poderia ser trabalhado, conhecendo-se de fato a realidade territorial e cultural de cada unidade, relacionando com as possibilidades dos interesses dos próprios usuários e considerando as potencialidades e limitações ambientais de cada área. Essas considerações merecem ser cheçadas no trabalho de campo futuro para avaliar sua ausência ou presença, no universo material e simbólico dos visitantes da FLONA.

Nesse sentido, o Programa de Uso Público deve propiciar recreação e educação ambiental para os visitantes, despertando uma consciência crítica para a necessidade de conservação dos recursos naturais em uma Unidade de Conservação (CERVANTES; BERGAMASCO; CARDOSO, 1992).

Apesar desse conjunto de atividades, estas, provavelmente, foram pensadas no entendimento dos processos naturais existentes na Unidade de Conservação e apoia-se numa abordagem formal, ou pelo menos em ações ligadas a uma “educação ambiental”. Nessa abordagem, perde-se a oportunidade de trabalhar a vivência ambiental a partir do lazer, num processo de educação não formal. Essa visão “tradicional” de pensar o uso público é reforçada por alguns especialistas da área. Tradicionalmente, o Programa de Uso Público de uma Unidade de Conservação deve estabelecer as normas e diretrizes para sua execução, vinculadas ao componente educativo para a estimulação do aprendizado e “não o simples entretenimento” (MILANO, 2001). Posto dessa maneira desvincula-se o aprendizado do entretenimento, como se fossem antagônicos. Entretanto, é possível aprender (ou se sensibilizar com algo) a partir de um conjunto de atividades, sem necessariamente estar embasado num ensino formal.

Nesse sentido, parte-se de uma visão do lazer, e também de turismo, como fenômeno social complexo, contraditório, capaz de, ao mesmo tempo, proporcionar aos sujeitos momentos e vivências sociais enriquecedoras do ponto de vista educativo ou, por outro lado, com tendências à reprodução do socialmente estabelecido. Esta dialética é facilmente observada na dinâmica de utilização dos espaços públicos no Brasil e dos parques, em particular, quando nestes podem ser desenvolvidas abordagens sobre a temática ambiental como elemento integrador (PACHECO; RAIMUNDO, 2015).

Portanto, não se trata de partir apenas dos “interesses culturais” dos sujeitos²⁰, mas também de problematizar estes interesses diante dos usos possíveis em um espaço singular de uso público como as UCs da área de estudo. Percebe-se que a observação dos lazes como indicado no tópico anterior, pautado pelas lentes dos “interesses culturais” podem conduzir a um estreitamento de visão das

²⁰ Os interesses culturais estão associados às motivações que levam usuários a frequentar um equipamento de lazer e turismo, no

relações sociais contraditórias nestes embates entre sujeitos²¹ (comunidades, *trade*, turistas, moradores da região) e as UCs.

Ainda a respeito dos tipos de zonas abertas, a visitação contidas em um Plano de Manejo ou outro instrumento ordenador da área, há as zonas de uso extensivo e a zona de uso intensivo, as quais são as mais utilizadas nas ações de planejamento e do Uso Público. A diferença entre elas está, como diz os nomes dessas zonas, na intensidade de uso: a zona de uso intensivo comporta uma maior concentração de atividades e serviços, assim como de infraestrutura voltadas ao atendimento do visitante, enquanto na zona de uso extensivo tais atividades são mais brandas e menos concentradas. As fragilidades das características biofísicas da área é que devem determinar o estabelecimento destas zonas. E o Plano de Manejo é o instrumento que referenda estas ações – o zoneamento e as atividades dos programas. Há, portanto, uma relação direta entre as atividades propostas para atendimento do público, as fragilidades socioambientais e sua distribuição espacial na área da UC. No caso da FLONA, há ecossistema de Floresta Ombrófila Densa de Aluvião: a maior floresta urbana do Espírito Santo e a terceira maior em extensão do Brasil.

Ainda sobre as considerações sobre o planejamento da UC, seu Plano de Manejo prevê a elaboração de manual de sinalização (informativa, educativa, indicativa e de interpretação) para a FLONA, em sintonia com o manual de sinalização do ICMBio. Também prevê aprimorar e concluir a implantação do sistema de sinalização da FLONA, mediante projeto específico, com a instalação de placas em seu interior e limites, bem como nas rodovias BR-101, ES-245 e ES-440, Estrada Municipal Alaesse Fiorot e outras estradas de acesso (ICMBIO, 2013, p. 48).

Para avançar em relação ao que esta UC já oferece, pode-se pensar em projetos que considerem o manejo do impacto da visitação nessas áreas, notadamente as trilhas. Nesse aspecto, como indicado, há duas trilhas na UC abertas a visitação. Os impactos negativos mais comuns oriundos do uso público são demonstrados pela perda da vegetação e consequente erosão do solo, presença de lixo, contaminação de água, incêndios e distúrbio à fauna (MAGRO, 1999). No entanto, avaliar tais condições somente através da perspectiva quantitativa, como da capacidade de carga, não permite um manejo preocupado com a satisfação dos visitantes e com as oportunidades de recreação. A capacidade de carga (CC) não possibilita uma gestão efetiva do turismo nos parques, uma vez que produz resultados relacionados apenas com os processos associados ao uso sem o comprometimento com a experiência do visitante (COLEY; STANKEY, 1998).

Por outro lado, o *Limits of Acceptable Change* (LAC) preconiza a experiência da visitação como ferramenta essencial para a o manejo das trilhas, através da escolha de indicadores e padrões que expressem condições aceitáveis de mudança. Trilhas que apresentem condições próximas ou ultrapassando seus limites podem prejudicar a qualidade da visitação, a segurança dos visitantes e gerar problemas de degradação ambiental.

²¹ Os interesses culturais estão associados às motivações que levam usuários a frequentar um equipamento de lazer e turismo caso as UCs da área de estudo. Trata-se dos *interesses artísticos* (imagens, emoções, e sentimentos; seu conteúdo é estético e configura a beleza do encantamento). *Interesses intelectuais* (contato com o real, as informações objetivas e explicações racionais. A ênfase é dada ao conhecimento vivido, experimentado). *Interesses físicos esportivos* (práticas esportivas, os passeios, a pesca, a ginástica e todas as atividades em que prevaleça o movimento); *Interesses manuais* (capacidade de manipulação, quer para transformar objetos ou materiais quer para lidar com a natureza). Interesses sociais (relacionamento, os contatos face a face, a predominância deixa de ser cultural e passa a ser social). Interesses turísticos (da quebra da rotina temporal ou espacial e o contato com novas situações paisagens e culturas). Sobre esse tema ver MARCELLINO, Nelson C. Lazer e cultura: algumas aproximações. In: MARCELLINO, N. C. Lazer e cultura. Campinas. Alínea, 2007. p. 9-30.

O LAC foi pensado a fim de atender as necessidades dos visitantes e, ao mesmo tempo, garantir a conservação da qualidade natural da área. Esta técnica foi desenvolvida em resposta à necessidade de melhorar o manejo dos impactos causados pelos visitantes em Unidades de Conservação (TAKAHASHI, 1997). Para tanto, ele dá especial atenção às condições existentes e às aceitáveis para determinada área e como atingir estas condições. Este sistema é uma reformulação do modelo de capacidade de carga recreativa, que fracassou, principalmente por estimular nos administradores das Unidades de Conservação a preocupação: quanto de visitantes é demais? Assim, no LAC, há a aceitação de que o uso traz impactos, mas que é preciso trabalhar com o objetivo de reduzi-los ao máximo por ações acertadas de manejo, não devendo ser considerado uma ferramenta adicional ao manejo e sim um processo que reestrutura todo o trabalho existente (TAKAHASHI, op. cit.).

O LAC preocupa-se com: i) as condições desejadas; ii) quanto de mudança pode ser tolerada em diferentes partes; iii) o efeito do uso, sendo secundária a questão da "quantidade de uso"; e iv) o constante monitoramento do processo.

A técnica *Visitor Impact Management*²² - VIM -, derivada do LAC, trabalha com o estabelecimento do uso de indicadores (que apontam se estão ocorrendo mudanças na paisagem), e com seu constante monitoramento (GRAEFE; KUSS; VASKE, 1990). Foca-se nas relações entre indicadores-chave de impacto e os variados aspectos dos padrões de uso da visitação em áreas naturais (PASSOLD; MAGRO; COUTO, 2004).

A etapa de estabelecimento de indicadores é a mais importante e a que necessita de apoio de especialistas da área (GRAEFE; KUSS; VASKE, op. cit.). A Figura 8 traz, a título de exemplos, uma lista desses possíveis indicadores.

Figura 8 - lista de possíveis indicadores de impacto

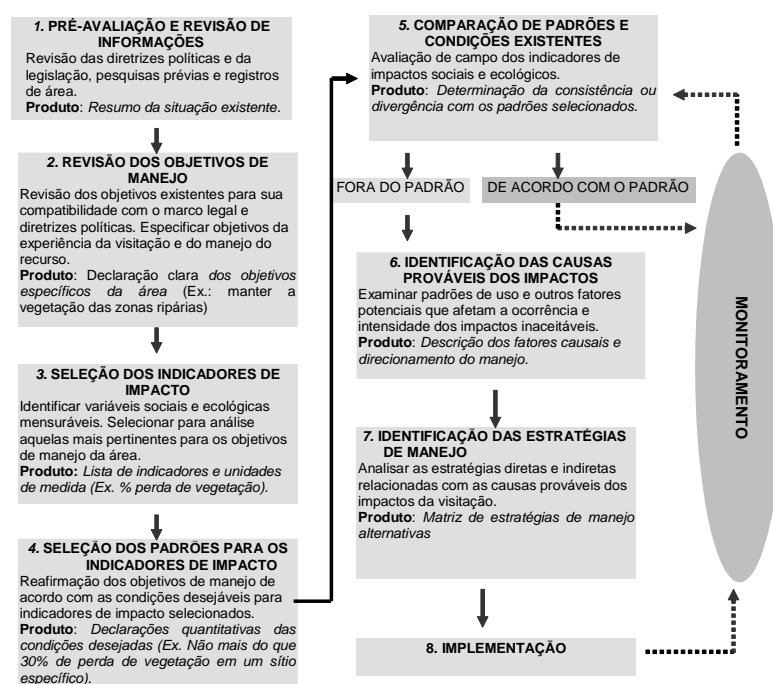
Impactos Físicos	
Densidade do solo	Drenagem do solo
Compactação do solo	Química do solo
PH do solo	Produtividade do solo
Quantidade de serapilheira e camada orgânica superficial	Profundidade de serapilheira e camada orgânica
Área sem vegetação	Área de solo nu
Área total de camping	Número de fogueiras
Tamanho das áreas das fogueiras	Número de trilhas "sociais"
Erosão visível	
Impactos Biológicos	
Fauna do solo e micro flora	Densidade de cobertura do solo
% perda de cobertura vegetal	Composição de sp. de plantas
Diversidade de espécies de plantas	Proporção de sp. exóticas
Altura das plantas	Vigor das sp. selecionadas
Extensão de vegetação doente	Extensão dos danos às árvores
Nº de plântulas	Exposição das raízes das árvores
Abundância de sp. silvestres selecionadas	Presença/Ausência de fauna silvestre selecionada
Frequência de observação de fauna silvestre	Diversidade de fauna silvestres
Sucesso na reprodução da fauna silvestre	
Impactos Sociais	
Número de encontros com outros indivíduos por dia	Número de encontros por tipo de atividade
Número de encontros por meio de transporte	Número de encontros por tamanho de grupo
Número de encontros com outros grupos por dia	Percepção do visitante sobre lotação
Número de encontros por local de encontro	Nº de reclamações dos visitantes
Percepção do visitante sobre o impacto no ambiente	Quantidade de lixo na área
Satisfação do visitante	
Relatos de visitantes sobre comportamentos indesejáveis de outros visitantes	

²² Manejo do Impacto da Visitação, aporuguesamento já estabelecido pelos órgãos de manejo de áreas protegidas.

Fonte: Graeffe et al. (1990)

Uma vez estabelecidos os indicadores mais adequados, passa-se a uma fase de capacitação dos envolvidos nas atividades de lazer e turismo: monitores, operadores, agências e demais atores. Essa capacitação deve ser estabelecida para que todos os envolvidos tenham amplo entendimento sobre a técnica, sobre os motivos de os indicadores terem sido estabelecidos e, principalmente, de como deve ser realizado o monitoramento destes indicadores. Com isso, espera-se que possíveis mudanças na paisagem natural do ambiente no qual as atividades de lazer e turismo estão sendo desenvolvidas sejam rapidamente identificadas e ações para seu manejo sejam propostas com urgência. A Figura 9 apresenta as etapas de estabelecimento de indicadores e monitoramento da técnica “VIM”.

Figura 9 - Etapas de estabelecimento de indicadores e monitoramento da técnica “VIM”



Fonte: Freixedas-Vieira et al. (2000)

Considerando essas informações, os profissionais que operam atividades de lazer e ecoturismo na natureza podem reduzir impactos negativos e propor ações de manejo quando surgirem problemas. A combinação do LAC com o VIM, como aqui indicado, oferece um roteiro de fácil entendimento e aplicação para estes profissionais.

No Brasil, o ICMBio adotou como técnica mais adequada para gestão de suas áreas o NBV (Número Balizador de Visitação) (ZIMMERMANN, 2011), que é uma associação de Capacidade de Carga e VIM. Por sua vez, a Fundação Florestal, órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e responsável pela gestão das Unidades de Conservação nesse Estado, definiu como base de suas atividades de redução de problemas da visitação em suas áreas, a técnica VIM.

Não há serviços de apoio de A&B (alimentos e bebidas) e de hospedagem, atividades essas que merecem ser mais bem avaliadas, na mesma abordagem da avaliação de impactos obedecendo às

técnicas do VIM ou NBV, já consagradas para outras localidades e também se utilizando da interpretação ambiental, está será mais aprofundada a seguir.

E, embora a FLONA desenvolva uma atividade com os escolares, é preciso avançar no atendimento ao público que pode querer visitar a área de uma forma mais descontraída, por meio de práticas de lazer. Nesse sentido, a educação formal, como está assentada as atividades para escolares, o que é conveniente, precisa ser ajustada para visitantes em lazer em seu tempo livre. A técnica apoiada pela Interpretação Ambiental é a mais consagrada para esse tipo de estruturação de roteiros e atividades para sensibilizar o visitante sobre as características do ambiente visitado.

Assim, sobre interpretação das trilhas, esse é, portanto, um ponto negativo do programa de uso público que perde a oportunidade de aumentar a experiência de visita. A Interpretação Ambiental busca o contato direto com um ambiente 'natural' que possibilite ao indivíduo uma oportunidade para desenvolver sua percepção ambiental e assimilar conhecimentos. Esse instrumento tem um foco sobre as dimensões da experiência do visitante e considera que ele não está preocupado apenas com a observação de um cenário ou objeto, mas também com a sensação e percepção de alguma coisa e do seu valor (NEIMAN, 2007). Para estimular os sentimentos e percepções, a Interpretação Ambiental constitui-se em atividades de alta relevância na transformação dos conhecimentos, valores e atitudes em direção a um comportamento pró-ambiental (NEIMAN, op. cit.). Assim, a Interpretação Ambiental baseada na experiência proporciona ao indivíduo a vivência na natureza e compreende um conjunto de elementos que vão das experiências interpretadas e representadas de forma particular individual ou grupal, expressas por sensações, pensamentos e sentimentos variados (NEIMAN, 2007).

Todos os princípios e características da Interpretação Ambiental ainda é algo por ser construído na área em estudo. A principal trilha da UC é operada de maneira inadequada, seja por grupos organizados ou de forma aleatória. Há, portanto, um desafio para transformar os atrativos da área voltados para pessoas em seus momentos de lazer, e não só para escolares. Isso é importante como oportunidade de vivenciar com mais plenitude o momento mágico de visita, de re-encontro com a natureza, contida nas UCs da região.

Admitindo-se essas informações, as próximas etapas desse trabalho pode vir a contribuir com a indicação das trilhas voltadas a visita de lazer na UC, a partir da interpretação ambiental como ferramenta para uma sensibilização e transformação do visitante, ao mesmo tempo em que se estabeleçam indicadores para serem monitorados e avaliados sobre os possíveis impactos decorrentes da visita aos atrativos.

Destaca-se a importância que a FLONA de Goytacazes apresenta para as práticas educacionais na região. Informações sobre o manejo do impacto da visita e sobre interpretação ambiental merecem ser trabalhadas com mais destaque para manter a pressão de uso dentro de variáveis aceitáveis e garantir uma maior sensibilização do público sobre os ambientes que a UC protege.

A FLONA também precisa ser entendida como um elemento para estruturação do lazer e turismo no município, com possibilidades de desenvolvimento socioeconômico e ligado à inclusão social local. Pode-se trabalhar com a ideia de inclusão social associada à inserção econômica e à participação política e social (NASCIMENTO; ARAUJO, 2015). Nessa linha, a inclusão social deve ser vista para além de abordagens econômicas, mas considerar o papel político dos segmentos da sociedade envolvidos numa dada atividade. Portanto, não é um olhar só pela perspectiva material. O compromisso da "redistribuição abrange não apenas a transferência de renda como também a reorganização da sociedade a democratização dos processos através dos quais são tomadas as decisões". Com isso, não se trata de pensar a inclusão social como antítese da exclusão social. Esta última pode corresponder a

processos “de falsas inclusões ou inclusões insatisfatórias, baseadas em trajetórias de vulnerabilidade e/ou precariedade e até mesmo rupturas de vínculos sociais” (IRVING, 2006, p. 57).

Essa discussão é importante no sentido de que alguns espaços públicos, notadamente as Unidades de Conservação, têm sido requisitados para práticas mais inclusivas da sociedade. Trata-se de grupos de pessoas de diversas origens e segmentos, não só os escolares, que tendo um objetivo comum, desenvolvem uma ação política para garantir o uso, o direito ao acesso e a existência de um dado recurso.

4.3.2.7 Recursos Explorados

Em razão das motivações para a criação da UC e das características da FLONA, não há exploração de recursos naturais e suas atividades estão circunscritas à proteção, educação ambiental, visitas, pesquisa básica e aplicada e conservação da biodiversidade.

5. EXPEDIÇÃO

5.1 METODOLOGIA

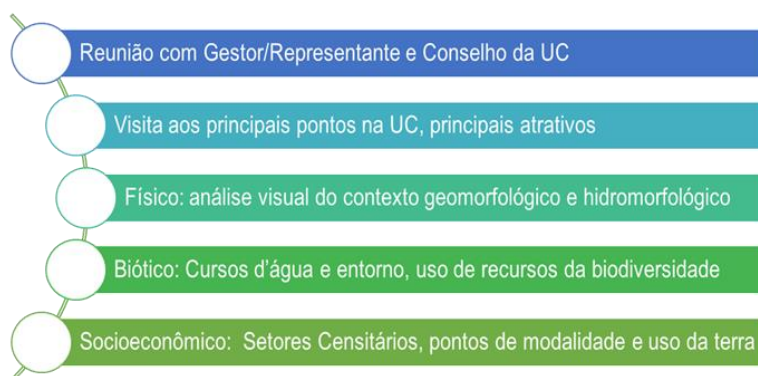
A expedição teve como objetivos a complementação de dados referentes a lacunas identificadas por meio de conversas e reuniões com gestores, moradores e usuários das UCs; além do reconhecimento da Unidade de Conservação e da área de estudo *in locu*. Foi realizada entre os dias 14 e 15 de fevereiro de 2019 com o conjunto da equipe de especialistas, após a realização da Oficina de Diagnóstico, quando cada uma das seis Unidades de Conservação foi visitada.

A metodologia da expedição, que foi construída pela equipe técnica, apresentada e validada pelos participantes da Oficina de Diagnóstico, levou em consideração as particularidades da Unidade de Conservação, as lacunas identificadas, as percepções dos participantes da oficina e os resultados do Diagnóstico de Linha de Base.

Na expedição, de maneira geral, foram realizadas análises expeditas da integridade dos ecossistemas aquáticos e terrestres, a validação das informações secundárias em campo, reuniões e entrevistas com a população do entorno e com gestor e funcionários da unidade, além de uma breve vistoria das áreas para verificação das lacunas identificadas na primeira etapa do projeto. Também as perguntas orientadoras funcionaram como guia para a expedição, de forma que as respostas das perguntas orientadoras integram o presente Diagnóstico de Avaliação (Anexo III).

A estrutura que orientou o planejamento da expedição está ilustrada na Figura 10. A equipe buscou primeiramente reunir-se com o órgão gestor para entender com maior profundidade o contexto local e fechar o detalhamento da visita à unidade. Buscou-se também manter o balanço entre o conhecimento dos atrativos e dos principais pontos da UC a serem percorridos pela equipe técnica, mas também atender às especificidades dos pontos a serem visitados especificamente pelas equipes de cada meio (físico, biótico e socioeconômico e cultural).

Figura 10 - Estrutura da expedição



Ao longo do percurso foram realizadas Reuniões Técnicas entre toda a equipe técnica do projeto, para construção de entendimentos comuns e possibilitando o compartilhamento das análises e impressões.

5.1.1 Meio Físico

A fim de verificar se, de fato, os aspectos do meio físico da Unidade de Conservação que foram impactados pelo fluxo de rejeito originado pelo rompimento da Barragem de Fundão, foram realizadas expedições, com foco no levantamento de informações sobre a **rede de drenagem, planícies e vales fluviais** abrangidos pelos limites da área de estudo.

Para isso, foi necessário que a equipe de especialistas do meio físico tivesse acesso aos locais da área de estudo mais próximos do Rio Doce e dos canais tributários, a fim de levantar novos dados, complementar, validar ou refutar informações obtidas dos levantamentos secundários.

O registro de dados durante a expedição foi inspirado em protocolos de avaliação rápida de integridade ecológica de alagados (RAMSAR 2005, Faber-Langendoen et al. 2012), que inclui descritores da **geomorfologia fluvial**, dos **sedimentos** e da **qualidade da água**, bem como da **vegetação ripária** e do **contexto geográfico** da bacia.

Para análise da geomorfologia fluvial e sedimentos foi feita a identificação de feições de acumulação, extra-canal fluvial (na planície de inundação e margem fluvial) e intra-canal fluvial (leito do rio). Algumas podem ter sido geradas pela deposição de rejeito, outras podem ter contribuído com a sua deposição (armadilhas de sedimentos) durante o rompimento e após, mediante a continuidade de altas concentrações de sedimentos suspensos, principalmente durante o período de chuvas. Também foram observadas feições fluviais relacionadas a processos erosivos, uma vez que o fluxo de rejeito pode ter potencializado o atrito e abrasão dos grãos nas margens e no fundo do rio devido a predominância de grãos silte e areia fina na massa d'água de elevada turbidez (CPRM/ANA (2015a).

Outras características do trecho fluvial visitado foram levantadas conforme proposto pela metodologia de Carvalho (2017), aplicada em pesquisas sobre a geomorfologia fluvial de bacias hidrográficas:

Tabela 35 - Características extra e intra-canal do trecho fluvial a serem observados em campo.

Características extra e intra-canal do trecho fluvial observado	
Sinuosidade do rio	Trechos retilíneos ou encaixados, segmentos entrelaçado, meandrante, anastomosado.
Número de canais	Segmento único ou múltiplo.
Tipo de materiais visivelmente presentes no leito e/ou nas margens	Rocha, matacão, cascalho, areia, sedimentos finos, outros.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2017).

Além dos tipos de materiais nas margens e no leito dos cursos d'água, proposto por Carvalho (2017), foram observadas a cor e textura dos sedimentos presentes na planície fluvial, bem como o aspecto, coloração e turbidez da água.

O entorno dos cursos d'água e da Unidade de Conservação foram analisados com o propósito de contextualizar as características morfológicas e comportamentais da rede de drenagem com o sistema físico-ambiental como um todo.

Por fim, pretendeu-se complementar o levantamento das observações do campo com informações obtidas por entrevistas semi-estruturadas com trabalhadores locais, técnicos de empresas, instituições públicas regionais e representantes da Unidade de Conservação, que estiveram disponíveis no dia da expedição. Nestas entrevistas foram obtidas informações sobre características fundamentais do funcionamento de ecossistemas aquáticos da UC, como regime hídrico, sazonalidade, periodicidade e extensão de inundações, de outra forma impossíveis de serem inferidos por meio de uma visita pontual. Também foram obtidas informações que vieram a complementar a avaliação de pressões em ecossistemas aquáticos por atividades humanas dentro e fora da Unidade de Conservação, principalmente em termos de uso e manejo da terra, e referente as alterações observadas na hidrografia, planícies e vales fluviais locais pós o rompimento da Barragem de Fundão. Em todos os casos procurou-se identificar, no julgamento dos entrevistados, questões relacionadas com a magnitude, severidade e reversibilidade das mudanças no meio físico (relevo, hidrografia, solos, qualidade da água e sedimentos), observadas pelos especialistas, bem como suas relações com a variação histórica dentro do que foi caracterizado na Linha de Base.

Tais entrevistas contribuíram tanto para nortear os próximos passos da pesquisa, a fim de identificar/avaliar impactos potenciais no meio físico, como também foram utilizadas para ilustrar situações que podem ter se desdobrado no ambiente (geradas ou agravadas) em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão no meio físico.

5.1.2 Meio Biótico

A principal lacuna encontrada após o levantamento de dados realizado para todos os grupos do meio biótico - vegetação, mamíferos, aves, herpetofauna e ictiofauna - foi o conhecimento escasso ou fragmentado sobre as espécies originalmente presentes na Unidade de Conservação. Desse modo, o estabelecimento de uma linha de base robusta que permita avaliar os impactos logo após o acidente, e em diversos intervalos posteriores, é assim dificultado.

Sendo assim, e considerando que a expedição não contempla o levantamento de espécies, a metodologia em campo para complementar as informações sobre o meio biótico teve como foco a verificação da extensão e efeitos da erosão, acumulação de rejeito e modificações na qualidade da água (e.g. turbidez) e outras alterações do habitat das espécies previamente identificadas na UC. Foram feitas observações e fotografias nos diversos ambientes presentes, além de inspeções na margem de corpos d'água e fragmentos de vegetação nativa e alterada.

Adicionalmente, foram feitas entrevistas com o objetivo de avaliar os relatos de gestores, funcionários e moradores do entorno da UC que presenciaram os efeitos do rompimento em períodos mais próximos ao evento, bem como se obteve informações sobre espécies de maior porte presentes, aumento da pressão de caça, pesca ou extração de madeira.

Os resultados da expedição foram adicionados ao diagnóstico elaborado com base em dados secundários, de forma a permitir, da melhor maneira possível, a avaliação dos impactos, a resposta às perguntas orientadoras e a proposição de programas de pesquisa considerados relevantes, bem como de medidas mitigatórias e compensatórias.

A metodologia de campo envolveu conversas com representantes da FLONA de Goytacazes, da RENOVA e da sociedade civil, presentes na oficina realizada em Governador Valadares durante dois dias. Foram obtidos aí contatos e informações que guiaram a ida a campo para a coleta das informações sobre as espécies da fauna e da vegetação presentes, sobre as atividades de caça e extração, e outros impactos sobre o meio biótico, bem como a extensão da cobertura da lama nas áreas mais próximas à UC.

A ida a campo, durante dois dias, foi feita com o apoio do ICMBio, através do gestor da FLONA, e com o acompanhamento de funcionários. Foi possível percorrer a área da FLONA durante um dia, com paradas para observação da fauna e dos ambientes. Utilizou-se o diagnóstico e as listas de espécies como base para as questões.

Foi ainda realizada uma reunião com gestores de UCs do Espírito Santo, sob a responsabilidade do ICMBio, envolvidos no processo de avaliação de possíveis impactos do acidente, e uma visita ao Museu Lorenzutti, que abriga exemplares preservados da fauna da região.

Uma fonte importante de informações sobre a região e sua mastofauna consistiu nos resultados do levantamento de espécies de mamíferos conduzido pela empresa Bicho do Mato, contratada pela RENOVA para monitorar a biodiversidade terrestre das áreas possivelmente afetadas pelo rompimento da barragem.

A avaliação de impactos conduzida pela empresa Bicho do Mato para a mastofauna envolve a amostragem de quirópteros, pequenos mamíferos terrestres e mamíferos de médio e grande porte em módulos RAPELD. As amostragens previstas são realizadas em duas campanhas anuais, e a primeira campanha, da estação seca, ocorreu no segundo semestre de 2018. O levantamento e o monitoramento de espécies foram feitos através de captura, marcação e recaptura, exceto em casos em que não foi possível a identificação em campo, ou com o objetivo de análise de contaminação de metais em tecidos animais. Neste caso, houve coleta de exemplares. No caso de mamíferos de médio e grande porte, foi autorizada a coleta apenas de indivíduos encontrados mortos por atropelamento ou outras causas. A amostragem de quirópteros foi feita com o uso de redes de neblina. Pequenos mamíferos foram amostrados com armadilhas de contenção, e complementarmente através de armadilhas de queda utilizadas nas amostragens de herpetofauna. Mamíferos de médio e grande porte foram amostrados através de avistamento em transectos, evidências indiretas e armadilhas fotográficas. Os dados obtidos foram incorporados às listas de mastofauna, para os três grupos (mamíferos de médio e grande porte, pequenos mamíferos não-voadores e quirópteros), contribuindo para o presente diagnóstico. Espera-se que as campanhas subsequentes aportem resultados importantes, que representam um impacto positivo para a UC.

5.1.3 Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público

Os levantamentos em campo foram basicamente uma atividade exploratória e em alguns casos inédita, devido à carência de informações sobre uso de recursos e sobre os programas de uso público da UC. Há poucas informações consistentes sobre estruturas para práticas de visitação e lazer, centro de visitantes, áreas de recreação, sistema de hospedagem ou o manejo de trilhas, entre outras atividades, que comumente podem ser o ponto de partida da análise de um programa de uso público, quando da elaboração de um Plano de Manejo. O mesmo se repete em relação a informações sobre uso de recursos naturais ou mesmo experiências de manejo na UC ou em seu entorno.

Desta maneira, considerando os pressupostos e os objetivos do trabalho, a expedição à campo contribuiu para o entendimento das práticas de uso dos recursos naturais e de lazer das comunidades do interior e entorno das UC. A imersão – ainda que rápida – dos pesquisadores na realidade das localidades previamente identificadas em mapas de uso da terra, levou à observação dos usos e das práticas de lazer nos espaços públicos locais disponíveis²³. Deve-se destacar que parte destes espaços públicos disponíveis foi, direta ou indiretamente, afetada pelo rompimento da Barragem do Fundão.

As idéias de “interpretação da cultura” indicadas por Geertz (2001) embasam a fase de levantamento em campo. Para isso, o autor sugere que se faça uma “descrição densa” da cultura local, que possibilitaria uma interpretação sobre os significados das ações dos sujeitos nesta dada cultura. Esta estratégia é considerada fundamental para a compreensão dos aspectos relacionados à relação dos sujeitos com os “espaços naturais” em cada comunidade, em particular quanto ao uso dos recursos e ao lazer.

A idéia de uma “descrição densa”, tal como proposto por Geertz (op. cit.), traz no seu bojo a necessidade de imersão da equipe dos pesquisadores em cada comunidade de forma a apreender a cultura de cada comunidade. Para um trabalho de tal amplitude, no entanto, é necessário elevado tempo de contato com cada comunidade para se atingir o objetivo central.

Desta forma, embora não seja realizada uma “descrição densa” de cada comunidade, os trabalhos de observação realizados pela equipe foram construídos de tal forma a permitir que os principais aspectos relativos ao uso dos recursos e do tempo de lazer nas comunidades sejam verificados. Foi realizada, então, uma imersão tão profunda quanto fosse possível a este tipo de investigação.

Considera-se aqui, como primeira aproximação para o entendimento das relações das comunidades com o “espaço natural” e práticas de lazer dos bairros do entorno, a ideia de cultura como uma teia de significados. Assim, as estratégias de observação se orientam para a busca e pela interpretação dos significados destas práticas, na sua “ausência” ou na sua “presença”. Essa estratégia permite verificar, por exemplo, que muitas práticas de lazer já acontecem nestas comunidades, estão portanto “presentes”, algumas inclusive na área da UC. E diversas outras práticas são desejadas, ainda são “ausentes”, e são reivindicadas como necessárias, de forma consciente pelos sujeitos entrevistados. Destaca-se aqui o simbolismo e o imaginário das comunidades do entorno da UC sobre suas concepções de natureza e ambiente e sobre o uso dos recursos e as práticas de lazer. Para Geertz (2001), o comportamento é uma ação simbólica, daí a importância de buscar sua identificação.

²³ O ideal é que a observação das práticas de lazer ocorra em finais de semana, feriados, férias. Adaptações serão necessárias, em razão das condições concretas de realização da expedição.

Posto desta maneira trabalha-se com referenciais similares ao proposto por Claval (2001) sobre o ressurgimento da Geografia Cultural. Para este autor, as técnicas tornaram-se demasiadamente uniformes para deter a atenção; e são as representações, negligenciadas até então, que merecem ser estudadas, resultando daí os “estudos dos papéis”. A reconstrução da Geografia Cultural passa, segundo Claval (op. cit.), pela busca do sentido dos lugares e da percepção que os povos que os habitam têm deles, ou seja, o espaço vivido.

É também possível pensar nesse arcabouço teórico pensado por Geertz (2001) e Claval (2001) ajustados à idéia de conservação da natureza, como o que preconiza a etnociência ou a etnoconservação.

Para Diegues (2000) pode-se falar em etno-bio-diversidade, isto é, a “*riqueza da natureza, da qual participam os humanos, nomeando-a, classificando-a, domesticando-a*”. Para esse autor, a biodiversidade pertence tanto ao domínio do natural e do cultural, mas é a cultura enquanto conhecimento que permite que as populações possam entendê-la, representá-la mentalmente, manuseá-la e, freqüentemente, enriquecê-la. O autor continua:

o que se propõe é a criação de uma nova ciência da conservação que incorpore o conhecimento científico e tradicional... [A Etnoconservação] é o estudo do papel da natureza no sistema de crenças e a adaptação do homem a determinados ambientes, enfatizando as categorias e conceitos cognitivos utilizados pelos povos em estudo. Pressupõe-se que cada povo possua um sistema único de perceber e organizar as coisas, os eventos e os comportamentos (DIEGUES, 2000, p.18-19).

Admitindo-se essas informações, é necessário entender o espaço vivido, focado nos usos e nas práticas de lazer das comunidades do interior e entorno da UC, realizado através de uma descrição tão densa quanto possível, ou dos “estudos dos papéis” dos sujeitos. Senão, pode-se incorrer em erros ou análises descontextualizadas das ações, dos interesses, das representações, dos significados presentes nessas comunidades. Mais que isso, de acordo com os interesses da comunidade, é possível pensar em ações de etnoconservação como indicado por Diegues (2000).

Para complementar as observações e descrições de campo, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com as lideranças locais, formais e informais, como preconizadas por Ferreira (1996) e Brandon (1995). Os sujeitos, entendidos aqui como “lideranças”, nem sempre desempenham um papel de líder, no sentido formal, normativo, ou como se costuma entender. São antes sujeitos que, no decorrer da imersão dos pesquisadores e das observações realizadas²⁴, foram percebidos como portadores de informações relevantes sobre aspectos histórico-culturais relativos às práticas de lazer comunitárias.

Assim, as entrevistas com esses atores-chave visam apontar como se dão as práticas de lazer da comunidade e o processo de uso e ocupação da região. As informações visam a compreensão das causas, desenvolvimento e processo conflitual em curso – o rompimento da Barragem do Fundão – e de que forma eles entendem esta nova experiência em seu cotidiano, em sua relação com os recursos e sobretudo no seu tempo de lazer.

Os atores-chave representantes das comunidades locais que foram entrevistados, também exercem o papel de mediadores entre os pesquisadores e a comunidade, diminuindo o impacto e o “estranhamento”

²⁴ Considerando as condições objetivas do trabalho, com tempo limitado para a imersão e observação, as lideranças podem ser indicadas pelos gestores ou outros atores regionais.

entre a equipe e a comunidade (FERREIRA, 1996). Desta forma, as entrevistas procuram abordar o posicionamento e reivindicações dos atores-chave acerca do acesso e uso de recursos e de práticas de lazer e das restrições provocadas pela carga de sedimentos oriundos da Barragem de Fundão ou mesmo sobre a Unidade de Conservação na região.

É apresentado como objetivo principal da expedição a complementação de dados, o reconhecimento das UCs e das áreas afetadas *in locu* e a realização de entrevistas com gestores, moradores e usuários. Para a expedição e entrevistas foi desenvolvido um roteiro metodológico, tal como segue:

Pontos e instituições a serem visitadas:

- Pontos turísticos da UC;
- Pontos de interesse para verificação dos índices de nodalidade (cruzamentos entre estradas, ruas e trilhas);
- Setores censitários selecionados;
- Órgão gestor da UC;
- Representantes do trade turístico;
- Outros (indicados na oficina).

Roteiro metodológico e protocolo de entrevistas

Atores sociais locais das comunidades do entorno identificados a partir de informações dos gestores e participação nas oficinas de planejamento.

- Esclarecimentos metodológicos: explicar, em poucas palavras, o propósito do trabalho:
 - Rompimento da Barragem. Impactos. Medidas mitigatórias.
 - Unidades de Conservação. Planos de Manejo. Uso de recursos naturais. Programa de Uso Público.
 - “Manejo”: Conciliar conservação ambiental e uso público da área.
 - Propostas para o uso da UC com a participação das comunidades do entorno.
 - Contribuição para o Programa de Uso Público: elaborado após as observações na comunidade, entrevistas, levantamentos das potencialidades, fragilidades e riscos ambientais da área e oficinas propositivas.
- Termo de Aceite – participação na pesquisa:
 - Os dados coletados serão usados para a identificação de impactos sobre a UC e para o planejamento do uso da UC com identificação dos informantes. Há também a possibilidade do entrevistado resguardar sua identidade, permitindo o uso dos dados sem sua identificação.
 - Os dados poderão eventualmente ser usados na elaboração de material científico (painéis, comunicações, artigos, dissertações, teses, livros) sem a identificação dos informantes.
 - O entrevistado terá acesso às partes transcritas que serão utilizadas no relatório (serão enviadas ao endereço fornecido).

Roteiro de entrevista

Para cada entrevistado foi elaborado um roteiro com tópicos mais específicos.

- Identificação do entrevistado: nome, idade, endereço para envio do material transcrito a ser utilizado no relatório. Sua história com relação ao local, à UC, permitindo relato de história oral.

- Atentar para as transformações do espaço, do uso dos recursos e das práticas de lazer. Estimular a fala sobre estes aspectos.
- O lazer do entrevistado/sua família – práticas e locais.
- O lazer da comunidade: crianças, idosos, mulheres, adultos e jovens.
- Sua relação com o espaço da UC, antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão (como, o que, onde, quando).
- A relação da comunidade com o espaço da UC, antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão (como, o que, onde, quando).
- O que a Unidade de Conservação deveria oferecer à você/sua família/à comunidade.
- Material fotográfico: uso exclusivo para esse trabalho com citação de referências.

O roteiro de entrevista cumpre também o objetivo de compromisso ético com os sujeitos com relação a publicização e retorno das informações aos interessados.

Com relação às entrevistas, elas ocorreram, inicialmente, na oficina de apresentação do Diagnóstico de Linha de Base. Entrevistados na oficina podiam sugerir outros entrevistados, conforme acontece na técnica da “bola de neve”²⁵. Esta técnica faz uso

[...] de um pequeno grupo de informantes a quem é pedido que ponha o investigador em contacto com os seus amigos, os quais são subsequentemente entrevistados, pedindo-se-lhes igualmente que indiquem outros amigos a entrevistar, e assim por diante, até que uma cadeia de informantes tenha sido selecionada (BURGESS, 1997, p. 59).

Sugeriu-se que na cadeia de entrevistas oriundas da “bola de neve” sejam arguidos até três sujeitos abrangendo moradores do interior ou dos bairros vizinhos à UC. Com isso, esperava-se uma saturação da amostra de informações. Para Moraes (2003), entende-se que a saturação é atingida quando a introdução de novas informações nos produtos da análise já não produz modificações nos resultados anteriormente atingidos. Isso implica em um processo de coleta e de análise paralelos, cuja viabilidade é avaliada no próprio campo e, se necessário, acontecem adaptações, sem se abrir mão do rigor metodológico.

Nas Unidades de Conservação que têm conselhos de gestão em funcionamento, foi importante avaliar a oportunidade de reunião dos pesquisadores com o conselho ou membros do conselho o que otimizaria, certamente, a oitiva das lideranças locais.

Assim, a expedição a campo, em cada Unidade de Conservação, considerando os diagnósticos iniciais, as contribuições da oficina de diagnóstico e as bases teóricas e os objetivos do trabalho, abrangeu:

- Observação para entender o cotidiano dos moradores, o uso dos recursos naturais e as práticas de lazer nos espaços públicos disponíveis para interação social²⁶;
- Entrevistas com “lideranças” formais e informais sobre uso de recursos naturais e sobre as práticas de lazer da comunidade.

Os resultados foram sistematizados e analisados para compor o item relativo ao Meio Socioeconômico, Cultural e de Uso Público das Unidades de Conservação.

²⁵ Descreve-se a situação ideal para aplicação da técnica. Eventuais alterações podem acontecer.

²⁶ A observação das práticas de lazer acontecerá se a situação for propícia, por exemplo, final de semana.

5.2 AVALIAÇÃO DE CAMPO EXPEDITA

5.2.1 Meio Físico

A fim de verificar quais os aspectos do meio físico da área de estudo da FLONA de Goytacazes podem ter sido impactados pelo fluxo de rejeito originado do rompimento da Barragem de Fundão, entre os dias 13 e 14/02/2019 foram realizadas visitas técnicas à locais estratégicos, dentro dos limites estabelecidos por este trabalho, para maior entendimento do contexto geral da paisagem, e capazes de representar o comportamento atual da hidrogeomorfologia do Rio Doce e seus tributários.

Os locais visitados foram identificados na Figura 11 e Tabela 36 pelo número do ponto que demarca sua posição geográfica por GPS.

Figura 11 - Localização dos pontos visitados durante a expedição



Tabela 36 - Localização dos pontos visitados durante a expedição

Ponto	Identificação	Data	Elevação (Z)	Coordenadas UTM	
				Latitude	Longitude
75	Sede da FLONA Goytacazes com registros da altura das cheias nas paredes	14/02/2019	28	386047,730895	7850664,487170

79	Paleocanal do Rio Doce. Atualmente é um canal temporário (solo escuro, serrapilheira e mata densa)	14/02/2019	19	387239,556663	7850536,830630
80	Área da "cabruca" com serrapilheira espessa e solo escuro	14/02/2019	23	385867,804510	7850210,809610
81	Estada de perímetro da UC FLONA Goytacazes. Entrada por Jataitiba	14/02/2019	18	387482,094311	7846980,656800
82	Propriedade Rural - Agruperação	14/02/2019	14	388636,406886	7849591,386840
84	Área da FONA Goytacazes que também sofre inundação	14/02/2019	13	387733,629662	7851841,081440
85	Viveiro de cacau do CEPLAC em Linhares (ES)	14/02/2019	34	388110,315046	7852884,508350
86	Propriedade Rural: Hidroponia	14/02/2019	19	390059,748046	7849201,686900
87	Ponto de coleta do PMQQS - RDO15	15/02/2019	20	387901,423864	7853839,975430

Na área de estudo, a planície fluvial do Rio Doce é a unidade geomorfologicamente predominante. Nessa planície os vales são mais abertos e a largura do rio é expressiva, características atribuídas a baixa topografia e declividade (entre 3° a 5°) dos terrenos e do gradiente do canal. Neste canal ocorrem muitas formações de bancos de areia marginais e ilhas, em geral colonizadas pela vegetação. O fluxo de água é caudaloso e, apesar de se observar a presença de sedimentos em suspensão, a cor da água parece menos avermelhada do que em relação aos trechos do rio a montante, talvez pela grande quantidade de água e mistura com fluxos originados de rios tributários, lagoas costeiras e influência do mar. Na margem e no leito do Rio próximo a ela, ocorrem sedimentos arenosos e mais finos (argilas e siltes). A margem esquerda do Rio Doce é urbanizada, e apenas alguns trechos mais estreitos mantêm alguma vegetação. Já a margem direita possui a vegetação mais preservada, o que decorre provavelmente pelos tipos de ocupação: onde se localiza o centro de pesquisa do CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) e a Unidade de Conservação FLONA de Goytacazes, área foco deste trabalho.

Figura 12 - Expedição de campo realizada na área de estudo da FLONA de Goytacazes, entre os dias 13 e 14/02/2019: (1) Rio Doce visto de sua margem esquerda; (2) vista do Rio Doce e da planície fluvial sobre a ponte de Linhares; (3) Sedimentos na margem (esquerda) e no leito do Rio Doce. Linhares (ES).



Parte da planície flúvio-lacustre do Rio Doce no trecho em estudo pode ser designada, em termos geológicos, como paleoleitos Quaternários. Sua morfologia e comportamento apresenta indícios de que flutuações climáticas pretéritas e recentes, ao intercalar períodos de climas frio/seco e quente/úmido, alteraram a dinâmica hidrológica da bacia junto a progressões e regressões marinhas, conduzindo processos de migração do sistema flúvio-lacustre para suas atuais posições geográficas. São terrenos condicionados a sofrer inundações periódicas, causadas não só pelo extravasamento de água do leito do Rio Doce, mas também pelo afloramento do lençol freático (extremamente superficial) mediante a qualquer elevação das chuvas na bacia ou das marés no litoral próximo. Como exemplo, pode-se citar a regulação de fluxos de alguns canais temporários na UC, drenados quando há registros de chuvas na bacia ou maré alta.

Esta vasta planície de inundação é formada por depósitos inconsolidados e profundos de areia, argila e matéria orgânica. Tais características podem ser observadas nas áreas da FLONA, onde a camada de serapilheira recobre solos escuros, ricos em nutrientes, que permitem o desenvolvimento da vegetação ombrófila.

Figura 13 - Trilha da UC FLONA de Goytacazes: (1) paleoleito do Rio Doce, atual canal temporário; (2) solos arenosos e argilosos, presença de matéria orgânica por serapilheira. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).



Além da observação de aspectos da paisagem e da geomorfologia fluvial, o levantamento de dados da área considerou as informações obtidas através de conversas com a população local. Dessa forma, foram realizadas 7 entrevistas semi-estruturadas com a equipe responsável pela UC, produtores rurais, e técnicos de instituições de pesquisa e da Fundação Renova.

Segundo relatos do gestor da FLONA de Goytacazes e de outros profissionais entrevistados, a planície onde se assenta a Zona de Amortecimento da UC sofre inundações frequentes, com eventos de cheias extremas que ocorrem, em média, de 7 em 7 anos. A exemplo deste fato, com a inundação que ocorreu em dezembro de 2014, a sede da UC, que está posicionada em terrenos um pouco mais elevados do que o restante da Unidade, chegou a submergir cerca de 1 m, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 - Marca da altura da inundação na parede da sede da UC FLONA de Goytacazes. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).



Parte das trilhas da UC foram identificadas pelos entrevistados como trecho pertencente ao paleoleito do Rio Doce e, portanto, zonas de inundações ainda mais frequentes. A última grande cheia foi registrada em dezembro de 2014.

De acordo com o gestor e trabalhadores da UC, até o momento, os impactos do rompimento da Barragem de Fundão se restringiram a porções que abrangem apenas a Zona de Amortecimento da FLONA, e mais especificamente a calha do Rio Doce e sua margem imediata. Contudo, há um grande receio da equipe sobre os processos que podem se desencadear no local com a próxima grande inundação, e que, por consequência natural, trará água e sedimentos (possivelmente contaminados pelo rejeito) que serão depositados na área abrangida planície inundável. As dúvidas que pairam sobre a equipe são: esses rejeitos podem degradar o ambiente da FLONA? E o que pode ser feito para evitar ou controlar os possíveis impactos potencialmente gerados pelo acúmulo desse material na planície?

Para o Sr. Casati, entrevistado que possui fazendas agropecuárias no município de Linhares, a degradação do Rio Doce já ocorre a muitos anos, mas com o rompimento da Barragem de Fundão esta degradação pode ter se agravado. O agropecuarista relata que onde a onda de rejeito passou pode-se observar grande mortandade de peixes e o acúmulo de muita argila misturada com areia. Porém, essa deposição também está relacionada com um longo período de estiagem que assolou a região entre 2013 até final de 2015: a seca prolongada pode ter aumentado a produção de sedimentos na bacia, e com a chegadas das chuvas (final de 2015 e início de 2016) essa elevada carga de sedimentos foi trazida pelo Rio Doce junto com o rejeito de Fundão, se depositando nos trechos de “calmaria”.

O entrevistado destaca que, a partir de 2016, houve redução da qualidade das águas subterrâneas da sua propriedade, porém atribui este fato mais ao período prolongado de estiagem do que a alguma possibilidade de contaminação das águas do lençol pelo fluxo de rejeito de Fundão. Em seus relatos, o agropecuarista observa que há anos extrai águas de poços em sua propriedade, alguns deles são para uso doméstico e outros para alimentar o gado e irrigar suas terras. A perfuração desses poços alcança uma média de 6 m de profundidade e sempre apresentou altas concentrações de ferro e pH neutro. No entanto, as águas extraídas dos poços recentemente perfurados têm registrado pH muito ácido (entre 2,7) e gosto de vinagre. A oxidação e corrosão dos tubos tem sido cada vez mais rápida; e as plantas aquáticas (golfo), colocadas para proteção dos poços, morreram, indicando a má qualidade das águas subterrâneas.

Além do sr. Casati, outros produtores rurais também tiveram problemas com o uso das águas de poços no período posterior ao desastre de Fundão. Na propriedade do sr. Carlos, que cultivava hortaliças pelo sistema de hidroponia, a partir de novembro de 2016, as águas dos poços passaram a apresentar uma drástica redução da condutividade, e sua produção foi perdida. Apesar de não deixar claro se acredita que há uma relação direta da redução da condutividade e perda de sua produção com o desastre de Fundão, Carlos enfatiza que durante o período mais crítico da longa estiagem regional, entre 2013 a 2015, o cultivo das hortaliças permaneceu elevado.

Na fazenda do sr. Carlos o lençol freático é alcançado com 2 m de profundidade, sendo, portanto, extremamente superficial.

Figura 15 - Cultivo de hortaliças pelo sistema de hidroponia através da captação de água por poços tubulares na área de estudo da FLONA de Goytacazes. Fotos tiradas entre os dias 13 e 14/02/2019, Linhares (ES).



Ao ser questionado sobre o que poderia ter causado a redução do pH nos poços de captação desses produtores rurais, o conselheiro da bacia do Rio Doce e técnico, engenheiro Henrique Lobo, esclarece que a acidez identificada nas águas pode ter relação com a existência de complexos minerais com altas concentrações de enxofre, presentes na hidrogeologia da região de Linhares. Os depósitos que se formaram ao longo do tempo geológico são ricos em matéria orgânica em decomposição, disponibilizando compostos de enxofre para as águas (subterrâneas e de superfície) e para os solos, elevando a acidez desses sistemas. Assim, o conselheiro propõe que quanto mais profundos os poços, e mais próximos de zonas pantanosas (pretéritas ou atuais), maior será a acidez das águas captadas.

Segundo técnicos do CEPLAC, as pesquisas que têm sido realizadas com a participação de sua equipe, têm mostrado que os maiores impactos no meio físico estão acontecendo na parte alta da bacia do Rio Doce, mas na FLONA vai depender da quantidade de concentração de rejeito que poderá se depositar na próxima cheia, em função do pH da água drenada pelo Rio e acumulada na planície de inundação. Isso porque, caso o pH da água esteja muito baixo, a acidez incitará a maior disponibilização de metais como ferro, manganês e zinco (minerais predominantes no rejeito de Fundão) nas planícies. Grandes concentrações de minerais (livres) depositados na planície flúvio-lacustre (ou em outras unidades de relevo ou feições intra-canal) podem gerar cimentação, criando crostas que dificultam a infiltração e o desenvolvimento de solos e plantas. Por exemplo, de acordo com os técnicos entrevistados, existe o risco de ter ocorrido cimentação nas ilhas fluviais da área de estudo pois, segundo eles, em algumas delas foram registrados depósitos de rejeito originados do desastre de Fundão. Como exemplo, foi citada a ilha do sr. Josemar Pegorette, que teve toda sua propriedade coberta pela lama de rejeito. Quando esta lama secou, formou-se uma crosta rígida que só pode ser removida após a escavação dos solos e uso de picaretas.

Apesar disso, os técnicos do CEPLAC destacaram que até o momento, as pesquisas que vem sendo realizadas em Paracatu de Baixo (alto Rio Doce) não tem registrado aumento de concentrações de chumbo, cádmio, arsênio e outros metais pesados, originadas do rejeito, nos solos ou nas plantas daquela região. Resultados parciais têm indicado que a elevação dos metais pesados registrados durante a passagem da onda de rejeito tende a estar mais relacionada ao revolvimento do fundo do Rio,

devido ao aumento do atrito, provocando abrasão, erosão e ressuspensão de partículas minerais e nutrientes que já estavam assentadas no leito fluvial.

De acordo com técnicos da Fundação Renova, desde o momento do rompimento da Barragem de Fundão, vem sendo realizados vários estudos para monitorar e avaliar a qualidade das águas e dos sedimentos superficiais e subsuperficiais. A princípio foram realizados monitoramentos emergenciais que subsidiaram estudos mais imediatos sobre o desencadeamento dos processos na bacia do Rio Doce e no litoral. No entanto, a partir de agosto de 2017 foi oficializado o Programa PQQMS (Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático), que prevê o acompanhamento sistemáticos da qualidade das águas e sedimentos na bacia do Rio Doce e no litoral nos 10 anos posteriores ao rompimento. A partir desse Programa, vários parâmetros têm sido monitorados sob a responsabilidade de diferentes câmaras técnicas. Alguns indicadores, que poderiam contribuir para o presente estudo, como por exemplo “testemunho de sedimentos”, ainda não possuem amostras suficientes para validação de seu comportamento.

5.2.2 Meio Biótico

Vegetação

A FLONA Goytacazes recebeu a expedição no dia 14 de fevereiro de 2019. Foram feitas caminhadas pela borda e interior da área vegetada e do paleoleito do Rio Doce.

A FLONA abrange relevante remanescente de Floresta Ombrófila Densa de Aluvião, um ecossistema florestal desenvolvido sobre solo aluvial, portanto, raro dentro do bioma Mata Atlântica, possuindo características únicas. Possui um percentual representativo de vegetação em estágio avançado/floresta madura, mas possuindo diversas áreas em diferentes estágios de regeneração. Pôde-se observar que em algumas áreas da FLONA houve cultivo de cacau no sistema chamado cabruca. Após a criação da UC em 2002, essa atividade cessou e a FLONA tornou-se área de preservação de espécies nativas (Figura 16). Conta com 5 tipos vegetacionais: macega/capoeira, floresta em estágio inicial (incluindo cabruca) de regeneração, floresta em estágio médio de regeneração, floresta em estágio avançado de regeneração e área brejosa.

Apesar da UC não ter sofrido deposição de lama de rejeito com o rompimento da barragem por estar a 700m da calha do Rio Doce, ela poderá futuramente receber sedimentos do Rio pelo extravasamento deste que ocorre periodicamente após sua cheia. Foi constatado que tal evento ainda não ocorreu após a passagem da lama há quase 4 anos, mas poderá a qualquer momento acontecer.

Segundo o técnico da FLONA, houve aumento na extração de palmito por conta da impossibilidade de pesca no Rio Doce.

Figura 16 - Árvore do interior da FLONA.



Mastofauna

Apesar da proximidade da cidade de Linhares, a FLONA de Goytacazes mantém uma floresta aluvial de grande extensão e bem preservada, com uma variedade de fitofisionomias que potencialmente abrigam uma rica comunidade de mamíferos.

Durante a oficina, a visita de campo e a conversa com funcionários do ICMBio foi possível determinar quais as espécies de mamíferos, especialmente de médio e grande porte, ocorrem na região, e ainda detectar algumas questões próprias desta UC que representam potenciais problemas, como a presença de fauna exótica e ocorrência de caça.

Aos dados obtidos em campo foram acrescentados os resultados da primeira campanha realizada pela Bicho do Mato durante a estação seca, que representa uma adição importante ao conhecimento da mastofauna da FLONA.

As tabelas abaixo (Tabela 37, Tabela 38 e Tabela 39) resumizam estas informações, para pequenos mamíferos não-voadores, quirópteros e mamíferos de médio e grande porte.

Tabela 37 - Pequenos mamíferos terrestres da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato.

Legenda: ** espécies com presença mencionada durante entrevistas em campo e *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.

Taxon	nome vulgar	IUCN	BR	ES
Ordem Didelphimorphia				
Didelphidae				
<i>Caluromys philander</i>	cuíca-lanosa			
<i>Chironectes minimus</i>	cuíca-d'água			CR
<i>Didelphis aurita</i> ** e ***	gambá-de-orelha-preta			
<i>Marmosa murina</i> ***	cuíca			
<i>Marmosops incanus</i> ** e ***	cuíca			
<i>Metachirus nudicaudatus</i> ***	jupati			
<i>Micoureus demerarae</i> ***				
<i>Micoureus paraguayanus</i> ***				
<i>Monodelphis iheringi</i>	catita			CR
<i>Monodelphis</i> sp.	catita			
<i>Gracilinanus microtarsus</i> ***	catita			
Ordem Rodentia				
Cricetidae				
<i>Akodon serrensis</i>	rato			
<i>Blarinomys breviceps</i> ***	rato			
<i>Calomys</i> sp.***				
<i>Calomys tener</i> ***				
<i>Euryoryzomys russatus</i>	rato			
<i>Hylaeamys laticeps</i>	rato	NT		
<i>Necomys Lasiurus</i> ***	rato-pixuna			
<i>Necomys squamipes</i> ***	rato-d'água			
<i>Oecomys catherinae</i>	rato			

<i>Oligoryzomys flavescens</i>	rato			
<i>Oligoryzomys nigripes</i>	rato-do-arroz			
<i>Oxymycterus dasythrichus</i> ***	rato			
<i>Rhipidomys mastacalis</i> ***	rato-da-árvore			
<i>Sooretamys angouya</i> ***	rato do mato			
<i>Thaptomys nigrita</i>	rato-do-mato			
Echimyidae				
<i>Kannabateomys amblyonyx</i>	rato-da-taquara			
<i>Phyllomys pattoni</i>	rato-de-espinho			
<i>Trinomys gratusus</i>	rato-de-espinho			
<i>Trinomys setosus</i>	rato-de-espinho			
<i>Guerlinguetus ingrami</i> **	caxinguelê			

Durante a campanha de campo foi confirmada visualmente a ocorrência de um pequeno marsupial, a catita *Marmosa murina*, através de exemplar encontrado dentro de um fruto de sapucaia. A espécie já havia sido registrada como de provável ocorrência. Os resultados preliminares da campanha seca realizada pela empresa Bicho do Mato acrescentaram três espécies de marsupiais e três de roedores à lista de provável ocorrência com base em dados de literatura e de distribuição (Tabela 37): duas espécies de catita (*Micoureus demerarae* e *M. paraguayanus*) e um catita ainda não identificada no nível de espécie, *Monodelphis* sp., e os roedores *Calomys tener*, *Calomys* sp. e *Sooretamys angouya*. Estas seis ocorrências não representam novidade para a região, por se tratarem de pequenos mamíferos comuns e de ampla distribuição. Registram-se, portanto, 31 espécies de pequenos mamíferos terrestres para a FLONA de Goytacazes.

Tabela 38 - Quirópteros da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato. Legenda: *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.

Taxon	nome vulgar	IUCN	BR	ES
Ordem Chiroptera				
Emballonuridae				
<i>Peropteryx kappleri</i>	morcego			
<i>Peropteryx macrotis</i>	morcego			
<i>Rhynchonycteris naso</i>	morcego			

<i>Saccopteryx leptura</i> ***	morcego			
Furipteridae				
<i>Furipterus horrens</i>	morcego		VU	
Molossidae				
<i>Cynomops planirostris</i>	morcego			
<i>Eumops auripendulus</i>	morcego			
<i>Molossus molossus</i>	morcego			
<i>Molossus rufus</i>	morcego			
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	morcego			
<i>Promops nasutus</i>	morcego			
Noctilionidae				
<i>Noctilio leporinus</i>	morcego			
Phyllostomidae				
<i>Anoura caudifer</i>	morcego-beija-flor			
<i>Anoura geoffroyi</i>	morcego			
<i>Artibeus cinereus</i> ***	morcego			
<i>Artibeus fimbriatus</i> ***	morcego			
<i>Artibeus gnomus</i>	morcego			
<i>Artibeus lituratus</i> ***	morcego			
<i>Artibeus obscurus</i> ***	morcego			
<i>Artibeus planirostris</i> ***	morcego			
<i>Carollia brevicauda</i> ***	morcego			VU
<i>Carollia perspicillata</i> ***	morcego			
<i>Chiroderma villosum</i>	morcego			
<i>Choeroniscus minor</i>	morcego			VU
<i>Chrotopterus auritus</i> ***	morcego			
<i>Desmodus rotundus</i> ***	morcego-vampiro			
<i>Diphylla eucadata</i> ***	morcego			

<i>Glossophaga soricina</i> ***	morcego			
<i>Lamproncyteris brachyotis</i>	morcego			VU
<i>Lichonycteris obscura</i>	morcego			
<i>Lonchophylla mordax</i>	morcego			
<i>Lonchorhina aurita</i>	morcego		VU	
<i>Lophostoma brasiliensis</i> ***	morcego			
<i>Micronycteris hirsuta</i>	morcego			VU
<i>Micronycteris megalotis</i>	morcego			
<i>Micronycteris minuta</i>	morcego			
<i>Mimon bennetii</i>	morcego			
<i>Mimon crenulatum</i>	morcego			
<i>Phyllostomus discolor</i> ***	morcego			
<i>Phyllostomus elongatus</i>***				
<i>Phyllostomus hastatus</i> ***	morcego			
<i>Platyrrhinus incarum</i>***				
<i>Platyrrhinus lineatus</i> ***	morcego			
<i>Platyrrhinus recifinus</i> ***	morcego			
<i>Pygoderma bilabiatum</i>	morcego			
<i>Rhinophylla pumilio</i> ***	morcego			
<i>Sturnira lilium</i> ***	morcego			
<i>Sturnira tildae</i> ***	morcego			
<i>Tonatia saurophila</i>	morcego			
<i>Trachops cirrhosus</i>	morcego			
<i>Trinycteris nicefori</i>	morcego			
<i>Uroderma magnirostrum</i>	morcego			
<i>Vampiressa pusilla</i> ***	morcego	DD		
Vespertilionidae				
<i>Eptesicus diminutus</i> ***	morcego	DD		

<i>Lasiurus blossevilli</i>	morcego			
<i>Lasiurus ega</i>	morcego			
<i>Myotis nigricans</i>	morcego			

Os dados fornecidos pela Renova, relativos à amostragem da campanha de seca da empresa Bicho do Mato, permitiram conformar a presença de 57 espécies de quirópteros que já haviam sido listadas como de provável ocorrência e duas espécies ainda não listadas na Tabela 38. As duas espécies adicionais são *Phyllostomus elongatus* e *Platyrrhinus incarum*.

Tabela 39 - Mamíferos de médio e grande porte da FLONA Goytacazes, segundo dados da literatura, complementados por informações obtidas em campo e resultados da primeira campanha de monitoramento da empresa Bicho do Mato. Legenda: ** espécies com presença mencionada durante entrevistas em campo e *** espécies registradas pela empresa Bicho do Mato durante monitoramento.

Taxon	nome vulgar	IUCN	BR	ES
Ordem Rodentia				
Caviidae				
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> ** e ***	capivara			
Cuniculidae				
<i>Cuniculus paca</i> ** e ***	paca			
Dasypodidae				
<i>Dasypus leporinus</i> **	cutia			VU
Erethizontidae				
<i>Chaetomys subspinosus</i> ** e ***	ouriço preto	VU	VU	VU
<i>Coendou insidiosus</i>	ouriço-cacheiro			
Ordem Lagomorpha				
Leporidae				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> ** e ***	tapiti			
Ordem Pilosa				
Bradypodidae				
<i>Bradypus torquatus</i> **	preguiça de coleira	VU	VU	EN
<i>Bradypus variegatus</i> **	preguiça			

Myrmecophagidae				
<i>Tamandua tetradactyla</i> ** e ***	tamanduá-mirim			
Ordem Cingulata				
Dasypodidae				
<i>Cabassous tatouay</i>	tatu de rabo mole			
<i>Dasypus novemcinctus</i> ** e ***	tatu-galinha			
<i>Euphractus sexcinctus</i>	tatu-peba			
Ordem Cetartiodactyla				
Cervidae				
<i>Mazama americana</i> ** e ***	veado-mateiro	DD		
<i>Mazama gouazoubira</i> **	veado-catingueiro			
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i> **	cateto		VU	VU
<i>Tayassu pecari</i> **	queixada	VU	VU	EN
Ordem Carnivora				
Canidae				
<i>Cerdocyon thous</i> ** e ***	cachorro-do-mato			
<i>Chrysocyon brachyurus</i> ***	lobo-guará	NT	VU	
Felidae				
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> ** e ***	jaguarundi		VU	
<i>Leopardus pardalis</i> ** e ***	jaguatirica			VU
<i>Leopardus guttulus</i> ** e ***	gato-do-mato-pequeno		VU	VU
<i>Leopardus tigrinus</i> ** e ***	gato-do-mato		VU	VU
<i>Leopardus wiedii</i>	gato-maracajá	NT	VU	VU
<i>Puma concolor</i> ** e ***	onça-parda		VU	EN
Mustelidae				
<i>Eira barbara</i>	irara			
<i>Galictis cuja</i>	furão			

<i>Lontra longicaudis</i> *	lontra	NT		
Procyonidae				
<i>Nasua nasua</i> ** e ***	quati			
<i>Potos flavus</i> **	jupará			
<i>Procyon cancrivorus</i> ** e ***	mão-pelada			
Ordem Primates				
Atelidae				
<i>Alouatta guariba</i>	bugio	CR		CR
<i>Brachyteles hypoxanthus</i>	mono-carvoeiro	CR	CR	CR
Cebidae				
<i>Callithrix aurita</i>	sagui-da-serra-escuro	VU	EN	
<i>Callithrix flaviceps</i>	sagui-da-serra	EN	EN	CR
<i>Callithrix geoffroyi</i> ** e ***	sagui-de-cara-branca			
<i>Sapajus nigratus</i> ** e ***	macaco-prego	NT		
Pitheciidae				
<i>Callicebus personatus</i>	guigó	VU	VU	VU

A lista de mamíferos de médio e grande porte de provável ocorrência teve algumas espécies, como a anta (*Tapirus terrestris*) e a onça pintada (*Panthera onca*), retiradas após a campanha de campo. No entanto, é importante notar que a ausência de tais espécies não está relacionada ao rompimento da barragem. Como a lista (Tabela 39) foi elaborada com base na distribuição conhecida para cada espécie, em uma escala geográfica, a visita e o registro dos ambientes resultou na retirada de algumas delas, que não ocorrem na FLONA. Foram confirmadas a presença de espécies típicas da floresta atlântica costeira, como o ouriço cacheiro preto, *Coendou insidiosus*, e a preguiça de coleira, *Bradypus torquatus*. A maior parte das espécies de grandes mamíferos devem sua ausência à pressão de caça, também não relacionada ao rompimento da barragem, como é o caso da ariranha, *Pteronura brasiliensis* e a anta (*Tapirus terrestris*).

Nenhuma das fontes apontou a ocorrência do cachorro do mato vinagre (*Speothos venaticus*) na região. Foram mantidas algumas espécies pertencentes à Ordem carnívora que, embora não mencionadas nas entrevistas, têm hábito mais discreto e devem estar presentes na FLONA.

Sendo assim, a lista de espécies de mamíferos de médio e grande porte para a FLONA de Goytacazes consiste em 37 espécies, contendo algumas espécies de interesse para a conservação, e considerada bastante rica, o que não é surpreendente, dada a diversidade de ambientes e o tamanho da UC. Os principais problemas reportados nas entrevistas e que constituem ameaças para esta fauna são relacionados à estrutura da UC (falta de pessoal e de estrutura) e a caça. A gestão da FLONA verificou

aumento da pressão de caça relacionada ao rompimento da barragem. Esta pode estar relacionada à necessidade de proteína na dieta, e consequente substituição dos peixes do Rio Doce pela carne de caça, ou ainda ao apoio financeiro fornecido pela Renova, aliado à redução de atividades econômicas e ao aumento do tempo livre da população.

Herpetofauna

O principal objetivo da expedição foi avaliar em campo a extensão dos possíveis impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre os habitats utilizados pela herpetofauna. Nesse sentido, foram percorridas, de carro ou a pé, as principais estradas da UC. Paradas foram realizadas em pontos estratégicos que permitiam a observar os ambientes e paisagem locais, especialmente aqueles localizados próximos às margens do rio e, por isso, potencialmente mais afetados pelo rompimento. Durante a expedição foi confirmado, assim como apontado no diagnóstico, que não houve o extravasamento de lama para fora da calha do rio. Entretanto, foi relatado pelos gestores da UC que, em anos de grandes cheias, certamente a água do rio irá avançar sobre o interior da UC. Portanto, os impactos diretos relacionados ao rompimento da barragem, até o momento, mantiveram-se restritos à calha e margem imediata do rio. As observações em campo corroboraram as constatações feitas no diagnóstico de que, de maneira geral, a herpetofauna da UC é provavelmente representada por espécies típicas de ambientes abertos, incluindo espécies comuns, mas também por espécies exclusivas de ambientes florestais.

Os dados fornecidos pela Renova, relativos à amostragem da campanha de seca da empresa Bicho do Mato, registraram, na FLONA, apenas oito espécies da herpetofauna, o que pode ser considerado um número inexpressivo frente a elevada riqueza conhecida para UC. Todas as espécies já haviam sido registradas na área por meio de dados secundários usados para a construção da linha de base. Portanto, o seu registro não altera o diagnóstico, tão pouco a avaliação de impactos realizada.

Ictiofauna

Para o grupo da ictiofauna o objetivo principal da expedição à FLONA de Goytacazes foi encontrar, caracterizar e analisar a estrutura dos corpos d'água presentes dentro da unidade e no entorno da mesma (Zona de Amortecimento) e entender a forma e a periodicidade com a qual se ligavam ao Rio Doce, afim de verificar impactos diretos, indiretos e potenciais, resultantes ou não do rompimento da Barragem de Fundão, bem como a possibilidade de fluxo (natural ou forçado) de indivíduos das espécies de provável ocorrência, entre esses ambientes.

O que chama a atenção logo no primeiro olhar, é o fato de que não existem corpos d'água permanentes dentro da unidade e mesmo os temporários não estabelecem conexões duradouras com o Rio Doce. Como não existem nascentes na FLONA, a água que eventualmente ocorre dentro dela, é proveniente de acumulo de chuva e inundações periódicas e esporádicas pelo Rio Doce. Durante essas enchentes e eventos de chuva podem ser formadas algumas poças desconectadas, mas em eventos mais extremos a água adentra a unidade através de uma paleoleito do Rio Doce e chega a atravessá-la, inundando até 80% da FLONA. Ambientes como estes, encontrados na Floresta Nacional, são bastante propícios para a ocorrência de espécies de peixes anuais.

Figura 17 – Visão do paleoleito do Rio Doce, seco na ocasião da expedição.



Desde o rompimento da barragem não ocorreu nenhuma cheia intensa o suficiente para inundar a FLONA e por conta disso, todos os corpos d'água temporários se encontravam secos, no momento da visita.

5.2.3 Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público

A expedição à área de estudo referente à FLONA de Goytacazes ocorreu nos dias 14 e 15 de fevereiro de 2019. As informações coletadas em campo, por meio da observação direta e por meio de relatos de atores locais, contribuíram para o detalhamento do Diagnóstico de Linha de Base e para a compreensão e dimensionamento dos impactos, diretos e indiretos.

Foram realizadas entrevistas gravadas e conversas informais:

- Leony de Oliveira, gestor da FLONA
- Luis Casati – vizinho da FLONA (gravada)
- Jusmael Amaral Machado – técnico ambiental da FLONA (gravada)
- Antonio de Padua L. S. de Almeida - conselheiro da FLONA

- Antônio e Dulcinéia, comerciantes de peixes do Mercado Municipal de Linhares.
- Elias da Silva, pescador.

A FLONA de Goytacazes e sua Zona de Amortecimento

A FLONA de Goytacazes está situada no município de Linhares e está cercada em seus limites leste, oeste e sul por rodovias asfaltadas de grande fluxo, como a BR-101. Ao norte, o limite da UC é o Rio Doce. No interior da FLONA há remanescente do uso da terra antigo da área, ou seja, as matas de “cabruca”, onde se plantava cacau no sub-bosque da floresta, vide Figura 18.

Figura 18 - Matas de cabruca abandonadas, no interior da UC, mas ainda produzindo cacau.



O entorno da área é bastante diverso, com plantações de coco, vide Figura 19 e outros cultivares. A atividade cacauieira ainda é forte na região com a Fazenda Jataipeba, de propriedade do Sr. José Luiz Casati e contando também com uma unidade da Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira (CEPLAC) que desenvolve pesquisas no entorno da UC. Destaca-se ainda o uso industrial no entorno, com atividades não poluidoras.

Figura 19 - Plantações de coco no entorno da UC



Vizinhas à UC existem também três comunidades em sua Zona de Amortecimento, como a comunidade de Areias, vide Figura 20, com população com cerca de 300 pessoas. A maior parte trabalha nos latifúndios da região. Segundo relato de proprietários do entorno, tais comunidades são bastante vulneráveis e apresentam altos índices de violência.

Figura 20 - Comunidade de Areias no entorno da UC



O Sr. José Luiz Casati, vide Figura 21, é um dos proprietários do entorno e tem uma criação de búfalos e bovinos na área. Mas, segundo ele, não há conflitos com relação à conservação da FLONA, pois sua criação é mantida no interior da propriedade por meio de cercas com 5 fios, sendo um deles elétrico. O Sr. Casati apontou que com a chegada da lama de rejeito na área ocorreram algumas modificações, notadamente no sistema de abastecimento de água de seu rebanho. Ele teve de construir um novo poço para dessedentação de seu rebanho.

Figura 21 - Sr. José Luiz Casati, proprietário do entorno em seu escritório no centro de Linhares.



Destaca-se ainda, no entorno da UC, o distrito industrial. De acordo com o gestor, a Zona de Amortecimento da FLONA estar entre esta e o distrito industrial é um fator muito positivo, pois contribui para evitar conflitos. No distrito industrial há indústrias alimentícias (sócoco, chocolate), distribuidoras e há uma metalúrgica, ou seja, a maior parte não é poluidora. Na Zona de Amortecimento há ainda áreas de pastagens, propriedades como a do Toninho de Jesus (produção de coco e mamão) e um presídio.

A UC possui uma estrada municipal que cruza seu interior, e há um portal sinalizando aos transeuntes o acesso à UC, vide Figura 22. Contudo, devido à falta de estrutura não há quaisquer sinalizações ou atividades de uso público ao longo desta estrada.

Figura 22 - Portal de sinalização de acesso a FLONA por estrada municipal.

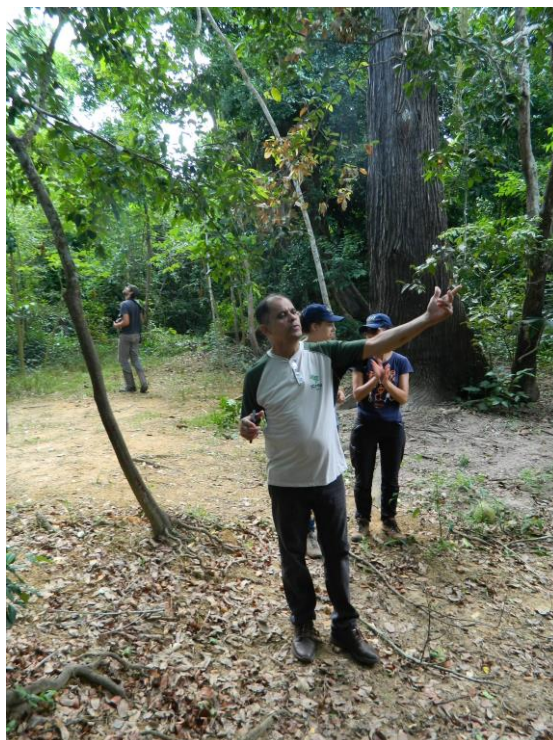


A carência de funcionários e de equipamentos da FLONA é um fator limitante para as atividades com o público frequentador da UC ou mesmo dos que apenas transitam pela área. Segundo o Sr. Leony, gestor da UC, eles tinham uma equipe de 20 pessoas há alguns anos, com sete brigadistas e as demais ligadas à proteção/fiscalização e ao uso público. Mas eram funcionários terceirizados e a equipe foi sendo desmontada ao longo dos anos. Havia placas na BR-101 convidando as pessoas a visitarem a UC, mas foram retiradas, pois atualmente não há estrutura de atendimento aos potenciais interessados.

Hoje, a FLONA conta com apenas dois funcionários de carreira, o Sr. Leony e o Sr. Jusmael, este técnico ambiental formado em geografia. Além desses dois técnicos, há dois funcionários terceirizados, responsáveis pela limpeza e outros dois funcionários, também terceirizados, responsáveis pela proteção do patrimônio construído da área. Estes não fazem rondas de fiscalização, mas apenas atendem ao fluxo da portaria de entrada da UC junto a BR-101. A situação é grave, pois os funcionários da fiscalização trabalham apenas à noite. Durante o dia a UC tem o apoio dos dois funcionários de carreira e durante a noite destes vigias. Mas a situação é crítica nos finais de semana, pois a UC fica desprotegida durante todo o dia. Como resultado, houve furto de todos os equipamentos de atendimento ao uso público e demais programas e, segundo os relatos, os fatos aconteceram nos finais de semana durante o dia, quando a UC fica desguarnecida. Além disso, ocorrem ainda na área a caça e a extração clandestina de palmito.

Portanto, segundo o Sr. Leony, Figura 23, é urgente a retomada das contratações de funcionários, voltando à situação de ter 20 pessoas, para que a UC consiga realizar os programas de manejo que seu Plano de Manejo indica.

Figura 23 - Senhor Leony, gestor da FLONA, apresentando a UC aos técnicos do Ekos.



Segundo, ainda, informações colhidas junto à gestão da UC, encontrava-se em curso um processo de aumento no número de visitantes na FLONA, com aproximadamente 3 mil ao ano, sendo que 70% desses com atividades escolares. Porém, houve interrupção do atendimento aos finais de semana devido à falta de funcionários. Atualmente só acontecem algumas visitas, previamente agendadas, nesses períodos.

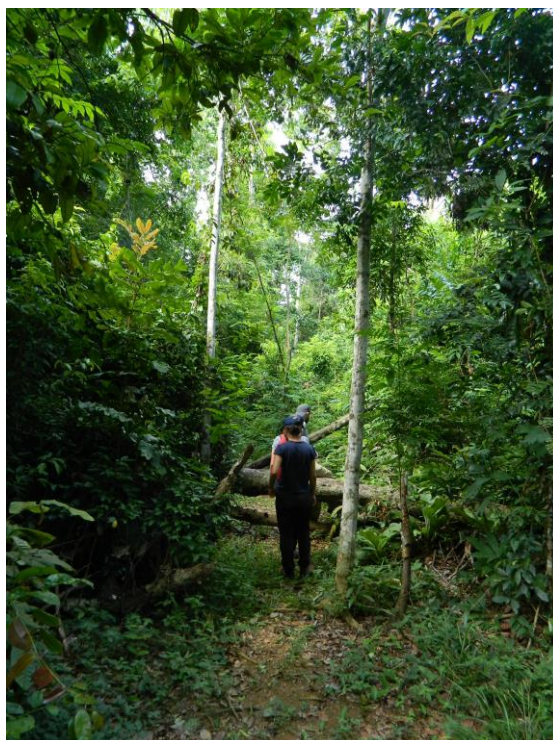
A principal motivação para visitação à FLONA é a Educação Ambiental. Esta atividade é realizada, na grande maioria das vezes, por unidades de ensino, especialmente do município de Linhares e dos arredores. Muitas escolas de Linhares e algumas de outros municípios, agendam visitas guiadas à FLONA para conhecerem seus recursos naturais. Também existe a visitação de turistas que trafegam pela região e desejam conhecer a UC.

Apesar da carência de recursos humanos, a UC ainda funciona no atendimento ao uso público. Ela possui duas trilhas para atendimento, principalmente de escolares. A mais longa é realizada apenas com a presença de um monitor capacitado, que é o Sr. Jusmael, e nela pode-se ter contato com remanescentes arbóreos imponentes dessas matas de planície, vide Figura 24 e Figura 25.

Figura 24 - Árvores centenárias no interior da trilha interpretativa de 2 km



Figura 25 - Detalhe da trilha interpretativa de 2 km



O apoio de placas interpretativas se dá apenas no início da trilha, com painéis explicando a formação geocológica da área, vide Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29. Nesse trecho de início da trilha há o apoio do monitor, explicando os fenômenos naturais da área. A FLONA recebe, atualmente, cerca de 500 visitantes a passeio por ano e cerca de 2.500 escolares.

Figura 26 - Placas interpretativas no início da trilha de 2 km.



Figura 27 - Formação da região da FLONA de Goytacazes



Figura 28 - Paleoleito do Rio Doce na FLONA



Figura 29 - Informações sobre a FLONA de Goytacazes



O trabalho com escolares é realizado unicamente pelo Sr. Jusmael, vide Figura 30. O público também pode acessar um pequeno centro de visitantes, vide Figura 31, onde há animais taxidermizados, cartazes com informações sobre proteção e ecologia dos ambientes da área. Também estão expostas as armas apreendidas de caçadores da área da UC.

Figura 30 - Sr. Jusmael, técnico ambiental da FLONA, responsável pelo uso público da UC



Figura 31 - Detalhe do centro de visitantes da FLONA



O agendamento de escolas é feito por telefone, quando é indicado qual o interesse na visita.

“Uma boa parte quer conhecer a Unidade de Conservação. Ter a vivência, conhecer a biodiversidade, saber por que conservar... Vem vários professores com as escolas. As vezes os alunos já têm perguntas elaboradas. (...) Os professores

trabalham com os alunos os temas em sala de aula e na FLONA tem a vivência. (...) Tem também os universitários que vem fazer trabalho de campo. (...) Há muita diferença de grupo. Vem desde aquelas crianças de jardim até universitários. E outros visitantes, empresários e funcionários de empresas que vem fazer trilha, tudo. No final de ano algumas empresas fazem a confraternização na FLONA. Faz passeio na trilha, tem passeio ciclístico.” (Jusmael Amaral Machado, técnico ambiental da FLONA)

A FLONA também recebe o Tiro de Guerra que faz treinamento e realiza acampamento de alguns dias nas matas da FLONA. O Corpo de Bombeiro realiza ações de adestramento de cães na FLONA.

Além da trilha de 2 km, que atende preferencialmente os grupos de escolares, há também uma trilha de 100 m, vide Figura 32 e Figura 33, que além de atender aos escolares, é usada pelo público que frequenta a FLONA nos finais de semana, ou outros grupos organizados, como os das empresas do entorno.

Figura 32 - Entrada da trilha autoguiada de 100m



Figura 33 - Palmito amargoso



Mercado Municipal de Linhares

A fim de analisar o impacto da chegada da lama de detritos na área, foi realizada uma visita ao mercado municipal de Linhares, vide Figura 34, com o intuito de conversar com pescadores da região.

Figura 34 - Mercado Municipal de Linhares. As bancas de peixe foram reduzidas e as atuais só vendem peixes marinhos.



Segundo relatos de pescadores, como a Sra. Dulcineia e o Sr. Antônio, ambos pescadores e proprietários de banca, o número de clientes diminuiu drasticamente. Antes, a tenda do mercado vivia cheia de compradores (e peixes) e eles conseguiam realizar vendas que giravam em torno de R\$ 6 mil, chegando às vezes a R\$ 10 mil ao mês. Atualmente, eles recebem o cartão de indenização da Renova, de um salário mínimo, mas, como indicado, está muito aquém de suas rendas anteriores.

Seus relatos indicam que há conflitos, pois muitas pessoas não pescadoras, como trabalhadores do comércio local, receberam o cartão. Havia pescadores não motorizados, os mais fragilizados, que não entraram com processos junto a Renova e acabaram não sendo indenizados.

Os pescadores pescavam na lagoa também, mas isto foi interrompido, pois foi realizada uma barragem na entrada das lagoas, desconectando-as do Rio Doce e interrompendo o fluxo de peixes do mar para elas. Isso reduziu severamente a quantidade de peixes nas lagoas.

Importante destacar as práticas de lazer nessas lagoas, como a Nova e Juparaná, que têm um intenso fluxo de visitantes nos finais de semana. Mas não há quaisquer possibilidades de complementação da visitação das lagoas com a FLONA, devido à falta de estrutura desta.

6. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

‘Avaliação de Impactos Ambientais’ (AIA) é um processo sistemático de avaliação dos impactos ambientais potencialmente resultantes da implementação de determinado projeto, ação ou empreendimento. Uma vez que utilizada como ferramenta de apoio à tomada de decisão e prevenção de danos, é usualmente conduzida de forma antecipada ou prospectiva no processo de licenciamento ambiental. Em determinados casos, no entanto, a Avaliação de Impactos Ambientais é conduzida de forma retrospectiva para avaliar as consequências ambientais de determinado projeto, ação ou empreendimento já instalado. Este é o caso do presente estudo, que tem por objetivo avaliar os impactos socioambientais do rompimento da Barragem de Fundão sobre as Unidades de Conservação ao longo do Médio e Baixo Rio Doce.

Dentro deste contexto a AIA do rompimento da Barragem de Fundão foi baseada na seguinte metodologia. Num primeiro momento foi montada uma linha de base exaustiva das características físicas, químicas, biológicas e sócio-econômicas da Área de estudo no período anterior ao rompimento conforme relatórios, publicações científicas, bases de dados, imagens e demais fontes de informação. Num segundo momento, esta linha de base foi comparada com as características físicas, químicas, biológicas e sócio-econômicas da Área de estudo no período posterior ao rompimento conforme (i) relatórios, publicações científicas, bases de dados, imagens e demais fontes de informação, (ii) vistoria em campo e (iii) entrevistas com atores locais.

A partir desta comparação os especialistas de cada Meio (Físico, Biótico e Socioeconômico), e posteriormente toda a equipe, discutiram as alterações efetiva ou potencialmente decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão. Estas alterações, quando consideradas relevantes, foram denominadas de ‘impactos’.

O Anexo VII apresenta todos os 36 impactos identificados nas 6 Unidades de Conservação entre os municípios de Governador Valadares (MG) e Linhares (ES).

Dentre eles, foram identificados 26 impactos na área de estudo, dos quais 12 no Meio Físico, 10 no Meio Biótico e 4 no Meio Socioeconômico e Cultural. São eles:

Impactos no Meio Físico

(F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d’água marginais: aumento na carga suspensa.

(F2) Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d’água marginais: contaminação por metais.

(F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d’água marginais: contaminação microbiológica.

(F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d’água marginais: demais alterações físico-químicas.

(F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d’água marginais.

(F6) Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados.

(F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito.

(F8) Contaminação de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito.

(F9) Alteração na dinâmica fluvial.

(F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais.

(F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce.

(F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce.

Impactos no Meio Biótico

(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais.

(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes.

(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes.

(B5) Alteração na cadeia trófica.

(B6) Alteração na composição da assembleia.

(B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas.

(B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves.

(B9) Aumento da extração de palmitos.

(B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais que habitam poças temporárias.

(B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

Impactos no Meio Socioeconômico e Cultural

(S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos.

(S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015.

(S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca.

(S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água.

Identificados os impactos, a equipe de especialistas conduziu (i) uma caracterização de cada impacto no que diz respeito à sua ocorrência, incidência, natureza e duração, bem como (ii) uma atribuição de significância (baixa, média, alta, muito alta) a partir da avaliação de sua reversibilidade, extensão espacial, importância e magnitude.

A classificação destes atributos seguiu os critérios básicos definidos no Termo de Referência, aprimorados pela equipe para permitir uma avaliação razoavelmente homogênea e unificada a partir de campos do conhecimento tão díspares quanto geologia, química das águas, ecologia, e dinâmica social e econômica, entre outros. Os critérios utilizados nesta classificação estão descritos na Tabela 40.

Tabela 40 - Critérios para a Caracterização e Atribuição de Significância aos Impactos componentes da Matriz de Avaliação.

Caracterização

Ocorrência	Grau de confiabilidade quanto à ocorrência do impacto.	<p>R - real - um impacto é classificada como 'REAL' se há dados quantitativos ou qualitativos publicados documentando sua ocorrência; caso a equipe técnica tenha observado em campo; ou caso sua ocorrência seja considerada provável pela equipe técnica e registrada por relatos colhidos em campo.</p> <p>P - potencial - a ocorrência de um impacto é classificada como 'POTENCIAL' se há expectativas críveis de sua ocorrência atual ou futura.</p>
Incidência	Relação do impacto com o rompimento da barragem.	<p>D - direta - o rompimento da barragem é a fonte tanto imediata quanto última do impacto.</p> <p>I - indireta - a causa imediata do impacto é outro impacto, sendo este provocado pelo rompimento da barragem.</p>
Natureza	Melhoria (natureza positiva) ou deterioração (natureza negativa) da qualidade socioambiental.	<p>Pos - positiva - alteração de caráter benéfico.</p> <p>Neg - negativa - alteração de caráter adverso.</p>
Duração	Período de tempo ao longo do qual um impacto vai exercer influência ativa sobre o compartimento estudado, na ausência de medidas mitigatórias.	<p>TC - temporário curto prazo - o impacto influenciou ativamente a fauna, flora, ambientes ou populações humanas pelo período de até um ano.</p> <p>TM - temporário médio prazo - o impacto vai continuar a influenciar ativamente a fauna, flora, ambientes ou populações humanas por mais de um ano e até 10 anos.</p> <p>TL - temporário longo prazo - impacto vai continuar a influenciar ativamente a fauna, flora, ambientes ou populações humanas por mais de 10 anos, mas tem um fim claramente antecipável e definível.</p>

		<p>Per - permanente - o impacto vai continuar a influenciar ativamente a fauna, flora, ambientes ou populações humanas sem um fim claramente antecipável, na ausência de medidas mitigatórias.</p> <p>Nota: Chamamos atenção para o fato que a duração de muitos impactos é de difícil mensuração, uma vez que tratamos de sistemas abertos, complexos e dinâmicos. Portanto, na ausência de uma classificação mais adequada ao caráter imprevisível (indefinido) inerente de algumas interações, em alguns momentos os impactos foram enquadrados de forma mais conservadora como 'PERMANENTES'.</p>
--	--	---

Atribuição de Significância

Reversibilidade	<p>Capacidade de reverter as condições da fauna, flora, ambientes ou populações humanas a condições similares às anteriores ao rompimento da barragem. Esta capacidade é avaliada estritamente em função da existência de tecnologias e/ou conhecimento ecológico disponíveis, independente de se estas tecnologias e/ou conhecimento virão a ser efetivamente aplicadas na área de estudo. Ou seja, a classificação de reversibilidade não considerou a viabilidade da aplicação das tecnologias, mas apenas se há conhecimento técnico disponível para sua efetivação.</p>	<p>Rev - reversível - impactos podem ser revertidos utilizando-se tecnologias existentes e entendimento da ecologia e/ou dinâmicas das populações humanas.</p> <p>Ire - irreversível - mudanças resultantes de um impacto não podem ser revertidas utilizando-se tecnologias existentes e entendimento da ecologia e/ou dinâmicas das populações humanas.</p>
Extensão	<p>Espaço geográfico de ocorrência do impacto dentro da área de estudos, considerando-se toda a sua área de incidência.</p>	<p>ZA - o impacto ocorre no interior da Zona de Amortecimento.</p> <p>UC - o impacto ocorre no interior da Unidade de Conservação.</p> <p>UC+ZA – o impacto ocorre na Unidade de Conservação e na Zona de Amortecimento</p>

Importância	Relaciona-se com o contexto ambiental no qual o impacto ocorre, em termos de vulnerabilidade e insubstituíbilidade de populações, espécies, comunidades, ecossistemas ou usos socioeconômicos.	<p>Irl - irrelevante - as mudanças não são perceptíveis ou verificáveis.</p> <p>B - baixa - a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies comuns, populações abundantes, ambientes ou usos socioeconômicos que se repetem com frequência na área de estudos.</p> <p>M - média - a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies e ambientes sensíveis ou usos socioeconômicos pouco frequentes na área de estudos, mas que podem ser recuperados.</p> <p>A - alta - a alteração tende a ser mensurável e pode afetar espécies sensíveis, ambientes sensíveis e usos socioeconômicos que não podem ser recuperados ou não se repetem na área de estudos.</p>
Magnitude	Reflete a escala/tamanho da mudança com relação ao objetivo da categoria de manejo e a função da Unidade de Conservação.	<p>B - baixa - o efeito não resulta em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos da UC.</p> <p>M - média - o efeito pode resultar em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos da UC.</p> <p>A - alta - o efeito resulta em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos da UC.</p>
Significância	Mede a intensidade do impacto a partir das interações dos critérios de reversibilidade, extensão geográfica, importância e magnitude.	<p>B – baixa.</p> <p>M – média.</p> <p>A – alta.</p> <p>MA - muito alta.</p>

A classificação de cada impacto, conforme os critérios da Tabela 40, foi organizada numa Matriz de Avaliação de Impactos, apresentada na Tabela 41. Por sua vez, a coluna final da Matriz de Avaliação de Impactos, isto é, sua significância, foi obtida a partir do cruzamento de informações a respeito da reversibilidade, extensão geográfica, importância e magnitude de cada impacto seguindo a Matriz de Significância do Impacto, conforme Tabela 42. Esta Matriz de Significância do Impacto também seguiu orientações do Termo de Referência.

Tabela 41 - Modelo de Matriz de Avaliação de Impacto adotada no presente projeto

[illegible]

Tabela 42 - Matriz de Significância do Impacto.

Critérios/Parâmetros		Baixa importância		Média importância		Alta importância	
		Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível
Baixa Magnitude	ZA	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Alta
	UC	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
	UC+ZA	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
Média Magnitude	ZA	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Alta
	UC	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	UC+ZA	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
Alta Magnitude	ZA	Média	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta
	UC	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta
	UC+ZA	Alta	Alta	Alta	Alta	Muito Alta	Muito alta

Cabe notar que nesta AIA optou-se por realizar a identificação, caracterização e avaliação dos impactos extrapolando os limites da Unidade de Conservação e incluindo também a Zona de Amortecimento. Tal inclusão ocorre a partir do entendimento de que a integridade ambiental da Unidade de Conservação depende fundamentalmente da sua área envoltória, percepção que encontra consonância em instrumentos de conservação como as Reservas da Biosfera e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Nas Reservas da Biosfera, importantes referências na relação entre desenvolvimento econômico e conservação da natureza, Zonas de Amortecimento são definidas como o envoltório protetivo onde atividades econômicas e o uso da terra devem garantir a integridade dos ecossistemas das zonas núcleo, isto é, a Unidade de Conservação. Este envoltório protetivo pode ser constituído de usos da terra baseados em métodos validados de desenvolvimento sustentável, ou de ecossistemas modificados ou degradados que podem ser reconstituídos ao estado natural ou quase natural (RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA, 1996). O SNUC também reconhece a importância da integração entre a UC e sua Zona de Amortecimento, determinando que as Unidades de Conservação (exceto a Área de Proteção Ambiental e a Reserva Particular do Patrimônio Natural) devem possuir Zona de Amortecimento definida, estabelecendo o ordenamento das atividades que ocorrem no entorno e minimizando impactos negativos na unidade. O mesmo instrumento legal condiciona a concessão de licenciamento ambiental a empreendimentos que afetem a UC ou sua Zona de Amortecimento à autorização do órgão responsável pela gestão da área protegida. Compreende-se, desta maneira, a importância da integridade da Zona de Amortecimento para a integridade da respectiva UC.

Nesta AIA adotou-se o conceito de 'área de estudo', que engloba a Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento, cuja delimitação está descrita de forma pormenorizada no capítulo 2.1. Área de Estudo. Conforme argumentos acima, ao incluir a Zona de Amortecimento na AIA procuramos fortalecer a Unidade de Conservação e sua integridade ambiental. Porém, é importante ressaltar que os impactos ocorrentes na área de estudo que foram priorizados no presente trabalho são aqueles que sabida ou potencialmente exercem efeitos diretos ou indiretos sobre a Unidade de Conservação.

Passadas as etapas de identificação, caracterização e significação dos impactos, as avaliações dos vários especialistas foram integradas através da geração de um Mapa Conceitual que estabelece uma rede de hipóteses ligando mecanisticamente o rompimento da Barragem de Fundão e cada um dos impactos hipotetizados ou documentados por meio de alterações intermediárias (por vezes denominadas 'aspectos'). Este Mapa Conceitual, que forma a base da seção 'Análise Integrada de Impactos', organiza a compreensão a respeito da miríade de consequências decorrentes da notável perturbação ambiental sob análise.

6.1 IMPACTOS NO MEIO FÍSICO

A partir dos dados secundários disponíveis sobre a bacia do Rio Doce pós rompimento de Fundão, em conjunto a análise dos registros obtidos durante a expedição, realizada no dia 14/02/2019, foi possível agregar ao Diagnóstico de Linha Base informações sobre o comportamento dos seguintes componentes da paisagem: hidrogeologia, geomorfologia fluvial, hidrossedimentologia e qualidade da água.

Para a geologia e pedologia outros componentes, a análise dos impactos se ateve aos resultados da linha de base, uma vez que não foram identificadas novas informações.

Assim, nos subitens 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3 e 6.1.4 são apresentados dados e informações secundárias posteriores ao desastre do rompimento de Fundão, e seus desdobramentos no meio físico da área de estudo. No subitem 6.1.5 foi feita a descrição e avaliação dos impactos identificados para a Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento.

6.1.1 Hidrogeologia

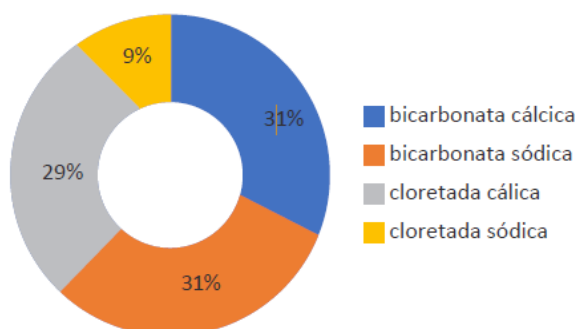
De acordo com o laudo técnico pós rompimento da Barragem de Fundão, elaborado pelo MPF (2017a), dificilmente houve contaminação das águas subterrâneas pelo rejeito devido ao comportamento natural dos materiais em aquíferos, e também pelas características hidrogeológicas e de qualidade da água identificados na bacia do Rio Doce. No primeiro caso, a água subterrânea é comumente empobrecida de material particulado devido ao processo de filtragem natural e intemperismo que o fluxo de água que percola a superfície sofre até alcançar os mananciais subterrâneos, além de sua baixa velocidade, que favorece a retenção de partículas sob deslocamento.

Assim sendo, antes do rompimento da Barragem de Fundão, as camadas depositadas se constituíam de um filtro que liberava para infiltração praticamente, apenas a fase em solução, acumulada no reservatório. Em todos os casos, a influência da descarga subterrânea de material dissolvido é pequena em face do volume veiculado diretamente pelos rios, proveniente dos efluentes líquidos do processo de beneficiamento do minério de ferro que corre pela superfície (MPF, 2017a, p.423).

Já no segundo caso, o diagnóstico do MPF (2017a) propõe que as características do sistema hidrogeológico do Rio Doce favorecem a transferência do fluxo do material ejetado pelo rompimento da Barragem nas águas da superfície devido ao predomínio de rios efluentes (alimentados pelos aquíferos) e situados na área de descarga dos reservatórios subterrâneos regionais. Em relação a qualidade das águas, o relatório conclui que, pelas características da circulação e mobilidade da água subterrânea, a composição química, via de regra, são bem mais constantes do que a de um ponto de água superficial. As possibilidades de variação são bem mais restritas (MPF, 2017a).

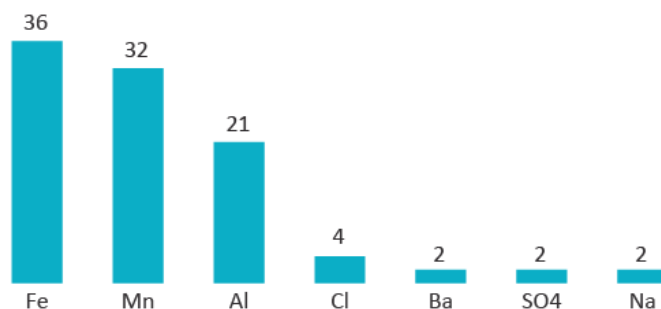
Após o desastre de Mariana, em 2016, no Estado do Espírito Santo, foram publicadas pesquisas sobre as águas subterrâneas na região de Linhares, onde está situada a FLONA de Goytacazes. Os resultados indicaram que, para a área estudada, os fluxos subterrâneos predominantes incidem em direção ao Rio Doce, com exceção de segmentos muito próximo do litoral, onde linhas de fluxo também se dirigem. Além da tendência de direcionamento dos fluxos, foram obtidos os seguintes resultados hidroquímicos (MDGEO, 2016; MPF, 2017, p. 91): 11 amostras se enquadraram como bicarbonatadas cálcicas, 11 como bicarbonatadas sódicas, 10 como cloretadas sódicas e três como cloretadas cálcicas (Gráfico 32). Se cotejadas com os limites preconizados pela Resolução CONAMA no 396, no conjunto das 35 amostras, foram detectadas 17 não conformidades para o ferro, 15 para o manganês, 10 para o alumínio, duas para o cloreto, e uma para o bário, sulfato e sódio (Gráfico 33). As não conformidades são atribuídas pelos autores a fatores locais, não apresentando aparente relação com a lama de rejeito. Em alguns pontos há evidências de influência marinha.

Gráfico 32 - Caráter hidroquímico determinado em 35 amostras de água na região de Linhares (ES)



Fonte: MDGEO (2016); MPF (2017, p. 91).

Gráfico 33 - Percentual com valores superiores ao VMP para cada componente químico em 35 amostras de água da região de Linhares



Fonte: MDGEO (2016); MPF (2017, p. 92).

De acordo com a MDGEO (2016), concentrações mais elevadas de elementos como o ferro, alumínio, manganês (e outros) na água subterrânea não necessariamente indicam alterações causadas pelo fluxo de rejeito do rompimento de Fundão. Segundo o estudo, tais alterações podem ter relação com a metodologia de análise utilizada, onde são utilizados valores pré-estabelecidos para amostras filtradas (0,45 microns), compondo partículas com dimensões inferiores a esse valor (MDGEO, 2016; MPF, 2017).

Apesar dos apontamentos metodológicos, a bibliografia estudada e as entrevistas realizadas durante a expedição, entre os dias 14 e 15/02/2019, comprovaram que o substrato rochoso e, portanto, as águas subterrâneas da região de Linhares apresentam naturalmente grandes concentrações de ferro, dentre outros minerais.

Além do elemento ferro, foi relatado que outros compostos, como o enxofre, devem ser estudados com atenção para análise de efeitos na hidrogeologia da região. O SO₄ (sulfato), por exemplo, identificado pelo MDGEO (2016), é encontrado dissolvido na água e, segundo técnicos que foram entrevistados, pode elevar a acidez no lençol subterrâneo, nas águas superficiais e nos solos. A presença do enxofre em Linhares está relacionada a gênese de seus depósitos geológicos, com elevada deposição de sedimentos e matéria orgânica em tempos pretéritos. Tal explicação contribui para justificar a elevada acidez das águas subterrâneas observada em alguns poços de captação de produtores rurais, entre 2015 e 2016.

O aumento da perfuração de poços de captação pós rompimento da Barragem de Fundão pode ser indicado como um efeito indireto do desastre. Durante os trabalhos de campo foi observado que existe uma prática de perfuração de poços na região, talvez pelo lençol freático aflorar muito próximo a superfície (em alguns locais está a 2 metros de profundidade). De acordo com o estudo do MPF (2017a), o aumento da desconfiança sobre a qualidade das águas do Rio Doce e o medo de sofrer com o desabastecimento, induziu ao aumento da abertura de poços tubulares em todo o médio-baixo Rio Doce.

É fato porém, que o aumento dessas captações também deve considerar o longo período de estiagem que assolou a região, entre 2013 até início de 2016, e que foi relatado pelos entrevistados. A seca prolongada pode ter desencadeado o aumento da abertura de poços e, no final de 2015, com o desastre de Fundão, a busca por captações de águas subterrâneas pode ter se acentuado.

De acordo com o MPF (2017a, p. 87), alguns desses poços estão situados em condições vulneráveis a contaminações pelo uso do solo em sua área de recarga, especialmente porque, na região de Linhares, o lençol freático é bastante superficial. Caso a extração seja feita de forma inadequada, pode-se

provocar mudanças graduais na qualidade dessas águas, além de possíveis reduções de vazão localizada.

6.1.2 Geomorfologia Fluvial

No intuito de apresentar uma análise preliminar sobre os impactos do fluxo de rejeito de Fundão no Rio Doce, Felipe et al (2016a) realizaram uma expedição entre os dias 17 e 20 de novembro de 2015, e relataram que na cidade de Linhares, próximo a FLONA de Goytacazes, após o pico de cheia resultante do rompimento da barragem, a seção úmida do rio ocupou toda a calha e deixou poucas barras emersas. A equipe da expedição observa que o padrão morfológico do Rio Doce, nesse trecho era “meandrante, com extensas planícies aluviais, barras de pontal parcialmente colonizadas na margem deposicional e algumas poucas barras longitudinais emersas no interior da calha” (FELIPPE ET AL., 2016a, p. 10). A turbidez da água estava baixa, e não houve grandes alterações no uso cotidiano da água do rio, como pesca e recreação. Também não foram constatados problemas de abastecimento público, uma vez que a cidade realiza a captação de outro manancial. (FELIPPE ET AL., 2016a).

Figura 35 - Foto do Rio Doce no município de Linhares (ES) entre os dias 17 a 20/11/2015.



Aspecto geral do rio Doce em Linhares – assoreamento e barras fluviais parcialmente colonizadas.



Adolescentes nadam no rio no momento da coleta de sedimento.

Fonte: Felipe et al. (2016a).

A partir da bibliografia consultada e dos dados obtidos durante a expedição realizada entre os dias 14 e 15/02/2019, na área de estudo não foi constatado a formação de depósitos de rejeito ou processos erosivos marginais desencadeados pelo fluxo de rejeito de Fundão no curso do Rio Doce. A observação de imagens de satélite de antes e depois do desastre corroboram tais afirmações.

Na área de estudo da Unidade de Conservação, a análise das imagens foi particionada em cinco articulações em escala de visualização de 1:25.000, como apresenta as Figuras 15 a 19.

Figura 36 - Trecho 1

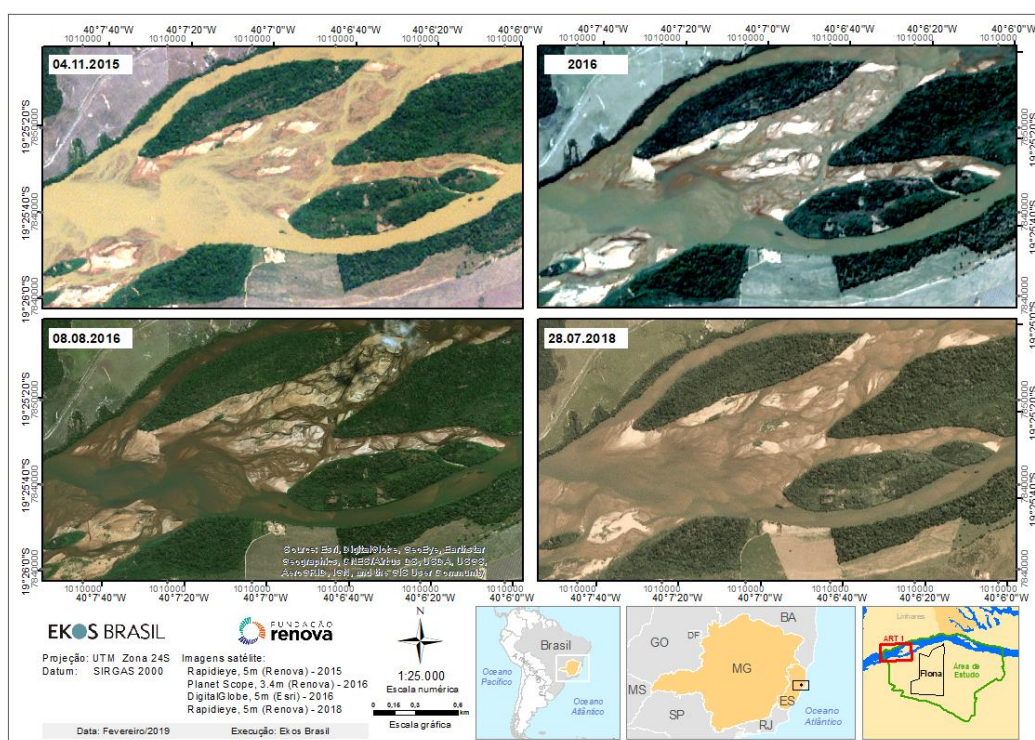


Figura 37 - Trecho 2

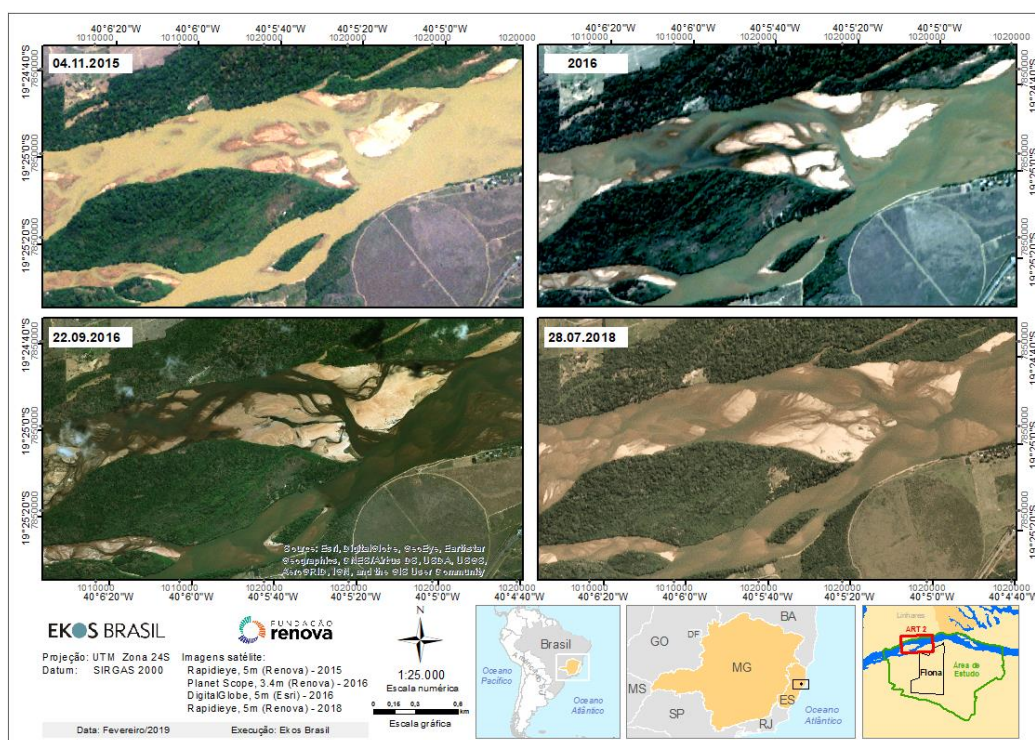


Figura 38 - Trecho 3

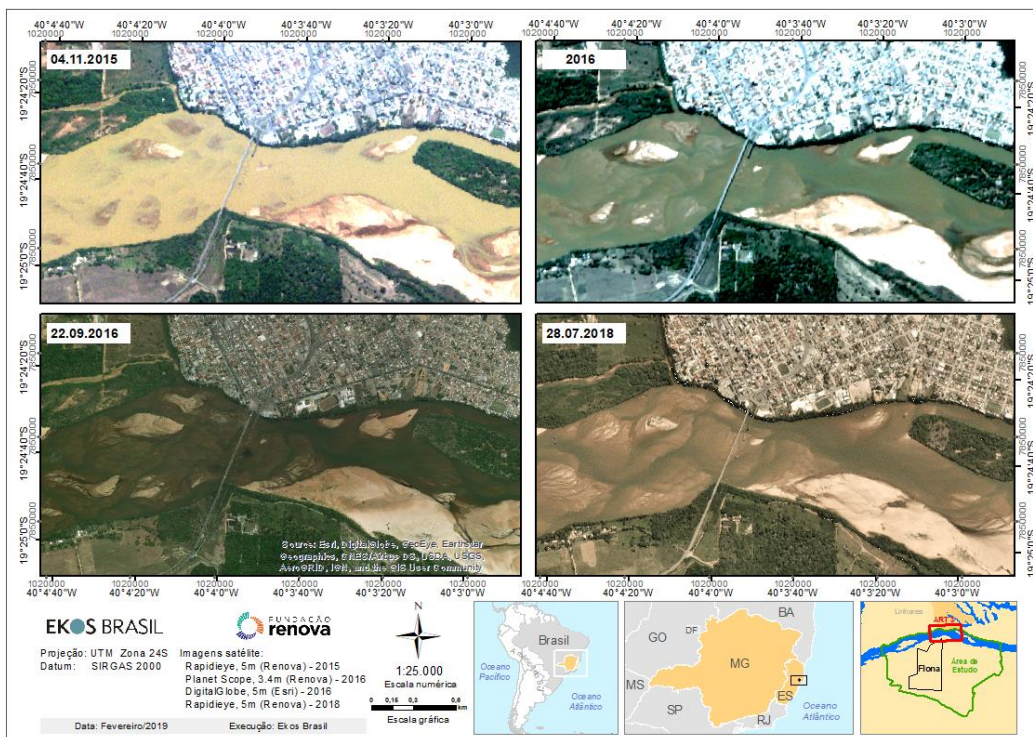


Figura 39 - Trecho 4

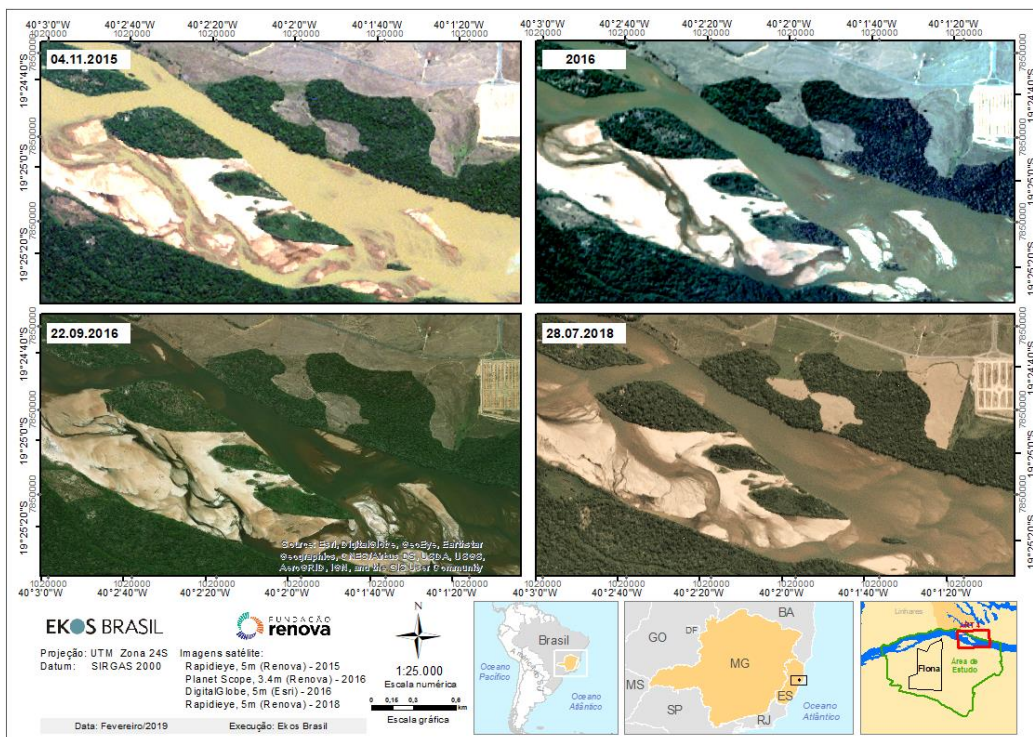
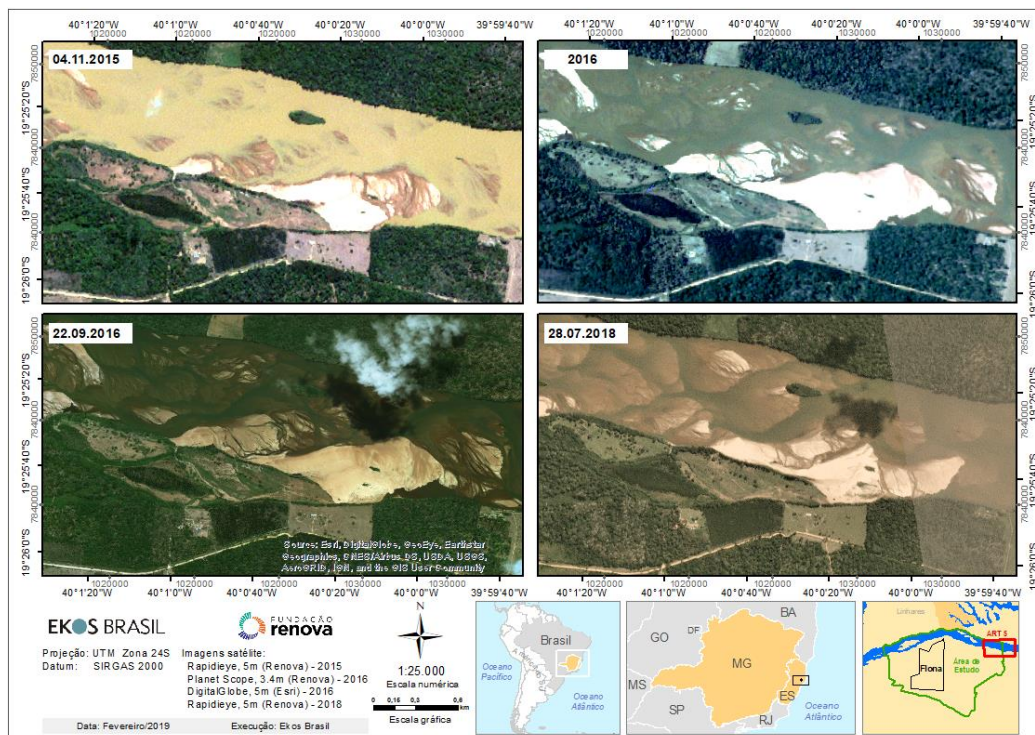


Figura 40 - Trecho 5



Como pode ser observado, a partir das imagens de satélite não foi possível aferir alterações significativas na morfologia do Rio Doce e confluência com seus tributários após o rompimento da barragem, devido a qualidade das imagens e a resolução espacial.

Não obtivemos imagens do mesmo período para os diferentes anos, portanto é possível observar somente alterações morfológicas relacionadas ao comportamento histórico do Rio Doce, durante os períodos de cheia e vazante. Expansão/retração de ilhas e bancos de lama e areia na calha do rio e nas margens, e exposição do leito rochoso são formações que ficam em evidência nos meses de período seco, como observado nas imagens de 08/08/2016, 22/09/2016, e 28/07/2018. Na imagem do dia 04/11/2015 as formações intra-canal em alguns momentos se confundem com a tonalidade marrom clara da água. Na imagem de 2016 (sem dia e mês) os bancos de areia se distinguem melhor da tonalidade da água e os depósitos arenosos parecem abranger menores áreas em relação as outras imagens, o que indica que essa imagem de 2016 (sem dia e mês) se refere ao período de chuvas, quando há elevação do volume de água no trecho, submergindo parcialmente algumas feições fluviais intra-canal.

Com relação as áreas de confluência do Rio Doce com tributários, não foi observado aumento significativo na formação de novos depósitos de sedimentos entre a imagem de 2015 (anteriores ao rompimento) e as imagens de 2016 e 2018 (posteriores ao rompimento). A mesma observação é pertinente para as ilhas vegetadas que permaneceram com a mesma forma e rugosidade, e margens deposicionais (margens convexas).

Apesar das imagens analisadas não capturarem informações de processos de acumulação de rejeito, relatos de campo informaram que no trecho do Rio Doce situado dentro da área de estudo da Unidade de Conservação, foram identificados depósitos de lodo de rejeito nos bancos de areia marginais e nas

ilhas fluviais. Alguns entrevistados informaram que a deposição em algumas ilhas fluviais chegou a formar carapaças rígidas sobre os solos, que só foram removidas após o manejo mecânico destas áreas.

Em janeiro de 2016, com a chegada das chuvas e aumento da vazão do Rio Doce, alguns trechos da planície de inundação mais próximos da calha foram inundados, trazendo sedimentos finos (argila e silte) que se depositaram para as margens, bancos de areia, ilhas fluviais. De acordo com os entrevistados, essa deposição mais acentuada foi observada durante a primeira estação chuvosa posterior ao rompimento (final de 2015 e início de 2016). Porém, com o passar do tempo e mediante a ocorrência de chuvas posterior, os depósitos foram sendo gradualmente removidos.

6.1.3 Hidrossedimentologia

A passagem da onda de rejeito, originada do rompimento da Barragem de Fundão, invadiu os vales do Rio Gualaxo do Norte, e ao percorrê-lo afetou cursos d'água a jusante, alcançando o médio-baixo Rio Doce, onde está situada a FLONA de Goytacazes. Parte do material sólido foi sendo depositado ao longo da rede hidrográfica, erodindo margens ou se acumulando na calha do rio principal e tributários e nas planícies fluviais, e parte desse material continuou se deslocando no leito do Rio Doce, alcançando outros mananciais até atingir o litoral do Espírito Santo (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; MPF, 2017, 2017a).

Considerando que o evento do rompimento causou duas ondas de passagem na bacia do Rio Doce (onda de cheia e onda de elevada turbidez) e que ambas podem ter gerado impactos no trecho fluvial próximo a UC, foram analisados relatórios institucionais e dados relativos à vazão, granulometria, concentração e estimativa de descarga dos sedimentos em suspensão durante um breve período anterior ao rompimento, durante o momento crítico e posterior nas localidades próximas a área de estudo, onde são realizados o monitoramento hidrossedimentológico e foram coletadas amostras de campo eventuais.

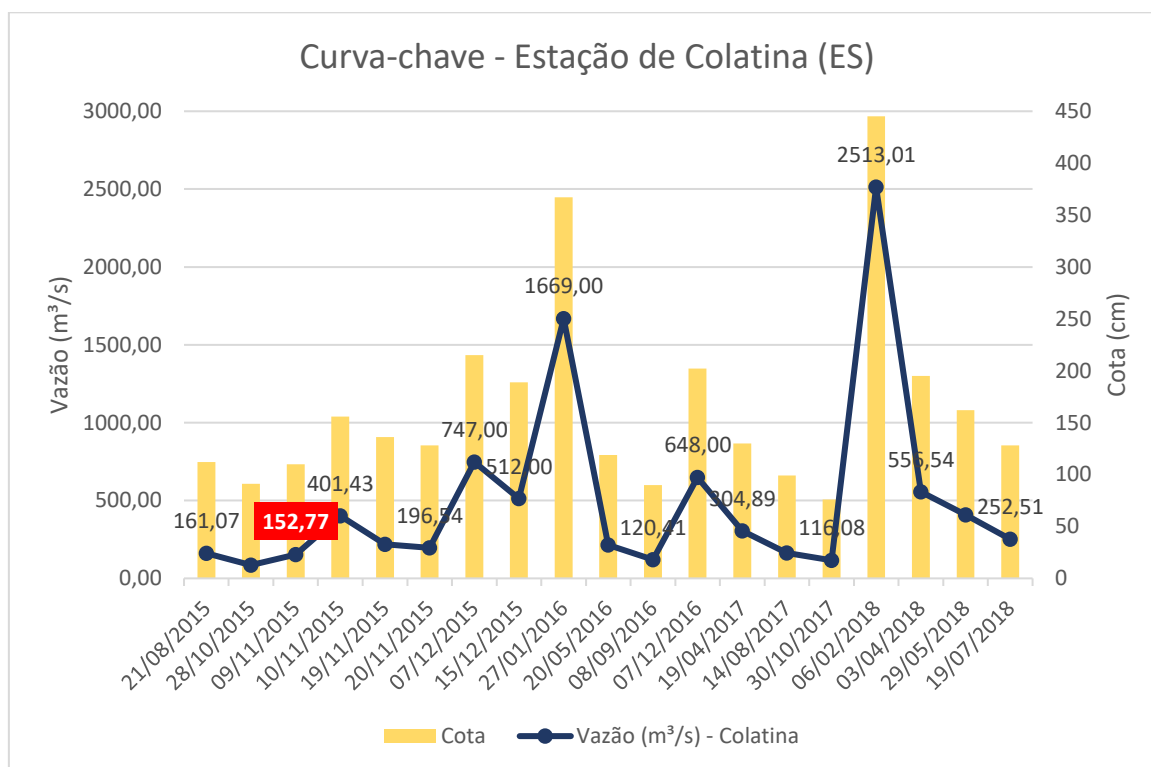
Por fim, os dados de vazão, granulometria, concentração e estimativa de descarga dos sedimentos em suspensão pós rompimento foram interpretados em conjunto com as informações de hidrossedimentologia obtidas durante as expedições no mês de fevereiro de 2019, e são apresentadas no item “Dinâmica fluvial”.

6.1.3.1 Vazão

Tomando por base registros históricos sobre a vazão do Rio Doce próximo a área de estudo, foi realizada a análise do comportamento mais atual da vazão, entre abril de 2015 e julho de 2018, considerando um breve período anterior e posterior ao rompimento da Barragem de Fundão (Anexo I, MPF, 2017a). De acordo com os relatórios do CPRM/ANA (2015a; 2015b), a onda de cheia atingiu a cidade de Colatina (a montante da área de estudo) no final da tarde do dia 08/11/2015, e a cidade de Linhares (onde se localiza a Unidade de Conservação) na noite do dia 09/11/2015. Os dados utilizados no Gráfico 34 são referentes as amostragens geradas pelo CPRM/ANA (2015a; 2015b) e pelo monitoramento fluviométrico da ANA (2018) na estação mais próxima a área de estudo (a montante da mesma), localizada no

município de Colatina (ES). Maiores detalhes sobre os valores de vazão e cota durante o período constam no Anexo V deste documento.

Gráfico 34 - Comportamento da vazão e cota (curva-chave) na Estação fluviométrica localizada no município de Colatina (ES), Código 56994500, incluindo o monitoramento especial realizado na bacia do Rio Roce em dezembro de 2015. Em destaque vermelho: máxima de vazão diária registrada no dia da passagem da onda de cheia, no dia 09/11/2015.



Vazão acima do limiar para alerta de cheia: de 4131 e 4796 m³/s; segundo o CPRM/ANA

Fonte: CPRM/ANA (2015a; 2015b), ANA (2018).

Pode-se observar que entre agosto/2015 a outubro/2015 a vazão decresceu, e no dia 09/11/2015, na data da passagem da onda de cheia relativa ao rompimento da barragem, a vazão volta a subir para 152,77 m³/s. As máximas de vazão registradas durante a passagem da onda de cheia decorrente da ruptura da barragem, foram inferiores aos limiares de inundação de 4131 e 4796 m³/s, estabelecidos pelo CPRM/ANA para esse trecho do Rio Doce (2015a; 2015b). Portanto, não foram geradas inundações em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão.

No dia seguinte da passagem da onda de cheia, a vazão aumenta e atinge a marca de 401,434 m³/s. No dia 19/11/2015 são registradas vazões menores do que as anteriores, mas os índices voltam a subir no mês de dezembro, e no dia 07/12/2015 a vazão registrada fica em torno de 747 m³/s. De dezembro em diante, a vazão tende a subir e atinge um pico de 1669 m³/s em janeiro de 2016, ficando acima da média histórica de vazões máximas diárias (MPF, 2017). Tais índices têm relação com o aumento das chuvas durante esse período, especialmente no mês de janeiro, conforme apresentado no tópico sobre o clima regional.

O aumento da vazão influencia diretamente na remobilização de sedimentos depositados nas margens e no fundo dos rios, aumentando a tendência a processos erosivos nesses compartimentos, e elevando

as concentrações dos sólidos em suspensão totais (SST). Esses processos devem ter ocorrido com o material que já estava assentado ao longo da rede fluvial do Rio Doce e sub-bacias próximas a área amostrada, especialmente porque a drenagem já havia recebido, no mês de novembro de 2015, a sobrecarga eventual dos sedimentos que tiveram origem do fluxo de rejeito devido ao rompimento da Barragem de Fundão. Com a redução da vazão, o material tende a se depositar novamente ao longo da calha a jusante, conforme o peso dos sedimentos (granulometria) e das condições do relevo, e da cobertura da terra. Observando o gráfico, verifica-se que essa tendência ganha destaque logo depois do mês de janeiro/2016, quando o gráfico de vazão apresenta um decréscimo representado quantitativamente pela coleta realizada em maio/2016, que registrou valores de 215,233 m³/s. A redução da vazão permanece até setembro/2016 (120,41 m³/s), mas desse período em diante, com a chegada do período chuvoso, a vazão tende novamente a aumentar, registrando valores de 648 m³/s em dezembro/2016. Novamente há um retorno a tendência de remobilização dos materiais assentados ao longo do rio até a chegada do próximo período de estiagem, entre março a setembro de 2017, mas que neste ano registra mínimas de 116,083 m³/s em outubro. Posteriormente, a vazão volta a subir, atingindo picos de 2513,008 m³/s no mês de fevereiro de 2018 e, dessa forma, retomando o processo de revolvimento da carga de fundo e erosão das margens, transportando os sedimentos em suspensão para mais a jusante do trecho estudado.

Ao correlacionar os valores de vazão com as cotas (altura do nível da água) também são observados resultados associados aos períodos chuvoso e de estiagem: o nível da água e da vazão é maior entre novembro a março. O maior nível da água e da vazão, que em geral ocorre durante o período chuvoso, aumenta a energia do fluxo e o potencial de mobilização de sedimentos. O maior nível da água e da vazão, que em geral ocorre durante o período chuvoso, aumenta a energia do fluxo e o potencial de mobilização de sedimentos.

6.1.3.2 Granulometria dos sedimentos suspensos

Após a passagem da onda de cheia, a massa de água com elevada turbidez alcançou o trecho do Rio Doce próximo a UC em menor velocidade do que a primeira onda, trazendo materiais em suspensão com diferenças granulométricas.

As amostras de sedimentos coletadas pelo CPRM/ANA (2015a; 2015b) no dia 21/11/2015, um dia após a passagem da onda de elevada turbidez no município de Linhares (ES), onde está situada a FLONA, indicaram que nesse trecho o diâmetro mediano (D50%) dos sedimentos em suspensão foi de aproximadamente 3 a 6µm, com uma média de 5,96 µm (silte muito fino). A média granulométrica de sedimentos mais finos (D10%) foi de 1,60 µm (Argila média), e de sedimentos mais grosseiros (D90%) de 20,19 µm (Silte médio), conforme pode-se ser observado na Tabela 43 e Tabela 44, a seguir.

Tabela 43 - Granulometria dos sedimentos suspensos em Linhares (ES).

Data	Hora	Cota (cm)	D10% (µm)*	D50% (µm)*	D90% (µm)*
21/11/2015	08:00	-	1,783	6,785	22,5
21/11/2015	20:00	-	1,424	5,13	17,883
21/11/2015	08:00	-	1,783	6,785	22,5

21/11/2015	20:00	-	1,424	5,13	17,883
Média granulométrica das amostras			1,60	5,96	20,19

Fonte: Adaptado do CPRM/ANA (2015a; 2015b).

*Amostras em micrometro.

Tabela 44 - Granulometria dos sedimentos suspensos em Linhares (ES).

Diâmetro (mm)*	Denominação
64 a 32	Cascalho muito grosso
32 a 16	Cascalho grosso
16 a 8	Cascalho médio
8 a 4	Cascalho fino
4 a 2	Cascalho muito fino
2,00 a 1,00	Areia muito grossa
1,00 a 0,50	Areia grossa
0,50 a 0,25	Areia média
0,25 a 0,125	Areia fina
0,125 a 0,0625	Areia muito fina
0,0625 a 0,031	Silte grosso
0,031 a 0,016	Silte médio
0,016 a 0,008	Silte fino
0,008 a 0,004	Silte muito fino
0,004 a 0,0020	Argila grossa
0,0020 a 0,0010	Argila média
0,0010 a 0,0005	Argila fina
0,0005 a 0,00024	Argila muito fina

Fonte: CPRM/ANA (2015a; 2015b).

*Amostras em milímetros.

A proporção de sedimentos com granulometria mais fina indica que as frações mais grosseiras dos sólidos suspensos originados do fluxo de rejeito devem ter sedimentado nos trechos mais a montante do Rio Doce (CPRM/ANA, 2015a; 2015b).

6.1.3.3 Concentração dos sedimentos em suspensão

A concentração de sedimentos ou sólidos suspensos totais (SST) está relacionada a presença de partículas na água. Esses sedimentos podem ser originados de fontes pontuais e difusas de produção e carreamento, tais como a declividade, morfologia dos terrenos, tipos de solo, uso da terra e impactos decorrentes. Por isso, o SST é um parâmetro hidrossedimentológico de interesse para avaliação dos efeitos do rompimento da Barragem de Fundão no meio físico.

A partir da análise da série de dados históricos sobre sólido suspensos totais (o que inclui os sedimentos dissolvidos), entre o período de 1997 até 2015 no município de Linhares (ES), durante o verão as concentrações de SST são mais elevadas em relação ao período de estiagem. Na estação do IGAM RD044 (RDO08 do PMQQS) a média histórica para o período citado foi de 96 mg/L no período seco e 116 mg/L no período chuvoso (MPF, 2017, 2017a).

De acordo com o relatório do CPRM/ANA (2015a), durante o período crítico, alguns dias após o rompimento da Barragem de Fundão, entre os dias 20/11 e 21/11/2015, foram registradas concentração de sedimentos em suspensão na ordem de 1.500mg/L. Como base de comparação, os valores característicos de concentração de sedimentos suspensos no trecho do Rio Doce no município de Colatina (ES), a montante da Floresta Nacional Goytacazes, variam entre 1 a 802 mg/L (CPRM/ANA, 2015a).

Ao interpretar os resultados do Memorando Técnico da Golder Associates (2016b), foi possível retratar as condições dos sólidos suspensos totais (SST) próximo à área de estudo durante o período de novembro de 2015 a março de 2016. Apesar do documento ter focado no monitoramento das águas costeiras do Espírito Santo, também foram levantados e interpretados resultados de SST para algumas cidades capixabas, tal como Linhares, onde está situada a FLONA de Goytacazes. A partir da interpretação de gráficos e informações contidas no Memorando Técnico da Golder Associates (2016b), pode-se identificar que houve um aumento na concentração de SST do início de novembro de 2015 até o final do mês, devido a passagem da onda no local. Após esse período, a partir do mês de dezembro de 2015 ocorre uma redução gradativa das concentrações, com algumas elevações pontuais variando até março de 2016. Essa tendência decrescente para sólidos suspensos totais sugere um retorno às condições históricas (nos casos em que há dados históricos disponíveis). Contudo, apesar desse decréscimo entre dezembro/2015 a março/2016, as concentrações continuam altas em relação ao início de novembro/2015 (GOLDER ASSOCIATES, 2016b). Isso pode ter relação com os efeitos da onda de rejeitos ejetada na drenagem em novembro de 2015, indicando que ocorre a remobilização desses sedimentos e uma sobrecarga no total em suspensão na coluna d'água do rio quando a precipitação se eleva, durante o verão.

Em relação aos dados mais atuais de SST, o Relatório Parcial do PMQQS (2018, p. 35), realizado entre agosto de 2017 e janeiro de 2018, aponta que os valores da estação RDO15 localizada em Linhares/ES (RDC1D025 do IEMA/ES), entre os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, apresentaram as concentrações variando entre <10 a 334 mg.L-1. Na estação RDO15, em dezembro de 2017 foram observadas concentrações mais elevadas, com valores acima de 100 mg.L-1 (PMQQS, 2018). A alta concentração de SST nesse período indica que o aumento da vazão incidiu diretamente na remobilização dos sedimentos marginais e no leito do rio.

A análise conjunta da pluviosidade, vazão e dos sedimentos suspensos indica que existe um padrão de variação sazonal das concentrações de SST em função do aumento da vazão e do nível d'água, quando há uma maior incidência de precipitação em toda a bacia do Rio Doce: no período chuvoso o transporte de sedimentos suspensos do meio terrestre para os cursos d'água é intensificado pelo aumento da pluviosidade.

Verifica-se que o rejeito originado do rompimento da Barragem de Fundão está contribuindo com a elevação das concentrações de SST no trecho do Rio Doce próximo a área de estudo, principalmente durante o período chuvoso.

6.1.3.4 Estimativa da Descarga Sólida em Suspensão

Com base no relatório do CPRM/ANA (2015a), neste tópico são apresentados os resultados da análise dos dados estimados sobre a descarga sólida em suspensão da massa de água com elevada turbidez.

Para realização desse cálculo, o CPRM/ANA (2015a) utilizou: (i) dados de vazão do Rio Doce coletados na estação fluviométrica local, e (ii) dados de concentração de sedimentos em suspensão por amostras do CPRM, coletadas durante o momento crítico da passagem da massa de água de elevada turbidez. O relatório partiu da premissa de que a concentração de sedimentos em suspensão antes da ruptura da barragem no Rio Doce era de 100mg/L, valor também adotado pelo CPRM/ANA (2015a). A Tabela 45 apresenta a estimativa da Descarga Sólidas em Suspensão durante a passagem da massa de água.

Tabela 45 - Estimativa da Descarga Sólida em Suspensão durante a passagem da massa de água

Estação	Data	Hora	Cota(cm)	Vazão(m³/s)	Css(mg/L)	Qst(t)
Colatina	09/11/2015	12:00	110	152,77	100	119.362
	19/11/2015	10:00	136	218	1.208	965
	19/11/2015	11:00	135	215,27	1.266	1.086
	19/11/2015	12:00	134	212,54	1.556	2.461
	19/11/2015	14:00	132	207,08	1.704	1.270
	19/11/2015	15:00	131	204,35	1.726	1.263
	19/11/2015	16:00	130	201,62	1.730	1.254
	19/11/2015	17:00	130	201,62	1.726	1.284
	19/11/2015	18:00	129	199,08	1.834	20.226
	20/11/2015	08:00	128	196,54	2.226	-
Total		149.170				

¹Css (Concentração de sedimentos suspensos), ²Qst (Descarga sólida em suspensão estimada durante a passagem da massa de água). Fonte: Alterado do CPRM/ANA (2015a).

Os valores estimados para a descarga sólida em suspensão durante a passagem da massa de água com elevada turbidez, foram comparados com a descarga sólida em suspensão média anual e a descarga sólida em suspensão que seria registrada na estação de Colatina, caso não houvesse a ruptura da Barragem de Fundão (CPRM/ANA, 2015a). A comparação dos dados pode ser observada na Tabela 46 a seguir.

Tabela 46 - Descarga sólida em suspensão

Estação	Descarga sólida anual (t/ano)	Vazão média evento (m³/s) (1)	Descarga sólida esperada sem ruptura (t)	Descarga sólida estimada com ruptura (t)
Colatina	5,0M	240	2.200	0,15M

1 – Vazão média durante a passagem da onda de cheia.

Fonte: Alterado do CPRM/ANA (2015a).

Observa-se que a estimativa da descarga sólida em suspensão (quantidade de sedimentos em suspensão transportada nesta seção do Rio Doce), durante a passagem da massa da água com elevada turbidez, em Colatina foi de 0,15Milhões. De acordo com o CPRM/ANA (2015a), considerando que densidade específica aparente do rejeito de minério de ferro é na ordem de $2t/m^3$, o volume de sedimentos registrado no trecho de em estudo durante a passagem da massa de água com elevada turbidez foi de $0,075Mm^3$ (milhões de metros cúbicos).

6.1.3.5 Dinâmica fluvial

A partir da análise dos dados de vazão e sólidos suspensos totais junto a bibliografia consultada (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; VERVLOET, 2016; MPF, 2017a; GOLDBERGER, 2018), e as expedições de campo realizadas em fevereiro de 2019, verificou-se que os impactos ambientais, causados pelo rompimento da Barragem de Fundão na área de estudo, se concentraram na calha do Rio Doce, bancos de areia, ilhas fluviais e margens deposicionais (convexas). Até o momento não houve grandes inundações capazes de trazer os sedimentos originados do desastre de Fundão para a planície fluvial dentro dos limites da UC.

Em relação aos dados hidrossedimentológicos, apesar da carência de séries históricas em Linhares (onde está situada a FLONA de Goytacazes), os relatórios do CPRM/ANA registraram que no município a passagem da onda de cheia ocorreu na noite do dia 09/11 para o 10/11/2015 e a passagem da massa d'água de elevada turbidez ocorreu na manhã do dia 20/11/2015. Os dados de vazão e concentrações de sólidos suspensos totais (SST), coletados a montante, na estação de Colatina, registrou máximas de vazão de $152,77m^3/s$, sem contar que houve extravasamento das águas do leito (CPRM/ANA, 2015a; 2015b). Tais resultados confirmam o que foi relatado pelos entrevistados durante a expedição.

Os resultados corroboram a afirmativa de que: no trecho do Rio Doce da área de estudo, o fluxo de rejeito já tinha perdido parte de sua competência (energia de transporte de sedimentos) para os trechos a montante, onde a maior variação do gradiente do canal. No trecho analisado os sedimentos trazidos pela onda de rejeito eram compostos por algumas frações de grãos maiores (areia), mas basicamente por silte e argila (sedimentos finos), sendo carregado em suspensão na coluna d'água do rio. (CPRM/ANA, 2015a; 2015b).

Durante os primeiros dias pós a passagem da onda de elevada turbidez a capacidade do fluxo (quantidade máxima de sedimentos passíveis de serem transportados pelo rio em um determinado período de tempo) continuou elevada. Isso pôde ser verificado pela elevação da carga de sólidos suspensos totais na seção analisada pelo CPRM/ANA (2015a; 2015b) e por outras informações avaliadas no presente relatório. Sob suspensão, a velocidade média das partículas fica próxima da velocidade do escoamento, com predomínio de argila e silte concentrados no leito menor.

Considerando as análises dos dados antes, durante e posterior ao rompimento da Barragem de Fundão, pode-se deduzir que as concentrações de sedimentos em suspensão reduziram com o tempo (apesar da influência dos sedimentos marinhos), principalmente após o período crítico (novembro e dezembro de 2015) monitorado pelo CPRM/ANA. Mesmo assim no período chuvoso posterior ao desastre, entre 2016/2017, as concentrações de sólidos suspensos totais voltaram a se elevar em relação aos dados máximos da média histórica (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; MPF, 2017a; IGAM/MG, 2017; GOLDER, 2018). Esse comportamento se repete no período chuvoso seguinte, entre 2017/2018, e entre 2017/2019 apresenta alguma redução.

Isso significa que o Rio Doce ainda possui uma carga de sedimentos em suspensão (decorrente do rompimento da Barragem de Fundão), que ainda tem sido mobilizada para a jusante principalmente com o aumento das chuvas e da vazão, aumentando a descarga sólida no trecho do Rio Doce contemplado pela área de estudo da FLONA de Goytacazes.

Conforme o fluxo de rejeito percorreu a drenagem, interagindo com os sedimentos de diferentes texturas, foi aumentando sua capacidade, ganhando velocidade para mobilização dos materiais. Assim, na medida em que os sedimentos mais pesados foram sendo depositados nas seções de maior gradiente e zonas morfológicamente propícias a retenção destes materiais, a carga do leito foi sendo reduzida, o que não ocorreu com tanta facilidade com os sedimentos suspensos e dissolvidos. Estes sedimentos continuaram sendo levados na coluna d'água, até seções à jusante da área de estudo, interferindo na qualidade da água.

6.1.4 Qualidade da água

Métodos

Definida a linha de base para a qualidade de água do Rio Doce na área de estudo, a Análise de Impacto foi realizada a partir dos dados apresentados e analisados por Golder (2018). Estes dados são fruto de amostragens e análises conduzidas por 11 laboratórios acreditados, e devidamente sujeitos a procedimentos de controle de segurança de qualidade (QA/QC) pela Fundação Renova. Este relatório (Golder 2018) foi aprovado pela Fundação Renova no final de 2018 e é, portanto, o mais recente documento disponível para o presente estudo.

Do ponto de vista de cobertura espacial, a rede compreende 181 pontos de amostragem no Rio Doce, afluentes e lagoas marginais. Estes pontos foram agrupados ao redor de áreas urbanas e estações de monitoramento de qualidade de água do IGAM, IEMA e AGERH (fonte de informações para a construção da linha-de-base). Para este estudo são utilizados os dados relativos à localidade de Linhares.

Do ponto de vista de cobertura temporal, a amostragem compreende o período entre 6 de novembro de 2015 - dia seguinte ao rompimento da Barragem de Fundão – e 27 de setembro de 2017, data coincidente com a mudança do programa de monitoramento de qualidade de água e sedimentos do Rio Doce para o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS). Por conta do importante papel da sazonalidade na dinâmica do Rio Doce, e suas potenciais consequências para a qualidade da água, esta série temporal foi dividida em 5 períodos: T1, de 6/11/2015 a 31/12/2015 (55 dias), correspondendo às primeiras semanas da passagem da pluma de rejeitos no final da temporada seca de 2015 e o início da temporada chuvosa de 2015-2016; T2, de 1/1/2016 a 31/3/2016 (90 dias), correspondendo ao restante da temporada chuvosa de 2015-2016; T3, de 1/4/2016 a 30/9/2016 (182 dias), correspondendo à temporada seca de 2016; T4, de 1/10/2016 a 31/3/2017 (181 dias), correspondendo à temporada chuvosa de 2016-2017, isto é, a segunda temporada chuvosa desde o rompimento da Barragem de Fundão; e T5, de 1/4/2017 a 27/7/2017 (180 dias), correspondendo à temporada seca de 2017 (T5).

Os parâmetros de qualidade da água foram agrupados da seguinte maneira (Golder, 2018):

- Grupo I. Parâmetros sem evidência de alteração no momento pós-rompimento da Barragem.
- Grupo II. Parâmetros com evidência de alteração de curto prazo, isto é, com alteração registrada logo após a chegada da pluma de rejeitos (T1) e/ou no restante da mesma estação chuvosa (T2).
- Grupo III. Parâmetros com alteração persistente (continuada) ou recorrente (sazonal), isto é, com evidência de alteração logo após a chegada da pluma de rejeitos (T1 e/ou T2), e que persistiram ou voltaram a ocorrer em T3 (estação seca subsequente) e/ou T4 (estação chuvosa subsequente).
- Grupo IV. Parâmetros para os quais há dados limitados.

Estes agrupamentos foram feitos em referência ao comportamento de parâmetros de qualidade de água ao longo do Rio Doce como um todo. Neste relatório esta abordagem é complementada com uma análise do comportamento dos parâmetros de qualidade de água especificamente na região de Linhares.

Nesta análise focamos nos parâmetros físicos, químicos e biológicos que já vinham sendo regularmente monitorados pelo IGAM antes do rompimento da Barragem de Fundão. O IGAM é o órgão ambiental do estado de Minas Gerais e não do Espírito Santo, onde está localizada a Floresta Nacional de Goytacazes. Porém, o monitoramento que o IGAM realiza em Minas Gerais é bem mais abrangente do que o monitoramento que o IEMA realiza no Espírito Santo. Desde a década de 1990 o IGAM monitorou continuamente 13 parâmetros básicos de qualidade de água, 32 elementos e íons (incluindo uma variedade de metais e metalóides, bem como as séries de nitrogênio e fósforo, importantes macronutrientes para produtores primários), 4 indicadores de contaminação microbiológica, 3 contaminantes orgânicos ou indicadores de contaminação orgânica e 3 parâmetros indicadores de biomassa do fitoplâncton. Em comparação, entre 1999 e 2010 o IEMA monitorou 4 parâmetros básicos de qualidade de água, 10 elementos e íons (incluindo ferro, zinco, e as séries de nitrogênio e fósforo), 1 indicador de contaminação microbiológica e 2 contaminantes orgânicos ou indicadores de contaminação orgânica. Portanto os dados do IGAM permitem um entendimento mais apropriado dos impactos do rompimento da Barragem do Fundão na qualidade da água do Rio Doce como um todo,

enquanto padrões de alteração em Linhares só são possíveis para os parâmetros que amostrados também pelo IEMA.

Resultados

O rompimento da Barragem de Fundão teve consequências pronunciadas para a qualidade da água do Rio Doce a jusante. Dezenove parâmetros físicos, químicos e biológicos extrapolaram a linha de base nas primeiras semanas e meses após a passagem da pluma de rejeitos, sendo, portanto, consideradas alterações de curto prazo (Parâmetros do Grupo II) (Tabela 47). Vinte e cinco outros parâmetros extrapolaram a linha de base tanto nas primeiras semanas e meses após a passagem da pluma de rejeitos como nas temporadas seca e/ou chuvosa subsequentes, sendo, portanto, consideradas alterações persistentes ou recorrentes (Parâmetros do Grupo III) (Tabela 47). Concluindo, nada menos que 44 parâmetros físicos, químicos e biológicos, muitos deles de sabida relevância ambiental, foram alterados a partir do rompimento da Barragem de Fundão.

Segue abaixo uma descrição dos principais padrões que emergem para o Rio Doce em geral, acompanhados de comentários para os padrões observados em Linhares.

Sólidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos dissolvidos totais e turbidez são os parâmetros de qualidade de água mais diretamente relacionados à injeção da carga de rejeitos de mineração no sistema fluvial. Em diversas localidades do Rio Doce estes parâmetros atingiram picos pronunciados nas semanas e meses que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos; valores acima dos limites superiores da linha-de-base continuaram sendo registrados nas temporadas seca e chuvosa subsequentes (Tabela 1). Os mesmos padrões emergem para a localidade de Linhares (Tabela 47, Gráfico 35)

Alcalinidade, dureza e pH são grandezas relacionadas. A alcalinidade é a capacidade de neutralização de ácidos de uma solução, conferida pela presença de espécies químicas dissolvidas capazes de aceitar e neutralizar prótons; estas são usualmente ânions de ácidos fracos como o carbonato e o bicarbonato, bem como os hidróxidos (Wetzel & Likens 2000). Uma vez que sais em solução contribuem tanto com ânions como com cátions, águas com alta alcalinidade usualmente apresentam também alta dureza, grandeza relacionada à concentração de cátions polivalentes como o cálcio e o magnésio (Wetzel & Likens 2000).

Alcalinidade, dureza e as concentrações de cálcio e magnésio na água do Rio Doce como um todo foram elevadas após o rompimento da Barragem de Fundão. De forma geral, estas alterações podem ser descritas como de curto prazo, isto é, restritas à temporada de seca de 2015 e à temporada chuvosa de 2015/2016. Uma análise do comportamento destas variáveis em Linhares sugere padrões similares (Golder 2018). Porém, a falta de dados históricos compromete uma avaliação mais quantitativa destas mudanças.

Como para outras localidades, a tendência de médio e longo prazo no pH da água do Rio Doce em Linhares após o rompimento da Barragem de Fundão foi de ligeiro incremento. Observou-se uma frequência razoável de registros acima do limite superior da linha-de-base na segunda metade da temporada chuvosa de 2015/2016, e ocasionalmente na temporada seca de 2016, e na temporada chuvosa de 2016/2017 (Gráfico 36).

A alta concentração de íons dissolvidos na água é evidenciada pela consistente elevação em valores de condutividade elétrica após a passagem da pluma de rejeitos. Esta importante variável de síntese

atingiu valores mais que 10 vezes acima da linha-de-base nas semanas que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos, e vez por outra excedeu os valores históricos nas temporadas secas de 2016 e 2017 (Gráfico 36).

De todos os parâmetros registrados ao longo da série histórica pelo IEMA no Espírito Santo e pelo IGAM em Minas Gerais, o oxigênio dissolvido é o único que apresentou decréscimo após o rompimento da Barragem de Fundão (Gráfico 37). Na verdade, dezenas de leituras abaixo dos limites mínimos da linha-de-base foram registrados nos primeiros quatro ou cinco meses após a chegada da pluma de rejeitos. Concentrações de oxigênio dissolvido abaixo dos valores históricos continuaram sendo registradas na temporada de seca de 2016, na temporada chuvosa de 2016/2017 e na temporada seca de 2017 (Tabela 47). Trata-se, portanto, de uma importante alteração de longo prazo na qualidade da água do Rio Doce em Linhares.

Juntamente com as alterações nos sólidos suspensos e na turbidez, as notáveis elevações nas concentrações de ferro dissolvido, alumínio dissolvido e manganês total em outras localidades do Rio Doce são testemunho inequívoco do rompimento da Barragem de Fundão. Trata-se, afinal, dos elementos dominantes na composição química do rejeito (Hydrobiology 2015). No entanto, falta uma linha-de-base que permita avaliar o significado das concentrações medidas para estes metais em Linhares (Tabela 47, Gráfico 38).

Da mesma forma, faltam dados históricos para os muitos outros metais que passaram a ser monitorados em Linhares após o rompimento da Barragem de Fundão. Sabe-se, entretanto, que as concentrações de chumbo total e mercúrio total no Rio Doce foram aumentadas no curto prazo, enquanto as concentrações de arsênio total, cádmio total, cobre dissolvido, cobre total, cromo total e zinco total foram aumentadas de forma persistente ou recorrente (Tabela 47, Gráfico 39; ver também Golder 2018).

Também foram notáveis as elevações nas concentrações de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, na carga orgânica, e na contaminação microbiológica no Rio Doce.

Especificamente no caso do nitrogênio e do fósforo há dados históricos em Linhares que permitem determinar uma elevação pronunciada nas concentrações de fósforo total e nitrogênio amoniacal, e uma elevação modesta no nitrato e no nitrito, nas semanas e meses que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos (Gráfico 41). Alguns poucos pontos de dados indicam valores acima dos limites superiores da linha de base na temporada seca de 2016, e na temporada chuvosa de 2016/2017, para fósforo total e nitrogênio amoniacal (Tabela 47, Golder 2018).

A carga orgânica foi elevada na água do Rio Doce de Linhares com a chegada da pluma de rejeitos. Tal observação, no entanto, se restringe à carga orgânica evidenciada pela demanda química de oxigênio (DQO; Tabela 47, Golder 2018). Não há evidência clara de elevação para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO; Gráfico 42).

Coliformes totais, coliformes termotolerantes ('fecais') e estreptococos fecais apresentaram contagens elevadas em várias localidades do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão. Infelizmente, estes parâmetros só passaram a ser monitorados em Linhares a partir do episódio; seu comportamento desde então é descrito na Tabela 47 e na Gráfico 42 (veja também Golder 2018).

Da mesma forma, não é possível analisar o comportamento histórico da biomassa do fitoplâncton, conforme evidenciado pela concentração de clorofila *a* (Gráfico 43) ou pela contagem de cianobactérias.

Tabela 47 - Resumo das alterações na qualidade de água do Rio Doce em geral, e no Rio Doce em Linhares em particular, para (a) parâmetros básicos de qualidade de água (b) elementos químicos, incluindo metais e metalóides (c) macronutrientes (d) contaminantes microbiológicos (e) contaminantes orgânicos e (f) fitoplâncton. Para cada parâmetro é apresentada a tendência da alteração, quais sejam, de diminuição (↓) e de aumento (↑).

Parâmetros para os quais não há tendência de alteração são indicados com (↔) e parâmetros sem padrões claros com (?). 'Nível regulatório' se refere aos padrões CONAMA 357/2005 e COPAM 1/2008.

		Avaliação Global para o Rio Doce							Rio Doce em Linhares		
	Direção da mudança	Dados Limitados	Sem Alteração Percebida	Alteração de Curto Prazo	Alteração Persistente ou Recorrente	Pulsos ultrapassaram nível histórico em T1/T2	Pulsos ultrapassaram nível regulatório em T1/T2	Pulsos ultrapassaram nível histórico em T4	Pulsos ultrapassaram nível histórico em T1/T2	Pulsos ultrapassaram nível regulatório em T1/T2	Pulsos ultrapassaram nível histórico em T4
Parâmetros Básicos											
Sólidos dissolvidos totais	↑				X	X		X	X	X	X
Sólidos em suspensão totais	↑				X	X		X	?	X	?
Sólidos totais	↑				X	X	ND	X	X	ND	X
Turbidez	↑				X	X		X	X	X	X
Condutividade	↑			X		X	ND		X	ND	0
Oxigênio dissolvido	↓				X	X		X	X	X	X
pH	↑			X		X	X		X	X	X
Alcalinidade do bicarbonato	↑			X		X	ND		?	ND	?
Alcalinidade total	↑			X		X	ND		?	ND	?
Dureza de cálcio	↑			X		X	ND		?	ND	?
Dureza de magnésio	↑			X		X	ND		?	ND	?
Dureza total	↑			X		X	ND		?	ND	?
Cor verdadeira					X	X		X	?	X	?
Inorgânicos											
Alumínio dissolvido	↑				X	X		X	?	X	?
Alumínio total	↑				X	X	ND	°	?	ND	?
Arsênio total	↑				X	X		X	?	X	?
Bário total	↑				X	X		X	?	0	?
Boro dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
Boro total	↑				X	X		X	?	0	?
Cádmio total	↑				X	X		X	?	X	?
Cálcio total	↑			X		X	ND		?	ND	?
Chumbo total	↑			X		X	X		?	X	?
Cianeto livre	↑			X		X	X		?	X	?
Cloreto total	↑				X	X		X	?	X	?
Cobre dissolvido	↑				X	X		X	?	X	?
Cobre total	↑				X	X	ND	X	?	ND	?
Cromo hexavalente	↔	X					ND		0	ND	0

Cromo total	↑				X	X		X	?	X	?
Cromo trivalente	↑	X					ND		?	ND	?
Ferro dissolvido	↑				X	X		X	?	X	?
Magnésio total	↑				X	X	ND	X	?	ND	?
Manganês total	↑				X	X		X	?	X	?
Mercurio total	↑			X		X	X		?	X	?
Níquel total					X	X		°	?	X	?
Selênio total	↔		X						0	0	0
Sódio dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
Sulfato total	↑			X		X	X		?	X	?
Sulfeto	?			X		ND	X		?	X	?
Zinco total	↑				X	X		X	?	X	?
Macronutrientes											
Fósforo total	↑				X	X		X	X	X	X
Nitrato	↑			X		X	X		X	0	0
Nitrito	↑				X	X		X	X	0	X
Nitrogênio amoniacal total	↑			X		ND	X		X	X	0
Nitrogênio orgânico					X	X	ND	X	?	ND	?
Potássio dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
Microbiológicos											
Coliformes termotolerantes	↑			X		X	X		?	X	?
Coliformes totais	↑			X		ND	ND		?	ND	?
<i>Escherichia coli</i>		X					ND		?	ND	?
Estreptococos fecais	↔		X				ND		?	ND	?
Orgânicos											
Demanda Bioquímica de Oxigênio	↑			X		X	X		X	X	0
Demanda Química de Oxigênio	↑				X	X	ND	X	X	ND	0
Fenóis totais	↔		X						0	X	0
Fitoplâncton											
Clorofila <i>a</i>	?			X		X	X		?	0	?
Feofitina <i>a</i>			X				ND		0	ND	0
Densidade de cianobactérias	↑		X				ND		?	ND	?

Gráfico 35 - Sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

Sólidos em suspensão e turbidez são os parâmetros físicos mais diretamente ligados à passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce. São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e o valor máximo para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note a escala logarítmica. Gráficos extraídos de Golder (2018).

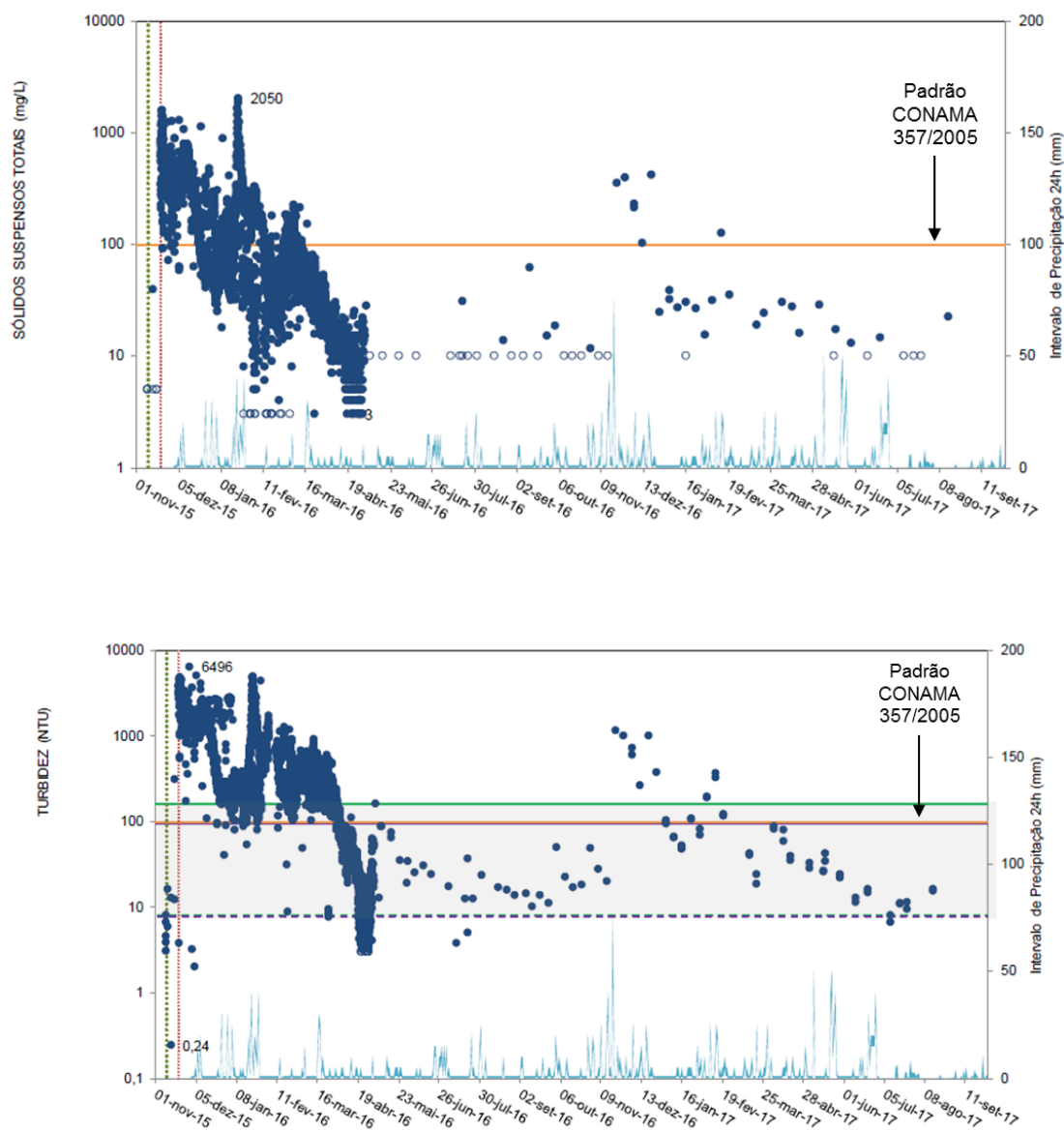


Gráfico 36 - pH (acima) e condutividade (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores mínimo e máximo de pH para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja; não há padrão CONAMA para condutividade), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note a escala logarítmica, no caso da condutividade. Gráficos extraído de Golder (2018).

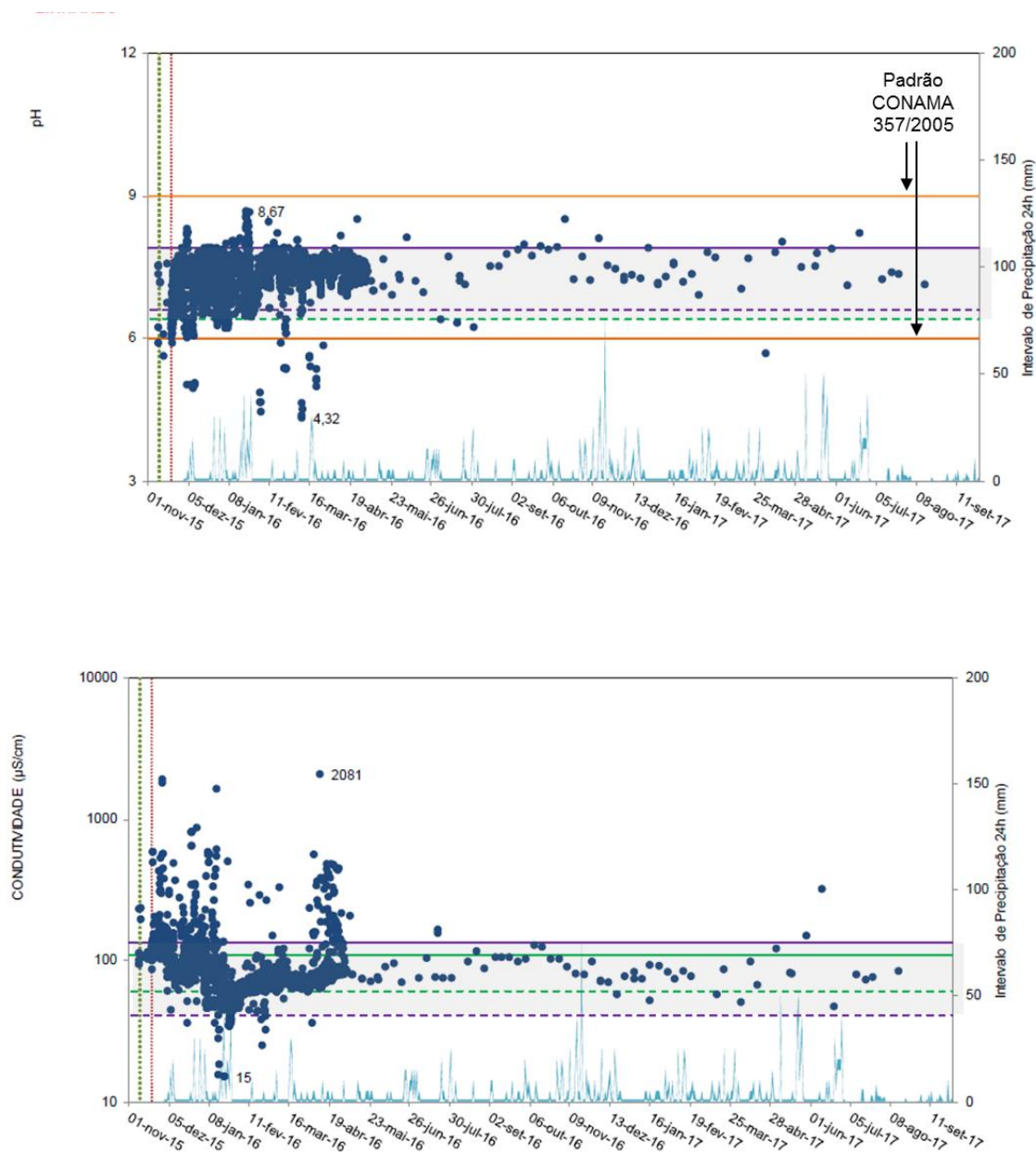


Gráfico 37 - Oxigênio dissolvido na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e o valor mínimo para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Gráfico extraído de Golder (2018).

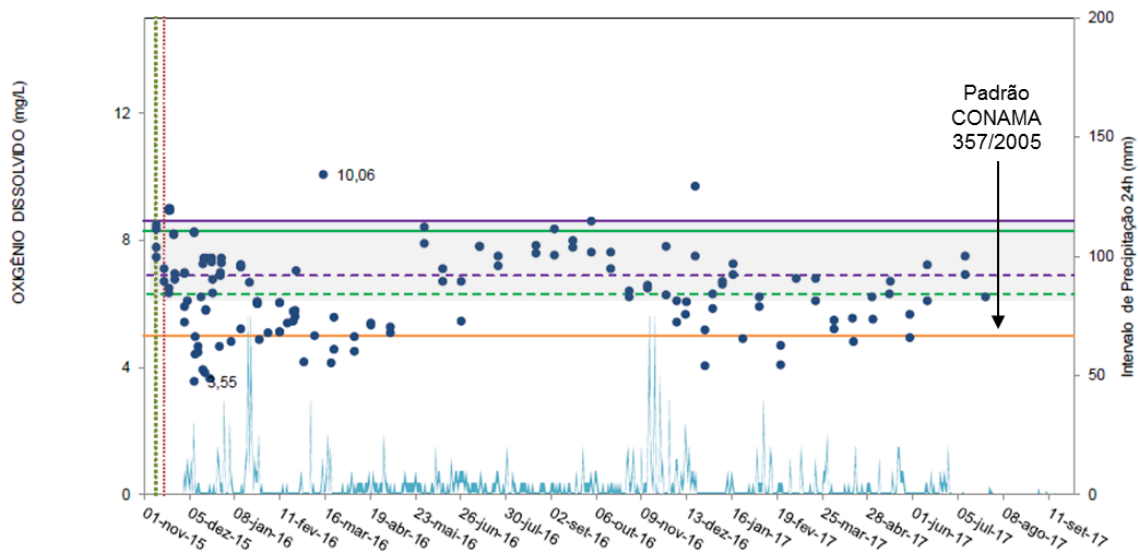


Gráfico 38 - Ferro Dissolvido (acima) e Manganês Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

Ferro, alumínio (não mostrado) e manganês são os elementos metálicos dominantes no rejeito de mineração depositado na Barragem de Germano, e, por extensão, na Barragem de Fundão (Hydrobiology 2015). São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note as escalas logarítmicas. Gráficos extraídos de Golder (2018).

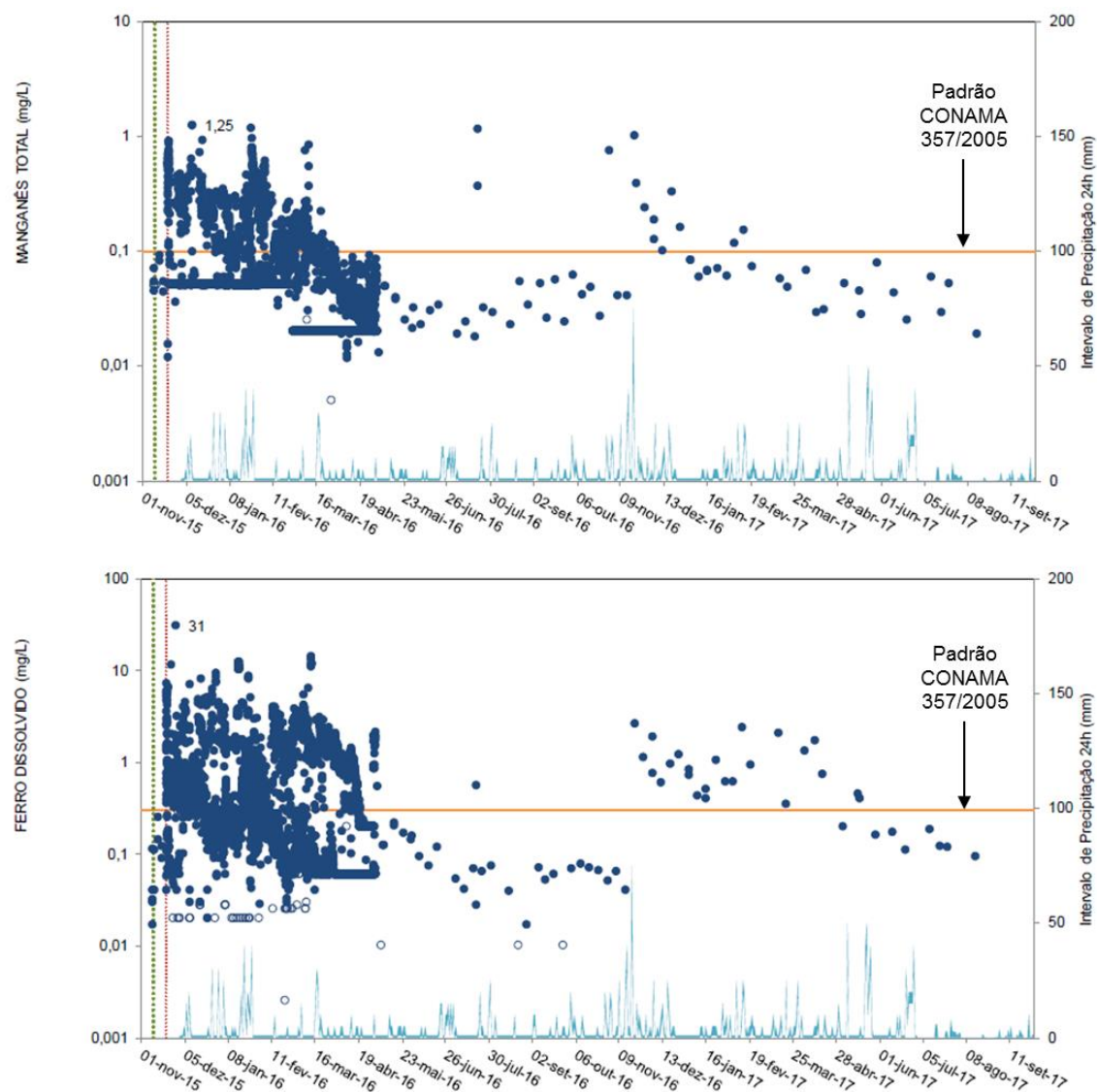


Gráfico 39 - Arsênio Total (acima) e Cádmi Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Se, Zn são elementos metálicos e metalóides figurando em listas de produtos químicos de preocupação prioritária (CEPA 1999, EC 2001, 2007; US-EPA 2006). São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza ao redor da linha roxa; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note as escalas logarítmicas. Gráficos extraído de Golder (2018).

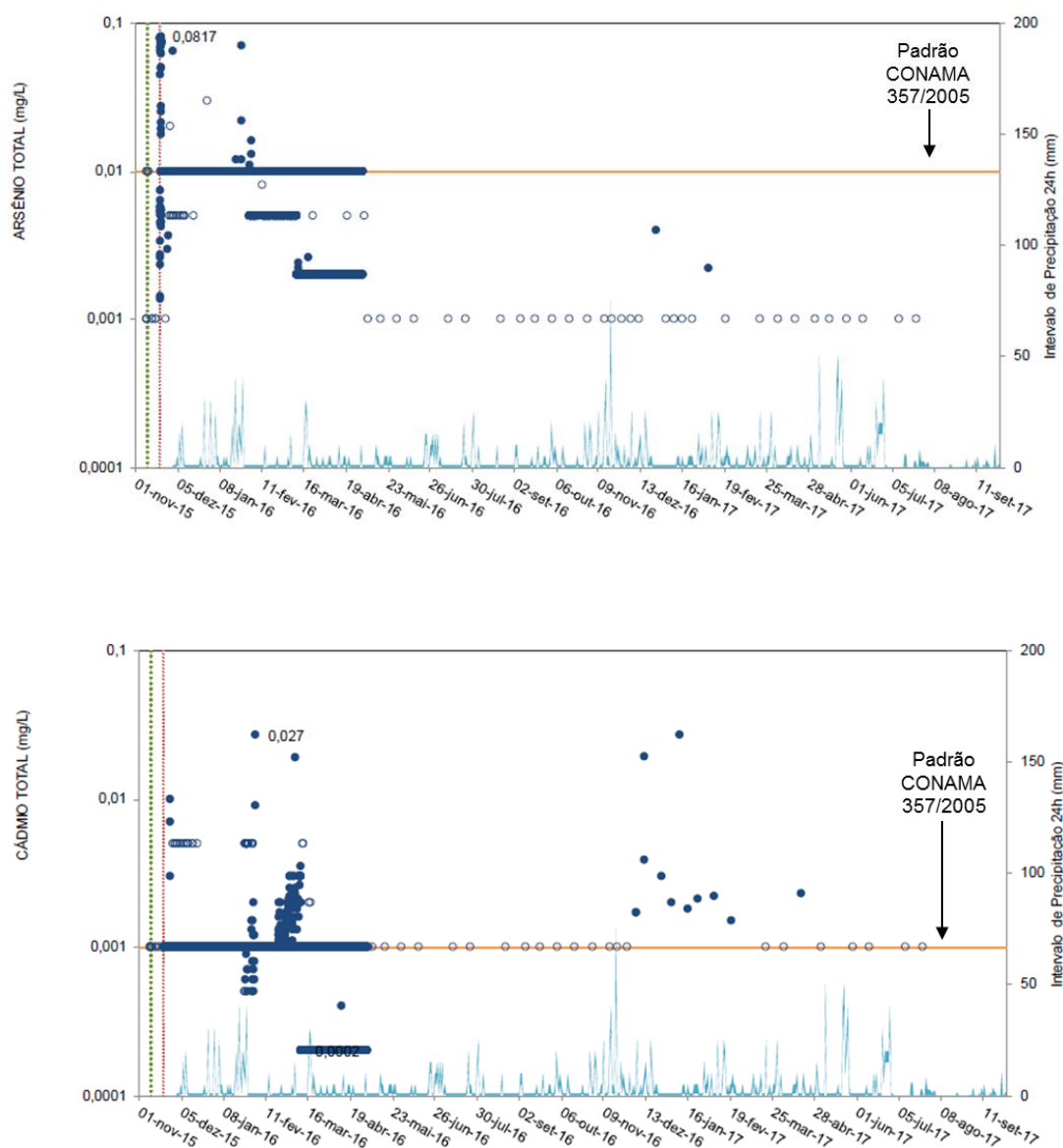


Gráfico 40 - Chumbo Total (acima) e Mercúrio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Se, Zn são elementos metálicos e metalóides figurando em listas de produtos químicos de preocupação prioritária (CEPA 1999, EC 2001, 2007; US-EPA 2006). São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza ao redor da linha roxa; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores

máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note as escalas logarítmicas. Gráficos extraído de Golder (2018).

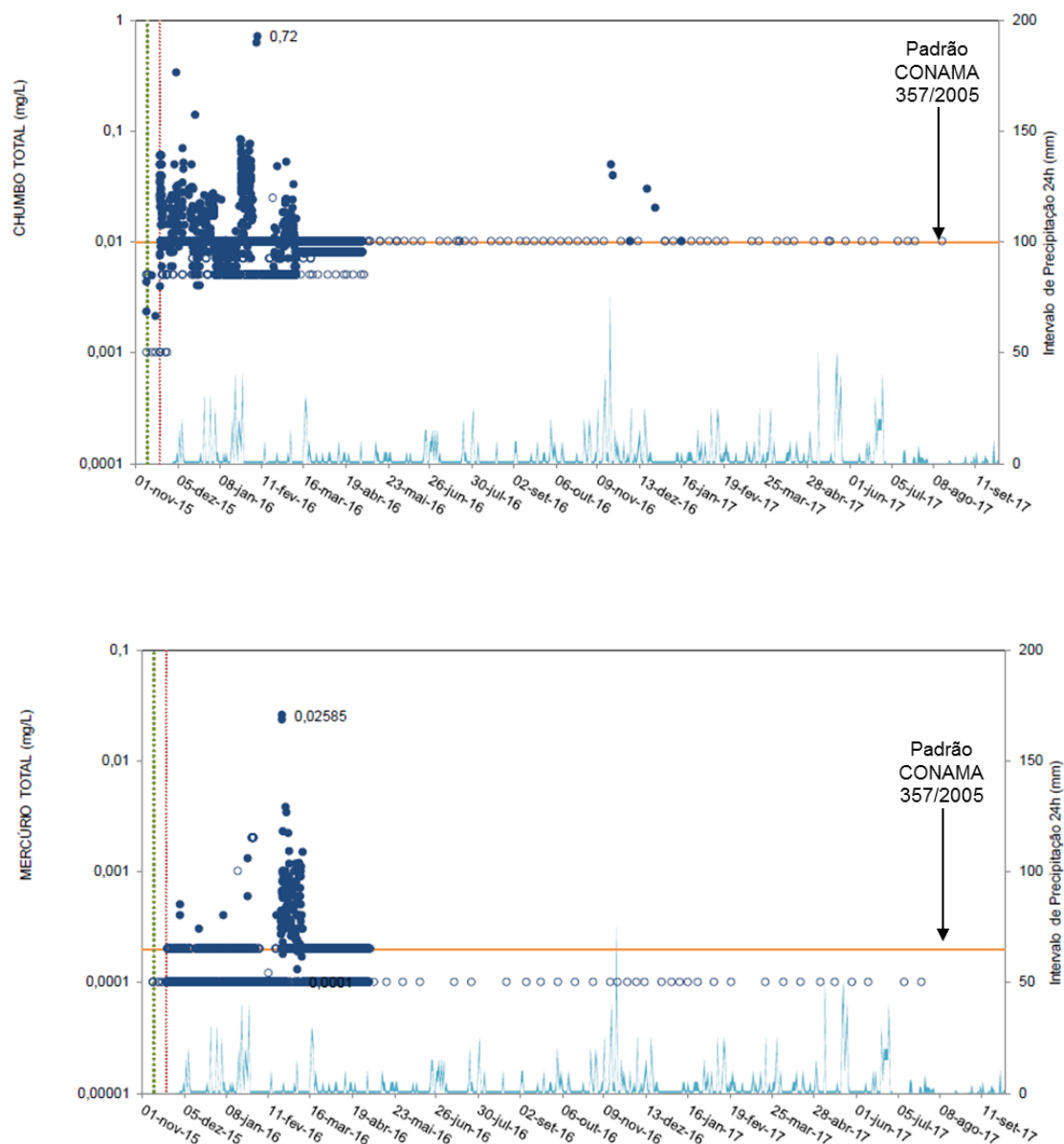


Gráfico 41 - Nitrato (acima) e Fósforo Total (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção primária em ecossistemas aquáticos. São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja),

bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note as escalas logarítmicas. Gráficos extraídos de Golder (2018).

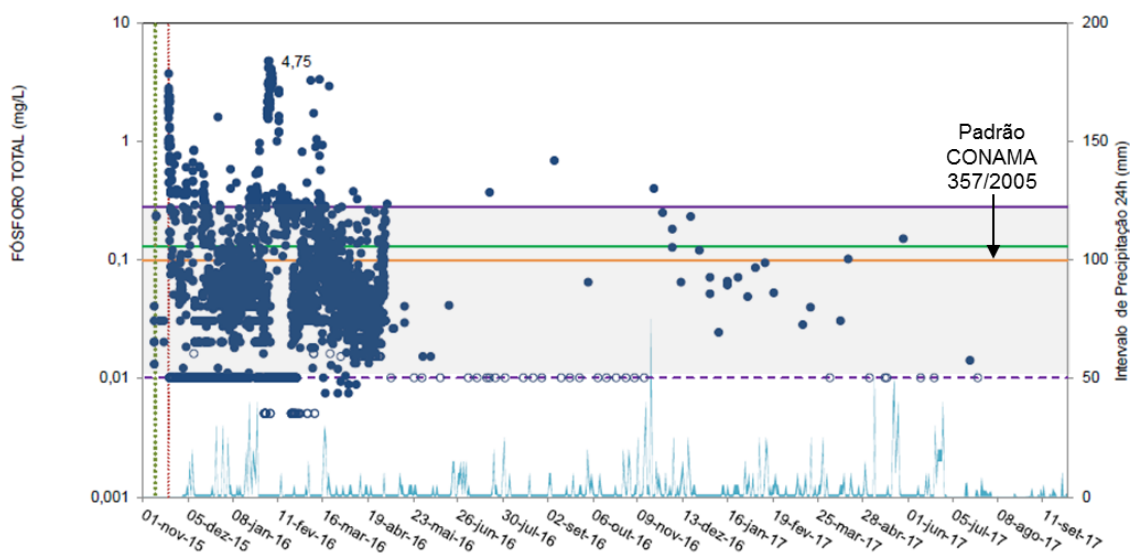
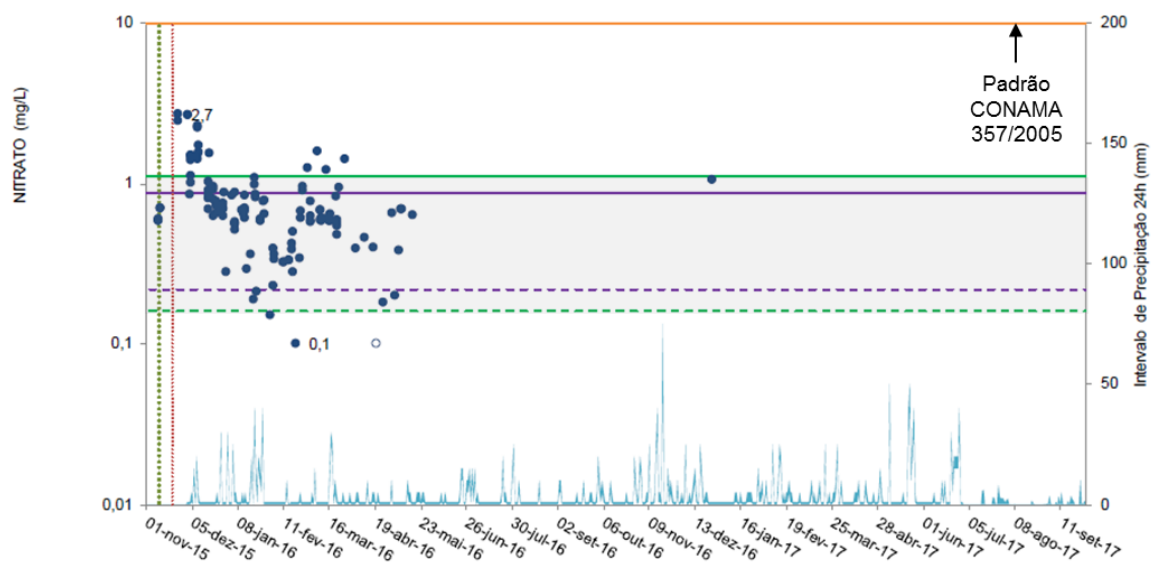


Gráfico 42 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) e Coliformes Termotolerantes ('fecaís') (abaixo) na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note as escalas logarítmicas. Gráficos extraídos de Golder (2018).

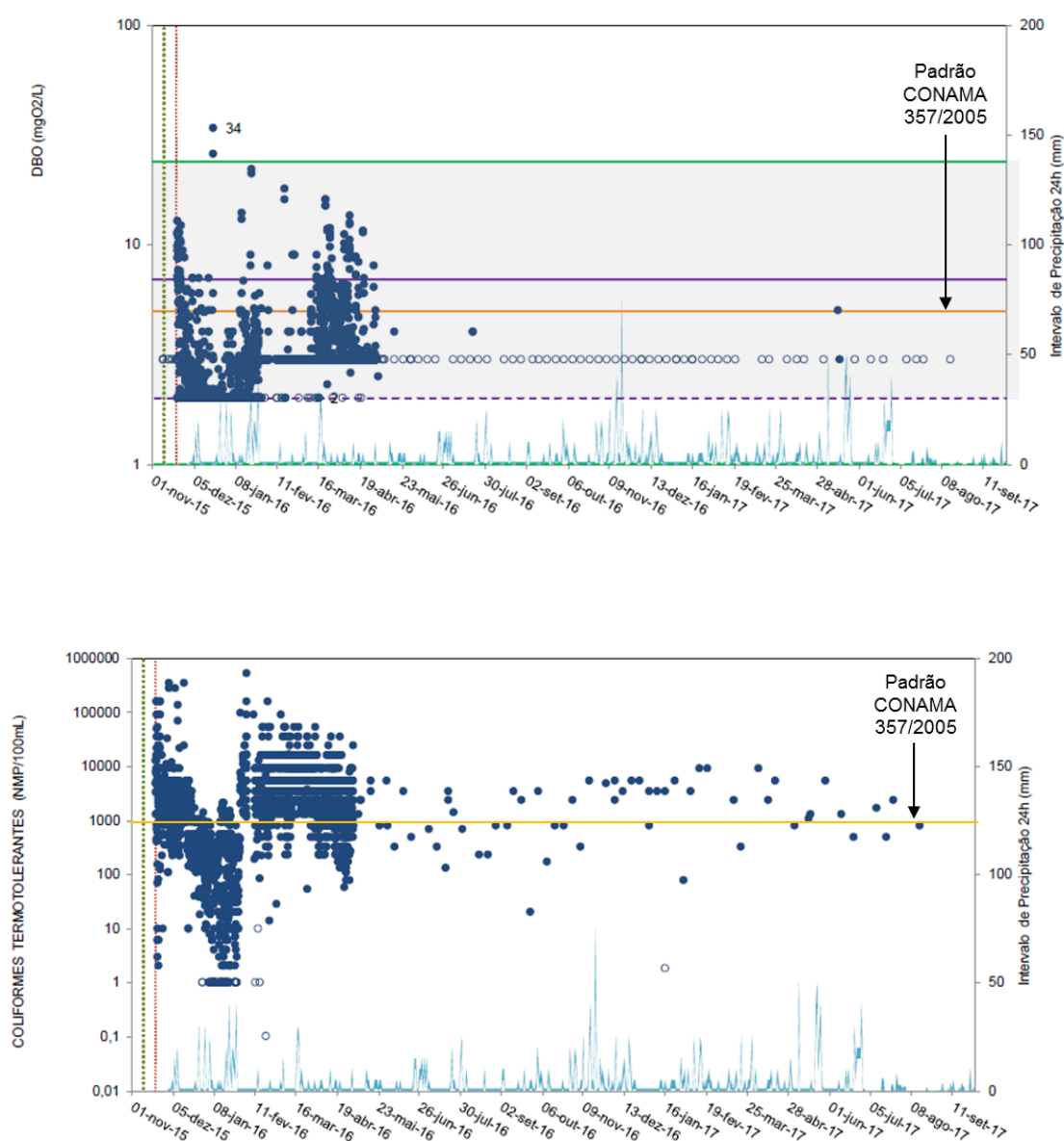
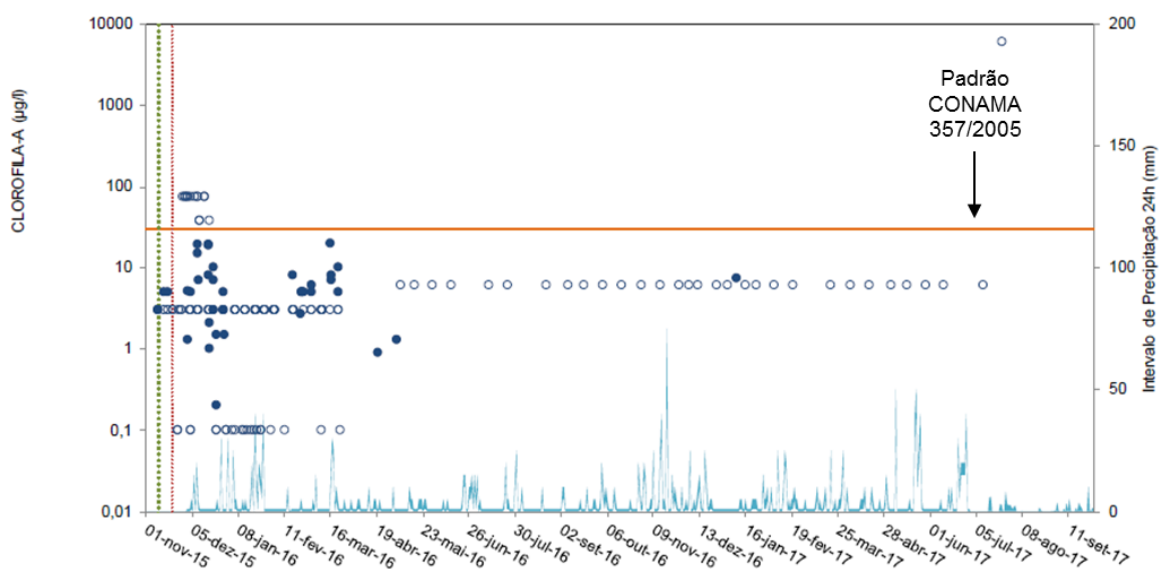


Gráfico 43 - Concentração de clorofila a na água do Rio Doce em Linhares nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem do Fundão.

A concentração de clorofila é usada como indicadora da biomassa de algas do fitoplâncton. São apresentados como referência a linha-de-base histórica (caixa cinza; dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e os valores máximos para rios de Classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (linha laranja), bem como a precipitação diária (gráfico de linha azul). Note a escala logarítmica. Gráfico extraído de Golder (2018).



6.1.5 Descrição dos Impactos no Meio Físico

A avaliação dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão no meio físico da área de estudo seguiu a metodologia definida pela Fundação Renova, considerando, porém os conceitos adicionais propostos no início do Tópico 6 (Tabela 40).

A seguir, os impactos identificados ao longo desse Diagnóstico são apresentados numericamente e dentro da perspectiva dos critérios utilizados para sua avaliação.

Tabela 48 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio físico

IDENTIFICAÇÃO			EXAME			SIGNIFICÂNCIA				
Nº do impacto	Impacto	Ocorrência	Incidência	Natureza	Duração	Reversibilidade	Extensão	Importância	Magnitude	Significância
F1	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa	R	D	Neg	TL	Rev	UC+ZA	A	A	Muito Alta
F2	Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais	R	D	Neg	Per	Rev	UC+ZA	A	A	Muito Alta
F3	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	R	I	Neg	Tm	Rev	UC+ZA	M	M	Média
F4	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas	R	D	Neg	Tm	Rev	UC+ZA	A	M	Alta
F5	Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais	P	D	Neg	Per	Rev	ZA	A	B	Média
F6	Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados.	P	D	Neg	Per	Rev	ZA	M	B	Baixa
F7	Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito	P	D	Neg	TC	Rev	ZA	M	B	Baixa
F8	Contaminação de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito	P	D	Neg	TM	Rev	UC+ZA	M	B	Média
F9	Alteração na dinâmica fluvial	P	I	Neg	Per	Rev	ZA	A	B	Média
F10	Alteração no regime hídrico de planícies fluviais.	P	I	Neg	Per	Rev	Uc+ZA	M	B	Média
F11	Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce	P	D/I	Neg	TM/TL	Rev	UC+ZA	A	M	Alta
F12	Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce	P	I	Neg	TM/TL	Rev	UC+ZA	A	M	Alta

(F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa

O rompimento da Barragem de Fundão liberou 39,2 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro no rio Gualaxo, que é um afluente do rio Carmo, por sua vez afluente do Rio Doce. Destes 39,2 milhões de metros cúbicos de rejeitos, cerca de 20 milhões chegaram ao Baixo Rio Doce na forma de silte médio e argilas médias carregados em meio ao fluxo de água.

O aumento pronunciado da carga suspensa do Rio Doce em Linhares foi abundantemente registrado através de métricas como sólidos dissolvidos totais e sólidos totais. É certo que o aumento na carga suspensa levou ao aumento registrado da turbidez. É altamente provável que o aumento na carga suspensa tenha prejudicado a biota aquática pela diminuição da zona fótica, pela abrasão e pelo soterramento, bem como parte da biota aquática pela asfixia.

O aumento da carga suspensa foi mais intenso nas primeiras semanas e meses após o rompimento da Barragem de Fundão (2015, 2016), mas continuou se manifestando nos meses e anos subsequentes (2016, 2017).

É razoável supor que este impacto se estenderá anos e talvez décadas por vir, em se considerando a ressuspensão e carreamento sazonal do lodo de rejeitos pela chuva. Esta suposição é baseada nas seguintes observações: (i) o volume de rejeitos depositados no curso do Rio Doce é gigantesco e está distribuído ao longo de centenas de quilômetros de curso de rios a montante de Linhares (ii) a descarga de sistemas fluviais em geral, e do Rio Doce em particular, é altamente variável ao longo do tempo. Portanto descargas superiores àquelas registradas nos últimos 3 anos serão certamente registradas, impondo novos processos de erosão, suspensão e deposição.

Resumindo, este foi um impacto **Real (R), Direto (D) e Negativo (NEG)** do rompimento da Barragem de Fundão sobre a qualidade da água do Rio Doce em Linhares. Categorizamos ainda este impacto como **temporário de longo prazo (TL)** uma vez que o lodo de rejeitos poderá continuar sendo ressuspensionado e lcarreado por mais de 10 anos. Por outro lado, este impacto é **Reversível (Rev)**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação, conforme apresentado no Tópico 8.

O impacto tem extensão classificada como **UC+ZA**, uma vez que pode ter afetado toda a planície fluvial e, portanto, o território onde se localiza a Unidade de Conservação, **Alta (A)** importância pois qualquer elemento da biota aquática pode ter sido impactado direta ou indiretamente, por esta notável perturbação. A magnitude foi avaliada como **Alta (A)** pois virtualmente qualquer elemento da biota aquática da Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento pode ter sido alterado. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem significância considerada **Muito Alta (MA)**.

(F2) Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais

O rompimento da Barragem de Fundão liberou 39,2 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério composto predominantemente por óxido de ferro, hidróxido de ferro, óxido de alumínio e dióxido de manganês. De forma correspondente, a chegada da pluma de rejeitos em diversas localidades do Rio Doce promoveu uma elevação pronunciada nas concentrações de ferro, alumínio e manganês, mas também de chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio, cobre, cromo e zinco. Dos metais acima mencionados,

apenas mercúrio e chumbo apresentaram alterações de curto prazo. Ferro, alumínio, manganês, arsênio, cádmio, cobre, cromo e zinco apresentaram concentrações acima dos limites superiores da linha-de-base recorrentes ao longo dos dois anos de amostragem (novembro 2015-setembro de 2017).

Mercúrio, cádmio e chumbo estão incluídos em três listas internacionais de produtos químicos de preocupação prioritária (CEPA 1999, revisada em 2006; EC 2001, 2007; USEPA 2006); cromo e arsênio estão em duas delas; e zinco está em uma delas (revisado em Grillitsch & Schiesari 2010). Da mesma forma, mercúrio, cádmio, chumbo, cromo, cobre, zinco e arsênio são considerados metais de alta relevância ecotoxicológica enquanto ferro e alumínio são considerados metais de moderada relevância ecotoxicológica (Hellawell 1986, Freedman 1995, Hedgecott 1995). O manganês, usualmente considerado de baixa toxicidade, é hoje reconhecido como um agente neurotóxico (US Department of Health and Human Services 2012).

Todos estes metais foram registrados em concentrações acima daquelas estabelecidas como padrões regulatórios pelo CONAMA (357/2005) e COPAM (1/2008). É importante notar que padrões regulatórios devem ser usados como uma referência apenas. Padrões regulatórios são usualmente obtidos a partir de resultados de bioensaios ecotoxicológicos padronizados, ferramentas úteis mas que com frequência subestimam o risco real de contaminantes por conta de seu delineamento grosseiramente simplificado (e.g. van der Brink 2008). São usualmente conduzidos com indivíduos de uma única espécie expostos a um único composto em um único conjunto padronizado de condições físicas. Por outro lado, um ambiente como o Rio Doce pós-rompimento da Barragem de Fundão sobrepõe uma notável combinação de estressores físicos (sólidos suspensos, hipoxia, etc), químicos (metal A, metal B, metal C, etc) e biológicos (alterações na disponibilidade de alimento, contaminação microbiológica, etc). Em outras palavras, mesmo concentrações de contaminantes consideradas baixas sob a ótica dos padrões regulatórios podem em mistura ou no contexto das demais mudanças ambientais estar contribuindo para significativa mortalidade da fauna e flora.

A contaminação das águas do Rio Doce por metais pelo rompimento da Barragem de Fundão é, portanto, um impacto **Real (R), Direto (D) e Negativo (Neg)** para organismos aquáticos, organismos terrestres e população humana. Também nos parece adequado descrever este impacto como **Permanente (Per)**, ao se considerar o enorme volume de lodo de rejeitos depositado ao longo do curso do rio Gualaxo, Carmo e Doce, a montante de Linhares. Este rejeito contaminado por metais poderá ser ressuspensão, redepositado e ressuspensão por décadas.. Note aqui que, ao contrário de contaminantes orgânicos, metais são elementos e, como tal, contaminantes indestrutíveis. Por outro lado, este impacto é **Reversível (Rev)**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação, conforme será apresentado no Tópico 8.

O impacto tem extensão classificada como **UC+ZA**, uma vez que pode ter afetado toda a planície fluvial e, portanto, o território onde se localiza a Unidade de Conservação, **Alta (A) importância** pois qualquer elemento da biota aquática pode ter sido impactado direta ou indiretamente, por esta notável perturbação. A **magnitude** foi avaliada como **Alta (A)** pois virtualmente qualquer elemento da biota aquática da Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento pode ter sido alterado. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Muito Alta (MA)**.

(F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica

Coliformes totais, coliformes termotolerantes e estreptococos fecais apresentaram contagens elevadas após o rompimento da Barragem de Fundão. Esta contaminação, embora documentada, é de origem incerta. Uma possibilidade é que a onda de cheia resultante do rompimento da Barragem de Fundão e da liberação de água das barragens a montante para acomodação do rejeito que se aproximava tenha resultado na inundação e talvez rompimento de fossas e demais estruturas de saneamento situadas ao longo do Rio Doce.

Este foi um impacto **Real (R)**, **Indireto (I)** e **Negativo (Neg)**, porém **Reversível (Rev)**. A duração deste impacto se enquadra melhor como sendo de **Temporário Médio Prazo (TM)**, uma vez que as contagens de estreptococos voltaram a atingir valores acima do limite superior da linha-de-base mais de um ano após a passagem da pluma de rejeitos. O impacto é considerado reversível se de fato a origem deste impacto for o rompimento de fossas sépticas; neste caso o conserto ou reforma destas fossas sépticas há de ser suficiente. Evidentemente que tal medida não dará conta dos altos níveis históricos de contaminação microbiológica do Rio Doce, a julgar pela sua precária infraestrutura de saneamento.

O impacto tem extensão classificada como **UC+ZA**, uma vez que pode ter afetado toda a planície fluvial e, portanto, o território onde se localiza a Unidade de Conservação, **Média importância (M)** pois as alterações na biota podem ser mensuradas e recuperadas. A **magnitude** foi avaliada como **Média (M)** pois na Unidade de Conservação, o efeito do impacto pode resultar em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Média (M)**.

(F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas

O período pós-rompimento da Barragem de Fundão foi caracterizado por mudanças pervasivas na qualidade da água do Rio Doce. Afora o aumento pronunciado nos sólidos em suspensão (Impacto 1), na concentração de uma variedade de metais de interesse toxicológico e ecotoxicológico (Impacto 2) e na contagem de contaminantes microbiológicos (Impacto 3), observou-se: (i) elevação na carga orgânica (DBO, DQO), (ii) elevação nas concentrações de macronutrientes como o nitrogênio (nitrato, nitrito, amônia, nitrogênio orgânico) e o fósforo (fósforo total) (iii) diminuição na concentração de oxigênio dissolvido e (iv) alterações em parâmetros básicos da qualidade de água (aumento no pH, alcalinidade e dureza; alteração na cor; aumento na condutividade).

A maior parte destas alterações se manifestou de forma mais intensa nas primeiras semanas e meses da passagem da pluma de rejeitos (estação seca 2015 e estação chuvosa 2015/2016), mas persistiu ou voltou a ocorrer na estação seca de 2016 e/ou chuvosa de 2016/2017.

Esta coleção de parâmetros físico-químicos tem importância biológica por modular o desempenho dos organismos aquáticos. O caso do oxigênio dissolvido é, entretanto, digno de menção. É altamente provável que a diminuição de oxigênio dissolvido tenha resultado em mortalidade direta de uma ampla gama de organismos aquáticos, especialmente se se considerar que as medidas coletadas e que já apontam para condições hipóxicas (Golder 2018) se referem a, até onde podemos avaliar, camadas subsuperficiais do Rio Doce (~30 cm de profundidade; PMQQS 2017). Em outras palavras, considerando (i) que o principal processo contribuidor para o orçamento de oxigênio em rios é a difusão entre superfície e atmosfera e (ii) que o leito irregular do Baixo Rio Doce inclui trechos com profundidade variada (é altamente provável que o Rio Doce tenha experienciado condições de hipoxia severa ou até mesmo anoxia, especialmente em águas mais profundas).

Concluindo, este foi um impacto **Real (R)**, **Direto (D)** e **Negativo (Neg)** que pode ser considerado como **Temporário de Médio Prazo (TM)** uma vez que várias das alterações acima mencionadas continuaram sendo registradas por períodos superiores a um ano. Este impacto ainda é **Reversível (Rev)**, pois existem tecnologias para sua remediação. O impacto tem extensão classificada como **UC+ZA**, uma vez que pode ter afetado toda a planície fluvial e, portanto, o território onde se localiza a Unidade de Conservação, **Alta importância (A)** pois qualquer elemento da biota aquática pode ter sido impactado direta ou indiretamente, por esta notável perturbação. A **magnitude** foi avaliada como **Média (M)** pois na Unidade de Conservação, o efeito do impacto pode resultar em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Alta (A)**.

(F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais

Esse impacto se caracteriza como **Potencial (P)**, pois se baseia em estudos sobre tendências de comportamento hidrossedimentológicos em zonas propícias a acumulação e retenção de sedimentos, observações e relatos de campo com a população, porém faltam dados quantitativos e qualitativos para de fato constatar sua ocorrência. Possui natureza **Negativa (Neg)** pois, caso tenha ocorrido, pode deteriorar a conectividade do sistema fluvial. Sua incidência na área de estudo é classificada como **Direta (D)**, pois resulta da elevada carga de sedimentos suspensos carregadas na coluna d'água do Rio Doce, e que pode ter sido depositada nos trechos de baixa energia: próximos às margens, bancos arenosos e ilhas fluviais, zonas de convergência da drenagem principal com rios tributários e seções de fluxo com velocidade reduzida. Se classifica como **Permanente (Per)** devido a dificuldade de se mensurar com precisão a capacidade dos fluxos removerem e transportarem os tipos e volume de sedimentos que possam ter sido aprisionados e depositados. Apesar disso, o impacto é **Reversível (Rev)**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua solução, qual seja, a dragagem de rejeitos acumulados, mesmo que sua viabilidade e necessidade de aplicação seja uma análise a ser melhor estudada. Note que não se está aqui recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas que há tecnologia disponível para tal (ver recomendações de estudos no Tópico 8). Apresenta extensão classificada como **ZA**, uma vez que ocorre apenas na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação, **Alta (A) importância** pois qualquer elemento da biota aquática pode ter sido impactado direta ou indiretamente, por esta notável perturbação. A **magnitude** foi avaliada como **Baixa (B)** pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Média (M)**.

(F6) Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados.

Este impacto se refere a alterações nas características físicas dos sedimentos e na estrutura dos agregados (forma dos grãos, angulosidade, textura, etc), que podem degradar a morfologia original, seja pela produção de sedimentos, provocada por abrasão/erosão de margens e da calha (alterando a profundidade, criando o que em geomorfologia chama-se de "poças" no fundo), ou pela acumulação dos sedimentos, elevando a topografia dos vales do Rio Doce e/ou tributários.

De acordo com as análises realizadas, esse impacto tem natureza **Negativa (Neg)** devido ao caráter adverso que causa no sistema. Foi um impacto **Potencial (P)** (apenas relatado pelos entrevistados), **Direto (D)** que ocorreu durante a passagem da massa d'água de elevada turbidez, junto com o aumento das concentrações de SST e da descarga sólida em suspensão. Porém, mesmo três anos após o rompimento, ainda sim, durante o período das chuvas, os sedimentos são revolvidos e novamente mobilizados, o que caracteriza a alteração na granulometria dos sedimentos como um impacto que, em maior ou menor intensidade, ocorrerá periodicamente (época das chuvas), mas em caráter **Permanente (Per)**, devido imprevisibilidade temporal que seus efeitos podem causar devido a insuficiência de dados. Este impacto é **Reversível (Rev)**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua solução, qual seja, a dragagem de rejeitos acumulados, mesmo que sua viabilidade e necessidade de aplicação seja uma análise a ser melhor estudada. Note que não se está aqui recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas que há tecnologia disponível para tal (ver recomendações de estudos no Tópico 8). Sua atuação se estende apenas a **ZA**, abrangendo possíveis alterações morfológicas na estrutura e granulometria de materiais no Rio Doce e confluência com rios tributários. A **importância** é **Média (M)** pois os efeitos sentidos pelos ecossistemas não são cumulativos e tendem a ser mitigados. A **magnitude** do impacto se classifica como **Baixa (B)**, pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Pelo conjunto de seus atributos, o impacto foi avaliado como de **significância Baixa (B)**.

(F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito

Este é um impacto **Negativo (Neg)** e **Direto (D)** causado pela deposição de elevada carga de sedimentos e rejeito na planície fluvial, margens e ilhas do Rio Doce, formando uma camada impermeável nos solos, de maior ou menor resistência e duração em função do tipo e volume de sedimentos acumulados e da capacidade dos fluxos de água transportarem esses sedimentos.

O soterramento dos solos reduz a capacidade de desenvolvimento pedogenético dos terrenos, aumentando o tempo de intemperização da matéria orgânica e de evolução de estruturas como o arranjo entre os grãos e partículas minerais, porosidade e disponibilização de nutrientes. Em termos sociais, o soterramento dos solos também implica na redução ou mesmo inviabilização de sua capacidade produtiva.

Na área de estudo o soterramento foi identificado como um impacto **Potencial (P)**, pois sua ocorrência foi relatada pela população em alguns trechos da planície e ilhas fluviais. A classificação como **temporário de curto prazo (TC)** foi indicada porque é esperado que em inundações futuras, os soterramentos pela deposição de rejeito não sejam tão intensos quanto os que já ocorreram durante a ocasião do desastre.. O impacto é **Reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de fazer com que o ambiente retorne a condições similares às anteriores ao impacto. A extensão do impacto do soterramento abrange apenas a **ZA** (Zona de Amortecimento). Possui **importância** classificada como **Média (M)**, pois os efeitos nos ecossistemas são locais e podem ser reparados. A **magnitude** do impacto se classifica como **Baixa (B)** pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Pelo conjunto de seus atributos, o impacto foi avaliado como de **significância Baixa (B)**.

(F8) Contaminação de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito

Assim como o impacto anterior (soterramento) este também é um impacto **Negativo (Neg)**, produto **Direto (D)** da deposição de elevada carga de sedimentos e rejeito carregados pelo fluxo fluvial para a planície, margens e ilhas do Rio Doce. A contaminação pode ocorrer pela elevação das concentrações de metais pesados nessas áreas, desencadeando processos cumulativos de deteriorização físico-química dos solos e para os ecossistemas locais.

Não foram identificados estudos quantitativos sobre a contaminação das planícies fluviais da área de estudo, no entanto, mediante a tendência de desencadeamentos dos processos e com base nos relatos de campo que afirmaram que houve deposição de rejeito no trecho estudado, este é um impacto **Potencial (P)**.

A classificação como **Temporário Médio Prazo (TM)** foi indicada porque é esperado que em inundações futuras novos episódios de deposição possam contaminar os terrenos com rejeito originado de Fundão. Apesar de ser identificado como um impacto **Reversível (Rev)**, a viabilidade na execução de técnicas para descontaminação de área deposicionais deve ser melhor estudada. A extensão do impacto da contaminação das planícies pode abranger a UC e sua **ZA** (Zona de Amortecimento). Possui **importância** classificada como **Média (M)**, pois os efeitos nos ecossistemas são locais e podem ser reparados. A **magnitude** do impacto se classifica como **Baixa (B)**, pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Pelo conjunto de seus atributos, o impacto foi avaliado como de **significância Baixa (B)**.

(F9) Alteração na dinâmica fluvial

Este é um impacto **Negativo (Neg)** que provavelmente ocorreu, portanto **Potencial (P)**, como efeito **Indireto (I)** de processos erosivos e de acumulação de sedimentos (assoreamento e deposição extra-canal) na calha, margens e zonas de confluência do Rio Doce com rios tributários. A provável ocorrência desses processos altera a morfologia dos intra e inter canal, o que reduz a conectividade fluvial e, portanto, a capacidade do fluxo transportar água e sedimentos de trechos de montante para a jusante. A possível ocorrência de alteração da dinâmica fluvial pode afetar também a conectividade da biota aquática, impedindo a movimentação e dispersão de espécies, devido à redução da conectividade entre habitats.

O impacto foi classificado como **Permanente (Per)**, devido imprevisibilidade temporal que seus efeitos podem causar, e devido a insuficiência de dados. **Reversível (Rev)**, pois existe tecnologia disponível para sua mitigação, tal como a dragagem de rejeitos acumulados mesmo que sua viabilidade e necessidade de aplicação seja uma análise a ser melhor estudada. Note que não se está aqui recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas que há tecnologia disponível para tal (ver recomendações de estudos no Tópico 8). A extensão do impacto atinge apenas a **ZA**, com possíveis alterações morfológicas na estrutura e granulometria de materiais no Rio Doce e confluência com rios tributários. Assume **Alta (A) importância** uma vez que, suas consequências tendem a afetar ambientes e espécies sensíveis, além da socioeconomia local. A **magnitude** do impacto se classifica como **Baixa (B)**, pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Pelo conjunto de seus atributos, o impacto foi avaliado como de **significância Média (M)**.

(F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais.

Este é um impacto **Negativo (Neg)**, **Potencial (P)** e **Indireto (I)**, causado pelo efeito do aumento da erosão de algumas áreas (produção de sedimentos), da deposição de sedimentos na planície fluvial e do assoreamento de trechos do Rio Doce e demais cursos d'água afetados pela elevada carga de SST originada do fluxo de lama carregado de rejeito. Com isso, algumas áreas da planície fluvial podem estar sofrendo com inundações mais abrangentes e/ou mais frequentes, enquanto outras podem ter tido o tamanho, abrangência ou intensidade de áreas alagadas reduzidas, alterando, portanto, o regime hídrico de áreas úmidas.

O impacto foi classificado como **Permanente (Per)**, **devido a imprevisibilidade de sua duração, Reversível (Rev)**, considerando que existem tecnologias para sua mitigação, quais seja, a dragagem. Porém, não estamos aqui julgando se deverá efetivamente ser conduzida pois, é necessário avaliar se, apesar de reversível, a aplicação de técnicas como esta são viáveis. A extensão do impacto foi classificada como UC+ZA, pois pode atingir a Unidade de Conservação sua Zona de Amortecimento. A **importância** foi classificada como **Média (M)**, uma vez que os efeitos sentidos pelos ecossistemas não são cumulativos e tendem a ser restaurados. A **magnitude** do impacto se classifica como **Baixa (B)**, pois seus efeitos não alteram a integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos dentro da Unidade de Conservação. Pelo conjunto de seus atributos, o impacto foi avaliado como de **significância Média (M)**. .

(F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce

O rompimento da Barragem de Fundão teve consequências pronunciadas para a qualidade da água do Rio Doce. Nada menos que 44 parâmetros físicos, químicos e biológicos, muitos deles de sabida relevância ambiental, exibiram alterações de curto, médio ou longo prazos (ver Impactos 1, 2, 3 e 4). Da mesma forma, teve consequências pronunciadas para a composição e granulometria do sedimento (ver Impactos 5, 6, 7 e 8). Em tese, todas estas alterações ambientais podem ter atingido diretamente os tributários, dependendo do grau de conexão com o Rio Doce. A declividade do terreno indica, no entanto, que a influência direta da passagem da pluma de rejeitos, e de posteriores eventos de ressuspensão, deverão ter sido restritos a poucos metros ou no máximo poucas dezenas de metros a montante da confluência com o Rio Doce.

Uma possível exceção a este efeito localizado seria a transferência de contaminantes do Rio Doce para os tributários na biomassa de organismos móveis, que agiriam como biovetores ou biotransportadores (Schiesari et al. 2017). Tal efeito ocorreria se organismos acumulassem biomassa no Rio Doce e migrassem ou dispersassem para dentro e ao longo dos tributários, ou ainda para o sistema terrestre, depositando contaminantes por meio da excreção, defecação, muda e, especialmente, morte e decomposição. Os casos mais bem documentados para biotransporte efetivo de contaminantes são aqueles mediados por salmões, que anualmente transferem mercúrio, DDT e PCBs do Pacífico Norte para cabeceiras de riachos centenas de quilômetros a montante; e de aves marinhas que transferem anualmente mercúrio, DDT, DDE, HCH, naftalenos policlorinados, e retardantes de chamas brominados dos mares para as ilhas onde congregam (Blais et al. 2007, Schiesari et al. 2017). Outros casos menos chamativos mas também documentados e às vezes importantes são a transferência de mercúrio e PCBs de riachos e rios para o sistema terrestre por meio da metamorfose de insetos com desenvolvimento larval aquático (Schiesari et al. 2017).

Para avaliar de forma preliminar a probabilidade de que efeitos similares podem ocorrer ou ter ocorrido no Rio Doce, é possível gerar algumas previsões a respeito de quais atributos contribuem para a relevância do biotransporte na dispersão de contaminantes (Schiesari et al. 2017).

Atributos do organismo favorecendo o biotransporte incluem alta mobilidade, alta propensão à dispersão, alta seletividade do alvo de dispersão, gregariedade, maior tamanho corpóreo e alto nível trófico, entre outros. Especialistas em fauna não reconhecem como provável esta combinação de atributos em espécies movendo entre o Rio Doce e a Unidade de Conservação. Não são conhecidas espécies de peixes ou de crustáceos que migrem do Rio Doce para tributários como parte de seu ciclo de vida. No mais, pequenos peixes e crustáceos dificilmente subiriam até a UC, muito distante, sem encontrar no caminho barreiras, predadores ou populações já estabelecidas. De forma similar, não há espécies de aves associadas a ambientes aquáticos que migrem do Rio Doce para a Unidade de Conservação como parte de seu ciclo de vida. Martins-pescadores, garças e insetos alados emergindo das águas do Rio Doce poderiam desempenhar este papel numa faixa de distâncias mais próximas do Rio Doce.

Por sua vez, propriedades do contaminante favorecendo o biotransporte incluem alta persistência ambiental, suprimento temporal contínuo e alto potencial de biomagnificação (isto é, de acumulação progressiva do contaminante à medida que se sobe na cadeia alimentar), entre outros (Schiesari et al. 2017). Metais são elementos e, portanto, basicamente eternos (ao contrário de moléculas, que eventualmente degradam), satisfazendo a primeira propriedade. Dezenas de milhões de metros cúbicos de rejeitos foram depositados ao longo do Rio Doce, satisfazendo a segunda propriedade. Finalmente, As, Cs, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn e Zn podem biomagnificar ao longo de cadeias alimentares (Gray 2002, Croteau et al. 2005, Cardwell et al. 2013), muito embora o efeito seja mais evidente e bem documentado para o mercúrio (Gray 2002). Embora os metais que atingiram as maiores concentrações após o rompimento da Barragem de Fundão não biogmagnifiquem (caso do Fe, Al, Mn), as concentrações de As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, e Zn foram aumentadas após o evento e é certo que estão presentes no sedimento acumulado ao longo do curso do rio. Portanto, do ponto de vista físico-químico o biotransporte de metais a partir do Rio Doce é no mínimo plausível.

Outra possível fonte de degradação de águas e sedimentos de tributários, desta vez indireta, é a consequência da maior demanda de água de tributários, por meio do represamento ou não, ou ainda das mudanças no uso da terra em porções mais distantes do Rio Doce e dentro da Zona de Amortecimento após o rompimento da Barragem de Fundão.

Analisando globalmente, a degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários do Rio Doce é um impacto **Negativo (Neg)**, **Potencial (P)**, relatado pelos entrevistados, e **D/I (Direto/Indireto)** pois pode ser desencadeado por ao menos três processos distintos: pela contaminação direta que ocorre por conta da entrada da água do Rio Doce no canal do tributário; pela contaminação indireta que ocorre pela entrada de organismos contaminados no Rio Doce, e que morrem nos tributários; e pelo efeito indireto do aumento das captações de poços e nascentes, elevando a contaminação dos córregos pelo uso antrópico. A extensão do impacto é classificada como **UC+ZA**, porque seus desdobramentos podem afetar toda a área da Unidade de Conservação e da Zona de Amortecimento. A duração do impacto é **Temporária, Médio ou Longo Prazo (TM/TL)** pois sua influência na fauna e flora dependerá do encadeamento ecológico do ambiente. É **Reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de restabelecer condições da qualidade da água e dos sedimentos similares às anteriores ao rompimento da Barragem de Fundão. A **importância** é **Alta (A)**, reconhecendo que algumas das alterações podem aumentar a vulnerabilidade da biota e da sustentabilidade das populações. A **magnitude** é **Média (M)** pois os efeitos nos sistemas ecológicos e sistemas socioeconômicos dentro da UC são prováveis. De acordo com o conjunto da análise dos critérios avaliados, a **significância** deste impacto é **Alta (A)**.

Este é um impacto **Negativo (Neg)**, **Potencial (P)** e **Indireto (I)**, que pode ser causado como efeito do aumento de captações de águas das nascentes e córregos na área de estudo pela população, devido ao risco de desabastecimento de água no período pós desastre de Fundão.

Assumindo que o fornecimento de água do Rio Doce será reestabelecido, então este efeito é **Temporário Médio ou Longo Prazo TM/TL**. Porque não se restringe à foz dos rios, e porque múltiplas barragens podem ser construídas ao longo dos riachos, segmentando o rio. É **Reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de reparar a redução da quantidade de águas dos rios. Porquê não se restringe à foz dos rios, mas afeta a vazão de águas das nascentes e poços em toda a bacia onde se insere a Unidade de Conservação, este impacto foi classificado com extensão como **UC+ZA**. Assim, o impacto se caracteriza como de **Alta Importância (A)** e **Média Magnitude (M)**, uma vez que implica em alterações sistêmicas na dinâmica dos ecossistemas e para a população, que podem afetar a integridade dos sistemas ecológicos dentro da UC.

Devido ao conjunto de suas características, a **significância** do impacto foi avaliada como sendo **Alta (A)**.

6.2 IMPACTOS NO MEIO BIÓTICO

O amortecimento da onda de lama de rejeito proporcionada pela Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, localizada a montante da UC, impediu um extravasamento significativo do Rio Doce para fora de sua calha. A FLONA Goytacazes encontra-se já no trecho final do Rio Doce, próximo à sua foz, tendo sido portanto, apenas marginalmente impactada pelo rompimento. Os principais impactos diretos sofridos pela biota do Rio Doce após o rompimento da barragem pouco se estenderam além de suas margens na região de Linhares, atingindo uma pequena parcela da ZA. Na área da UC não ocorreu, até o momento, destruição ou degradação do hábitat significativa no que diz respeito à fauna terrestre e à vegetação.

A conservação biológica deve ser pensada sempre na escala da paisagem, e seu planejamento não deve ser circunscrito a uma Unidade de Conservação isolada. A análise dos dados disponíveis, a interpretação das imagens de satélites da FLONA de Goytacazes e de seu entorno imediato, bem como as impressões colhidas em campo, revelam um elevado nível de degradação antrópica na matriz adjacente. O grau de conexão entre os fragmentos florestais da FLONA e das áreas florestadas adjacentes é baixo, embora ainda existam importantes blocos remanescentes de floresta nativa ao longo de ambas as margens do baixo curso do Rio Doce. A conexão desses blocos é uma tarefa relativamente simples quando comparada com o desafio de se conectar as outras UCs da bacia do Rio Doce estudadas neste projeto. Tal conexão resultaria em corredores ecológicos efetivos para a dispersão da biota florestal pela paisagem.

A distância entre a UC e as áreas de deposição de resíduos leva a crer que até o momento não houve impactos relacionados à alteração da comunidade florística ou de fauna terrestre, tendo em vista os 700 metros que separam os limites desta UC e a calha do Rio Doce. Para a calha do rio, pode ter havido impactos sobre os bancos de macrófitas. No entanto, não houve perda de habitat por destruição, degradação ou perda de conectividade nas áreas de vegetação natural ou modificada.

Foram detectados impactos indiretos decorrentes do rompimento da barragem sobre os mamíferos, a avifauna e a vegetação da FLONA de Goytacazes, com o aumento da caça e captura ilegais, além do aumento da extração de palmito (*Euterpe edulis*), como resultado da diminuição da pesca ou de outras atividades econômicas.

As espécies de mamíferos de maior preocupação com relação à sua conservação, seja pela diminuição de suas populações, seja pela extinção em grande parte de sua área de distribuição, encontram-se em sua maioria ameaçadas em uma escala maior que envolve toda a Mata Atlântica. Portanto, além da avaliação dos impactos diretamente resultantes do rompimento da barragem, é importante levar em consideração que medidas de recomposição da paisagem e reestabelecimento da conectividade podem beneficiar de forma significativa diversas destas espécies, em particular as de maior porte.

Os dados secundários disponíveis sobre a avifauna dificultam a construção de uma linha de base robusta para uma avaliação precisa dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem, já que faltam por completo dados quantitativos e mesmo os qualitativos são inadequados para uma análise mais detalhada. A falta de dados posteriores ao rompimento também dificulta sobremaneira a identificação dos impactos ambientais potenciais.

A maioria dos impactos sofridos pela biota foram restritos à Zona de Amortecimento, nos ambientes aquáticos e transicionais (e.g. praias de rio, brejos marginais e bancos de macrófitas). Para a ictiofauna estes impactos foram identificados apenas na calha do Rio Doce.

Apesar da UC não ter sofrido deposição de lama de rejeito com o rompimento da barragem, é importante ressaltar que periodicamente, aproximadamente a cada 10 anos, o Rio Doce passa por um período de grande cheia. Em se tratando de uma área mais baixa de mata aluvial, a FLONA de Goytacazes alaga periodicamente durante estas cheias, o que pode levar à chegada dos resíduos provenientes do rompimento da barragem até áreas mais distantes do rio, impactando diretamente as comunidades dos ambientes terrestres e aquáticos temporários.

Os eventos periódicos de cheia extrema não são os únicos que tem potencial de inundar parte da unidade, outros eventos esporádicos podem ocasionar inundações menores ou apenas à elevação do lençol freático e reabastecimento de poças temporárias. Por conta disso, o impacto sobre espécies de peixes anuais que potencialmente ocorrem na unidade ainda é uma ameaça e só poderá ser minimizado mediante o levantamento de dados primários acerca da real ocorrência dessas espécies.

Houve, como consequência do rompimento da barragem, o aumento do conhecimento sobre a fauna através de atividades de monitoramento da mastofauna, avifauna e herpetofauna, realizado nas estações seca e chuvosa, considerado um impacto positivo.

Tabela 49 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio biótico

IDENTIFICAÇÃO		EXAME					SIGNIFICÂNCIA			
Nº do impacto	Impacto	Ocorrência	Incidência	Natureza	Duração	Reversibilidade	Extensão	Importância	Magnitude	Significância
B1 Vegetação	Ambiente aquático - aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais: impacto sobre o banco de macrófitas no Rio Doce	R	D	Neg	TM	Rev	ZA	A	M	Alta
B1 Avifauna	Ambiente aquático - aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais: mortalidade de aves aquáticas e semi-aquáticas, destruição de ninhos e ovos, mortalidade de filhotes	R	D	Neg	TC	Rev	ZA	B	B	Baixa
B1 Herpetofauna	Ambiente aquático - aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais: mortalidade de anfíbios e de crocodilianos	R	D	Neg	TI	Ire/Rev	ZA	M	M	Média
B1 Ictiofauna	Ambiente aquático - aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais: mortalidade de peixes afetando a dinâmica e estrutura da ictiofauna local	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	A	B	Baixa

B2 Avifauna	Ambiente aquático - perda de hábitat através de destruição: soterramento de micro-habitats utilizados para nidificação e forrageamento pelas aves, como praias e bancos de macrófitas	R	D	Neg	TM	Rev	ZA	B	B	Baixa
B2 Ictiofauna	Ambiente aquático - perda de hábitat através de destruição: soterramento de recursos alimentares, vegetação das margens do Rio Doce, poços, corredeiras. Formação de bancos de areia diminuindo a profundidade da água.	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	A	B	Média
B3 Avifauna	Ambiente aquático - perda de hábitat por degradação: degradação microhabitats utilizados para nidificação e forrageamento pelas aves, tais como praias e bancos de macrófitas	R	D	Neg	TM	Rev	ZA	B	B	Baixa
B3 Herpetofauna	Ambiente aquático - perda de hábitat por degradação: degradação da qualidade da água e assoreamento do leito do Rio Doce, bem como das zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais, impactando a herpetofauna aquática	R	D	Neg	TL	Ire/Rev	ZA	M	M	Média
B3 Ictiofauna	Ambiente aquático - perda de hábitat por degradação: aumento da turbidez prejudicando espécies de peixes visualmente orientadas e diminuindo a incidência de luz e a produtividade primária	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	A	B	Média
B5 Avifauna	Ambiente aquático - Alterações na cadeia trófica relacionadas aos ambientes aquáticos: desestruturação das cadeias tróficas através da mortalidade de peixes e invertebrados afetando as assembléias de aves	P	D	Neg	TL	Rev	ZA + UC	B?	B?	Baixa

B5 Herpetofauna	Ambiente aquático - Alterações na cadeia trófica relacionadas aos ambientes aquáticos: alterações na herpetofauna decorrentes de impactos sobre as comunidades de insetos aquáticos das quais se alimentam	P	D	Neg	TM	Rev	ZA+UC	M	B	Média
B5 Ictiofauna	Ambiente aquático - Alterações na cadeia trófica relacionadas aos ambientes aquáticos: perda de recursos alimentares disponíveis para a ictiofauna, resultando em aumento da competição por recursos alimentares e alterações na assembleia de peixes	P	I	Neg	TL	Rev	ZA	A	B	Média
B6 Ictiofauna	Ambiente aquático - Alterações na composição da assembléia ou comunidades aquáticas: a perda de recursos alimentares e de ambientes especiais, bem como a introdução de espécies provenientes de outras regiões atuam reduzindo a diversidade taxonômica e funcional das assembléias de peixes	P	I	Neg	Per	Ire	ZA	A	B	Alta
B7 Ictiofauna	Ambiente aquático - Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas em ambientes aquáticos: o deslocamento de espécies para áreas menos impactadas causa o aumento da competição, predação e doenças, que atingem menos as espécies mais resistentes, como a maior parte das espécies introduzidas	P	I	Neg	Per	Ire	ZA	A	A	Muito Alta
B8 Fauna Terrestre	Ambiente terrestre - aumento da caça e captura de espécimes da mastofauna e avifauna	R	I	Neg	TL	Rev	UC	M	M	Média

B9 Vegetação	Ambiente terrestre - aumento da extração de palmito	R	I	Neg	TL	Rev	UC	M	M	Média
B10 Ictiofauna	Ambiente aquático - redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais	P	I	Neg	TM	Rev	UC	A	A	Muito Alta
B11	Contaminação e bioaplicação de contaminantes em animais e plantas	P	I	Neg	TL	Rev	ZA+UC	A	B	Alta

(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais nos ambientes aquáticos

Vegetação

A Zona de Amortecimento da FLONA de Goytacazes engloba a calha do Rio Doce, e pode ter havido **aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais** de banco de macrófitas durante a passagem da lama de rejeitos na calha do rio, afetando também suas margens. Porém, não há registros anteriores sobre quais espécies ou grupos estavam presentes na ocasião.

O aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais possui **ocorrência real (R)**; **incidência direta (D)**, já que ocorreu principalmente como resultado da ação física da água, rejeitos e detritos, com a chegada do pulso de inundação, que levou à morte por dano mecânico direto, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos das espécies de macrófitas associadas à calha do rio; **natureza negativa (N)**; **duração de caráter temporário médio prazo (TM)** já que a maioria das mortes provavelmente ocorreu imediatamente, dias ou semanas após a chegada do rejeito, porém as espécies/grupos levarão um tempo para que as populações se reestabeleçam no local; **e reversível (Rev)**. O impacto é considerado restrito à **Zona de Amortecimento (ZA)** da UC (i.e. apenas na calha e margem do Rio Doce), mas não atingiu a área da UC propriamente dita.

As macrófitas aquáticas colonizam, em diferentes graus, a maioria dos ecossistemas lóticos e lênticos, e propiciam o aumento da heterogeneidade espacial, criação de habitats para diversos animais, como por exemplo, macroinvertebrados (Esteves & Camargo 1986) e peixes (Delariva et al. 1994, Nakatani et al. 1997, Weaver et al. 1997), o aumento da estabilidade da região litorânea, proteção das margens (Sand-Jensen 1998) e, ainda, em determinadas circunstâncias, à retenção de nutrientes e poluentes (Gopal 1987, Carpenter & Lodge 1986, Engelhardt & Ritchie 2001). Portanto, esse impacto deve ser considerado de **alta importância (A)** visto que deve ter afetado espécies/grupos de macrófitas que possuíam tais funções no ecossistema do rio. Além disso, o aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais de macrófitas possui **magnitude média (M)**, já que deve ter resultado em alterações da integridade de populações provavelmente já reduzidas destas, as quais também vêm sendo afetadas pela degradação do Rio Doce ao longo do tempo. Dessa forma, o impacto aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais possui **significância alta (A)**.

Mastofauna

A perda de indivíduos da mastofauna causada por soterramento foi reportada logo após o evento, apenas na calha do Rio Doce, ocorrendo, portanto, apenas na Zona de Amortecimento e em um primeiro momento após o acidente. Desta forma, não houve aumento da mortalidade ou redução dos tamanhos populacionais como um impacto para mamíferos. É possível que, no futuro, durante cheias periódicas, ocorram impactos decorrentes do contato da lama de rejeitos com as áreas de floresta.

Avifauna

Para a avifauna, a mortalidade de indivíduos por contaminação e/ou escassez temporária de alimento para aves adultas foi relatada por alguns moradores entrevistados, especialmente em se tratando de espécies aquáticas (e.g. garça-branca *Ardea alba*, ananai *Amazonetta brasiliensis* e biguá *Nannopterum brasilianus*). Possivelmente também ocorreu a destruição por soterramento de ninhos e ovos e a morte

de filhotes de aves que nidificavam em micro-habitat ao longo da calha do rio, incluindo praias arenosas e lamacentas, bancos de macrófitas aquáticas e galerias escavadas nos barrancos. Esse impacto é de **ocorrência real (R)**, pois foi relatado independentemente por diversas pessoas, e de **incidência direta (D)**, pois foi causado pela onda de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem. Mesmo nos casos em que não ocorreu a mortalidade direta, é provável que tenha ocorrido a diminuição da performance dos indivíduos, causando comprometimento da sua reprodução e sobrevivência futura, sendo, portanto, de **natureza negativa (Neg)** devido ao seu caráter adverso. Provavelmente esse impacto é de **duração temporária e de curto prazo (TC)**, pois a mortalidade ocorreu apenas durante a passagem da onda de lama. Esse impacto é **reversível (Rev)**, pois as populações atingidas poderão se recuperar passado o evento e tomadas as medidas de restauração apropriadas, caso necessárias. A **extensão é restrita a Zona de Amortecimento (ZA)**, pois a mortalidade foi restrita à calha do rio. A sua **importância é baixa (B)**, pois afetou espécies de aves comuns, de ampla distribuição geográfica e não ameaçadas, sendo a sua **magnitude baixa (B)**, pois a redução das populações de aves não resultou em alterações integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos. Portanto, esse é um impacto de **significância baixa (B)**.

Herpetofauna

Também para a herpetofauna este impacto em ambientes aquáticos e nas margens do Rio Doce foi observado. O Aumento da mortalidade e consequente redução dos tamanhos populacionais possui **ocorrência real (R)**; **incidência direta (D)**, já que ocorreu principalmente como resultado da ação física da água, rejeitos e detritos, com a chegada do pulso de inundação, que levou à morte por dano mecânico direto, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos das espécies da herpetofauna de hábitos aquáticos associadas à calha do rio; **natureza negativa (N)**; **duração de caráter temporário imediato (TI)** já que a maioria das mortes provavelmente ocorreu imediatamente, dias ou semanas após a chegada do rejeito; e **reversível (Rev)** se considerado a redução dos tamanhos populacionais, visto que, dependendo das condições, as populações de algumas espécies podem se recuperar. O impacto é considerado de **extensão restrita à Zona de Amortecimento (ZA)** já que esteve restrito à Zona de Amortecimento da FLONA de Goytacazes (i.e. apenas na calha e margem do Rio Doce), mas não atingiu a área da UC propriamente dita. Nesse trecho do Rio Doce, o pulso de inundação causado pelo rejeito não extravasou a calha do rio e não atingiu diretamente ambientes terrestres não marginais, incluindo a já bastante degradada ou quase inexistente mata ciliar do Rio Doce. A maioria das espécies da herpetofauna, incluindo as de maior relevância para conservação, ocorrem em ambientes associados à encosta da FLONA e por esse motivo, não estão conectados diretamente ao rio mesmo em anos de cheias históricas. Dessa maneira, não houve aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais nesses ambientes terrestres ou mesmo aquáticos, que não possuem conexão direta com o rio (brejos, poças, lagoas, açudes, riachos).

O Rio Doce e suas margens, nesse trecho, encontram-se bastante descaracterizados. Por esse motivo, a grande maioria das espécies da herpetofauna não ocorre na calha e margens do Doce (com exceção do cágado-do-brejo *Acanthochelis radiolata* que eventualmente pode ocorrer na calha do rio), mas em ambientes terrestres não conectados diretamente ao rio (exceto em anos de cheias históricas). Portanto, essas espécies não foram afetadas pelo impacto em questão. A maioria das espécies de hábitos aquáticos/semiaquáticos que ocorriam na calha do rio antes do rompimento são táxons comuns, de ampla distribuição e que toleram ambientes alterados como o jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris* ou os sapos-cururu (e.g. *Rhinella diptycha* e *Rhinella granulosa*), que podem utilizar esse habitat para forrageamento e/ou desenvolvimento de ovos e girinos. Devido a essa condição prévia do rio, o impacto Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais causou a morte e consequente diminuição das populações principalmente de espécies comuns, menos importantes para

a conservação da herpetofauna. Entretanto, esse impacto deve ser considerado de **média importância (M)** visto que afetou além de espécies comuns, o cágado-do-brejo *Acanthochelis radiolata*, que se encontra Quase Ameaçado e, apesar de não ser frequente, pode ocorrer na calha do rio. O Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais das espécies da herpetofauna possui **magnitude média (M)** já que deve ter resultado em alterações da integridade da população provavelmente já reduzida do jacaré-do-papo-amarelo e das funções ecossistêmicas, já que essa espécie é um predador de topo de cadeia. Dessa forma, o impacto Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais das espécies da herpetofauna possui **significância média (M)**.

Ictiofauna

O impacto causado pelo rompimento da Barragem de Fundão não teve como fonte única a onda de rejeito, mas também a ressuspensão do lodo depositado no leito do Rio Doce ao longo de décadas de mineração, ocasionada pelo aumento repentino do fluxo e velocidade da água, resultantes do rompimento e da abertura das comportas das barragens à montante, realizada como medida mitigatória logo em seguida do rompimento. Foi largamente documentada a mortalidade de peixes ao longo de todo o curso atingido e assume-se que a exclusão de indivíduos das populações de qualquer espécie existente no rio, tenha afetado sensivelmente a dinâmica e estrutura da ictiofauna na área de estudo.

Para a ictiofauna, esse impacto é de **ocorrência real (R)**; **Incidência direta (D)**; **Natureza negativa (Neg)**; Duração de caráter **temporário de longo prazo (TL)**; o impacto é **Reversível (Rev)** em relação à redução dos tamanhos populacionais, uma vez que com o passar do tempo pode haver a tendência de reestabelecimento natural das populações impactadas. Está concentrado na calha do Rio Doce, portanto por extensão na **Zona de Amortecimento (ZA)** da UC, deve ser considerado de **Alta importância (A)**, **Baixa magnitude (B)** e **Significância baixa (B)**.

(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (praias arenosas, bancos de macrófitas e assoreamento de lagoas marginais no Rio Doce com a deposição de rejeitos).

Este impacto não se aplica à vegetação e não foi observado com relação aos mamíferos ou à herpetofauna. As espécies de mamíferos de hábitos aquáticos e semi-aquáticos desta UC (capivaras e lontras) estão restritas aos córregos e lagoas, não havendo, portanto, impacto sobre suas populações através da perda de habitat por destruição na calha do Rio Doce.

Avifauna

Alguns dos micro-habitat utilizados para nidificação e forrageamento pelas aves, tais como praias arenosas e lamacentas, bancos de macrófitas aquáticas foram destruídos por soterramento após a passagem da onda de lama. Esse impacto é de **ocorrência real (R)**, conforme relatado por moradores locais, de **incidência direta (D)** e de **natureza negativa (Neg)**, pois o rompimento da barragem foi o responsável pela perda do habitat, o que consiste em uma alteração de caráter adverso. A **duração é temporária e de médio prazo (TM)** sendo **reversível (Rev)**, pois os bancos de macrófitas estão se regenerando naturalmente e as praias arenosas e lamacentas, ano após ano, estão tendo a crosta de lama de rejeito removida pelas sucessivas cheias do rio. A **extensão** foi restrita à **Zona de Amortecimento (ZA)**, pois a destruição do habitat foi restrita à calha do rio, tendo **importância baixa (B)**, pois afetou especialmente espécies comuns e de ampla distribuição geográfica, e **magnitude baixa**

(B), não tendo o impacto sobre as populações de aves resultado em alterações na integridade dos sistemas ecológicos. Portanto, o impacto tem **significância baixa (B)**.

Ictiofauna

A chegada da carga de rejeitos trouxe consigo uma grande quantidade de sólidos em suspensão, além de sedimentos carreados de porções a montante do rio, que ao longo do trajeto foram sendo depositados, soterrando recursos alimentares, como bancos de deposição de matéria orgânica e detrito, vegetação associada às margens, macrófitas, macrofauna e algas bentônicas, perifiton, entre outros, assoreando locais mais profundos como poços e com substrato de maior granulometria e maior fluxo de água, como corredeiras, além de formar bancos de areia e diminuir a profundidade de maneira geral.

Sendo assim, considera-se que o impacto ocorreu para a ictiofauna, sendo de **ocorrência real (R)**, de acordo com os relatos de moradores da região; **Incidência direta (D)** e de **Natureza negativa (N)**, pois decorre da deposição de rejeito no leito do Rio Doce, que levou ao soterramento de unidades de habitat utilizadas pela fauna aquática; com **Duração de caráter temporário de longo prazo (TL)**, este o impacto pode ser considerado **Reversível (Rev)**, pois ano após ano a de lama de rejeito depositada no leito vem sendo removida pelas sucessivas cheias do rio, no entanto essa dinâmica de remoção de sedimento pode resultar em novas deposições ao longo do rio em seus trechos à jusante, demandando um longo tempo para a total reestruturação natural da complexidade de habitats perdida; com **extensão restrita à Zona de Amortecimento (ZA)**. Apesar de ter se concentrado na calha do Rio Doce, por este estar contido na contido na ZA da UC, esse impacto deve ser considerado de **Alta importância (A)**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local, **Baixa magnitude (B)**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância Média (M)**.

(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes

Este impacto não se aplica à vegetação e não foi observado com relação aos mamíferos. As espécies de mamíferos de hábitos aquáticos e semi-aquáticos da UC (capivaras e lontras) estão restritas aos córregos e lagoas da UC, não havendo, portanto, impacto sobre suas populações através da perda de habitat por degradação na Zona de Amortecimento.

Avifauna

Diferentes tipos de habitat ao longo da calha do Rio Doce, tais como praias utilizadas para o forrageamento por maçaricos ou pontos de alimentação de aves aquáticas não chegaram a ser totalmente destruídos, mas foram muito degradados pela lama de rejeito. Esses habitats então se tornaram inadequados para muitas espécies de aves, especialmente aquelas aquáticas. Esse impacto é **real (R)**, conforme relatado por moradores locais e observado em campo, de **incidência direta (D)** e de **natureza negativa (Neg)**, pois foi causado pelo rompimento da barragem. A **duração é temporária e de médio prazo (TM)**, porém **reversível (R)**, pois os bancos de macrófita estão se regenerando e as praias arenosas e lamacentas, ano após ano, estão sendo limpas do rejeito pelas sucessivas cheias do rio. A **extensão** foi restrita à **Zona de Amortecimento (ZA)**, pois a degradação do habitat foi restrita à calha do rio, tendo **importância (baixa)** e **magnitude baixa (B)**, pois afetou principalmente espécies não ameaçadas e de ampla distribuição, não tendo resultado em alterações na integridade dos sistemas ecológicos. Portanto, o impacto tem **significância baixa (B)**.

Herpetofauna

A perda de habitat utilizado pela herpetofauna, por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes possui **ocorrência real (R)**; **incidência direta (D)**, já que ocorreu em função dos diversos impactos do meio físico relacionados à degradação da qualidade da água e ao assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; **natureza negativa (N)**; **duração de caráter temporário de longo prazo (TL)** já que as alterações na qualidade da água continuarão a influenciar ativamente a herpetofauna aquática, mas tendem a cessar em algum momento, apesar de não ser possível precisar quando isso ocorrerá; a perda alguns microhabitats é provavelmente **irreversível (Ire)**, entretanto, alguns aspectos da qualidade do habitat (e.g. turbidez, composição granulométrica do sedimento) podem retornar a condições similares as anteriores ao rompimento, nesse caso, podendo ser considerado **reversível (Rev)**. O impacto é considerado de **extensão restrita à Zona de Amortecimento (ZA)** da UC (i.e. apenas na calha e margem imediata do Rio Doce) e não atingiu a área da UC propriamente dita. Nesse trecho do médio Rio Doce, o pulso de inundação causado pelo rejeito não extravasou a calha do rio e não atingiu diretamente ambientes terrestres não marginais. Dessa maneira, esses ambientes terrestres ou mesmo aquáticos, que não possuem conexão direta com o rio (brejos, poças, lagoas, açudes, riachos), não foram diretamente afetados pela perda de habitat por degradação.

Entretanto, em anos de cheias históricas, que se repetem em intervalos de mais ou menos 10 anos, existe a possibilidade de que ambientes dentro da UC, como por exemplo os paleoleitos, onde se formam lagoas temporárias, entrem em contato com a água do rio e seu sedimento proveniente do rompimento. Esse desdobramento do impacto poderá ocorrer, aumentando a extensão geográfica do impacto.

Visto que desde o rompimento da barragem a água e sedimentos não extravasaram a calha do rio, até o presente momento, apenas as espécies que ocorre no rio foram expostas a esse impacto. Entretanto, no momento em que houver uma grande cheia, os habitats temporários do interior da UC poderão ser afetados. As espécies de maior importância para a conservação (i.e. *Ceratophrys aurita*, *Aparasphenodon brunoii*, *Sphaenorhynchus pauloalvini*, *Leptodactylus cupreus*, *Dasypops schirchi*, *Macrogenioglottus alipioi*, *Acanthochelys radiolata*) ocorrem em tais áreas. Dessa forma, até o momento, a alteração da qualidade do habitat, afetou além das espécies comuns que ocorrem na calha do rio (jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, os sapos-cururu, *Rhinella diptycha* e *Rhinella granulosa*), o cágado-do-brejo, *Acanthochelys radiolata*, que é considerado quase ameaçado e, no futuro, em um ano de grande cheia, irá impactar os habitats de outras seis espécies de anfíbios que ocorrem em poças temporárias no interior da UC. Por esse motivo, esse impacto deve ser considerado de **média importância (M)** e **magnitude média (M)** já que pode ter resultado (ou resultar, no caso de inundações futuras) em alterações das funções do ecossistema. Dessa forma, o impacto Perda ou conversão de habitat na calha do Rio Doce e áreas adjacentes possui **significância média (M)**.

O aumento da turbidez, que ocorreu apenas na ZA (calha do Rio Doce), além de prejudicar espécies visualmente orientadas como a maior parte das espécies da família Characidae, também diminui a incidência de luz e por consequência a produtividade primária. Espécies que tem como parte importante da dieta, algas, perifiton (Ex. espécies do gênero *Hypostomus* - Cascudo) e invertebrados que dependem destes recursos (algumas espécies da família Auchenipteridae e Pimelodidae), acabam sendo afetadas.

Ictiofauna

Para a ictiofauna o impacto possui ocorrência **real (R)**; **Incidência direta (D)**; **Natureza negativa (Neg)**, pois decorre da deposição de rejeito no leito do Rio Doce, que levou à degradação da qualidade da água e de habitats utilizados pela fauna aquática; **Duração de caráter temporário de longo prazo (TL)**; **o impacto pode ser considerado Reversível (Rev)**, já que as alterações na qualidade da água continuarão a influenciar a ictiofauna, mas tendem a cessar em algum momento podem retornar a condições similares as anteriores ao rompimento. Apesar de ter se concentrado na calha do Rio Doce, sua **extensão está restrita à Zona de Amortecimento (ZA)**, esse impacto deve ser considerado de **Alta importância (A)**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local, **Baixa magnitude (B)**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância Média (M)**.

(B5) Alterações na cadeia trófica relacionadas aos ambientes aquáticos

Este impacto não se aplica à vegetação, e as possíveis alterações na cadeia trófica devido ao rompimento da barragem não atingiram populações de mamíferos nos ambientes aquáticos ou a partir destes.

Avifauna

Extremamente difícil de ser quantificado, devido à escassez de dados anteriores ao rompimento, este impacto ocorreu em virtude da grande mortalidade de peixes e invertebrados aquáticos causada pela onda de rejeito, desestruturando as cadeias tróficas aquáticas, com potenciais impactos sobre a assembleia de aves. Tais alterações também podem ter forçado populações de aves aquáticas a migrarem em busca de locais com condições e recursos mais adequados, agravando ainda mais o problema das mudanças repentinas no tamanho dos compartimentos tróficos. A ocorrência deste provável impacto não pode ser inequivocamente demonstrada pelos dados disponíveis, fato que o levou a ser classificado como **potencial (P)**. Certamente este impacto foi de **incidência indireta (I)** e de **natureza negativa (Neg)**. A escassez de dados faz com que a classificação desse impacto seja algo incerta, sendo considerado como apresentando provável **duração temporária de longo prazo (TL)**, **reversível (Rev)**, com **extensão** atingindo a **Unidade de Conservação e a Zona de Amortecimento (UC+ZA)**, **importância baixa (B)**, **magnitude baixa (B)** e **significância baixa (B)**.

Herpetofauna

A FLONA de Goytacazes encontra-se bem próxima e em altitudes similares às da calha do Rio Doce. Dessa maneira, em alguma instância, é esperada a existência de uma conexão trófica entre a comunidade aquática do rio e a terrestre, da UC. Entretanto, a ausência de dados robustos sobre a composição, estruturação e funcionamento das comunidades aquáticas e terrestres e como elas interagiam antes e após o rompimento da barragem dificultam a avaliação desse impacto potencial.

Além disso, esse impacto seria esperado para espécies que se alimentam principalmente de organismos terrestres, mas que tenham alguma fase do seu ciclo de vida diretamente associada ao ambiente aquático do Rio Doce, como exemplo insetos das ordens Diptera, Odonata, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Megaloptera. Entretanto, esse não é o caso das espécies da herpetofauna terrestre, incluindo as de maior relevância para a conservação. Muitas espécies da herpetofauna, especialmente os anfíbios e lagartos, são insetívoras, mas não há indícios de que haja espécies especialistas ou mesmo que se alimentem preferencialmente de insetos adultos que tenham larvas aquáticas associadas ao rio. Contudo, em uma abordagem conservadora da situação poderia hipotetizar-se que o efeito de

mudanças na abundância de organismos aquáticos poderia se propagar pela cadeia alimentar e em alguma instância afetar a disponibilidade de recursos alimentares utilizados pelas espécies terrestres.

Dessa forma, no que diz respeito a herpetofauna terrestre, este impacto é de **ocorrência potencial (P)**; **incidência indireta (I)**; **natureza negativa (Neg)**; **duração** de caráter **temporário de médio prazo (TM)**; e **reversível (Rev)**, visto que a condição geral do habitat do rio deve retornar às anteriores ao rompimento da barragem reestabelecendo a conexão trófica. O impacto é considerado com **extensão** que poderia alcançar a **Unidade de Conservação e a Zona de Amortecimento (UC+ZA)** e tem potencial para afetar todas as espécies insetívoras da UC, inclusive as de grande relevância para conservação e, por isso, deve ser considerado de **média importância (M)**, mas de **magnitude baixa (B)** já que possivelmente não tende a resultar em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações das espécies e dos sistemas ecológicos. Assim, o impacto Alteração na cadeia trófica desencadeada a partir de ambientes aquáticos que poderia levar à redução da performance das espécies, se ocorreu, possui **significância média (M)**.

Ictiofauna

O soterramento de manchas de recursos alimentares, de habitats e estruturas utilizados para forrageamento e a mortalidade de peixes, além de afetar sensivelmente a dinâmica e estrutura da ictiofauna local, também causa impactos na cadeia trófica. Neste ponto os efeitos na cadeia trófica podem ser de dois tipos: diretos ou indiretos. Como efeitos diretos podemos salientar o efeito mecânico do soterramento das manchas de recursos alimentares utilizados pelas espécies, que são forçadas a buscar fontes de alimentos em outros ambientes, o que pode gerar uma situação de competição interspecífica por alguma outra fonte de alimento disponível, mas que pode ser sobreexplorada pela assembleia. Indiretamente, essa competição pode causar alterações nas abundâncias das populações, uma vez que espécies consideradas boas competidoras irão se sobressair na disputa pelo recurso, aumentando a sua abundância, enquanto as competidoras fracas poderão sofrer redução na abundância, podendo eventualmente ser excluídas da assembleia daquele local. Estas flutuações de abundâncias associadas ao deslocamento de recursos explorados pelas espécies altera a configuração das cadeias tróficas, deslocando as forças de interação espécie-recurso, o que potencialmente impactará o funcionamento do ecossistema aquático.

Para a ictiofauna o impacto é considerado de **ocorrência potencial (P)**; **incidência indireta (I)**; **Natureza negativa (N)**, a escassez de informação dificulta a classificação desse impacto, fazendo com que este seja apontado como provável; **Duração de caráter temporário de longo prazo (TL)**; o impacto pode ser considerado **Reversível (Rev)** na medida que houver a recuperação da disponibilidade de recursos alimentares e restabelecimento natural das populações afetadas; sua **extensão está restrita à Zona de Amortecimento (ZA)**, esse impacto deve ser considerado de **Alta importância (A)**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local, **Baixa magnitude**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância média (M)**.

(B6) Alteração na composição da assembleia ou comunidades aquáticas

Este impacto aplica-se apenas à ictiofauna, não tendo sido observado para mamíferos, avifauna ou herpetofauna.

Ictiofauna

Espécies de peixes dependentes dos recursos alimentares soterrados pela onda de rejeitos, como o detritívoro, *Megaleporinus conirostris* (Piau-branco), o invertívoro, *Pimelodus maculatus* (Mandi-amarelo) provavelmente foram muito atingidas. Além disso, a situação de degradação, intensificada pelo rompimento da barragem, tende a favorecer espécies resistentes (muitas vezes introduzidas) e prejudicar espécies sensíveis de modo geral, causando alterações diversas nas comunidades aquáticas.

O impacto possui **ocorrência potencial (P)**; **Incidência indireta (I)**; **Natureza negativa (Neg)**, a escassez de informação dificulta a classificação desse impacto, fazendo com que este seja apontado como provável; **Duração de caráter permanente (Per)**; o impacto pode ser considerado **Irreversível (Ire)** por ser profundamente dependente da dinâmica populacional das diferentes espécies que compõem a assembleia, que já foi impactada por mortalidade de indivíduos; sua **extensão está restrita à Zona de Amortecimento (ZA)**, esse impacto deve ser considerado de **Alta importância (A)**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local, **Baixa magnitude (B)**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância Alta (A)**.

(B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas em ambientes aquáticos

Não houve registros de presença de espécies vegetais, de mamíferos, aves, ou herpetofauna introduzidas em ambientes aquáticos ou terrestres, na UC.

Ictiofauna

Em situações de incidência de impacto e degradação, espécies introduzidas, que costumam ser mais resistentes, tendem a ser menos prejudicadas, o que resulta no aumento de suas populações em detrimento das de espécies nativas. No Rio Doce, a presença de espécies introduzidas de predadores (ex. Dourados, Tucunarés, Piranhas, Bagre-Africano, Pescada) impacta profundamente a assembleia de peixes nativos, atuando na redução da diversidade taxonômica e funcional das assembleias de peixes, especialmente se considerarmos o fato de que estas espécies costumam ocupar nichos vagos, não utilizados pelas espécies nativas. Outro impacto relevante é a sobreposição de nicho em espécies congêneres, como é o caso das Curimbas, em que as espécies introduzidas (*Prochilodus argenteus*, *P. coatatus* e *P. lineatus*) são melhores competidoras que a espécie nativa, *P. vimboides*, que configura na lista de espécies ameaçadas do Espírito Santo devido à sobrepesca e à introdução de seus congêneres (ICMBIO, 2018).

Para a ictiofauna o impacto possui **ocorrência potencial (P)**; **Incidência indireta (I)**; **Natureza negativa (Neg)**; **Duração de caráter permanente (Per)**, no diagnóstico de linha de base foi detectada a ocorrência de espécies introduzidas na área de estudo, no entanto como a introdução de espécies é uma prática comum existe o potencial de novas introduções ocorrerem nos próximos anos, e uma vez que a espécie introduzida consegue se estabelecer no ambiente aquático, sua erradicação é improvável; o impacto pode ser considerado **Irreversível (Ire)**, porém é totalmente dependente de regulamentação da permissão de captura de indivíduos das espécies introduzidas e estabelecimento de proibição de captura das espécies nativas; com **extensão na Zona de Amortecimento (ZA)**. **Alta importância (A)**, pois afeta a dinâmica e a estrutura das assembleias de peixes presentes no local, **Alta magnitude (A)**, pois afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância Muito Alta (MA)**.

(B8) Aumento da caça e captura de espécies da mastofauna e avifauna

Este impacto verificou-se para mastofauna e aves, na FLONA de Goytacazes, tendo sido reportado pelo gestor e funcionários. O impacto, resultante do rompimento da barragem, pode ser atribuído à diminuição das atividades de pesca, ou ao aumento do tempo livre da população local. Não há como quantificar o impacto. Espécies como tatus, cutias, pacas, e aves de grande porte têm suas populações impactadas negativamente.

Esse impacto deve ser considerado de ocorrência **Real (R)** e de incidência **Indireta (I)**, já que não decorre diretamente do rompimento, mas das alterações nas atividades econômicas e de lazer na região. É de natureza **Negativa (Neg)**, pois resulta na redução da população de várias espécies, muitas das quais ameaçadas. Duração temporária de **Longo Prazo (TL)**, **Reversível (Rev)**, e de **extensão restrita à UC (UC)**, de importância **média (M)**, magnitude **média (M)** e significância **Média (M)**.

(B9) Aumento da extração de palmito (*Euterpe edulis*)

Os frutos da palmeira jussara, de onde se extrai o palmito, são uma importante fonte de alimento para aves frugívoras de grande porte, tais como jacus (*Penelope* sp.), tucanos e araçarís (*Ramphastos* sp. e *Pteroglossus* sp., respectivamente) e cotingídeos, tais como a araponga (*Procnias* sp.), além de mamíferos como roedores, marsupiais, primatas e morcegos. Sua extração resulta na morte da palmeira, e em diversos pontos da floresta atlântica a espécie *Euterpe edulis* encontra-se localmente extinta. A extração de palmitos e a consequente diminuição de suas populações é, portanto, um impacto significativo sobre as populações de diversas espécies de aves e de mamíferos, alguns ameaçados, que, por sua vez, são dispersoras das sementes da jussara. Durante entrevista com gestores e funcionários da UC foi demonstrada preocupação com essa atividade ilegal, que se intensificou na UC após o rompimento da barragem.

Portanto, esse impacto deve ser considerado de **ocorrência real (R)** e de **incidência indireta (I)**, pois o aumento extração de palmito é resultante de alterações nas atividades econômicas e de lazer resultantes do rompimento da barragem. É de **natureza negativa (Neg)**, pois impacta as populações de palmito, aves e mamíferos. A duração é **temporária de longo prazo (TL)**, e cessa após a extração ser controlada, **reversível (Rev)** e de **extensão dentro da área de UC (UC)**. De importância **média (M)**, magnitude **média (M)** e significância **média (M)**.

(B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais que habitam poças temporárias

A FLONA de Goytacazes não apresenta corpos d'água permanentes, e sua conexão com o Rio Doce ocorre apenas em eventos de cheias extremas, com periodicidade de cerca de 10 anos. Durante estes eventos, paleocanais levam a água do Rio Doce até a FLONA.

Por outro lado, acompanhando a oscilação natural do lençol freático ao longo do ano, há o preenchimento de poças temporárias, ambientes propícios para a ocorrência de espécies de peixes anuais, como *Xenurolebias izecksohni*, que assim como grande parte dos membros da família Cynolebidae, é uma espécie de ciclo de vida curto, que vivem em corpos d'água temporários e deposita seus ovos no sedimento. Estes passam por período de diapausa, sobrevivendo ao dessecamento e eclodindo na próxima estação chuvosa.

Caso haja deposição de rejeito de minério dentro da UC em um momento de cheia do Rio Doce, a eclosão dos ovos das espécies de peixes anuais de provável ocorrência na FLONA será fortemente prejudicada, provocando grande declínio populacional e, em casos extremos, a extinção local de

algumas populações ou até de espécies com distribuição restrita à UC. Cabe ressaltar que os membros da família Cynolebidae costumam ter distribuição restrita.

Este impacto é de ocorrência **potencial (P)** pela necessidade de confirmação da ocorrência dessa espécie, ou outra espécie de peixe anual na UC; **Incidência indireta (I)**; **Natureza negativa (Neg)**, por não ter relação direta com o rompimento da barragem de Fundão; Duração de caráter **temporário de médio prazo (TM)**; o impacto é **Reversível (Rev)** em relação à redução dos tamanhos populacionais, desde que não haja extinção local, mas mesmo neste caso programas de prospecção, coleta de ovos, criação e reintrodução, podem manter o status como reversível. O impacto tem extensão dentro da área da **Unidade de Conservação (UC)**, Esse impacto deve ser considerado de **Alta importância (A)**, pois caso confirmado afetará as populações de espécies de peixes anuais presentes no local, de **Alta magnitude (A)**, pois afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância muito alta (MA)**.

(B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

Este impacto, sendo confirmado, atua como o elo de ligação entre as alterações físicas e químicas da água resultantes do aumento da carga de contaminantes, especialmente de metais pesados, decorrente do rompimento da barragem de Fundão, extensamente documentadas no tópico 6.1.5 (Descrição dos impactos do meio físico) com a fauna aquática, e uma posterior a transferência e contaminação do ambiente terrestre via cadeia trófica.

Ictiofauna

A transferência de contaminantes do Rio Doce para os tributários na biomassa de organismos móveis, que agiriam como biovetores ou biotransportadores (Schiesari et al. 2017). Essa transferência pode ocorrer a partir da dispersão de peixes e invertebrados aquáticos do Rio Doce para os seus tributários, carregassem em sua biomassa os contaminantes presentes na calha do rio. Sendo os organismos aquáticos predados por organismos terrestres, estes contaminantes seriam transferidos e bioamplificados ao longo da cadeia trófica e depositados no ambiente terrestre por meio da excreção, defecação, muda e, especialmente, morte e decomposição.

Este é um impacto de **ocorrência potencial (P)**; **Incidência Indireta (I)**; **Natureza negativa (Neg)**, pois pode ser desencadeado pela contaminação da água do Rio Doce decorrente do rompimento da barragem de Fundão; **Duração temporária de longo prazo (TL)**, pois sua influência na fauna e flora dependerá do encadeamento ecológico do impacto; o impacto pode ser considerado **Reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de restabelecer condições da qualidade da água e dos sedimentos similares às anteriores ao rompimento da barragem de Fundão.; com **extensão na Zona de Amortecimento e na Unidade de Conservação (ZA+UC)**. **Alta importância (A)**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local, **Baixa magnitude (B)**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **Significância Alta (A)**.

6.3 IMPACTOS NO MEIO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL

A análise dos impactos sobre as Unidades de Conservação na perspectiva socioeconômica, cultural e de uso público apresenta alguns importantes desafios. Não se trata de avaliar os impactos sobre a população local, mas como o impacto sobre a UC se reflete no meio socioeconômico e cultural e vice-versa, como o impacto no meio socioeconômico e cultural se manifesta na UC, seja no uso direto ou

indireto do território. Outros estudos promovidos pela Fundação Renova detalharam os potenciais e efetivos impactos sobre a população em seus diversos aspectos e estabeleceram medidas de reparação, mitigação ou compensação. Não é tarefa fácil mensurar tal impacto, pois, em muitos casos, passa pela percepção do grupo social, pela valorização do espaço protegido e pelas relações simbólicas estabelecidas.

Impactos sobre uma Unidade de Conservação podem ser verificados a partir de elementos tangíveis e intangíveis. Ou seja, alguns impactos são de fácil compreensão, apresentam nítida relação de causa-efeito; outros não são facilmente perceptíveis, possuem características cuja compreensão demanda maior acuidade e reflexão. A queda na visitação de uma determinada UC e a consequente diminuição de sua arrecadação é um exemplo de impacto tangível, facilmente observável a partir dos controles de venda de ingressos estabelecidos pela gestão da unidade. A poluição de mananciais e consequente comprometimento do abastecimento público ou do uso pontual da água para dessedentar animais, é impacto tangível. Dentre os impactos intangíveis, pode-se citar aqueles de natureza simbólica, como a perda de territórios sagrados decorrente da destruição dos mesmos ou de interrupção de acessos para se chegar a eles; alterações significativas em lugares que fazem parte da história coletiva também são profundamente impactantes, mas nem sempre facilmente perceptíveis.

Rosa (2014) alerta que muitos dos impactos sobre os serviços ecossistêmicos, sobretudo aqueles vinculados aos serviços reguladores, não podem ser identificados a partir de informações usualmente coletadas nos estudos de impacto ambiental ou por meio de informações obtidas por meio de avaliações expeditas e que há dificuldades de se encontrar bons indicadores. Na avaliação da autora, tal fato se deve à “dificuldade de incorporar a realidade local, os aspectos culturais e percepções subjetivas das comunidades à avaliação de impactos, um procedimento técnico” (ROSA, 2014, p. 141).

Dentre os impactos relacionados ao meio socioeconômico, cultural e de uso público identificados, observou-se a ocorrência dos seguintes impactos na FLONA Goytacazes e em sua Zona de Amortecimento:

- (S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos (surf, caiaque, canoagem, natação) na ZA
- (S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015
- (S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca
- (S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água

A seguir, são analisados os atributos de cada impacto verificado na FLONA Goytacazes e em sua Zona de Amortecimento, a fim de avaliar a significância de cada um deles e indicar, posteriormente, as necessárias medidas para reparar, mitigar ou compensar seus efeitos.

Tabela 50 - Matriz de Avaliação de Impactos no meio socioeconômico

IDENTIFICAÇÃO		EXAME				SIGNIFICÂNCIA				
Nº do impacto	Impacto	Ocorrência	Incidência	Natureza	Duração	Reversibilidade	Extensão	Importância	Magnitude	Resultado
S1	Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	M	B	Baixa
S2	Desalento pela perda de produção agropecuária e piscicultura em 2015	R	I	Neg	TC	Ire	ZA	B	B	Baixa
S3	Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	A	B	Média
S4	Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água	R	D	Neg	TL	Rev	ZA	M	M	Média

(S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos

A **Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos** possui **ocorrência real (R)**, pois atividades ocorriam em todo o leito e calha do rio, incluindo suas margens. Nelas, principalmente aos finais de semana, moradores de Linhares e de municípios vizinhos se reuniam na ZA da UC, ou em seu setor norte, cujo limite é o Rio Doce, para práticas de lazer. Tem **incidência direta (D)**, pois as modificações foram provocadas pela passagem da lama, após o rompimento da barragem do Fundão. A **natureza do impacto é negativa (Neg)**, dado que a população deixou de usar estes espaços em suas diversas práticas de lazer, como banhos, natação e esportes náuticos. O impacto é de duração **Temporária de longo prazo (TL)**, pois o rejeito contaminado por metais será ressuspensão, redepositado e ressuspensão por período superior a dez anos. É **reversível (rev)**, porque existe tecnologia disponível para sua solução. Ainda que algumas atividades, como o remo, sejam muito praticadas, elas se restringem à **Zona de Amortecimento (ZA)** da UC, isto é, na calha e margem do Rio Doce. A **importância** foi considerada **média (M)** pois pode afetar, em parte, usos socioeconômicos locais, mas não altera significativamente os sistemas sociais, sobretudo considerano-se a função da categoria de manejo FLONA, daí ter **magnitude baixa (B)**. A significância deste impacto é **baixa (B)**.

(S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e piscicultura em 2015

Com relação ao **desalento pela perda de produção agropecuária e piscicultura em 2015**, ocorreram impactos em propriedades lindeiras a UCs (em sua Zona de Amortecimento), como as hidroponias. Tratou-se de uma ocorrência **real (R)** de incidência **indireta (D)**, de natureza **negativa (Neg)** e tem duração **temporária de curto prazo (TC)**, caso tenha ocorrido a indenização dos atingidos pelas perdas; caso não ocorra a indenização, o impacto perdura sobre a comunidade local. Também é uma situação **irreversível (Ire)**, pois mesmo com a indenização de perdas econômicas, o trabalho dispendido, os vínculos sociais estabelecidos e outros elementos de natureza intangíveis estarão sempre presentes. Tem extensão circunscrita à **Zona de Amortecimento (ZA)**, pois atingiu algumas propriedades localizadas nas margens do Rio Doce e não chegou à UC. A importância é **baixa (B)** e magnitude também **baixa (B)**, pois, pelos levantamentos realizados, não alterou substancialmente usos econômicos, tampouco chegou a ameaçar os objetivos da categoria de manejo ou a função da FLONA. A significância do impacto para a UC é, portanto, **baixa (B)**.

(S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca

Trata-se de um impacto com ocorrência **real (R)** e de incidência **direta (D)** na Zona de Amortecimento da FLONA, pois decorre da deposição de rejeitos ao longo da margem que provocou o soterramento de atividades agropecuárias e de algumas culturas perenes, como cacau, às margens do rio. Tem natureza **negativa (Neg)** porque implica em perdas econômicas e sociais para a população local; tem duração **temporário de longo prazo (TL)** dado que o rejeito contaminado por metais poderá ser ressuspensão, redepositado e ressuspensão por período superior a dez anos. Há possibilidade de **reversibilidade (Rev)**, pois existem tecnologias disponíveis para recuperação. Sua extensão é restrita à **Zona de Amortecimento (ZA)**, atingindo algumas propriedades localizadas às margens do Rio Doce, no setor norte da ZA da UC. O impacto tem importância **alta (A)** pois afeta significativamente os usos econômicos e permanecerá na memória da sociedade local; e magnitude **baixa (B)** pois não altera a integridade do

sistema social, tampouco ameaça a consecução dos objetivos da FLONA. A significância do impacto é, então, **Média (M)**.

(S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água – ZA

No que diz respeito a **perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água**, os relatos de proprietários do entorno indicam que houve perda de produção, em decorrência da insuficiência d'água (agricultura e pecuária). Foi necessária a construção de novos poços mais distantes da calha do Rio Doce para dessedentação de rebanhos. Nesse sentido, houve sérios impactos ao abastecimento de água para os animais e as plantações. Com isso, a ocorrência do impacto foi **real (R)**, de incidência **direta (D)**, de natureza **negativa (Neg)**. Há indicação de que o enorme volume de lodo de rejeitos depositado ao longo do curso dos Rios Gualaxo, Carmo e Doce, a montante de Linhares, torna esse impactotemporário de longo prazo (TL), com possibilidade de ressuspensão, redeposição e carreamento sazonal do lodo de rejeitos pela chuva, durante muito tempo (mais de dez anos). É, entretanto, **reversível (R)** e, na perspectiva socioeconômica esse caráter se dá tanto pela existência de tecnologia para reverter o impacto físico, quanto pelos arranjos sociais que viabilizam novos acessos ao recurso hídrico. A extensão de sua ocorrência se restringe a **Zona de Amortecimento (ZA)**. Tem **média** importância (M) e **média** magnitude (M). A significância do impacto para a UC é **média (M)**.

6.4 AVALIAÇÃO DE IMPACTO INTEGRADA

Passadas as etapas de identificação, caracterização e significação dos impactos, as avaliações dos vários especialistas foram integradas através de um Mapa Conceitual (Anexo VI) que estabelece uma rede de hipóteses de ligações mecanísticas entre o rompimento da Barragem de Fundão, de um lado, e cada um dos impactos reais e potenciais levantados, de outro. Este Mapa Conceitual, que forma a espinha dorsal desta seção, organiza a compreensão a respeito da miríade de consequências decorrentes da perturbação ambiental sob análise.

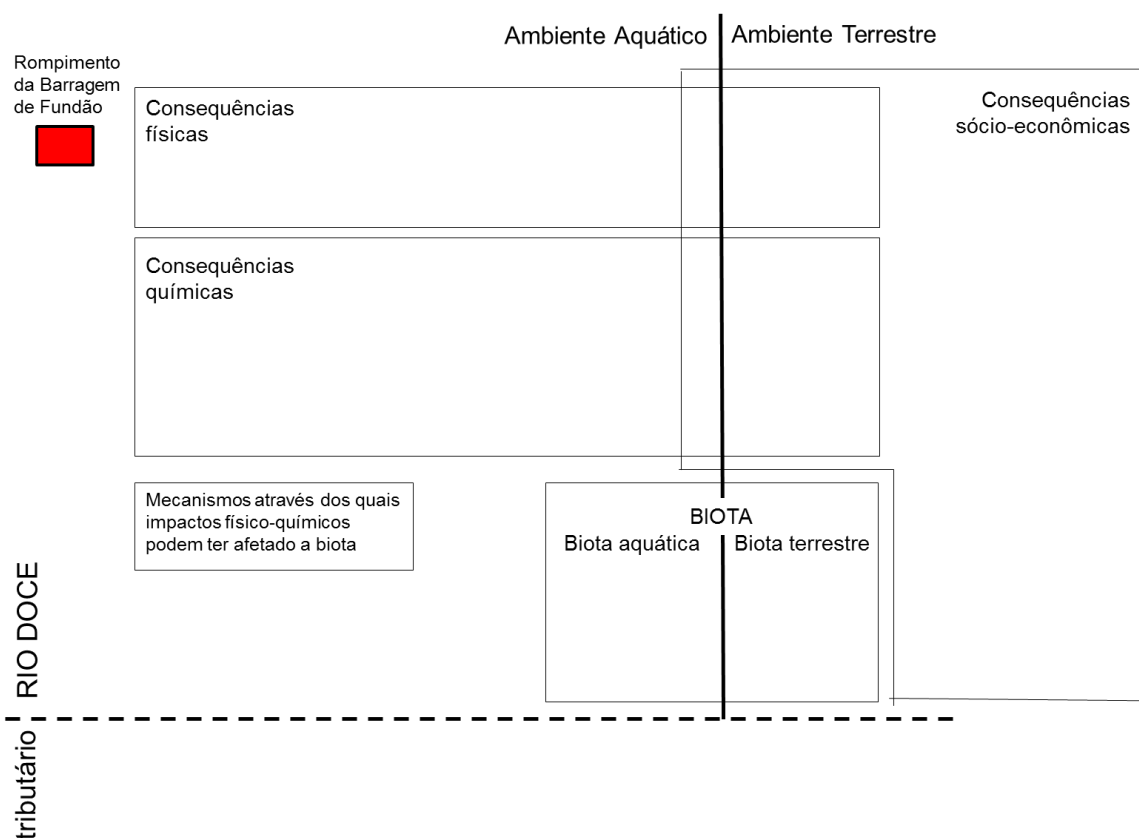
Este Mapa Conceitual foi concebido levando em consideração o conjunto das Unidades de Conservação às margens do Médio e Baixo Rio Doce analisadas por esta equipe, quais sejam: Área de Proteção Especial Pico do Ibituruna, Monumento Natural Pico do Ibituruna (Governador Valadares, MG), Reserva Particular do Patrimônio Natural Sete de Outubro (Conselheiro Pena, MG), Parque Estadual Sete Salões (Conselheiro Pena, Itueta, Resplendor, Santa Rita do Itueto, MG), Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão (Aimorés, MG) e Floresta Nacional de Goytacazes (Linhares, ES). Esta decisão se justifica porque (i) todas as Unidades de Conservação estão unidas por um mesmo elemento da paisagem – o Rio Doce – e por um mesmo episódio de perturbação ambiental – o rompimento da Barragem de Fundão e (ii) a quantidade, qualidade e detalhamento dos dados, observações e relatos são heterogeneamente distribuídos ao longo do Rio Doce, de tal forma que ignorar dados, observações e relatos obtidos a montante ou a jusante de determinada Área de estudo representaria uma perda desnecessária de informações.

Ainda assim, evidentemente que são consideradas nesta AIA apenas alterações potenciais ou reais na Área de estudo específica deste documento – qual seja, a FLONA de Goytacazes. Fatores (caixas) e impactos (círculos) sem ocorrência real ou potencial na FLONA de Goytacazes são ‘apagadas’ (isto é, apresentadas em linhas, fontes e/ou cores de fundo cinza claro) enquanto fatores (caixas) e impactos

(círculos) com ocorrência real ou potencial na FLONA são realçadas (apresentadas em linhas e fontes pretas) no Mapa Conceitual.

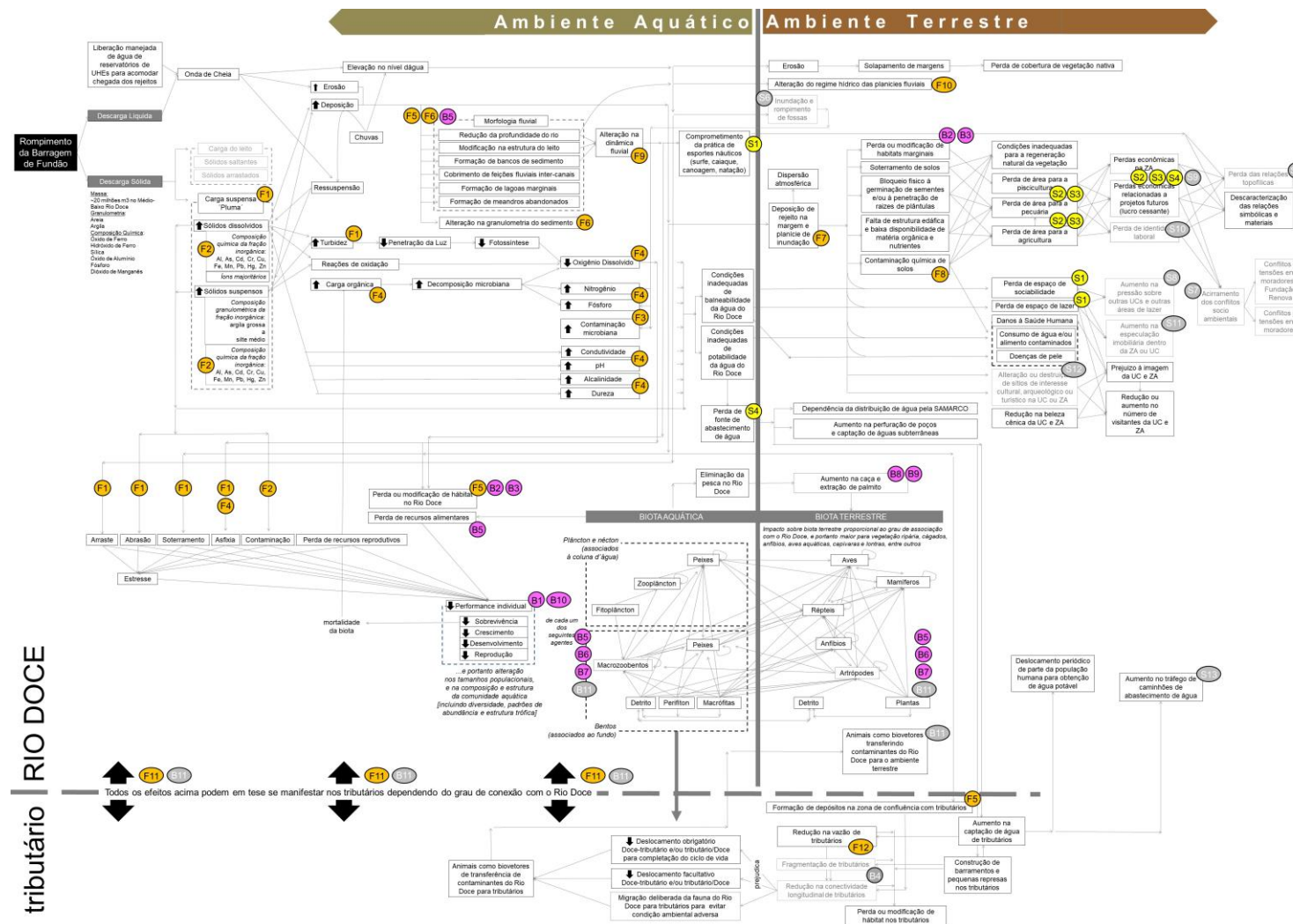
O Mapa Conceitual descreve hipóteses de relação de causa-e-efeito entre o rompimento da Barragem de Fundão (canto superior esquerdo) e atributos físicos, químicos, biológicos, sociais e econômicos de ambientes aquáticos (esquerda) e terrestres (direita) nas Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce. Parte das alterações foram consideradas 'impactos', que estão numerados sequencialmente para o meio físico-químico (F), biótico (B) e socioeconômico (S). A Figura 41 representa a estrutura do Mapa Conceitual.

Figura 41 - Estrutura do Mapa Conceitual



A Figura 42 apresenta o Mapa Conceitual.

Figura 42 - Mapa Conceitual



Em 5 de novembro de 2015 o rompimento da Barragem de Fundão em Mariana (MG) despejou 39,2 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro no sistema do Rio Doce.

Esta notável perturbação ambiental promoveu um aumento na descarga líquida que, somada à liberação manejada de água de reservatórios de hidroelétricas para acomodar a chegada da pluma de rejeitos, contribuiu para a formação de uma onda de cheia. Esta onda de cheia promoveu uma pequena elevação no nível d'água do Médio e Baixo Rio Doce. Ao contrário do Rio Gualaxo, do Carmo e Alto Rio Doce, no Médio e Baixo Rio Doce a água manteve-se no leito do rio e agiu com limitado potencial erosivo das margens. No mais, o aumento na descarga líquida do Médio e Baixo Rio Doce causado pelo rompimento da Barragem de Fundão foi muito inferior à descarga líquida máxima registrada ano a ano por ocasião das chuvas de verão.

Por outro lado, a descarga sólida, composta de rejeitos na forma de siltes médios, siltes finos e argilas grossas resultou numa altíssima e imediata elevação nos sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e turbidez que se estendeu pelos meses seguintes na temporada chuvosa (Impacto F1). Valores elevados quando comparados com a linha de base continuaram sendo registrados meses ou mesmo anos após o evento.

Parte do rejeito foi carregado até a desembocadura do Rio Doce e lançado no Oceano Atlântico. Parte do rejeito foi depositado no leito do Rio Doce promovendo a alteração na granulometria do sedimento, a formação de bancos de sedimento, a alteração da conformação da confluência de tributários e a redução da profundidade do rio (Impactos F5, F6). Estas alterações na batimetria são a provável causa das alterações na dinâmica fluvial –tais como mudanças na distribuição espacial de rápidos - relatadas por moradores, pescadores e esportistas (Impacto F9). Finalmente, parte do rejeito foi depositado na margem e planície de inundação do Rio Doce, onde promoveu o soterramento de solos, a formação de crostas rígidas capazes de prejudicar a penetração de raízes de plântulas e/ou a germinação de sementes, e a perda ou degradação de habitats marginais (Impacto F7).

A contaminação de águas e solos do Rio Doce e planícies de inundação, e por extensão da biota, foi também consequência inequívoca do rompimento da Barragem de Fundão (Impactos F2, F8). O rejeito, de minério de ferro, era composto predominantemente por óxido de ferro, hidróxido de ferro, óxido de alumínio e dióxido de manganês. De forma correspondente, a chegada da pluma de rejeitos promoveu uma elevação pronunciada nas concentrações de ferro, alumínio e manganês, mas também de chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio, cobre, cromo e zinco. Muitos destes metais continuaram sendo registrados em concentrações elevadas relativo à linha de base por dois ou mais anos após o desastre. Mercúrio, cádmio e chumbo estão incluídos em três listas internacionais de produtos químicos de preocupação prioritária (CEPA 1999, revisada em 2006; EC 2001, 2007; USEPA 2006); cromo e arsênio estão em duas delas; e zinco está em uma delas (revisado em Grillitsch & Schiesari 2010). Da mesma forma, mercúrio, cádmio, chumbo, cromo, cobre, zinco e arsênio são considerados metais de alta relevância ecotoxicológica enquanto ferro e alumínio são considerados metais de moderada relevância ecotoxicológica (Hellawell 1986, Freedman 1995, Hedgecott 1995). O manganês, usualmente considerado de baixa toxicidade, é hoje reconhecido como um agente neurotóxico (US Department of Health and Human Services 2012). Concluindo, o rompimento da Barragem de Fundão foi fonte inequívoca e significativa de contaminação química da calha, margens e planícies de inundação do Rio Doce, com consequente absorção e possivelmente amplificação de contaminantes em animais e plantas aquáticas e terrestres (Impacto B11). Importante notar que metais são contaminantes essencialmente eternos uma vez que elementos químicos, e que a evidente ressuspensão e remobilização dos sedimentos nos períodos de chuva continuará expondo, décadas por vir, organismos e pessoas à assinatura química do desastre de Mariana.

O rompimento da Barragem de Fundão resultou em muitas outras mudanças na qualidade da água do Rio Doce. Entre elas podem-se destacar a elevação na contaminação microbiológica (Impacto F3), possivelmente pela inundação e rompimento de fossas marginais (Impacto SE6), e a elevação na carga orgânica, a elevação nas concentrações de nitrogênio e fósforo, e a diminuição na concentração de oxigênio dissolvido (Impacto F4). Esta última combinação de mudanças possivelmente tenha resultado, ao menos em parte, da massiva mortalidade e posterior decomposição de peixes e demais organismos aquáticos. É também possível que prejuízos à fotossíntese e à difusão, e fenômenos de oxidação, tenham contribuído para a diminuição do oxigênio dissolvido em água (que, a título de comentário há de ter sido bastante mais severo do que reportado uma vez que as amostragens de qualidade de água ocorreram próximas à superfície, que é tipicamente mais bem oxigenada).

Muito embora a baixa disponibilidade de dados históricos prejudique a avaliação de impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre a biota, algumas considerações podem ser feitas com segurança.

As alterações físico-químicas acima reportadas (Impactos F1-F8) afetaram negativamente a biota do Rio Doce. Arraste, abrasão, soterramento, sombreamento, asfixia e contaminação são fatores documentados ou esperados e que contribuíram para a diminuição da performance individual em termos de crescimento, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência. Tais consequências no nível individual não de ter resultado na redução de tamanhos populacionais (Impacto B1), como por exemplo sugerido pela massiva mortalidade de peixes do Rio Doce nos dias e semanas que se seguiram ao evento. É também possível que tamanhos populacionais de aves aquáticas tenham sido reduzidos por conta de migrações forçadas em resposta à perturbação ambiental.

Por sua vez, a deposição do rejeito no canal, margens e planície de inundação do Rio Doce (Impactos F5 e F6) levou a perda e/ou degradação de habitats importantes para o forrageio, reprodução e/ou desenvolvimento de elementos da fauna e flora, tais como substratos rochosos, bancos de deposição de matéria orgânica e detrito, praias arenosas, bancos de macrófitas, vegetação associada às margens e lagoas marginais (Impactos B2 e B3).

Em outras Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce, este mesmo conjunto de impactos físicos (Impactos F5 e F6) pode ter afetado negativamente a conectividade, para peixes, tanto dentro do Rio Doce (Impacto B4) como entre o Rio Doce e tributários através da formação de bancos de sedimento, que pode ter ocluído temporariamente a confluência de tributários. No entanto, este impacto (Impacto B4) não foi identificado na Floresta Nacional de Goytacazes.

Por sua vez, a Floresta Nacional de Goytacazes é inundada pelo Rio Doce em anos de cheias extremas, com periodicidade de cerca de 10 anos, o que não ocorreu desde o rompimento da Barragem de Fundão. É, portanto, esperado que no curto ou médio prazo o Rio Doce voltará a inundar a Unidade de Conservação, trazendo sedimentos e rejeitos oriundos do rompimento da Barragem de Fundão. Neste caso, é possível que o soterramento dos ovos que se desenvolvem no sedimento acarrete na redução de tamanhos populacionais e extinção local de espécies de peixes anuais que se desenvolvem nos paleocanais e poças temporárias da Floresta Nacional de Goytacazes (B10).

Uma consequência necessária da redução no tamanho populacional é a alteração na composição e estrutura das comunidades biológicas (Impacto B6), incluindo sua organização em termos de teia trófica (Impacto B5). Por exemplo, é bastante provável que a emergência de insetos aquáticos tenha sido fortemente reduzida, com consequências para morcegos e aves insetívoras; da mesma forma, é certo que a mortalidade de peixes tenha tido consequências para répteis, aves e mamíferos semiaquáticos piscívoros.

O declínio da pesca, seja por conta da mortalidade de peixes, da evitação do Rio Doce e seus recursos ou por determinação legal, transferiu a atividade extrativista para a caça de aves e mamíferos como tatus e roedores de grande porte (Impacto B8) e de palmitos (Impacto B9).

Coletivamente, estas mudanças físicas, químicas e biológicas no Rio Doce tiveram importantes consequências para o meio socioeconômico.

A degradação da qualidade da água, a degradação dos habitats marginais, e alteração na dinâmica fluvial levaram a uma perda de espaço de sociabilidade e lazer, bem como a um comprometimento de esportes náuticos. O Rio Doce era tradicionalmente utilizado para convivência, piquenique, banho, pesca, natação, caiaque e canoagem, atividades claramente prejudicadas pelo rompimento da Barragem de Fundão (Impacto S1).

O rompimento também afetou negativamente a agricultura, a pecuária, a piscicultura e a pesca tanto no curtíssimo prazo (por exemplo, por soterramento imediato; Impacto S2) quanto no médio e longo prazo (por exemplo, por soterramento e contaminação de solos e formação de crostas; Impacto S3). O rompimento da Barragem de Fundão teve como consequência socioeconômica a perda da mais importante fonte de abastecimento de água da região (Impacto S4), criando dependência da população do fornecimento de água engarrafada, forçando a população a deslocamentos periódicos para coleta de água em tributários, e estimulando a abertura de poços e a construção de barragens e pequenas represas em tributários no Rio Doce de forma geral; parte destes efeitos foi também identificada na Floresta Nacional de Goytacazes. Em outras Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce, ainda, o rompimento da Barragem de Fundão promoveu indiretamente a fragmentação e segmentação de tributários pela construção de barragens, a diminuição na descarga e a formação de habitats semi-lênticos nos tributários (Impactos F12, B4) e o aumento no tráfego de caminhões-pipa responsáveis pela distribuição de água (Impacto S13).

Uma série de outros impactos socioeconômicos foram detectados em outras Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce, mas não na Floresta Nacional de Goytacazes. Estes impactos são descritos abaixo:

Em alguns casos o comprometimento do Rio Doce como área de sociabilidade e lazer levou a um aumento indireto na frequência e visitação sobre outras áreas de lazer, incluindo outras Unidades de Conservação (Impacto S8), causando a alteração ou destruição de sítios de interesse cultural, arqueológico ou turístico (Impacto S12) ou ainda um aumento na especulação imobiliária nas Áreas de Estudo (Impacto S11).

Outras perdas econômicas indiretas na Zona de Amortecimento resultaram do esvaziamento da área por pescadores e frequentadores (Impacto S9).

Em amplas áreas do Rio Doce, ainda, pescadores e agricultores que deixaram de realizar suas atividades passaram pela perda da identidade laboral (Impacto S10) que pode, por sua vez, gerar conflitos domésticos além de inúmeros problemas de saúde como depressão, alcoolismo e suicídio. Diversos conflitos e tensões entre moradores, e entre moradores e a Fundação Renova, decorreram indiretamente do rompimento da Barragem de Fundão (Impacto S7). Tais conflitos ocorreram em razão do não pagamento de perdas econômicas que se julga de direito aos afetados, da entrega de cartões bancários a pessoas que não necessariamente tem relação de dependência dos recursos oriundos do Rio Doce, da pouca transparência na relação com os moradores por parte da Fundação, e de um suposto favorecimento de determinados atores em detrimento de outros. Numa perspectiva das relações simbólicas e não-materiais das comunidades ribeirinhas com o Rio Doce, incluindo nelas sentimentos e

sensações como proteção, segurança, memória, sonho, intimidade, conhecimento, felicidade e afetos, é certo que o rompimento da Barragem de Fundão causou severa perda das relações topofílicas para a população (Impacto S5).

7. LACUNAS DE CONHECIMENTO

7.1 MEIO FÍSICO

Hidrogeologia - Os dados de águas subterrâneas para a área de estudo, e mesmo no médio-baixo Rio Doce, não possuem histórico e homogeneidade (dos parâmetros amostrados) suficiente para que se possa comprovar alguma alteração no comportamento do fluxo ou na qualidade das águas subterrâneas devido ao rompimento da Barragem de Fundão.

Geomorfologia - Não foi possível identificar visualmente, através das imagens de satélite obtidas, mudanças significativas na geomorfologia do Rio Doce e nos trechos de confluência com seus tributários, antes e após o rompimento de Fundão, devido a qualidade das imagens apresentadas em mosaico e, portanto, com perda de resolução espacial, e também devido a diferença entre as datas das imagens, que se referem a períodos de chuva e seca, e que portanto não podem ser utilizadas como referência para registros de alterações causadas pelo fluxo de rejeito de Fundão, mas sim pela dinâmica do ano hidrológico.

Hidrossedimentologia – As estações fluviométricas e pontos de coleta do CPRM/ANA, IEMA (ES) ou mesmo os que foram estabelecidos ou incorporados ao PMQQS no trecho do Rio Doce abrangido pelos limites da área de estudo não possuem amostragem de dados históricos de vazão, sedimentos e descargas sólidas suspensas totais suficientes para analisar o comportamento fluvial nos meses antes, durante e depois do rompimento da Barragem de Fundão. Existem lacunas na periodicidade dos monitoramentos que dificultaram a sistematização e, muitas vezes, inviabilizam o uso de alguns dados. Por isso, foi necessário utilizar amostragens de dados de vazão, granulometria e descargas sólidas de uma estação fluviométrica do CPRM/ANA localizada em um trecho do Rio Doce a montante dos limites da área de estudo, sendo esta a mais próxima possível da Unidade de Conservação, que no caso foi a estação fluviométrica de Colatina (ES). Mesmo assim, após selecionar a estação de Colatina (ES), foi necessário adotar os modelos de pesquisa utilizados pelos relatórios do CPRM/ANA e MPF (2017a) para sistematizar e interpretar os dados desta estação, que apresentavam coletas sem uma periodicidade definida. Para isso o CPRM/ANA e MPF (2017a) realizaram a ajustagem dos dados e cálculo de tendências, tal como a chamada curva-chave de sedimentos, que é uma estimativa das descargas sólidas. Este é um dos exemplos de procedimentos comumente utilizados por pesquisadores para obter mais informações sobre a dinâmica fluvial. Assim como a curva-chave, outros procedimentos foram necessariamente aplicados pelo CPRM/ANA, MPF (2017a) e por outros relatórios técnicos, também utilizados para este Diagnóstico, no intuito de avaliar os impactos da onda de rejeito originada do rompimento da Barragem de Fundão no trecho do Rio Doce onde está localizada a UC. Dessa forma, é importante considerar que os dados hidrossedimentológicos interpretados podem ter inconsistências embutidas devido a carência dessas amostragens e devido aos ajustes impostos para viabilização da extração das informações.

Em relação ao PMQQS (2018), os dados são importantes para retratar o comportamento da vazão e dos sedimentos no trecho do Rio Doce próximo a FLONA. Porém, como as coletas se iniciaram apenas em agosto de 2017 (quase dois anos depois do rompimento de Fundão), esses dados só puderam ser utilizados como complementação às séries históricas do CPRM/ANA. Lembrando que, a análise

conjunta dos dados amostrados pelo PMQQS e CPRM/ANA deve sempre ser interpretada com cautela, uma vez que existem diferenças metodológicas que certamente influenciaram nos resultados.

Qualidade da água - A FLONA de Goytacazes possui significativas áreas de brejos temporários, inclusive em conexão direta com o Rio Doce. Porém, não localizamos artigos na literatura científica indexada ou outras fontes bibliográficas sobre a quantidade e qualidade de ecossistemas aquáticos nesta UC ou em sua ZA. Tal lacuna prejudicará a detecção de eventuais impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão sobre ecossistemas aquáticos e terrestres da área.

Pedologia - Não foram identificados estudos suficientes sobre a concentração de metais pesados nos solos da FLONA, antes e pós o rompimento da Barragem de Fundão. Foi feita a tentativa de se avaliar a qualidade dos solos da área de estudo a partir de trabalhos sobre os tipos de solos presentes na bacia do Rio Doce a montante da área de estudo, elaborados FEAM (2013) e Souza et. al. (2015). No entanto, as informações são generalizadas para as classes de solos do estado de Minas Gerais, e não correspondem ao contexto de paisagem da Unidade de Conservação, localizada no baixo Rio Doce, próximo ao litoral do estado do Espírito Santo. Por isso, para que sejam identificados os valores de concentrações de metais nos solos dentro dos limites da UC e sua Zona de Amortecimento é necessário que sejam realizados estudos mais específicos, com coleta de amostras *in situ*, especialmente nas planícies fluviais do baixo Rio Doce e próximos aos canais tributários.

7.2 MEIO BIÓTICO

Vegetação

Não há lacunas de conhecimento sobre a flora da FLONA de Goytacazes, pois a UC possui recente plano de manejo (2013) e levantamentos florísticos. Mesmo assim, é constante a demanda em realizar levantamentos atualizados das espécies, considerando sempre a extrapolação territorial das listas gerais de espécies coletadas na região da área de estudo.

Mastofauna

A principal lacuna de conhecimento sobre os mamíferos da FLONA de Goytacazes diz respeito à persistência, na área, das espécies de mamíferos de médio e grande porte, que necessitam de grandes áreas para a manutenção de suas populações e sofrem grande pressão de caça. Levantamentos de pequenos mamíferos em estudos de longo prazo, tanto para as espécies terrestres quanto para morcegos, através de coleta e marcação/recaptura, são uma contribuição importante para o conhecimento da fauna da região e para estratégias de conservação. O mesmo diz respeito à ocorrência e distribuição de mamíferos de médio e grande porte, através de transectos com avistamento e busca de sinais, campanhas de monitoramento com a participação de não-cientistas (visitantes, moradores), e uso de armadilhas fotográficas. Os dados obtidos durante o monitoramento realizado pela empresa Bicho do Mato devem ser trazidos ao conhecimento da gestão da FLONA. Alguns pontos importantes que poderiam ser foco destes estudos além de inventários de espécies de grandes mamíferos, pequenos mamíferos terrestres e quirópteros, são: as espécies de primatas, a ocorrência e tamanho populacional

de espécies de felinos, e do lobo-guará, e de espécies raras e endêmicas de matas de baixada, como o ouriço preto e a preguiça de coleira.

Avifauna

Os inventários conduzidos por Simon em 2010, podem ser considerados como um retrato da comunidade de aves encontrada na FLONA de Goytacazes imediatamente antes do rompimento da Barragem de Fundão em 2015. Este retrato, no entanto, é bastante limitado, pois consiste apenas em uma lista de espécies, sem dados quantitativos e/ou espacializados robustos, não permitindo, portanto, uma caracterização precisa da estrutura da comunidade local. A falta de dados biológicos posteriores ao rompimento inviabiliza qualquer tentativa de se avaliar cientificamente os seus impactos. De maneira similar, também faltam dados pretéritos ou atuais sobre a intensidade da pressão de caça e captura de aves silvestres no local.

Herpetofauna

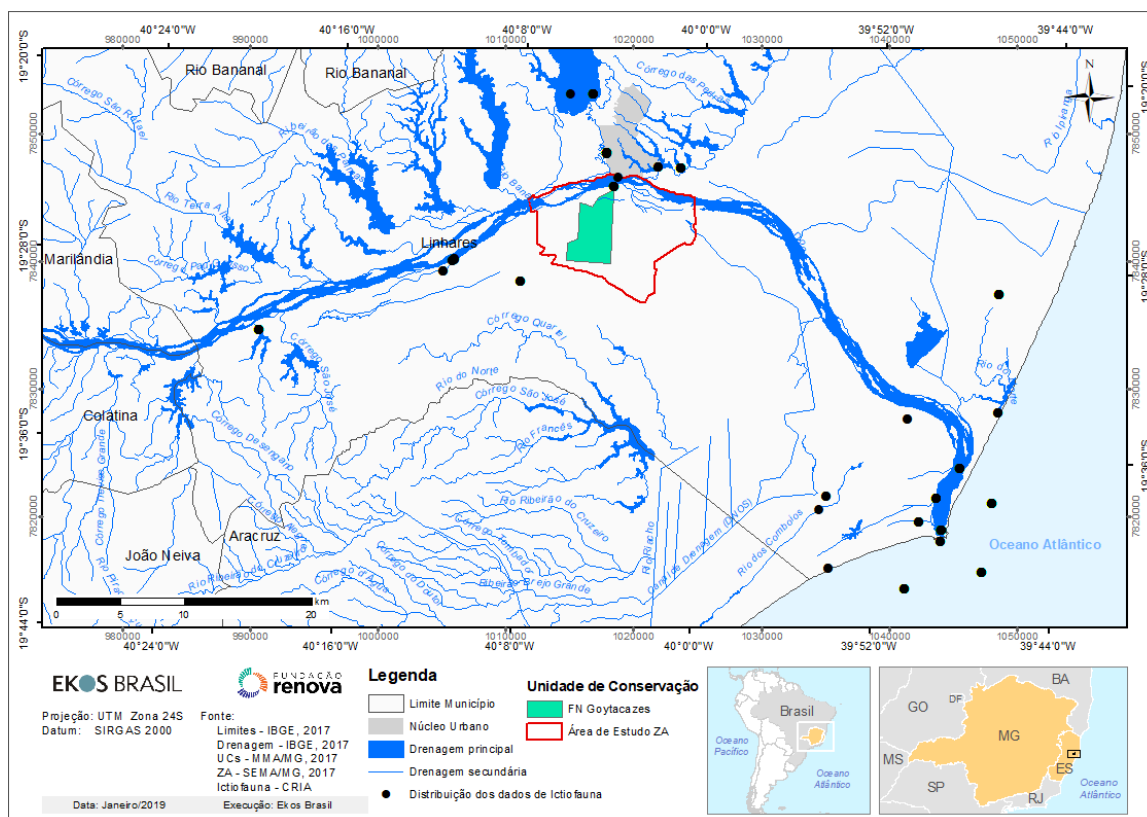
Apesar dos dados secundários disponíveis e selecionados para compor a linha de base (i.e. ICMBio, 2013) apresentarem informações de boa qualidade sobre a composição da herpetofauna da FLONA de Goytacazes em um momento pré-rompimento, eles não contêm informações sobre parâmetros da estrutura da comunidade relacionados à abundância e distribuição espacial das espécies registradas. A inexistência dessa informação (lacuna de conhecimento) dificulta a identificação e avaliação adequadas de impactos eventuais que se manifestem por meio de alterações em parâmetros da estrutura da comunidade relacionados à abundância e distribuição espacial das espécies na UC. Por exemplo, não se tem informações em quais locais da FLONA ocorrem populações e sítios reprodutivos da espécie considerada Vulnerável (VU) pela IUCN, *Dasypops schirchi*. Esses locais estariam próximos das margens do rio e, portanto, mais susceptíveis a eventuais impactos? Qual o tamanho/tendência das populações do sapo *Macrogenioglottus alipioi* na FLONA? Sua população encontra-se estável ou em declínio? As respostas para essas perguntas em um momento pré-rompimento não existem e, por esse motivo, constituem lacunas do conhecimento relevante no que diz respeito à identificação e avaliação dos impactos do evento sobre as espécies da herpetofauna da FLONA de Goytacazes. Sobre essas lacunas, soma-se a ausência de informação adequada sobre o status de conservação de cinco espécies classificadas como Dados Insuficientes pelas listas global, nacional e/ou estadual (DD) (Lista de espécies 7 e 8 do Anexo II), o que dificulta a avaliação da significância dos eventuais impactos sobre elas. Assumindo-se a existência de impactos negativos, qual seria a sua consequência no que diz respeito à conservação dessas espécies em uma escala geográfica mais ampla (estadual/nacional)? Essas questões não são passíveis de serem respondidas baseadas em estudos realizados apenas na área de influência do rompimento da barragem e, portanto, são lacunas intrínsecas ao estado do conhecimento atual sobre o status de conservação de algumas espécies da herpetofauna brasileira.

Ictiofauna

O levantamento de dados secundários permitiu a elaboração de uma lista de espécies com potencial de ocorrência nas proximidades da FLONA de Goytacazes. Levando em consideração que o Plano de Manejo da UC não contempla a ictiofauna e que as informações obtidas a partir do levantamento de

dados secundários não contempla a área da UC (Mapa 17), a caracterização acurada da ictiofauna do local é comprometida, dificultando a identificação dos potenciais impactos do evento sobre a ictiofauna do local. A primeira lacuna que podemos destacar está no fato de que grande parte dos registros obtidos são provenientes de amostras tomadas na calha principal do Rio Doce, diretamente afetada pelo rompimento da barragem e que, muito provavelmente, apresenta uma ictiofauna distinta daquela encontrada dentro das poças temporárias localizadas dentro da UC. Sendo assim, compreender como essas assembleias estão sendo afetadas depende de monitoramento sistemático, para entender como os parâmetros de estrutura das assembleias são afetados com o passar do tempo e identificar a ocorrência e distribuição de espécies sensíveis e/ou ameaçadas de extinção (como *Rachoviscus glacialiceps* e *Xenurolebias izecksohni*). Além disso, pouco se sabe sobre a história natural da maior parte das espécies contidas na listagem, o que impossibilita o apontamento de espécies sensíveis aos diversos impactos sofridos pela ictiofauna do Rio Doce. Outra lacuna percebida é que não existe um mapeamento de corpos d'água temporários na FLONA de Goytacazes. Por se tratar de uma UC é imprescindível que exista tal informação, pois nessas poças temporárias costumam ocorrer espécies anuais de distribuição restrita (grande parte delas endêmicas) e pouco estudadas. Neste caso UCs se configuram como ótimos locais para o estudo dessas espécies que não costumam ser consideradas em levantamentos ligados ao licenciamento ambiental de empreendimentos.

Mapa 17 - Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários.



7.3 MEIO SOCIOECONÔMICO E CULTURAL E DE USO PÚBLICO

- Informações sobre comunidades tradicionais na área de estudo (Zona de Amortecimento da FLONA).

8. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE RESTAURAÇÃO, REPARAÇÃO, MITIGAÇÃO E COMPENSAÇÃO

Para cada impacto identificado e avaliado foram analisadas uma ou mais medidas de restauração, reparação, mitigação ou compensação, quando necessária. Primeiramente avaliou-se se o impacto é de possível restauração, ou seja, se existem medidas capazes de restabelecer as condições socioambientais equivalentes ao estado anterior ao rompimento da Barragem de Fundão.

Para os impactos que foram avaliados como não passíveis de restauração foram propostas medidas de reparação ou mitigação. Tais medidas têm como objetivo a redução e atenuação dos impactos negativos através de soluções possíveis ou tecnicamente viáveis para sua remediação. De acordo com Sánchez (2013), as medidas mitigatórias têm como finalidade a redução da magnitude ou importância dos impactos adversos.

Quando não foram identificadas soluções possíveis ou tecnicamente viáveis para remediação de impactos, ou seja, para os impactos que não podem ser reparados ou mitigados, foram propostas medidas para compensar o dano ambiental gerado por meio da melhoria das condições socioambientais e/ou socioeconômicas das áreas impactadas (TTAC, 2016, p. 11). De acordo com Sánchez (2013) a compensação prevê a substituição de um bem socioambiental perdido, alterado ou descaracterizado por outro bem equivalente ou que desempenhe função equivalente.

Quando os dados e as informações sobre o impacto foram insuficientes para conduzir ações de reparação, mitigação e/ou compensação, apresentando algum tipo de lacuna de informações, quantitativas e/ou qualitativas, que levem a incertezas sobre o comportamento do processo mediante a interação com alguma atividade, ou sobre a efetividade da mesma para a remediação/compensação do impacto, propõem-se a continuidade e aprofundamento dos estudos, de forma complementar a estruturação das medidas propostas.

Por fim, as medidas propostas foram agrupadas em Projetos de acordo com as ações a serem realizadas e áreas do conhecimento.

As medidas apresentadas foram avaliadas quanto a sua prioridade de implementação, considerando os seguintes aspectos: relação com a integridade e objetivos da UC; grau de atendimento e resolução dos impactos; relação com impactos de alta ou muito alta significância (cabe destacar que a avaliação da significância dos impactos inclui a localização do impacto); urgência e prazo de implementação da medida.

A Tabela 51 apresenta a relação dos impactos identificados e avaliados na Unidade de Conservação com as medidas e projetos propostos.

Tabela 51 - Relação dos Impactos com as Medidas e Projetos Propostos

Impacto Avaliado	Medida Proposta	Classificação da Medida	Projeto
------------------	-----------------	-------------------------	---------

(F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F2) Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Monitoramento quali-quantitativo sobre o comportamento das águas subterrâneas (vazão, metais, condutividade, pH) através de coletas de água de poços e nascentes em locais estratégicos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Monitoramento quali-quantitativo sobre o comportamento das águas subterrâneas (vazão, metais, condutividade, pH) através de coletas de água de poços e nascentes em locais estratégicos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica

	Monitoramento de parâmetros qualitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais	Monitoramento de parâmetros qualitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F6) Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
(F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População

	Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F8) Contaminação de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
(F9) Alteração na dinâmica fluvial do Rio Doce	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela

			Segurança Hídrica
	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reuso, etc) em locais estratégicos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (vegetação)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (avifauna)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação

(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (herpetofauna)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (ictiofauna)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Criação em cativeiro das espécies de ambientes temporários para reintrodução	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Monitoramento de anfíbios em ambientes alagáveis do interior da UC	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna)	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (icitoфаuna)	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação

	para a recuperação e manutenção de meso e micro-habitats aquáticos		
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna)	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (herpetofauna)	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna)	Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária para a recuperação e manutenção de meso e micro-habitats aquáticos	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação

	Monitoramento de anfíbios em ambientes alagáveis do interior da UC	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Vigilância patrimonial para monitoramento da área	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B5) Alteração na cadeia trófica (herpetofauna)	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Vigilância patrimonial para monitoramento da área	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária para a recuperação e manutenção de meso e micro-habitats aquáticos	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Criação em cativeiro das espécies de ambientes temporários para reintrodução	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Vigilância patrimonial para monitoramento da área	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação

(B6) Alteração na composição da assembleia (ictiofauna)	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas (ictiofauna)	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves (mastofauna e avifauna)	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia etc.)	Reparação/mitigação	Uso Público
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Vigilância patrimonial para monitoramento da área	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B9) Aumento da extração de palmitos	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia etc.)	Reparação/mitigação	Uso Público
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais que habitam poças temporárias (ictiofauna)	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
	Levantamento das espécies de peixes em ambientes temporários	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação

	Criação em cativeiro das espécies de ambientes temporários para reintrodução	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas	Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/mitigação	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação
(S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos	Implantação de roteiros ecoturísticos adequados a cada UC	Reparação/mitigação	Uso Público
	Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia etc.)	Reparação/mitigação	Uso Público
	Consolidar o Programa de Uso Público (de acordo com Plano de Manejo) – FLONA	Reparação/mitigação	Uso Público
(S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015	Divulgação de dados sobre contaminação e da qualidade das águas ao longo das margens do Rio Doce e ações da F. Renova	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Capacitação ao cultivo de palmito nativo	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Incentivo ao plantio de agroflorestas e manejo de recursos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca	Divulgação de dados sobre contaminação e da qualidade das águas ao longo das margens do Rio Doce e ações da F. Renova	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica

	Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais	Reparação/mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Capacitação ao cultivo de palmito nativo	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Incentivo ao plantio de agroflorestas e manejo de recursos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água	Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reuso, etc) em locais estratégicos	Reparação/mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
	Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/mitigação	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas

8.1 PROJETO DE MELHORIA DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA PELA SEGURANÇA HÍDRICA

Objetivos do Projeto

Este projeto tem os objetivos de apoiar o poder estadual e municipal no planejamento e execução de serviços ambientais e estruturas de saneamento adequadas ao uso sustentável das águas no território onde se insere a Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento; monitorar o comportamento das águas subterrâneas e superficiais, assim como a dinâmica hidrossedimentológica dos córregos da Unidade de Conservação e zonas de confluência com o Rio Doce; avaliar a efetividade e viabilidade da execução de obras de dragagem para desobstrução de zonas de confluência do Rio Doce com córregos tributários localizados na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação; e promover a interação socioambiental para garantia da segurança hídrica na bacia do Rio Doce através da melhoria do abastecimento e saneamento ambiental além da divulgação de dados e informações sobre a qualidade das águas do Rio Doce.

Medidas do Projeto

- Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo.

- Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reuso, etc) em locais estratégicos.
- Monitoramento quali-quantitativo sobre o comportamento das águas subterrâneas (vazão, metais, condutividade, pH) através de coletas de água de poços e nascentes em locais estratégicos.
- Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS
- Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos.
- Divulgação de dados sobre contaminação e da qualidade das águas ao longo das margens do Rio Doce e ações da Fundação Renova.

8.1.1 Medida 1 - Expansão das atividades de abastecimento e saneamento ambiental, relativas aos Programas 31 e 32 da Fundação Renova, para a área de estudo

Importância da Medida

Contribuir com eficiência de mecanismos de gestão territorial capazes de promover redução da carga de matéria orgânica e outros efluentes que possam estar sendo lançados no sistema fluvial do Rio Doce. Ao promover a expansão das atividades de saneamento ambiental, a água tratada apresentará menor carga de matéria orgânica, originada principalmente pela contaminação microbiológica derivada do esgoto doméstico, e com isso o oxigênio dissolvido estará mais disponível para as espécies da flora e fauna aquática, contribuindo com o aumento da qualidade do ambiente e o aumento dos indivíduos.

Assim, os impactos atendidos pela medida são (F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica; (F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas; (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce; (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna, herpetofauna, ictiofauna).

Objetivo da Medida

Fomentar e apoiar tecnicamente o município de Linhares (ES), onde se insere a UC a implementação de sistemas de tratamento de água (ETAs) e esgoto (ETEs).

Prioridade

A medida tem prioridade **Alta** pois tem relação direta com a integridade da Unidade, mitiga os impactos de alta significância e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

A extensão é na UC e na sua Zona de Amortecimento. ETAs poderiam ser instaladas nas UCs, mais próximo as nascentes. ETEs poderiam ser instaladas nas ZA, em locais mais próximos da confluência dos rios tributários com o Rio Doce.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 31 - Coleta e tratamento de esgoto e destinação de resíduos sólidos: disponibilização de recursos financeiros para saneamento básico dos municípios impactados.

- Objetivo: Disponibilização de recursos para planos de saneamento básico, esgoto, lixões e aterros.

Programa 32 - Melhoria do sistema de abastecimento de água: implementação de ações que reduzem a dependência de abastecimento direta do Rio Doce e melhoram o tratamento de água (ETAs).

- Objetivo: Construção de sistemas alternativos de captação e melhoria das estações de água.

8.1.2 Medida 2 - Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reuso, etc) em locais estratégicos

Importância da Medida

A importância dessa Medida está relacionada a possibilidade de suprimento de algum tipo de demanda de água dentro da UC e sua Zona de Amortecimento. Tais demandas podem ser relacionadas às necessidades mais imediatas de usos da água, tais como irrigação, limpeza, dessedentação de animais ou mesmo consumo humano, mediante um tratamento adequado, mas também poderão servir como reservas de armazenamento no caso do surgimento de necessidades emergenciais. Neste caso, pode-se exemplificar a importância de alternativas de armazenamento para situações vivenciadas pela população local como no período imediatamente posterior ao desastre do rompimento da Barragem de Fundão, que teve o abastecimento de água da região prejudicado em detrimento das altas concentrações de rejeito e outros sedimentos no Rio Doce.

Portanto, a proposta tem como foco a proposição de formas alternativas de captação e armazenamento das águas pluviais dentro da UC e em sua Zona de Amortecimento. Ou seja, com o uso de técnicas relativamente simples de se instalar, que não dependam da perfuração de novos poços ou novas barragens, tais como a instalação de cisternas e sistemas de água de reuso.

Os impactos atendidos pela medida são (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce; (S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água.

Objetivo da Medida

Construir e operacionalizar sistemas de captação de água mais eficientes e alternativos próximo as instalações e demandas de uso de água existentes dentro da UC e sua ZA.

Prioridade

A medida tem prioridade **Alta** pois tem relação direta com a integridade da Unidade, mitiga os impactos de alta significância e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

A extensão da medida é na UC e sua ZA, próximo a instalações da UC.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 32 - Melhoria do sistema de abastecimento de água: implementação de ações que reduzem a dependência de abastecimento direta do Rio Doce e melhoram o tratamento de água (ETAs).

- Objetivo: Construção de sistemas alternativos de captação e melhoria das estações de água.

8.1.3 Medida 3 - Monitoramento quali-quantitativo sobre o comportamento das águas subterrâneas (vazão, metais, condutividade, pH) através de coletas de água de poços e nascentes em locais estratégicos

Importância da Medida

A geração de dados quali-quantitativos sobre o comportamento das águas subterrâneas na área de estudo alinhada a estudos de órgãos oficiais (tais como CPRM, ANA) sobre a bacia do Rio Doce permitirá a construção de um banco de dados e, futuramente, o cruzamento sistemático e geração de informações sobre os aquíferos. Esses dados e informações possibilitarão estudos de tendências sobre o comportamento e qualidade dos aquíferos e das áreas de recarga, consubstanciando o planejamento e gestão do território da UC e Zona de Amortecimento, por exemplo, para administração de conflitos nos usos da água, liberação de outorgas de captação de mananciais, barramentos, irrigação e outras atividades abrangidas pela Zona de Amortecimento da UC.

Os impactos atendidos pela medida são (F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica; (F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas.

Objetivo da Medida

Caracterizar e monitorar as águas subterrâneas do território da UC e sua Zona de Amortecimento através de coletas e análises sistemáticas de parâmetros como vazão, metais, condutividade, pH, entre outros, nas nascentes e poços locais.

Prioridade

A medida tem prioridade **Alta** pois tem relação direta com a integridade da Unidade, mitiga os impactos de alta significância e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

Nascentes e poços localizados na Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 26 - Recuperação de Áreas de Preservação Permanente: aqui entra o projeto de Escalonamento de áreas prioritárias para restauração de APP e ARH (áreas de recarga hídrica).

- Objetivo: Recuperação de APPs degradadas do Rio Doce definidas como fontes de abastecimento.

Programa 27 - Recuperação de nascentes: aqui também entra o projeto de Escalonamento de áreas prioritárias para restauração de APP e ARH (áreas de recarga hídrica).

- Objetivo: Recuperação de cinco mil nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

8.1.4 Medida 4 - Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos do Rio Doce na UC e ZA, através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS

Importância da Medida

Propõem-se a execução desta medida por um período de um a dois anos. Sua execução contribuirá com o maior conhecimento sobre a dinâmica das águas e dos sedimentos no sistema fluvial local através da ampliação dos pontos de coleta e análise de parâmetros metodologicamente já estabelecidos pelo PMQQS.

É importante que, para uma caracterização adequada da estrutura e funcionamento da medida este monitoramento seja feito a cada dois meses, no mínimo, nos pontos de amostragem em trechos do Rio Doce localizados próximo a margem que abarca a Zona de Amortecimento da UC, e dessa forma, possibilitando que nas amostras sejam contempladas alguma influência mais direta dos fluxos de superfície e subsuperfície originados da porção da planície fluvial onde está assentada a FLONA. Sugere-se que sejam incluídos ao menos 3 pontos de amostragem distribuídos ao longo da ZA. É importante que cada ponto seja georreferenciado, e caracterizado ao menos qualitativamente do ponto de vista de estrutura e uso da terra.

Em todos os pontos e em todas as amostragens devem ser quantificados turbidez, temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido. Outras variáveis a serem monitoradas a cada dois meses, no mínimo, são: Descargas líquidas, Descargas sólidas, Granulometria (frações de areia, argila e silte) e qualidade dos sedimentos, Sólidos Dissolvidos totais, Sólidos em suspensão totais, Sólidos totais,

Alumínio dissolvido, Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Magnésio total, Mercúrio total, Níquel total, Selênio total, Zinco total, Coliformes termotolerantes, Coliformes totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Ferro Total, Manganês Dissolvido, Fósforo total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal total, Nitrogênio orgânico, Potássio dissolvido, e o biomonitoramento de macroinvertebrados. Este último poderá contribuir, de forma mais direta para a avaliação continuada de possíveis mudanças nas condições ecológicas, nas reações funcionais e na produtividade das comunidades bióticas aquáticas. Recomenda-se também a avaliação da estratigrafia dos sedimentos, uma vez que esta contribuirá com a identificação dos tipos e volume dos materiais que tem sido depositado no trecho do Rio Doce analisado.

Com o tempo, a sistematização dos dados coletados contribuirá para o planejamento e gestão do uso das águas na UC e sua ZA, compondo os estudos necessários para a atualização do seu Plano de Manejo.

Os impactos atendidos pela medida são (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa; (F2) Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais; (F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica; (F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas; (F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; (F9) Alteração na dinâmica fluvial do Rio Doce; (B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas; (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce.

Objetivo da Medida

- Expandir o levantamento e análise de alguns parâmetros de qualidade e quantidade de água e sedimentos do PMQQS para trechos do Rio Doce dentro dos limites da ZA da UC.
- Conhecer e acompanhar as condições limnológicas dos trechos do Rio Doce dentro dos limites da ZA da UC.
- Identificar tipos, qualidade e volume de sedimentos que pode ter se acumulado, ou ainda estar se acumulando no trecho do Rio Doce abarcado pela da ZA da UC, antes e após o desastre de Fundão, através do monitoramento da estratigrafia dos sedimentos.

Prioridade

A medida tem prioridade **Média**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, mitiga impactos de alta e/ou muito alta significância, e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

Trecho do Rio Doce localizado dentro dos limites da Zona de Amortecimento da UC.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 38 - Monitoramento PMQQS da água e dos sedimentos em caráter permanente. Contempla também avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

- Objetivo: Desenvolvimento de programa de monitoramento permanente de água e sedimentos.

8.1.5 Medida 5 - Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos

Importância da Medida

Na Zona de Amortecimento da UC ocorre deposição de grande quantidade de sedimentos relacionados a processos erosivos, hidrológicos e de acumulação do sistema fluvial, mas que também estão atrelados ao potencial acúmulo de material inconsolidado originado do fluxo de rejeito da Barragem de Fundão.

A partir dos resultados do Diagnóstico, aparentemente, boa parte dos sedimentos que podem ter se depositado na área de estudo (planície, bancos de areias, ilhas fluviais, zonas de confluência de rios tributários e na própria calha do rio) em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, já foram transportados pelo Rio Doce. Lembrando que já se passaram pouco mais de 3 anos após o desastre, e os fluxos do Rio, intensificados nos períodos chuvosos, se encarregaram de transferir esses sedimentos, caracteristicamente leves (basicamente silte e argila) em direção a sua jusante. O fato de não se ter dados quantitativos sobre a deposição do rejeito na área de estudo também dificulta a mensuração exata das áreas atingidas. Estas foram identificadas pelos especialistas a partir da tendência de comportamento dos sedimentos nos trechos de baixa energia e que funcionam como “armadilhas de sedimentos”, e também por relatos da população entrevistada, que indicou os locais onde o material se acumulou durante a passagem da onda de rejeito, e até o final da primeira estação chuvosa (2015/2016). Assim, não foi possível delimitar manchas deposicionais ou mesmo o volume dos sedimentos lamosos acumulados, que se originaram do desastre, e por isso, sem o aprofundamento de tais informações, não se pode avaliar a efetividade da técnica de dragagem ou mesmo a quantidade de sedimentos que precisariam ser dragados. Obras de dragagem executadas sem as avaliações dos riscos de sua condução em sistemas fluviais podem desencadear novos impactos na morfologia dos canais: com o aprofundamento da calha, o rio buscará por um novo nível de base, intensificando o fluxo no trecho e intensificando processos de produção e transporte de sedimentos que atuarão em dois sentidos: (i) no sentido encosta-canal, modificando a seção transversal do rio, e (ii) no sentido montante-jusante, a partir de processo erosivos remontantes na calha. Esses efeitos, além de alterar a morfologia e dinâmica fluvial, elevam a carga de sedimentos na coluna d'água, trazendo outras consequências para a qualidade da água (elevação da turbidez, redução de luminosidade e oxigênio dissolvido na água, etc).

Feita tais considerações pondera-se que não se deve descartar a possibilidade da dragagem subsidiar na requalificação dos trechos fluviais assoreados, como zonas de confluência dos córregos tributários com o Rio Doce por exemplo. Porém a real necessidade e viabilidade de sua aplicação depende da prévia avaliação dessa atividade para os locais da Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação indicados como trechos potenciais a retenção dos sedimentos e, portanto, também do rejeito.

Assim, a análise do risco de condução de dragagem é recomendada como uma demanda necessária para suprir lacunas de informações sobre a dinâmica dos sedimentos no trecho do Rio Doce e zonas de confluência na Zona de Amortecimento da UC, de forma que, a partir do aprofundamento deste estudo seja possível avaliar a possibilidade de implementação dessa técnica na área de estudo.

Os impactos atendidos pela medida são (F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; (F9) Alteração na dinâmica fluvial do Rio Doce; (B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna, ictiofauna); (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna, herpetofauna, ictiofauna).

Objetivo da Medida

Analisar a efetividade, viabilidade de execução, e os riscos (para a dinâmica fluvial, comunidades ecológicas, e população) da operação de obras de dragagem no trecho do Rio Doce e zonas de confluência com tributários dentro da Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação potencialmente atingidos pelo fluxo de rejeito originado do rompimento de Fundão.

Prioridade

A medida tem prioridade **Baixa**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, não mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em médio prazo.

Extensão

Os trechos, a priori, indicados para se realizar tal medida estão localizados na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação. São os vales e ilhas fluviais do Rio Doce e zonas de confluência com córregos tributários abarcados pelos limites da ZA.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 23 - Manejo de rejeito.

- Objetivo: Avaliação de impacto dos rejeitos, recuperação das áreas e tratamento dos sedimentos.

8.1.6 Medida 6- Divulgação de dados sobre contaminação e da qualidade das águas ao longo das margens do Rio Doce e ações da F. Renova

Importância da Medida

A comunicação mais efetiva tende a resultar na diminuição dos conflitos e tensões decorrentes dos impactos e possibilitar engajamento da população do entorno e do interior da UC no processo de recuperação da área. Ao promover o maior acesso às informações e transparência nas metodologias que vêm sendo adotadas para descontaminação do Rio Doce, fomenta-se a participação e inclusão da comunidade atingida no processo de requalificação e reterritorialização dos espaços na bacia que historicamente os pertencia.

Os impactos atendidos pela medida são (S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015; (S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca.

Objetivo da Medida

Dotar a comunidade de informações acerca da qualidade da água e de demais ações da Fundação Renova.

Prioridade

A medida tem prioridade **Média**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, não mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em curto prazo.

Extensão

Interior e Zona de Amortecimento das UCs.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 33 – Educação para Revitalização das Bacia do Rio Doce

- Objetivo: O programa contempla a implementação de medidas de educação ambiental em parceria com as prefeituras dos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão.

8.2 PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS VALES E PLANÍCIES FLUVIAIS PARA A POPULAÇÃO

Objetivos do Projeto

Os objetivos desse projeto são: avaliar as características e comportamento dos solos na planície fluvial do Rio Doce, onde está localizada a FLONA de Goytacazes, identificando possíveis tendências a contaminação do ambiente e das comunidades biológicas pela eventual inundação e consequente deposição de sedimento pelas cheias do rio; e contribuir com o uso sustentável dos solos dos vales e planícies fluviais.

Medidas do Projeto

- Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial.
- Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce.
- Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais.

8.2.1 Medida 1 – Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial

Importância da Medida

Esta é uma medida proposta a partir da identificação de lacunas de conhecimento sobre os sistemas pedológicos da área de estudo. Com exceção de trabalhos em pequena escala cartográfica, que estabelecem características gerais para grandes áreas territoriais, pouco se sabe sobre a qualidade dos solos da UC e sua Zona de Amortecimento. Contudo, é de suma importância que sejam realizadas análises atuais para identificação das condições estruturais (porosidade, textura, agregados), químicas e biológicas locais desses solos, principalmente nas planícies fluviais localizadas na Zona de Amortecimento da UC. Estas são áreas periodicamente inundadas pelo extravasamento do Rio Doce e, portanto, podem ter sido contaminadas pela deposição de rejeito ou metais pesados revolidos pela força da onda de lama gerada pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Os impactos atendidos pela medida são (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa; (F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; (F6) Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados; (F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito; (F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais.

Objetivo da Medida

Caracterizar as atuais condições pedológicas das planícies fluviais do Rio Doce no trecho que compreende a Zona de Amortecimento da UC, a partir da identificação de aspectos estruturais (porosidade, textura, agregados) e qualitativos (concentração de nutrientes e metais) dos solos dessas áreas, tendo em vista a avaliação de fragilidades e potencialidades de usos sustentáveis para o território.

Prioridade

A medida tem prioridade **Alta** pois tem relação direta com a integridade da Unidade, mitiga os impactos de alta ou muito alta significância, e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

Esta medida deve ser aplicada na planície fluvial do Rio Doce compreendida pelos limites da Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 23 - Manejo de rejeito.

- Objetivo: Avaliação de impacto dos rejeitos, recuperação das áreas e tratamento dos sedimentos.

Programa 38 - Monitoramento PMQQS da água e dos sedimentos em caráter permanente. Contempla também avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

- Objetivo: Desenvolvimento de programa de monitoramento permanente de água e sedimentos.

8.2.2 Medida 2 - Monitoramento dos solos da planície fluvial e avaliação da contaminação do ambiente e comunidades biológicas da FLONA de Goytacazes pela eventual inundação e consequente depósito de sedimento pelo Rio Doce

Importância da Medida

Esta é uma medida que deve ser desenvolvida em decorrência do diagnóstico dos solos nas planícies fluviais, complementando lacunas de informações sobre sua qualidade e comportamento na planície fluvial na Zona de Amortecimento da UC.

O monitoramento dos solos e avaliação da contaminação do ambiente e das comunidades biológicas da FLONA tem como prerrogativa atender ao anseio da população local, que durante a expedição de campo se mostrou preocupada com a sua possível contaminação e da biodiversidade. A FLONA de Goytacazes está situada na planície de inundação do Rio Doce. Registros históricos recentes indicam que é certa a eventual inundação da FLONA, com a provável deposição de sedimentos contaminados. Desde o rompimento da Barragem do Fundão, o nível do Rio Doce permaneceu dentro da calha, de tal forma que ainda estamos em tempo de caracterizar o ambiente da FLONA num cenário pré-contaminação. Sugere-se, portanto, a condução de um projeto de amostragem quantificando a concentração de metais nos solos e assembleias biológicas, antes e depois da inundação da FLONA pelas cheias do Rio Doce. As análises químicas deverão incluir metais cujas concentrações foram elevadas com a passagem da pluma de rejeitos (minimamente Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg, Zn).

Para execução desta medida aconselha-se que, de acordo com a extensão da planície (sentido longitudinal e transversal ao canal do Rio Doce), sejam selecionados pontos de coleta sistemáticos, em topossequência, identificando características pedológicas locais e a variação das concentrações de metais, por exemplo, ao longo do perfil.

Dada a heterogeneidade da composição química de solos, é recomendável que esta amostragem seja replicada em diversos pontos da FLONA, sendo cada ponto representado por várias subamostras. É também recomendável que esta análise química seja feita, minimamente, a duas ou três profundidades.

Organismos a serem monitorados devem necessariamente ter limitada vagilidade, de tal forma que se possa assegurar que uma eventual contaminação medida é resultante da entrada de água e sedimento contaminado. Organismos de alta vagilidade podem ter acumulado metais tanto dentro quanto fora da FLONA, o que limitaria em absoluto a interpretação dos resultados obtidos. Estes organismos podem incluir, por exemplo, comunidades de solo; comunidades de poças temporárias; e/ou plântulas da vegetação terrestre. Pode-se ainda acoplar a análise de metais à análise de isótopos estáveis que permitam testar não apenas a contaminação de metais, mas a sua amplificação (biomagnificação) ao longo de cadeias alimentares.

Dentre alguns dos organismos que compõem as comunidades de poças temporárias, podemos destacar as espécies de peixes anuais (família Cynolebidae), que em geral possuem distribuições muito restritas e sendo, desta forma, naturalmente vulneráveis (Rosa & Lima, 2008). São espécies que apresentam rápido crescimento inicial, maturidade sexual precoce e curto ciclo de vida (Costa, 2002). Peixes anuais apresentam hábitos oportunistas e geralmente são os maiores e mais conspícuos predadores do ambiente, onde se alimentam principalmente de invertebrados aquáticos (Keppeler et al. 2015).

Idealmente este projeto deverá incluir ainda (i) o monitoramento do nível d'água do Rio Doce e (ii) a instalação de amostradores passivos de sedimento replicados no interior da FLONA, instalados alguns centímetros acima do nível do solo para evitar contaminação com solo erodido da própria FLONA. O sedimento capturado pelos amostradores deverão ser caracterizados para granulometria e análise dos metais cujas concentrações foram elevadas com a passagem da pluma de rejeitos (minimamente Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg, Zn). Estas duas informações,

Com o tempo, será gerado um banco de dados de qualidade dos solos e das comunidades biológicas que habitam a planície. Esses dados, associados ao modelo hidrológico ora em desenvolvimento como parte dos projetos contratados pela Renova, permitirão estimar de forma aproximada a carga de metais total depositada na FLONA, e se o ambiente pode ainda sofrer algum tipo de contaminação oriunda do rejeito da Barragem de Fundão ou pelo material revolvido do fundo da calha pela força da onda de rejeito. O monitoramento dos solos e das comunidades pode ser realizado a cada trimestre, pelo período de um ano a dois anos. Assim, será possível comparar os resultados ao longo de pelo menos duas estações chuvosas e de estiagem.

Os impactos atendidos pela medida são (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa; (F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; (F6) Degradação da morfologia da calha do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e vales de corpos d'água marginais: alteração na granulometria dos sedimentos e na estrutura dos agregados; F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito; (F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais.

Objetivo da Medida

Identificar possíveis mudanças na qualidade dos solos e tendências das condições pedológicas das planícies fluviais na Zona de Amortecimento da UC, através de levantamentos e análises sistemáticas de parâmetros físico, químicos e biológicos.

Prioridade

A medida tem prioridade **Alta** pois tem relação direta com a integridade da Unidade, mitiga os impactos de alta ou muito alta significância, e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

Esta medida deve ser aplicada na planície fluvial do Rio Doce compreendida pelos limites da Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 23 - Manejo de rejeito.

- Objetivo: Avaliação de impacto dos rejeitos, recuperação das áreas e tratamento dos sedimentos.

Programa 38 - Monitoramento PMQQS da água e dos sedimentos em caráter permanente. Contempla também avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

- Objetivo: Desenvolvimento de programa de monitoramento permanente de água e sedimentos.

8.2.3 Medida 3 - Manejo e apoio no uso sustentável dos solos na planície de inundação e ilhas fluviais

Importância da Medida

É considerada uma medida adequada para a reparação/mitigação dos impactos em razão da forte expressão do uso da terra para a atividade agrícola e pecuária. Esta atividade pode ser desenvolvida em parceria com instituições que atuem no local ou na região, e que já tenham conhecimento sobre as necessidades de pequenos produtores rurais, aptidões e fragilidades dos solos, assim como incentivar a captação de renda para a região. Sugere-se, por exemplo, contatos com a CEPLAC, EMATER, EMBRAPA, institutos de educação e universidades, os quais, em geral, possuem projetos já estruturados que podem ser aplicados na área de estudo tendo em vista o manejo e a sustentabilidade dos solos.

A medida de manejo e apoio ao uso sustentável dos solos pretende alinhar a requalificação do meio físico com retornos diretos para a comunidade local. Um exemplo é o desenvolvimento de oficinas que incentivem a produção e aplicação de técnicas de bioengenharia, a partir de materiais produzidos no local pela população e que podem ser utilizadas para requalificação ambiental e, mais adiante, geração de renda. O Projeto Borassus, desenvolvido pelo laboratório LAGESOLOS da UFRJ/RJ, incentiva a produção de biotêxtil a partir da fibra de plantas cultivadas pela população local para recuperar áreas erodidas. O trabalho já foi desenvolvido no Maranhão, Rio de Janeiro e São Paulo.

Os impactos atendidos pela medida são (F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito; (F8) Contaminação de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito; (F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais; (B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves; (B9) Aumento da extração de palmitos; (S2) Perda de produção agropecuária e piscicultura (2015); (S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca.

Objetivo da Medida

Contribuir para a recuperação dos solos na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação.

Prioridade

A medida tem prioridade **Média**, pois tem relação direta com a integridade da Unidade, não mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em um curto prazo.

Extensão

A extensão é na Zona de Amortecimento da UC (planícies de inundação e ilhas fluviais).

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 17 - Retomada das Atividades Agropecuárias:

- Objetivo: Desenvolvimento e execução de programa para o apoio aos agropecuários.

Mais especificamente aos Projetos:

- Projeto de Reparação e Adequação de Infraestrutura Rural
- Projeto de Agregação de Valor e Comercialização
- Processo de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária
- Processo de Gestão e Monitoramento

8.3 PROJETO DE RECUPERAÇÃO, MANEJO E CONECTIVIDADE DAS FLORESTAS

A FLONA de Goytacazes abriga uma floresta aluvial madura que sofre alagamento ocasional por conta do extravasamento do Rio Doce durante períodos de grande cheia, que ocorrem em média a cada 10 anos. A FLONA apresenta uma rica fauna de vertebrados terrestres, em parte já conhecida, e vegetação característica, com diversas espécies ameaçadas. No entanto, encontra-se isolada de fragmentos florestais adjacentes, o que limita o fluxo gênico entre as populações de vertebrados de maior porte e espécies de hábitos exclusivamente florestais, o que a longo prazo pode levar à extinção local de várias espécies e à perda de funções dentro do ecossistema.

Uma das consequências indiretas do rompimento da barragem observada foi o aumento da caça e da extração de palmito, dentro da UC e em seu entorno, incluindo a ZA. O impacto causado pela remoção de espécies de interesse cinegético e para consumo humano acentua o efeito resultante do isolamento da UC. Propõe-se, portanto, dentro deste projeto, a recomposição da cobertura vegetal com foco em espécies nativas, especialmente o palmito, de grande importância como recurso alimentar para a fauna, e ainda o reestabelecimento da conectividade entre a UC e demais áreas florestadas do entorno.

Objetivos do Projeto

Este projeto objetiva coibir a extração ilegal de palmito dentro da FLONA, melhorar a qualidade e a diversidade da vegetação, recompor a cobertura vegetal de APPs e estabelecer corredores que conectem fragmentos florestais da região. Assim, tanto perdas biológicas quanto sociais (e.g. abastecimento e relações humanas com o rio) poderão ser mitigadas.

Medidas do Projeto

- Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara.
- Capacitação ao cultivo de palmito nativo.
- Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais.
- Incentivo ao plantio de agroflorestas e manejo de recursos florestais.

8.3.1 Medida 1 Projeto de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara

Importância da Medida

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são espaços territoriais especialmente protegidos que têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. O Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) define as APPs e as restrições de seu uso, estabelecendo que intervenção ou a supressão de vegetação nativa em APP somente ocorrerá em caso de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental.

As APPs têm significativa importância para a garantia da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. A recuperação de APPs é de fundamental importância para a produção de água no interior da UC, como também para o fortalecimento da Zona de Amortecimento e para a diminuição da degradação das águas do Rio Doce e melhoria de sua quantidade e qualidade.

Os peixes de riachos da região Neotropical apresentam alta dependência da vegetação ripária para alimentação abrigo e reprodução (Henderson & Walker, 1986; Lowe-McConnell, 1987; Agostinho & Júlio Jr., 1999). Faixas ripárias íntegras promovem retenção de sedimentos, reduzindo o processo de assoreamento e a consequente perda de habitat; estabilidade de fluxo e de margens; regulação da temperatura e da produtividade primária; manutenção da estrutura e complexidade interna dos riachos, através do *input* de folhas, troncos, galhos e raízes; e recursos alimentares (Pusey & Arthington 2003; Ferreira et al. 2012; Zeni & Casatti 2014).

Essa medida se refere aos impactos: (F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas; (F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais; (F7) Soterramento de planícies fluviais pela deposição de lodo de rejeito; (F10) Alteração no regime hídrico de planícies fluviais; (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce; (F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce; (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (macrófitas, avifauna, herpetofauna e ictiofauna); (B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna); (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna, herpetofauna e ictiofauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna, herpetofauna); (B9) Aumento da extração de palmitos; (S4) Perda de fonte de abastecimento de água/perda de acesso a água.

Objetivo da Medida

Recuperar áreas de nascentes e APPs as quais se encontram degradadas a fim de melhorar a qualidade da água do Rio Doce e seus afluentes, fomentando a recuperação da biodiversidade local. Dentre as espécies de plantas nativas que serão utilizadas nesse projeto destaca-se o palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.), o qual, segundo relato de moradores locais, tem sofrido pressão de extração ilegal. Além disso, os frutos do palmito servirão como importante fonte de alimento e atrativo para diversas espécies de aves e mamíferos, algumas das quais ameaçadas de extinção. Estes animais são importantes dispersores das sementes de diversas espécies de árvores típicas de florestas maduras, dispersando sementes não apenas dentro, mas também entre os fragmentos florestais, aumentando assim a biodiversidade local.

Prioridade

Esta medida possui **Alta** prioridade, pois atenderá a seis impactos com importância alta, com necessidade de implementação imediata e a curto prazo.

Extensão

A medida será aplicada na UC e na sua ZA.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 26 – Recuperação de APPs

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

Programa 39 – Unidades de Conservação

- Objetivo: Custear estudos referentes aos impactos nas Unidades de Conservação diretamente afetadas pelo rompimento e implementar ações de reparação. Além disso, tem por objetivo também custear, em caráter compensatório, ações referentes à consolidação de duas Unidades de Conservação e implementação da Área de Proteção Ambiental na Foz do Rio Doce.

8.3.2 Medida 2 Capacitação ao cultivo de palmito nativo

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (B9) Aumento da extração de palmitos; (S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015; (S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca. Sua importância está em envolver a comunidade moradora da UC e em sua ZA em atividade de recuperação dos estoques de palmito juçara, espécie-chave da Mata Atlântica, importante fonte de alimento de grande número de aves e mamíferos. A oportunidade de incluir os moradores no processo de produção de mudas do palmito pode contribuir para o aumento do estoque natural e possibilitar alternativa de trabalho e de renda para aqueles que sofreram perdas de produção decorrentes da passagem da lama de sedimentos, além de diminuir a extração ilegal de palmitos de dentro da FLONA.

Objetivo da Medida

Envolver a comunidade da UC e da Zona de Amortecimento na recuperação dos estoques de palmito juçara na região. A capacitação dos moradores locais para o desenvolvimento de cultivo comercial de palmito também pode ser realizada.

Prioridade

Considerando que a medida atende a três impactos de baixa e média significância, a prioridade para esta medida é **Média** com implementação a médio prazo.

Extensão

A medida será aplicada no interior da UC e sua Zona de Amortecimento.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 17 – Retomada das atividades agropecuárias

Projeto de Reparação e Adequação de Infraestrutura Rural; Projeto de Agregação de Valor e Comercialização; Processo de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária; Processo de Gestão e Monitoramento.

Programa 26 – Recuperação de APPs

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

Programa 27 – Recuperação de Nascentes

- Objetivo: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

8.3.3 Medida 3. Incentivo ao plantio de agroflorestas e manejo de recursos florestais

Importância da Medida

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são cultivos que combinam a lavoura, horta e/ou roça com introdução de espécies de arbustos e árvores de ciclo curto e longo de forma planejada. Dessa maneira, culturas exóticas anuais e pastagens poderiam ser substituídas, paulatinamente, por florestas com rendimento econômico. Dentre outras características, os SAFs auxiliam na conservação ambiental, na melhoria do solo e da água, e na conservação da fauna (SÃO PAULO, 2007).

Essa medida se refere aos impactos: (S2) Desalento pela perda de produção agropecuária e/ou piscicultura em 2015; (S3) Perda de áreas de produção agrícola, pecuária e de pesca. Sua importância está em melhorar as condições ambientais de produção na ZA da UC, envolvendo produtores e trabalhadores, recuperando a auto-estima e fortalecendo os vínculos com a terra e com o trabalho. Os SAFs também contribuem com a melhoria da permeabilidade da matriz no entorno da UC, facilitando a dispersão entre fragmentos adjacentes, de modo a favorecer a dinâmica metapopulacional.

Objetivo da Medida

Incentivar a conversão de pastagens e monoculturas da ZA em Sistemas Agroflorestais, de modo a melhorar a qualidade ambiental da ZA, bem como o envolvimento da comunidade local nos esforços pela proteção da UC.

Prioridade

A medida atende a dois impactos de baixa e média significância e tem prioridade **Média** e médio prazo de implementação.

Extensão

Propriedades rurais na Zona de Amortecimento da FLONA.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 17 – Retomada das atividades agropecuárias

Projeto de Reparação e Adequação de Infraestrutura Rural; Projeto de Agregação de Valor e Comercialização; Processo de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária; Processo de Gestão e Monitoramento.

Programa 26 – Recuperação de APPs

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

Programa 27 – Recuperação de Nascentes

- Objetivo: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

8.3.4 Medida 4. Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce; (F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce; (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (macrófitas, avifauna, herpetofauna e ictiofauna); (B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna); (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna, herpetofauna e ictiofauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna, herpetofauna, ictiofauna); (S4) Perda de fonte de abastecimento de água/ perda de acesso a água.

Um modelo de conservação bastante defendido no meio científico, é o modelo de Unidades de Conservação conectado por corredores ecológicos, os quais formam uma rede de habitats que possibilitam a conexão genética das populações e aumento da biodiversidade. Populações de fragmentos isolados possuem menor probabilidade de sobrevivência do que populações de fragmentos conectados entre si, principalmente se considerarmos a sobrevivência a longo prazo (LEFKOVITCH & FAHRIG, 1985). Corredores ecológicos efetivos são, portanto, de grande importância para garantir a dinâmica de metapopulações em paisagens fragmentadas como as do baixo Rio Doce.

Objetivo da Medida

Indicar áreas prioritárias para reflorestamento e locais para que se restabeleça a conectividade entre fragmentos florestais ao redor da UC.

Prioridade

Esta medida possui **Alta prioridade**, pois atende a sete impactos, dentre os quais quatro com alta significância. Deve ser implementada a curto prazo e de forma imediata a fim de mitigar tais impactos.

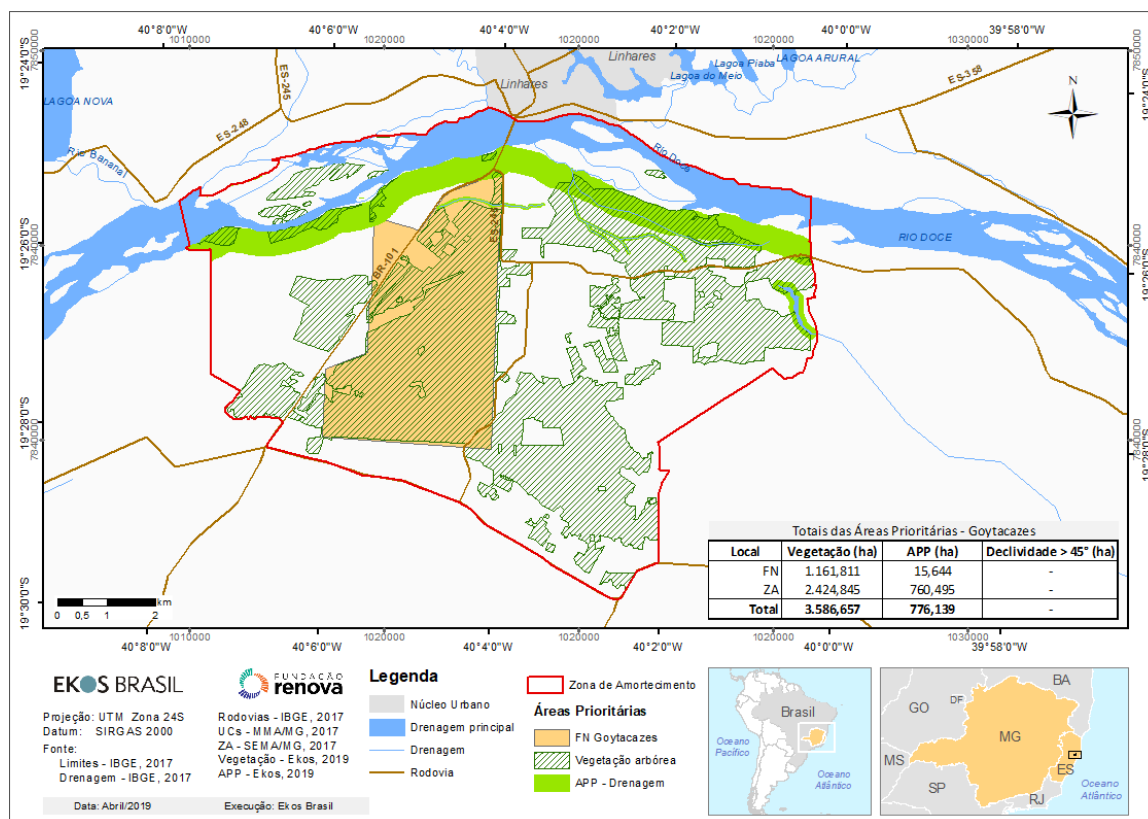
Extensão

A extensão é na ZA e região da UC indicada pelo levantamento (Vide Mapa 18).

São sugeridas como áreas prioritárias as Áreas de Preservação Permanente com capacidade de reconectar os remanescentes de vegetação natural no entorno da UC. Estas APPs assumem papel de corredores ecológicos, facilitando o deslocamento de indivíduos da fauna local entre os remanescentes

florestais, aumentando o fluxo gênico da paisagem, a dispersão de sementes e propágulos de vegetação nativa e a recuperação da complexidade estrutural dos ambientes aquáticos associados.

Mapa 18 - Áreas Prioritárias da FLONA de Goytacazes



Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 26 – Recuperação de APPs

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

Programa 27 – Recuperação de Nascentes

- Objetivo: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

8.4 PROJETO DE MANEJO DE FAUNA E VEGETAÇÃO

Objetivos do Projeto

Recompor parcialmente a biota local original por meio do manejo de fauna e flora, promovendo o restabelecimento de importantes serviços ecossistêmicos que foram perdidos ou severamente comprometidos.

Medidas do Projeto

- Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização;
- Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária para a manutenção de meso e micro-habitats aquáticos;
- Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projeto de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes;
- Levantamento das espécies de peixes em ambientes temporários (FLONA).
- Criação em cativeiro das espécies de peixes de ambientes temporários para reintrodução (FLONA).
- Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce.
- Monitoramento de anfíbios em ambientes alagáveis do interior da UC
- Reintrodução de mamíferos e aves (FLONA).
- Vigilância patrimonial para monitoramento da área (FLONA).

8.4.1 Medida 1 Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce, tributário e corpos d'água da UC e ZA, através de projeto de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (ictiofauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna); (B6) Alteração na composição da assembleia de peixes; e (B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas.

Trata-se de medida permanente e de eficiência reduzida no que se refere a exclusão de espécies introduzidas, mas tendo grande importância na conscientização a longo prazo a respeito da introdução de novas espécies e no trato das que já foram introduzidas. A introdução de novas espécies em ecossistemas saudáveis é um vetor de desequilíbrio e desajuste do estado de estabilidade daquele ambiente. No caso do Rio Doce, onde os impactos citados acima se encontram em andamento, a adição de novas espécies não nativas apenas os aprofundará, reduzindo a resiliências das populações residentes.

Objetivo da Medida

Evitar a introdução de novas espécies exóticas e alóctones nos ambientes aquáticos da ZA, além de controlar as populações já existentes.

Prioridade

Mesmo considerando introduções prévias e consequente presença de espécies exóticas em toda a bacia, esta medida se relaciona com um impacto de significância muito alta e três impactos de significância alta, sendo considerado de **Prioridade Alta**, principalmente para implementação no interior da Unidade de Conservação.

Extensão

Medida restrita à ZA, pois a UC não conta com corpos hídricos permanentes.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

Programa 30 – Fauna e Flora Terrestre

- Objetivo: Desenvolver estudo para identificação e caracterização do impacto do rompimento, na área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento), sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e apresentar plano de ação para conservação da fauna e flora terrestre.

8.4.2 Medida 2. Introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais com o objetivo de garantir a heterogeneidade necessária para a recuperação e manutenção de meso e micro-habitats aquáticos

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna); (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna); e (B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna).

Em casos de degradação ou destruição de habitats aquáticos, a perda de estrutura impossibilita a recuperação dos meso e micro-ambientes, em alguns casos de forma permanente. A introdução de elementos estruturantes naturais ou artificiais, tende a garantir uma recuperação mais acelerada das funções ecológicas perdidas, possibilitando melhoria ambiental e na qualidade da água, através do favorecimento da colonização por organismos cicladores, que além de disponibilizar nutrientes em diversas formas, costumam ser a base das cadeias alimentares aquáticas.

Objetivo da Medida

Recuperar estruturalmente os corpos d'água, garantindo a heterogeneidade ambiental necessária para a recuperação e manutenção da biodiversidade aquática.

Prioridade

Considerando que a recuperação das APPs prevista na medida 1 do item 8.3.1, já tem o potencial de fornecer elementos estruturantes de forma natural e contínua aos tributários e em menor escala ao Rio Doce, esta medida foi considerada de **Prioridade Média**, mesmo se relacionando com um impacto de significância alta, podendo ser adotada como forma de acelerar o processo de recuperação da qualidade ambiental e funções ecológicas relacionadas.

Extensão

Medida restrita à ZA, pois a UC não conta com corpos hídricos permanentes.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 26 – Recuperação de APPs

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação. Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

Programa 27 – Recuperação de Nascentes

- Objetivo: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.3 Medida 3. Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes

Importância da Medida

Por tratar-se de área de floresta aluvial temporariamente alagada, a FLONA de Goytacazes apresenta ambientes formados por poças temporárias que são ambientes propícios para o estabelecimento de espécies endêmicas de peixes e anfíbios. Tais espécies, com distribuição bastante restrita, apresentam ainda grande sensibilidade a alterações no ambiente, e podem ser facilmente impactadas pela próxima

enchente do Rio Doce. Por outro lado, pouco se sabe sobre a ocorrência de tais espécies na área da FLONA, tamanhos populacionais, sua biologia reprodutiva e outros aspectos de história natural.

Essa medida se refere aos impactos: (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (ictiofauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna); (B6) Alteração na composição da assembleia de peixes; e (B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais.

Em alguns casos, quando a redução populacional de algumas espécies torna as populações inviáveis, tendendo à extinção local, a única maneira possível de recuperar funções ecológicas é a reintrodução de espécies chave. Para tal é necessário que seja feito um estudo aprofundado, para a constatação da necessidade e avaliação da viabilidade.

Objetivo da Medida

Avaliar a necessidade e viabilidade de projetos de reintrodução de espécies de peixes sensíveis e endêmicas.

Prioridade

A expansão proposta para o projeto de monitoramento de ictiofauna já tem o potencial de fornecer os dados necessários para a avaliação da necessidade de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas. Caso seja constatada essa necessidade, os estudos de viabilidade deverão ser conduzidos. Tendo em vista a necessidade potencial, esta medida foi considerada de **Prioridade Média**, mesmo se relacionando a três impactos de significância alta e um de significância muito-alta.

Extensão

A medida se aplica à ZA e à UC.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.4 Medida 4. Levantamento das espécies de peixes em ambientes temporários (FLONA)

Importância da Medida

A FLONA de Goytacazes não apresenta corpos d'água permanentes, e sua conexão com o Rio Doce ocorre apenas em eventos de cheias extremas, com periodicidade de cerca de 10 anos. Durante estes eventos, paleocanais levam a água do Rio Doce até a FLONA.

Por outro lado, acompanhando a oscilação natural do lençol freático ao longo do ano, há o preenchimento de poças temporárias, ambientes propícios para a ocorrência de espécies de peixes anuais, como *Xenurolebias izecksohni*, que assim como grande parte dos membros da família Cynolebiidae, é uma espécie de ciclo de vida curto, que vivem em corpos d'água temporários e deposita seus ovos no sedimento. Estes passam por período de diapausa, sobrevivendo ao dessecamento e eclodindo na próxima estação chuvosa. Entretanto a ocorrência de espécies deste grupo é desconhecida, sendo fundamental a condução de um inventário para que ela se confirme.

Essa medida se refere aos impactos: (B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais. Esta medida contempla um dos objetivos específicos do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Peixes Rivulídeos Ameaçados de Extinção (ICMBIO, 2013): “Realizar estudos técnicos e científicos, in situ e ex situ, aplicados à conservação das espécies focais de rivulídeos e seus habitats”.

Objetivo da Medida

Amostragem de ambientes aquáticos temporários da UC e ZA para confirmação de ocorrência de espécies de peixes anuais (Cynolebiidae).

Prioridade

Dado o desconhecimento sobre a ocorrência desse grupo de peixes na UC, e a significância muito alta do impacto a que ela se relaciona, essa é uma medida de **Prioridade Alta**.

Extensão

Medida aplicada na ZA e UC.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.5 Medida 5. Criação em cativeiro das espécies de ambientes temporários para reintrodução (FLONA)

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos e está diretamente relacionada à medida 4 (caso o estudo da medida 4 aponte a necessidade) descrita acima: (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (ictiofauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna); (B10) Redução de tamanhos populacionais e provável extinção local de espécies de peixes anuais. Esta medida contemplaria os quatro objetivos específicos do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Peixes Rivulídeos Ameaçados de Extinção (ICMBIO, 2013), que são:

- Proteger os biótopos remanescentes na região de distribuição das espécies de peixes rivulídeos focais do PAN, impedindo que sejam alterados ou suprimidos em decorrência de atividades agrosilvopastoris, da implantação de empreendimentos (como barragens, açudes, rodovias, parques eólicos, portos, complexos hoteleiros e outros) e da urbanização;
- Realizar estudos técnicos e científicos, *in situ* e *ex situ*, aplicados à conservação das espécies focais de rivulídeos e seus habitats;
- Divulgar o conhecimento sobre as espécies focais de rivulídeos, sensibilizando a sociedade sobre a importância das áreas úmidas para sua conservação; e
- Inserir a temática dos rivulídeos na gestão ambiental, subsidiando os órgãos ambientais (federal, estaduais e municipais) para a inclusão de medidas de proteção das espécies e seus habitats nas ações de planejamento, licenciamento, fiscalização, monitoramento e controle.

Objetivo da Medida

Identificar a ocorrência de espécies de peixes anuais na UC e no seu entorno, pode-se implementar um projeto de reprodução em cativeiro (dentro da própria UC) e reintrodução destes peixes nos ambientes aquáticos temporários da FLONA, atuando como uma importante ferramenta de educação ambiental para a população local.

Prioridade

Havendo a confirmação da ocorrência de peixes anuais na UC, esta se torna uma medida de **Prioridade Alta**.

Extensão

Medida aplicada à UC

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.6 Medida 6. Expansão do projeto de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce

Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (B6) Alteração na composição da assembleia de peixes; (B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas; e (B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

Um dos principais gargalos na avaliação de impactos é a falta de informação prévia e básica, a respeito da composição da comunidade biótica local. Parte desta lacuna pode ser preenchida por levantamento de dados secundários, mas o detalhamento de alguns impactos e a avaliação da necessidade e viabilidade da aplicação de medidas, depende de dados primários e atuais. Sendo assim, é de suma importância que o programa de monitoramento em andamento, contemple pontos de amostragem em tributários dentro da Unidade de Conservação e em sua Zona de Amortecimento, bem como nas confluências dos mesmos com o Rio Doce.

Objetivo da Medida

Estender o monitoramento da ictiofauna aos pontos propostos no item 8.1.6 (Medida 5 - Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos das águas e dos sedimentos de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência na UC e ZA através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS), a fim de verificar alterações decorrentes dos impactos diretos e indiretos do rompimento, além de checar a efetividade das medidas mitigatórias e reparatórias aplicadas.

Prioridade

Esta medida se relaciona a três impactos de significância alta, além disso, é imprescindível para a compreensão da extensão dos impactos diretos e indiretos, sobre a ictiofauna da Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimentos, não contempladas no programa de monitoramentos em andamento. Tendo isso em vista, esta medida foi considerada de **Prioridade Alta**.

Extensão

A medida se aplica à UC e sua Zona de Amortecimento.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.7 Medida 7. Monitoramento de anfíbios em ambientes alagáveis do interior da UC

Importância da Medida

É esperado que periodicamente, em intervalos que podem variar entre cinco e dez anos dependendo do regime pluviométrico, ocorram grandes cheias no Rio Doce que acarretam uma inundação dos habitats terrestres no interior da UC. Esses habitats terrestres que, após inundados, tornam-se temporariamente alagados, são o habitat reprodutivo de espécies de grande relevância para a conservação (*Ceratophrys aurita*, *Aparasphenodon bruno*i, *Sphaenorhynchus pauloalvini*, *Leptodactylus cupreus*, *Dasypops schirchi* e *Macrogenioglottus alipioi*). Quando houver essa grande cheia, esses habitats e as espécies entrarão em contato com a água do Rio Doce e com os rejeitos de minério originários do rompimento que serão revolvidos do leito do rio, o que acarretará em mudanças na qualidade da água e implicará na perda de hábitat por degradação em áreas adjacentes (B3) que pode levar ao impacto (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais.

Dessa forma, sugere-se um projeto de monitoramento populacional especificamente direcionado às espécies acima destacadas que reproduzem no interior da UC e serão expostas a esse impacto. O monitoramento deverá ser realizado em três campanhas de campo, realizadas em novembro, dezembro e janeiro, impreterivelmente, já que é nesses meses que essas espécies se reproduzem. É importante, que o monitoramento considere, além dos adultos, a fase larval das espécies e se inicie antes da grande cheia, possibilitando que dados sejam coletados em um momento anterior ao contato das espécies com a água do rio. Com relação aos girinos, foi sugerido pelos gestores da UC, que uma análise de assimetria flutuante da morfologia oral seja utilizada como forma de comparar os possíveis efeitos negativos da alteração da qualidade da água e comparar os períodos pré e pós enchimento.

Objetivo da Medida

Monitorar populações de adultos e girinos de anfíbios que se reproduzem em ambientes no interior da UC e que entrarão em contato com a água do Rio Doce em eventos de grandes cheias.

Prioridade

Como não se sabe quando irá ocorrer a próxima grande cheia é fundamental que o monitoramento se inicie o quanto antes visando o estabelecimento de uma linha de base pré inundação, sendo a medida de **Prioridade Alta**.

Extensão

Esta medida se aplica à Unidade de Conservação e sua ZA

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

8.4.8 Medida 8. Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves (FLONA)

Importância da Medida

Um dos impactos indiretos do rompimento da barragem refere-se ao aumento da caça de espécies de aves e mamíferos na FLONA. A UC, por sua localização, tamanho e grau de preservação, apresenta ainda um número considerável de espécies de mamíferos e aves de maior porte e de interesse cinegético, além de interesse para a conservação. Por outro lado, sua posição à margem do Rio Doce e isolamento de outros fragmentos florestais torna esta área mais sensível em termos da possibilidade de extinção local ou redução considerável dos tamanhos populacionais de espécies chave. Desta forma, propõe-se a implementação e apoio a projetos de reintrodução de espécies de mamíferos e aves.

Essa medida se refere aos impactos: (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (avifauna); (B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna); (B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves. Além dos aspectos positivos relacionados à conservação das espécies introduzidas e de todo o ecossistema, essa medida pode também fomentar o turismo de observação de aves no local, atraindo um público altamente desejável para a área da UC, ansioso por observar espécies de animais raros e ameaçados de extinção. Dessa maneira, essa medida pode acabar resultando em impactos socioeconômicos positivos. A reintrodução na natureza de espécies de Cracidae é uma das medidas previstas no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Galliformes Ameaçados de Extinção (ICMBio 2008).

Objetivo da Medida

Introduzir espécies de aves e mamíferos ameaçados de extinção e/ou que desempenham importante papel ecológico no ecossistema local. Dentre as espécies com potencial de introdução destacam-se *Tinamus solitarius*, *Crax blumenbachii*, *Aburria jacutinga* e, talvez, *Odontophorus capueira*. Dentre os mamíferos, a preguiça-de-coleira, *Bradypus torquatus*, presente no parque, poderia ter suas populações estudadas e avaliações sobre a necessidade de reintrodução. O mesmo se dá com relação a felinos de médio e grande porte, primatas e roedores de médio porte.

Prioridade

Esta medida possui **Prioridade Alta**. Algumas das espécies cuja introdução é pretendida encontram-se localmente extintas na bacia do Rio Doce ou contam com poucas e pequenas populações restritas a Unidades de Conservação isoladas. Estas espécies desempenham importantes serviços ecossistêmicos, especialmente em relação à dispersão de grandes sementes, tendo um papel chave no recrutamento de diversas espécies arbóreas típicas de florestas maduras. Já existem experiências prévias de introdução dessas espécies na natureza, lideradas pela Sociedade de Pesquisa da Fauna Silvestre (CRAX) em uma área da CENIBRA em Ipaba.

Extensão

Esta medida se aplica apenas à UC, pois caso necessário e viável, as espécies a serem introduzidas, além de requerem extensas áreas de mata em bom estado de conservação, possuem interesse

cinagético. Por esse motivo, a área de introdução precisa ser protegida e vigiada contra caçadores (veja medida 9 do projeto). Uma boa gestão da área é, portanto, fundamental.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 30 – Fauna e Flora Terrestre

- **Objetivo:** Desenvolver estudo para identificação e caracterização do impacto do rompimento, na área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento), sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e apresentar plano de ação para conservação da fauna e flora terrestre.

8.4.9 Medida 9. Vigilância patrimonial para monitoramento da área (FLONA)

Importância da Medida

Diante do impacto detectado de aumento da caça e captura de mamíferos e aves dentro da UC, bem como do aumento da extração ilegal de palmito (*Euterpe edulis*) relacionado direta e indiretamente às alterações nas atividades econômicas derivadas do rompimento da barragem, especial atenção deve ser dada ao monitoramento da área. A caça e extração ilegal de palmito estão, juntamente com a presença de espécies exóticas, dentre os principais impactos contínuos em áreas protegidas, podendo levar a alterações significativas nas cadeias tróficas.

A medida está relacionada com os impactos (B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna, herpetofauna e ictiofauna), (B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves e (B9) Aumento na extração de palmito.

A medida de aumento da vigilância patrimonial deve estar acompanhada de ações de educação ambiental e do fortalecimento de instituições que comunicam a importância da biodiversidade para a população local (por exemplo, o Museu Lorenzutti de história natural, situado em Linhares e com expressiva visitação de público escolar e espontâneo). A realização de “programas de educação ambiental com as comunidades que vivem no entorno de UCs com ocorrência de espécies ameaçadas, com destaque especial para a questão da atividade de caça” é uma das medidas previstas no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Galliformes Ameaçados de Extinção (ICMBio). A capacitação de pessoal local para realizar atividades como guias em trilhas na FLONA, e de guias de observação de aves, tem também o potencial de aumentar o uso positivo das diversas áreas do parque, diminuindo através da ocupação e uso das trilhas a possibilidade de atividades ilegais.

Objetivo da Medida

O objetivo da medida é reduzir de forma significativa a entrada e atividade de caçadores e palmiteiros dentro da FLONA Goytacazes através de fiscalização, educação ambiental e capacitação de habitantes da região para a realização de atividades na FLONA.

Prioridade

A prioridade da medida é **Alta**, dado o impacto que a caça e a extração de palmito têm de alterar as cadeias tróficas e comprometer os serviços ecossistêmicos.

Extensão

A extensão da medida é estende-se à UC, sua ZA e abrangendo a cidade de Linhares.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 28 – Conservação da Biodiversidade

- Objetivo: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

Programa 30 – Fauna e Flora Terrestre

- Objetivo: Desenvolver estudo para identificação e caracterização do impacto do rompimento, na área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento), sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e apresentar plano de ação para conservação da fauna e flora terrestre.

8.5 PROJETO DE USO PÚBLICO

Dentre os objetivos e as diretrizes que regem o conjunto das UCs federais, estaduais e municipais está a “promoção da educação e interpretação ambiental, da recreação em contato com a natureza e do ecoturismo” (BRASIL, 2008). A visitação nessas áreas é considerada uma das principais oportunidades para que a população conheça, entenda e valorize os recursos naturais e culturais existentes nas áreas protegidas (BRASIL, 2009).

O IBAMA (BRASIL, 1999) indica que um Programa de Uso Público deve propiciar a aproximação dos visitantes com a natureza, permitindo que estes interiorizem o significado das áreas protegidas, sua importância em termos de preservação, manejo e aproveitamento indireto dos recursos naturais e culturais. Numa abordagem similar, Cervantes et al. (1992) apontam que o Programa de Uso Público deve propiciar lazer, recreação e educação ambiental para os visitantes (comunidade local e turistas), além de despertar uma consciência crítica para a necessidade de conservação dos recursos naturais em uma Unidade de Conservação. Mais recentemente, o ICMBio/EMBRATUR definiu o Programa de Turismo [de Uso Público] como aquele que “deve contribuir para o desenvolvimento local e regional, valorizando o patrimônio natural e cultural e promovendo a aproximação entre sociedade e natureza” (BRASIL, 2006, p. 5).

Objetivos do Projeto

O programa de uso público, ajustado a um zoneamento e tendo no Centro de Visitantes seu centro irradiador de informações, deve propiciar ao visitante as atividades de (re)encontro ou (re) ligação com a natureza proporcionando uma sensibilização e entendimento sobre as características naturais e culturais da área, contribuindo, assim, para as ações de conservação da natureza. Seu objetivo geral visa compatibilizar as aspirações de lazer das comunidades com as ações de conservação ambiental das UCs. Além disso, foram definidos os seguintes objetivos específicos para a construção do Programa de Uso Público: propor ações para as oportunidades recreativas e educacionais oferecidas pelas Unidades de Conservação do projeto; propor ações para mudanças de atitudes e comportamentos da sociedade na sua relação com a natureza; estruturar serviços e equipamentos voltados ao uso público nas Unidades de Conservação ao longo do Rio Doce que atendam ao direito ao lazer.

Medidas do Projeto

- Implantação de roteiros ecoturísticos adequados a cada UC
- Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia, etc)
- Consolidar o Programa de Uso Público (de acordo com Plano de Manejo) – FLONA

8.5.1 Medida 1 Implantação de roteiros ecoturísticos adequados a UC

Importância da Medida

A medida refere-se ao impacto (S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos. Trata-se de um grande desafio que é permitir que a população do município volte a usar a área do rio e sua calha (Zona de Amortecimento) com práticas de lazer, turismo, recreação e educação ambiental, além de incluir a UC nas alternativas de lazer da comunidade local.

Objetivo da Medida

Incentivar o uso e ocupação pela população de ambientes recuperados das margens do Rio Doce e a FLONA de Goytacazes.

Prioridade

A medida tem **Prioridade Baixa**, pois tem baixa relação com a integridade da UC, mitiga impacto de baixa significância e pode ser implementada no longo prazo.

Extensão

Zona de amortecimento na calha do Rio Doce e FLONA Goytacazes

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 13 - Turismo, Cultura, Esporte e Lazer

- Objetivo: realizar o diagnóstico de impacto no turismo, cultura, esporte e lazer que deverá nortear a estruturação de projetos e processos para fomento dessas atividades nas localidades que tiverem impactos apontados.

8.5.2 Medida 2 Curso de empreendedorismo e associativismo/cooperativismo vinculado ao uso público da UC (artesanato, gastronomia, etc)

Importância da Medida

Essa medida está vinculada a resolução de três impactos (B8) Aumento da caça e captura de mamíferos e aves, (B9) Aumento da extração de palmitos; e (S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos.

Trata-se de uma abordagem para tornar os pequenos e médios proprietários da Zona de Amortecimento em protagonistas de ações de usos de baixo impacto nessas áreas, com a conversão de uso das terras para uma agricultura agroecológica, com SAFs, notadamente no tema da “cabruca”, consorciando espécies nativas com o cacau, que, embora tenha sofrido queda de produção, ainda é muito produzido na área. As bases para essa mudança se dão pela criação de associação ou cooperativa embasadas nos princípios da economia solidária.

Objetivo da Medida

O objetivo da medida é redução dos impactos socioambientais na UC e empoderamento da comunidade do entorno na geração de emprego e renda e na gestão sustentável dos recursos naturais.

Prioridade

A medida tem **Prioridade Média**, pois tem muita relação com a integridade da UC, mitiga os impactos de alta e média significância e deve ser implementada no médio prazo.

Extensão

Em toda Zona de Amortecimento da UC

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 13 - Turismo, Cultura, Esporte e Lazer

- Objetivo realizar o diagnóstico de impacto no turismo, cultura, esporte e lazer que deverá nortear a estruturação de projetos e processos para fomento dessas atividades nas localidades que tiverem impactos apontados.

Programa 17 - Retomada das Atividades Agropecuárias, mais especificamente aos Projetos:

- Projeto de Agregação de Valor e Comercialização

8.5.3 Medida 3 Consolidar o Programa de Uso Público (de acordo com Plano de Manejo) – FLONA

Importância da Medida

Essa medida se vincula ao impacto (S1) Perda de espaço de sociabilidade, de lazer e comprometimento da prática de esportes náuticos. Trata-se da melhoria das ações de uso público que já são desenvolvidas na área, mas que devido a falta de equipamentos e pessoal está precária em termos de atendimento ao visitante.

Objetivo da Medida

Implantar as ações do programa de uso público estabelecido pelo Plano de Manejo da UC.

Prioridade

A medida tem **Prioridade Média**, pois tem muita relação com a integridade da UC, mitiga impacto de baixa significância, mas deve ser implementada no curto prazo diante da necessidade de implantar o Plano de Manejo aprovado.

Extensão

Na zona de uso intensivo e extensivo do zoneamento do Plano de Manejo da área.

Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

Programa 13 - Turismo, Cultura, Esporte e Lazer

- Objetivo realizar o diagnóstico de impacto no turismo, cultura, esporte e lazer que deverá nortear a estruturação de projetos e processos para fomento dessas atividades nas localidades que tiverem impactos apontados.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAVAYA, P., JACKSON, J.F. 1978. Reproduction in *Macrogenioglottus alipioi* Carvalho (Anura, Leptodactylidae). Contributions in Science 298: 1–9.
- AGEITEC – AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Árvore do Conhecimento: solos tropicais. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ EMBRAPA, 2018. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html>. Acesso 11 de novembro de 2018.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., HF. 1999. Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. pp.374-399. In: Lowe-McConnel, RH. Estudos de comunidades de peixes tropicais. EDUSP: São Paulo.
- AGUIRRE, Á. C. 1951. Sooretama: estudo sobre o Parque de Reserva, Refúgio e Criação de Animais Silvestres, “Soóretama”, no município de Linhares, estado do Espírito Santo.
- ALMEIDA, A.P., Gasparini, J.L., Peloso, P.L.V. 2011. Frogs of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil – The need for looking at the ‘coldspots’. Check List 7: 542–560.
- ALTIG, R., MCDIARMID, R. W. 1999. Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae. The University of Chicago Press. Chicago, 337 pp.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Estação. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.
- ANACLETO, T. C. S.; F. MIRANDA; I. MEDRI; E. CUELLAR; A. M. ABBA & M. SUPERINA. 2014. *Priodontes maximus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T18144A47442343. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T18144A47442343.en>. Acesso em: 17 de novembro de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1994. NBR 6492: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1999. NBR 13142/99: dobramento e cópia. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1987. NBR 10068/87: folha de desenho – leiaute e dimensões. Rio de Janeiro.
- ATLAS DA VULNERABILIDADE SOCIAL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/planilha>. Acesso em: 14 dez. 2018.
- AZEVEDO, F. C.; F. G. LEMOS; L. B. DE ALMEIDA; C. B. DE CAMPOS; B. DE M. BEISIEGEL; R. C. DE PAULA; P. G. CRAWSHAW JR.; K. M. P. M. B. FERRAZ & T. G. DE OLIVEIRA. 2013. Avaliação do risco de extinção da onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. Biodiversidade Brasileira, n. 1, p. 107-121, 2013.
- BARBOSA, A. L. M. et al. Mapa geológico preliminar do médio Rio Doce. Escala 1:200.000. GEOSOL/DNPM, Projeto Médio Rio Doce, 1966.

BARQUEZ, R. & DIAZ, M. 2015. *Cynomops planirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T13642A22108538. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T13642A22108538.en>. Downloaded on 25 November 2018.

BÉRNILS, R.S., ALMEIDA, A. DE P., GASPARINI, J.L., SRBEK-ARAUJO, A.C., ROCHA, C.F.D., RODRIGUES, M.T. 2015. Répteis na Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Ciência, Ambiente* 49: 193–210.

BOKERMANN, W. 1957. Atualização do itinerário da viagem do Príncipe de Wied ao Brasil (1815-1817). *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo* 10: 209–251.

BONVICINO, C. R.; J. A. DE OLIVEIRA & P. S. D'ANDREA. 2008. Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS: 120p.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B.; CAVALCANTI, J. A. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rev. Esc. Minas*, v. 57, n. 1, p. 45-51, 2004.

BRANDON, Katrina. Etapas básicas para incentivar a participação local em projetos de turismo de natureza. In: LINDBERG, Kreg; HAWKINS, Donald (org). *Ecoturismo, Um guia para planejamento e gestão*. São Paulo: Senac, 1995, p. 225-256.

BRANDT MEIO AMBIENTE. Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Barragem de Rejeito do Fundão. Nova Lima. 2005, p. 289.

BRASIL, 1993. Decreto Federal nº 750/1993. Diário Oficial da União - Seção 1 - 11/2/1993, p. 1801.

BRASIL, 2012. Decreto Federal nº 7.746/2012. Diário Oficial da União – 6/6/2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 396/2008, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 abr. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. São Paulo: Saraiva, 2003

BREWER, C. A. 2005. Design better maps: a guide for GIS users. 203 p.

BROOKS, T.M.; TOBIAS, J.A. & BALMFORD, A. 1999. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic forest. *Animal Conservation*, 2:211-222.

BURGESS, R. G. A pesquisa de terreno: uma introdução. trad. Eduardo de Freitas; Maria Inês Mansinho. Oeiras : Celta, 1997.

BURMEISTER, K. H. C. 1856. Systematische Uebersicht der Thiere Brasiliens, welche während einer Reise durch die Provinzen von Rio de Janeiro und Minas Geraes gesammelt oder beobachtet wurden, vol. 2 and 3, Vögel (Aves). Georg Reimer, Berlin, Germany.

CAMARGO, J. A., and A. Alonso. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International* 32:831–849.

CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (CEPA). 1999, Priority substances. 1999. Toxic substances list — updated schedule 1 as of December 27, 2006. Available from: http://www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/subs_list/Priority.cfm
http://www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/subs_list/Toxicupdate.cfm

CARAMASCHI, U., FEIO, R.N., SÃO PEDRO, V.A. 2008. A new species of *Leptodactylus* Fitzinger (Anura, Leptodactylidae) from Serra do Brigadeiro, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Zootaxa* 1861: 44–54.

CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia prática. 2 ed rev. Atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CARVALHO, R. P. B. Geoindicadores físico-ambientais aplicados na avaliação da conectividade de bacias hidrográficas e seus efeitos em sistemas urbanos: O exemplo das bacias do Rio Grande e do Rio Anil (município do Rio de Janeiro). 2017. 272f. Tese (Doutorado), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia. Rio de Janeiro, 2017.

CASO, A.; C. LOPEZ-GONZALEZ; E. PAYAN; E. EIZIRIK; T. DE OLIVEIRA; R. LEITE-PITMAN; M. KELLY & C. VALDERRAMA. 2008. *Panthera onca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T15953A5327466. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15953A5327466.en>

CASO, A.; T. DE OLIVEIRA & S. V. CARVAJAL. 2015. *Herpailurus yagouaroundi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T9948A50653167. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-.RLTS.T9948A50653167.en.2015>.

CASSINI, C.S., ORRICO, V.G.D., DIAS, I.R., SOLÉ, M., HADDAD, C.F.B. 2013. Phenotypic variation of *Leptodactylus cupreus* Caramaschi, São-Pedro and Feio, 2008 (Anura, Leptodactylidae). *Zootaxa* 3616: 73–84.

CASTELNAU, F. de. 1949. Expedição às regiões centrais da América do Sul. Companhia Editora Nacional, São Paulo, Brasil.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia, 13 ed. São Paulo: E. Blucher, 2011. 188 p.

CLAVAL, Paul. *A geografia cultural*; tradução de Luiz Fugazzola Pimenta & Margareth de Castro Pimenta, 2 ed., - Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001, 453 p.

CNCFlora, 2013 – Centro Nacional de Conservação da Flora. Livro Vermelho da Flora do Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. RJ.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). Manual para la Evaluación de Desastres. CEPAL, 2014.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconômico y Ambiental de los Desastres. CEPAL, 2003.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Sistema de Informações de Águas Subterrâneas: SIAGAS. Disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em 05 de novembro de 2018.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICAS AMBIENTAIS DE MINAS GERAIS (COPAM). 2008. Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG No.1, de 5 de maio de 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). 2005. Resolução No. 357 de 17 de março de 2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do Rio Doce: relatório final. Consórcio Ecoplan-Lume, 2010. 1 v. Disponível em: <www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PIRH_Doce_Volume_I.pdf>. Acesso em: 2 novembro de 2018.

COSTA, A. T. Geoquímica das águas e dos sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, leste – Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): estudo de uma área afetada por atividade de extração mineral. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2001.

COSTA, H.C., BÉRNILS, R.S. 2018. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas. Herpetologia Brasileira 7: 11-57.

COSTA, W.J.M. Peixes Anuais Brasileiros: Diversidade e Conservação. Ed. UFPR. 2002.

COSTA, W.J.E.M. 2002. The *Austrolebias alexandri* species group: a taxonomical revision of an anual fish clade (Cyprinodontiformes: Rivulidae) in southern Brazil. Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. Série zoologia, 15 (1): 87–111.

CPRM/ANA. Monitoramento especial da bacia do Rio Doce. Relatório 1-Acompanhamento da onda de cheia. CPRM, Belo Horizonte- MG, Dezembro. 2015a. Disponível em < www.cprm.org.br>. Acesso em: 2 de novembro de 2018.

CPRM/ANA. Monitoramento especial da bacia do Rio Doce. Relatório 2-Geoquímica. CPRM, Belo Horizonte-MG, Dezembro, 2015b. Disponível em www.cprm.org.br. Acesso em: 2 de novembro de 2018.

CRIA (Centro de Referência e Informação Ambiental). 2018. Specieslink - simple search. Disponível em <http://www.splink.org.br/index> (Acesso em 16/11/2018).

CRUZ, C.A.G., Peixoto, O. L. 1978 Notas sobre o girino de *Dasypops schirchi* Miranda Ribeiro (Amphibia, Anura, Microhylidae). Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, 38: 297-299.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: Cunha; S. B; Guerra; A. J. T.. (Org.). Geomorfologia: Exercícios Técnicas e Aplicações. 5ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda, 2011, v. , p. 157-189.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. 7ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 211-252.

DELARIVA, R., AGOSTINHO, A.A., NAKATANI, K. & BAUMGARTNER, G. 1994. Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. *Revista Unimar* 3(supl.): 41-60.

DEMATTEO, K., MICHALSKI, F. & LEITE-PITMAN, M.R.P. 2011. *Speothos venaticus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T20468A9203243. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T20468A9203243.en>. Downloaded on 25 November 2018.

DIEGUES, Antônio Carlos S. Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. In: Diegues, A. C. (org.). *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos*. São Paulo: Ed. Hucitec, 2000, 290p.

DUMAZEDIER, Jofre. *Sociologia empírica do lazer*. São Paulo: Perspectiva, 1979.

ECHEVERRÍA, D.D., VOLPEDO, A.V., MASCITI, V.I. 2007. Diet of tadpoles from a pond in Iguazu National Park, Argentina. *Gayana* 71: 8–14.

ECOLOGY & ENVIRONMENT DO BRASIL. 2018. Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Relatório Parcial. Junho de 2018.

ELETROBRAS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1992.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satélites de Monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de classificação de solos - SiBCS. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso 09 novembro de 2018.

ENGELHARDT, K.A.M. & RITCHIE, M.E. 2001. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. *Nature* 411: 687-689.

ERNST, C.H., BARBOUR, R.W. 1989. *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

ESPÍRITO SANTO. 2005. Lista da fauna ameaçada de extinção do estado do Espírito Santo. Decreto no. 1.499-R de 14 de junho de 2005.

ESRI. 2016. ArcGIS professional GIS for desktop: Release 10.5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

ESTEVES, F.A. & CAMARGO, A.F.M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas nas estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnologica Brasiliensia* 1: 273-298.

EUROPEAN COMMISSION (EC). 2001. DECISION 2455/2001/EC of the European Parliament and of the Council of 20 November 2001 establishing the list of priority substances in the field of water policy

and amending Directive 2000/60/EC. Annex 10, Table 1: List of priority substances in the field of water POLICY.

FEIO, R.N., SANTOS, P.S., CASSINI, C.S., DAYRELL, J.S., OLIVEIRA, E.F. 2008. Anfíbios da Serra do Brigadeiro-MG. MG. Biota 1: 4–32.

FEIO, R.N., U.M.L BRAGA, H.C. WIEDERHECKER, P.S. SANTOS. 1998. Anfíbios do Parque Estadual do Rio Doce (Minas Gerais). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa e Instituto Estadual de Florestas. 32 p.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; FRANCO, R.; MATOS, R. A Tragédia do Rio Doce: A Lama, O Povo e a Água. Relatório de Campo e Interpretações Preliminares Sobre as Consequências do Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão (Samarco/Vale/BHP). Geografias, Belo Horizonte, edição Especial Vale do Rio Doce, p. 63-94, 2016a.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; JÚNIOR, R. F.; MATOS, R. E. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Acabou-se o que era Doce: notas geográficas sobre a construção de um desastre ambiental. In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (org.). Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 125-159.

FERREIRA, A.; PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; GERHARD, P.; KASHIWAQUI, E. A.; CYRINO, J. E. P.; MARTINELLI, L. A. 2012. Riparian coverage affects diets of characids in neotropical streams. Ecology of Freshwater Fish 21:12– 22.

FERREIRA, Lucia da C. A floresta intransitiva: conflitos e negociações na mata atlântica, SP. (Tese de doutorado). IFCH-Unicamp, Campinas, 1996, 196p.

FLECKER, A. S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical ecosystem. Ecology 77: 1845–1854.

FREIREYSS, G. W. 1906. Viagem ao interior do Brasil nos anos de 1814-1815 pelo naturalista G. W. Freireyss. Revista do Instituto Historico e Geographico de São Paulo: 72.

Freitas, M.A., SILVA, T.F.S., LOEBMANN, D. 2009. Amphibia, Hylidae, *Sphaenorhynchus pauloalvini* Bokermann, 1973: Distribution extension and rediscovery in nature. Check List 5: 200–201.

FROST, D.R. 2018. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA. Acesso em 16 de novembro, 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Mapa de solos do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. Belo Horizonte: FEAM, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 09 dezembro 2018.

_____(FEAM). Manual de procedimentos analíticos para determinação de VRQ de elementos-traço em solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM, 2013.

FUNDAÇÃO RENOVA, 2018. Plano de Trabalho para Estudos de Avaliação dos Impactos gerados pelo rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação – Revisão 2. Belo Horizonte.

GARBIN, R.C., KARLGUTH, D.T., FERNANDES, D.S., PINTO, R.R. 2016. Morphological variation in the Brazilian Radiated Swamp Turtle *Acanthochelys radiolata* (Mikan, 1820) (Testudines: Chelidae). *Zootaxa* 4105, 45–64.

GARDNER, A. L. 2008. Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. University of Chicago Press.

GASPARINI, J.L., ALMEIDA, A.P., BRASILEIRO, C.A., HADDAD, C.F.B. 2016. Anfíbios anuros na Reserva Natural Vale e seu entorno: inventário faunístico e sumário ecológico. p. 377-396. In: Rolim, S. G.; Menezes, L.F.T., Srbek-Araujo, A.C. (Org.). Floresta atlântica de tabuleiro: diversidade e endemismos na Reserva Natural Vale. 1ed. Belo Horizonte: Rupestre.

GASPARINI, J.L., ALMEIDA, A.P., CRUZ, C.A.G., FEIO, R.N. 2007. Anfíbios. p. 75-86 In M. Passamani and S.L. Mendes (org.). Livro de Espécies Ameaçadas de Extinção no Espírito Santo. Vitória: IPEMA.

GEERTZ, Clifford. Uma descrição densa: por uma teoria interpretativa da cultura. In: *A Interpretação das Culturas*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

GEOBASES - SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Solos do Espírito Santo – 2016. Mapa Exploratório de Solos do Radam Brasil: escala 1:250.000. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo. Disponível em < <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas>>. Acesso em 10 novembro de 2018.

GOLDER ASSOCIATER BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. Avaliação dos Resultados de Qualidade da Água e Sedimentos do Rio Doce – Atualização de fevereiro de 2018. Número do Relatório RT-055_159-515-2282_01-J. Belo Horizonte: Golder Associates, 2018, 1325 p.

_____. 2016b. Update on water and sediment quality in coastal zone following the Fundão tailings dam breach. June 2016. MT-040_159-515-2282_00-B_en

_____. Memorando técnico MT- 023_159-515-2282_01-B. Rompimento da Barragem de Fundão – caracterização geoquímica de rejeitos de fonte e de rejeitos depositados (base de dados secundária). Belo Horizonte: Golder Associates, 2016.

_____. Memorando Técnico MT-032_159-515-2282_00-B. Atualização da qualidade da água e sedimentos na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Belo Horizonte: Golder Associates, 20016A, 2016b.

_____. Relatório técnico RT-023_159-515-2282_00-J. Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da Barragem de Fundão. Belo Horizonte: Golder Associates, 2016.

_____. 2017. Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Relatório Técnico.

_____. 2018. Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Fevereiro de 2018. Relatório Técnico RT-055_159-515-2282_01-J.

GOMEZ-MESA, L., PEREIRA-RIBEIRO, J., COLOMBO FERREGUETTI, A., ALMEIDA-SANTOS, M., BERGALLO, H.G., ROCHA, C.F.D. 2017. Ecological and reproductive aspects of *Aparasphenodon bruno*i (Anura: Hylidae) in an ombrophilous forest area of the Atlantic Rainforest Biome, Brazil. *Zoologia* 34: 1–8.

GOOGLE EARTH PRO. Banco de imagens de satélite (2018). Disponível em <<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>> Acesso em 05 de novembro de 2018.

GOPAL, B. 1987. Water hyacinth. Elsevier, Amsterdam.

GOUNELLE, E. 1909. Contribution à l'étude de la distribution géographique des trochilidés dans le Brésil central et oriental. Ornith. 13: 173–183.

GRAIPEL, M. E.; J. J. CHEREM; E. A. MONTEIRO FILHO & A. P. CARMIGNOTTO. 2017. Mamíferos da Mata Atlântica. In Revisões em Zoologia: Mata Atlântica. Monteiro Filho, E. L. A. & Conte, C. E. (Orgs). Curitiba, Editora UFPR.

GRILLITSCH, B. & L. SCHIESARI. 2010. The ecotoxicology of metals in reptiles. Pp 341-451 In: Sparling, D.W., G. Linder & C.A. Bishop (eds): *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, 2nd edition. Pensacola, Florida, USA. SETAC Press (Society for Environmental Toxicology and Chemistry).

GROSSI SAD, J. H. Geoquímica e origem da formação Ferrífera do Grupo Guanhães, distrito de Guanhães, MG, Brasil. In: CONG. BRAS. GEOL., 36, 1990. Natal. Anais... Natal: SBGNE, 1990, v. 3, p. 1241-1253.

HADDAD, C.F.B., TOLEDO, L.F., PRADO, C.P.A., LOEBMANN, D., GASPARINI, J.L., SAZIMA, I. 2013. Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: Diversidade e Biologia. 1. ed. São Paulo: Anolis Books, 2013. 543p

HENDERSON, P. A.; WALKER, I. 1986. On the leaf litter community of the Amazonian black water stream Tarumãzinho. Journal of Tropical Ecology, 2: 1-17.

HOGAN, Daniel Joseph. MARANDOLA Jr, Eduardo. Vulnerabilidade a Perigos Naturais nos Estudos de População e Ambiente. In: HOGAN, Daniel Joseph (Organizador). Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População - Nepo/Unicamp, 2007

HYDROBIOLOGY. 2015. Preliminary assessment of potential Samarco tailings toxicity. Memorandum.

HYDROBIOLOGY. 2016. Update on the Potential Human Health and Ecosystem Toxicity Risk of Doce River Sediments and Waters. Memorandum.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Laudo Técnico Preliminar – Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Diretoria de Proteção Ambiental – DIPRO Coordenação Geral de Emergências Ambientais – CGEMA, Brasília, DF, 2015. 38 p.

IBGE, 2012 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Sistema fitogeográfico, Inventário das formações florestais e campestres, Técnicas e manejo de coleções botânicas, Procedimentos para mapeamentos. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, RJ.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2013. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes, Espírito Santo. 202 p.

_____. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes: Volume I, Diagnóstico. Vitória (ES): RHEA Estudos e Projetos, 2013a, 223p.

ICMBIO. 2013. Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a conservação dos peixes rivulídeos ameaçados de extinção. 8 pg.

ICMBio 2014. Lista das espécies consideradas com Dados Insuficientes (DD). Lista de Espécies Quase Ameaçadas e Com Dados Insuficientes. Available from: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes>. Acessado em 11 de novembro de 2018.

ICMBio/MMA (Instituto Chico Mendes de Biodiversidade / Ministério do Meio Ambiente). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes. 1. ed. Brasília, DF, 2018.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. 2018. <http://www.igam.mg.gov.br/>.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 2 anos do rompimento de Barragem de Fundão 2015-2017. Belo Horizonte: IGAM, Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas, outubro/2017, 35 p. Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/rio-doce/documentos-relacionados/encarte-qualidade-da-gua-do-rio-doce-dois-anos-apos-rompimento-de-barragem-de-fundao-1.pdf>>. Acesso 23/11/2018.

IHERING, VON H. 1911. Os botocudos do Rio Doce. Revista do Museu Paulista 8: 38–51.

ILHA, P. & L. SCHIESARI. 2014. Lethal and sublethal effects of inorganic nitrogen on gladiator frog tadpoles (*Hypsiboas faber*, Hylidae). Copeia 2014: 221-230.

INSTITUTOS LATEC. Diagnóstico Socioambiental do Rio Doce – Relatório de Linha-Base. Curitiba, 2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Métodos e conceitos para o cálculo do índice de vulnerabilidade social com base nas PNADs e desagregações. Relatório Institucional. Brasília, 2018.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros. Brasília, 2015

IUCN 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 November 2018.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2010. *Leptodactylus cupreus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T158473A5200398. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T158473A5200398.en>. Downloaded on 18 November 2018.

IUCN, 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>.

IUCN. 2014. IUCN Red List of threatened species, v. 2014.3, disponível em <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em outubro de 2018.

IUCN. 2018. The IUCN Disponível em: <http://www.birdlife.net/datazone/downloads/red_list.txt>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

JUNQUEIRA, V.P., SANTOS, P.S., SILVA, E.T. 2016. Dieta de *Leptodactylus fuscus* (Anura, Leptodactylidae) em uma área Rural de Caratinga, Minas Gerais. *Revista de Ciências* 7: 65–74

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001.

KEPPELER, F.W.; LANÉS, L.E.K.; ROLON, A.S.; STENERT, C.; LEHMANN, P.; REICHARD, M. & MALTCHIK, L. 2015. The morphology–diet relationship and its role in the coexistence of two species of annual fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 24: 77–90.

KRABBE, N. 2007. Birds collected by P.W. Lund and J.T. Reinhardt in south-eastern Brazil between 1825 and 1855, with notes on P.W. Lund's travels in Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15: 331–357.

LISBOA, B.S., NASCIMENTO, F.A.C., SKUK, G.O. 2011. Redescription of the tadpole of *Macrogenioglottus alipioi* (Anura: Cycloramphidae), a rare and endemic species of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa* 3046: 67–68.

LOURENÇO-DE-MORAES, R., LANTYER-SILVA, A.S.F., TOLEDO, L.F., SOLÉ, M. 2013. Tadpole, oophagy, advertisement call and geographic distribution of *Aparasphenodon arapapa* Pimenta, Napoli and Haddad 2009 (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology* 47: 575–579.

LOWE-MCCONNELL, R.H., 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge.

LOWE-MCCONNELL, R.H. Estudos Ecológicos de Peixes Tropicais. Edusp. 1999.

LOYOLA, R., MACHADO, N., VILA NOVA, D., MARTINS, E., MARTINELLI, G. 2014. Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, 80 p.

MANCUSO, T.C. N. Análise da evolução histórica das vazões e descargas de sedimentos do rio Uruguai no trecho entre Irai e Uruguiana. Trabalho de Conclusão do curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014, 82 f.

MATSUMURA, M. da S. Avaliação e estudo das emissões de metais pesados pela Barragem de Santarém (Samarco Mineração S. A.) no sistema hídrico da região de Ouro Preto e Mariana. Um estudo da qualidade das águas. 1999. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental), Departamento de Geologia, UFOP, Ouro Preto, MG, 1999.

MDGEO. Estudo Hidrogeológico: mapa potenciométrico da região de Linhares/ES. Proj. MDGEO - contrato Fund. RENOVA no 4500170624, nov. 2016.

MENDES, S.L., DE OLIVEIRA, M.M., MITTERMEIER, R.A. & RYLANDS, A.B. 2008. *Brachyteles hypoxanthus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T2994A9529636. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T2994A9529636.en>. Downloaded on 25 November 2018.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MILANO, Miguel. Unidades de conservação: técnica, lei e ética para a conservação da biodiversidade. In: BENJAMIM, Antônio Herman (coord.). *Direito ambiental das áreas protegidas: o regime jurídico das Unidades de Conservação*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

MIRANDA-RIBEIRO, A. de. 1924. De Batrachorum generos specibusque duobus in Collectio Musei Nationalis Servatis. Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro 1: 255–257.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2014. Lista Nacional das Espécies Fauna Ameaçados de Extinção. Portarias nº. 444/2014 de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

MMA. 2014. Lista das espécies brasileiras ameaçadas de extinção. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>. Acesso em outubro de 2018.

MMA. 2014. Portaria No. 444, de 17 de dezembro de 2014 - Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União - Seção 1, 18 December 2014:121-126.

MOLLO NETO, A, Teixeira-Jr, M. 2012. Checklist of the genus *Aparasphenodon* Miranda Ribeiro, 1920 (Anura: Hylidae): Distribution map, and new record from São Paulo state, Brazil. Check List 8: 1303–1307.

MORAES, P. L. R. DE, S. DE SMEDT, & M. HJERTSON. 2014. Notes on the Brazilian plants collected by Georg Wilhelm Freyreiss and published by Carl Peter Thunberg in plantarum brasiliensium. Harvard Papers in Botany 19: 123–132.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: Uma compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. Ciência & Educação, 9(2), 191-211, 2003.

MOREIRA, D. O.; B. R. COUTINHO & S. L. MENDES. 2008. O status do conhecimento sobre a fauna de mamíferos do Espírito Santo baseado em registros de museus e literatura científica. Biota Neotropica, Campinas, 8 (2).

MOREIRA-LIMA, L. 2013. Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

MOTTA, A.P., SILVA, E.T., FEIO, R.N., DERGAM, J.A. 2010. The tadpole of *Leptodactylus cupreus* Caramaschi, Feio, São Pedro, 2008 (Anura, Leptodactylidae). Zootaxa, 2640: 65–68.

MPF – MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na bacia do Rio Doce: Resumo Executivo. Curitiba (PN): Institutos Lactec, 2017, 172 p.

MPF – MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na bacia do Rio Doce: Volume I. Curitiba (PN): Institutos Lactec, 2017a, 1375 p.

NAKATANI, K., BAUMGARTNER, G. & CAVICCHIOLI, M. 1997. Ecologia de ovos e larvas de peixes. In: A.E.A.M. Vazzoler, A.A. Agostinho & N.S. Hahn (eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

- NASCIMENTO, F. O. & A. FEIJÓ. 2017. Taxonomic revision of the tigrina *Leopardus tigrinus* (Schreber, 1775) species group (Carnivora, Felidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 57, n. 19, p. 231-264.
- NAVEDA, A., DE THOISY, B., RICHARD-HANSEN, C., TORRES, D.A., SALAS, L., WALLANCE, R., CHALUKIAN, S. & DE BUSTOS, S. 2008. *Tapirus terrestris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T21474A9285933. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T21474A9285933.en>. Downloaded on 25 November 2018
- ONIKI, Y. & WILLIS, E.O. 2002. Bibliography of Brazilian birds: 1500-2002. Divisa Editora, Rio Claro, Brazil.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Applying strategic environmental assessment: good practice guidance for development co-operation. OECD, 2006.
- OSWALDO, L.P., PIMENTA, B. 2004. *Dasypops schirchi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T57803A11683690. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57803A11683690.en>. Downloaded on 15 November 2018.
- PACHECO, J. F. & R PARRINI. 1999. A atividade naturalística de Herbert Franzoni Berla (1912-1985), ornitólogo e acarologista do Museu Nacional. *Atualizadas Ornitológicas*, 87/
- PACHECO, J.F. & C. BAUER (1995) ADOLF SCHNEIDER (1881-1946): alguns dados sobre a vida e a obra do chefe da expedição de 1939 do Museu de Ciências Naturais de Berlim que trouxe Helmut Sick para o Brasil. *Atualidades Ornitológicas* 65: 10-12.
- PANOSO, L. A. (Coord.). Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Espírito Santo. Escala 1:400.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, Boletim n.º 45, 1978. 461 p.
- PAPAVERO, N. 1971. Essays on the History of Neotropical Dipterology: with special reference to collectors (1750-1905). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.
- PAPWORTH, S. K.; RIST, J.; COAD, L.; MILNER-GULLAND, & E. J. Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. *Conservation Letters* 2, p. 93-100. 2009.
- PARKER, T.A., III; STOTZ, D.F. & FITZPATRICK, J.W. 1996. Ecological and distributional databases. In: Stotz, D.F.; Fitzpatrick, J.W.; Parker, T.A., III & Moskovits, D.K. (Eds.), *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago, USA, p.113-436.
- PASSAMANI, M. & MENDES, S.L., orgs. 2007. Espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. IPEMA, Vitória, Brazil.
- PATTON, J. L.; U. F. J. PARDIÑAS & G. D'ELIA. 2015. Mammals of South America, volume 2: Rodents. University of Chicago Press, 2015.
- PAULY, D. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *TREE*, vol 10, no 10, p. 430. 1995.
- PAYNTER, R.A., JR. & TRAYLOR, M.A., Jr. 1991. Ornithological gazetteer of Brazil, 2 vols. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, USA.

PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., SILVA, L.C., BABINSKI, M., CORDANI, U., Castañeda, C. 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, 15 (este número).

PERES, J., SIMON, J.E., NASCIMENTO, D.S., FEIO, R.N. 2010. Amphibia, Anura, Leptodactylidae, *Leptodactylus cupreus* Caramaschi, Feio and São-Pedro, 2008: Distribution extension. *Check List* :, 481–482.

PIACENTINI, V.Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C.E.; MAURÍCIO, G.N.; PACHECO, J.F.; BRAVO, G.A.; BRITO, G.R.R.; NAKA, L.N.; OLMOS, F.; POSSO, S.R.; SILVEIRA, L.F.; BETINI, G.S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A.C.; LIMA, L.M.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F.R.; BENCKE, G.A.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L.F.A.; STRAUBE, F.C. & CESARI, E. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 23:91-298.

PINTO, O. M. DE O. 1945. Cinquenta anos de investigação ornitológica. *Arquivos de Zoologia IV*: 261–340.

PINTO, O. M. DE O. 1950. Peter W. Lund e sua contribuição à ornitologia Brasileira. *Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia*, 9: 269–284.

PINTO, O. M. de O. 1952. Súmula Histórica e Sistemática da Ornitologia de Minas Gerais. *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo*, 8: 51.

PINTO, O. M. de O. 1979. A ornitologia do Brasil através das idades (século XVI a século XIX). *Brasiliensia Documenta* 13: 1–117.

PINTO, O.M.O. 1938. Catálogo das aves do Brasil e lista dos exemplares que as representam no Museu Paulista. 1a parte: Aves não Passeriformes e Passeriformes não Oscines excluída a fam. Tyrannidae e seguintes. *Revista do Museu Paulista*, 22:i-xviii + 1-566.

PINTO, O.M.O. 1944. Catálogo das aves do Brasil e lista dos exemplares existentes na coleção do Departamento de Zoologia, 2a parte. Ordem Passeriformes (continuação): superfamília Tyrannoidea e subordem Passeres. Departamento de Zoologia, Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, São Paulo, Brazil.

PINTO, O.M.O. 1964. Ornitologia Brasiliense: catálogo descritivo e ilustrado das aves do Brasil, vol. 1. Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, Brazil.

PMQQS - PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DA FUNDAÇÃO RENOVA. Relatório Parcial - 3474-01-MQA-RL-0001-00, Junho de 2018, 102p.

PMQQS - PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO DE ÁGUA E SEDIMENTOS DA FUNDAÇÃO RENOVA. Dados Brutos de hisrossedimentologia e qualidade da água. de Anual_validadores aplicados, 2018b

POMBAL JR., J.P., CRUZ, C.A.G. 2016. Records on breeding behaviour of a rare neotropical microhylid frog, *Dasypops schirchi* (Gastrophryninae). *Herpetology Notes* 9: 317-320.

PUSEY, B. J.; ARTHINGTON, A. H. 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research* 54:1–16.

PYRON, R.A., WIENS, J.J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of advanced frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61: 543–583.

QUEIROGA, G. N., et al. Geologia e recursos minerais da folha Nova Venécia SE.24-Y-B-IV, estado do Espírito Santo, escala 1:100.000 / Gláucia Nascimento Queiroga... [et al.]; organizador Luiz Carlos da Silva. – Belo Horizonte: CPRM, 2012.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius Palmae. *Sellowia*, v. 49-52, p. 60-92, 2000.

REIS, N. R.; A. L. PERACCHI; W. A. PEDRO & I. P. DE LIMA (Eds.). 2006. Mamíferos do Brasil. Londrina - Paraná.

REIS, N. R.; M. N. FREGONEZZI; A. L. PERACCHI & O. A. SHIBATTA. 2013. Morcegos do Brasil: guia de campo. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013.

REYS, P.; SABINO, J. & GALETTI, M. 2009. Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. *Acta Oecologica*. 35: 136-141.

RODRIGUES, A. S. de L.; JÚNIOR, H. A. N.; COSTA, A. T.; MALAFAIA, G. Construção de mapas geoquímicos a partir de sedimentos ativos de margens oriundos do Rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil. *Multi-Science Journal*, Instituto Federal Goiano, Goiânia, GO, n. 1, v. 1, p. 70-78, 2015.

RODRIGUES, A.S.L., G. MALAFAIA, A.T. Costa & H.A. NALINI, Jr. 2013. Background values for chemical elements in sediments of the Gualaxo do Norte River Basin, MG, Brazil. *Revista de Ciências Ambientais* 7(2):15-32.

ROSA, Josianne Claudia Sales. Avaliação de impactos ambientais de um projeto de mineração: Um teste metodológico baseado em serviços ecossistêmicos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

ROSA, R. S. & LIMA, F.C.T. 2008. Os peixes brasileiros ameaçados de extinção, p.9–19. In: Machado, A.B.M.; Drummond, G.M. & Paglia, A.P. (eds.). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas.

RUAS D.S., MENDES C.V.M., DEL-GRANDE M.L., SOLÉ M. 2013. *Aparasphenodon bruno* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Hylidae): Distribution extension and geographic distribution map for Bahia state, Brazil. *Check List* 9: 858–859.

RUSCHI, A. 1951. Trochilídeos no Museu Nacional. *Bol. Mus. Biol. Mello-Leitão, Biol.*, no. 10.

RUSCHI, A. 1965. Lista de espécies do Estado do Espírito Santo. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* 24A: 1-40

SAADI, A.; CAMPOS, J. C. F. Geomorfologia do caminho da lama: contexto e consequências da ruptura da Barragem do Fundão (novembro 2015-Mariana-MG). Revista Arquivos do MHNJB/UFMG, v. 24, p. 63-103, 2015.

SAINT-HILAIRE, A. DE. 1974. Viagem ao Espírito Santo e Rio Doce. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

SAINT-HILAIRE, A. de. 1975. Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Itatiaia, Belo Horizonte, Brazil.

SAINT-HILAIRE, A. F. C. 2011. Quadro geográfico da vegetação primitiva na província de Minas Gerais. Fino Trato, Belo Horizonte, Brazil.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013.

SAND-JENSEN, K. 1998. Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. Freshwater Biology 39: 663-679.

SANTOLIN, C.V.A., V.S.T. CIMINELLI, C.C.NASCENTES & C.C. WINDMOLLER. 2015. Distribution and environmental impact evaluation of metals in sediments from the Doce River Basin, Brazil. Environmental Earth Sciences 74:1235-1248.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria aplicada. Curitiba: Lactec, 2001.

SCHALK, C.M., MONTAÑA, C.G., KLEMISH, J.L., WILD, E.R. 2014. On the diet of the frogs of the Ceratophryidae: synopsis and new contributions. South American Journal of Herpetology 9: 90–105.

SCHOLTEN, M.C.T., E.M. FOEKEMA, H.P.VAN DOKKUM, N.H.B.M. KAAG & R.G. JAK. 2005. Eutrophication management and ecotoxicology. Springer.

SILVA, A.P.Z., HADDAD, C.F.B., KASAHARA, S. 2003. Chromosome banding *Macrogenioglottus alipioi* Carvalho, 1946 (Amphibia, anura, Leptodactylidae), with comments on its taxonomic position. Boletim do Museu Nacional 499: 1–9.

SILVA, J.M.C.; SOUZA, M.C. & CASTELLETI, C.H.M. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. Global Ecology and Biogeography, 13:85-92.

SIMONELLI, M. & FRAGA, C.N. 2007. Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Vitória, IPEMA. 146p

SOBRINHO, P.M.M., SANTOS, E.G., MELO, V.L., SANTOS, E.M., MOURA, G.J.B. 2016. First Record of *Macrogenioglottus alipioi* Carvalho, 1964 (Amphibia: Anura) for the state of Pernambuco, Brazil. Herpetology Notes 9: 103–104.

SOLÉ, M., KETTERL, J., DI-BERNARDO, M., KWET, A. 2002. Ants and termites are the diet of the microhylid frog *Elachistocleis ovalis* at an Araucaria forest in Rio Grande do Sul, Brazil. Herpetological Bulletin 79: 14-17.

SOS MATA ATLÂNTICA, 2018. <https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recents/>. Acesso em novembro de 2018.

SOUZA, C.J.O. 1995. Interpretação morfotectônica da bacia do Rio Doce. Belo Horizonte-MG, Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia/Geografia e Análise Ambiental, Dissertação de Mestrado, 1995. 144 p.

SOUZA, F.L. 2004. Uma revisão sobre padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). *Phyllomedusa* 3: 15-27

SOUZA, J. J. L. L. et al. Geochemistry and spatial variability of metal(loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 505, p. 338-349, 2015.

STEVAUX, J. S.; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia Fluvial. São Paulo. Oficina de Textos, 2017.

TEIXEIRA, R.L., FERREIRA, R.B. 2010. Diet and fecundity of *Sphaenorhynchus planicola* (Anura, Hylidae) from a coastal lagoon in southeastern Brazil. *Revista Española de Herpetología* 24: 19–25.

TEIXEIRA, R.L., SCHNEIDER, J.A.P., ALMEIDA, G.I. 2002. The occurrence of amphibians in bromeliads from the southeastern Brazil Restinga habitat, with special reference to *Aparasphenodon bruno*i (Anura, Hylidae). *Brazilian Journal of Biology* 62: 263-268.

TEIXEIRA, R.L., VRCIBRADIC, D., ALMEIDA, G.I. 2006. Food habits of *Stereocyclops incrassatus* (Anura, Microhylidae) from Povoação, Espírito Santo State, southeastern Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 19: 53-58.

TEIXEIRA, R.L., LOURENÇO-DE-MORAES, R., MEDEIROS, D.C., DUCA, C., BRITO, R.C., BISSOLI, L.C.B., FERREIRA, R.B. 2017. Diet of juveniles of the venomous Casque-headed frog *Aparasphenodon bruno*i (Amphibia: Hylidae) in southeastern Brazil. *Acta Herpetologica* 12: 205–208.

TORTOISE, FRESHWATER Turtle Specialist Group 1996. *Acanthochelys radiolata* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T78A97260100. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T78A13078282.en>. Downloaded on 15 November 2018

TRIGO, T. C.; A. SCHNEIDER; T. G. DE OLIVEIRA; L. M. LEHUGEUR; L. SILVEIRA; T. R. FREITAS & E. EIZIRIK. 2013. Molecular data reveal complex hybridization and a cryptic species of Neotropical wild cat. *Curr Biol* v. 23, n. 24, p. 2528-33, 2013.

UICN. Os Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão. O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. Relatório Temático nº 1 do Painel do Rio Doce. Gland, Suíça, 2018.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2006. Data quality assessment. Statistical methods for practitioners. EPA QA/G-9S.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2006. National recommended water quality criteria. Available from: <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqcriteria.html>.

VAN SLUYS, M., SCHITTINI, G.M., MARRA, R.V., AZEVEDO, A.R.M., VICENTE, J.J., VRCIBRADIC, D. 2006. Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis capixaba* in an Atlantic Forest Area in southern Bahia State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66: 29-41.

- VANONI, V. A. Sedimentation engineering. New York: ASCE, American Society of Civil Engineers, 1975.
- VANZOLINI, P. E. 1981. The scientific and political contexts of the Bavarian Expedition to Brasil. Pp. 9-29 in Spix, J. B. & J. G. Wagler (eds). Herpetology of Brasil. Society for Study of Amphibians and Reptiles, New York, USA
- VANZOLINI, P. E. 2004. Episódios da Zoologia Brasileira. Hucitec, São Paulo, Brazil.
- VASCONCELOS, M. F. DE, & J. F. PACHECO. 2012. A contribuição histórica das atividades de coleta científica nos séculos XIX e XX para o conhecimento da avifauna dos campos rupestres e campos de altitude do leste brasileiro. Atualidades Ornitológicas online, 168: 52–65.
- VERVLOET, R. J. H. M. A geomorfologia da região de rompimento da barragem da Samarco: a originalidade da paisagem à paisagem da mineração. In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (org.). Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 91-121.
- VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma Visão Sobre Qualidade Do Solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:743-755, 2009.
- VELLIARD, J.M.E. 1994. Catálogo dos Troquilídeos do Museu de Biologia Mello Leitão. Ministério da Cultura, Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural, Museu de Biologia Mello Leitão, Santa Teresa, Brazil.
- WEAVER, M.J., MAGNUSON, J.J. & CLAYTON, M.K. 1997. Distribution of littoral fishes in structurally complex macrophytes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54: 2277-2289.
- WETZEL R.G., 2001. Limnology. Springer.
- WETZEL, RG., & G.E. Likens. 2000. Limnological analyses. Springer.
- WOGEL, H., WEBER, L.N., ABRUNHOSA, P.A. 2006. The tadpole of the casque-headed frog, *Aparasphenodon brunoi* Myranda-Ribeiro (Anura: Hylidae). South American Journal of Herpetology 1: 54–60.
- ZENI, J. O.; CASATTI, L. 2014. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. Hydrobiologia 726:259–270.