

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

**DIAGNÓSTICO DE AVALIAÇÃO – RESERVA PARTICULAR DO  
PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA BULCÃO – MEDIÇÃO 8 FINAL**

**Junho, 2019**

## EQUIPE RESPONSÁVEL

### Fundação Renova

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 - Bióloga

Marcos Melo - Geógrafo

Marina Tiengo - Gestora Ambiental

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

AP – Área Proriotária

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

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

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) .....	31
Figura 2: Chave de interpretação visual de imagens de satélite .....	32
Figura 3: O antes e depois da fazenda de Sebastião Salgado em Aimorés, MG .....	38
Figura 4: Poço tubular dentro dos limites da área de estudo (linha vermelha) da RPPN Fazenda Bulcão. .	58
Figura 5: Exemplos de tipos de feições fluviais de deposição de sedimentos na área de estudo.....	66
Figura 6: Matriz para o estabelecimento do índice de nodalidade.....	112
Figura 7: Faixas do Índice de Vulnerabilidade Social .....	115
Figura 8: BR 101 em Aimorés.....	155
Figura 9: Estação Ferroviária de Aimorés. Segundo Teixeira; Ribeiro (2009, p. 12) nela “destaca-se a utilização de elementos essencialmente neoclássicos, já descritos anteriormente, como o frontão, marcando a edificação como exemplar de destaque de certa época”.....	156
Figura 10: Infraestrutura voltada à educação ambiental e cursos de capacitação da comunidade.....	158
Figura 11: Estrutura da expedição .....	160
Figura 12: Locais visitados durante a expedição .....	168
Figura 13: Fotos tiradas no dia 12/02/2019, durante a expedição de campo na RPPN Fazenda Bulcão (Aimorés, MG): (1) vista do relevo e do Rio Doce onde está situada a barragem de Aimorés; (2) Inselbergs próximos a margem fluvial vegetada e com o fluxo do Rio Doce reduzido, a jusante da barragem; (3) barragem de aimorés; (4) Trilhos sobre ponto no rio Manhuaçu. ....	170
Figura 14: Trecho do Rio Doce na área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão (Aimorés, MG). Calha do rio de fluxo reduzido e onde se situa o “canalão”: (1) Vista do mirante, (2) Ponte sobre o Rio Doce (vista à montante do rio). Data: 12/02/2019. ....	171
Figura 15: Vista da área revegetada da RPPN Fazenda Bulcão.....	173
Figura 16: Indivíduo de peroba do campo na RPPN Fazenda Bulcão.....	174
Figura 17: Córrego do Bulcão, localizado dentro da RPPN Fazenda Bulcão.....	182
Figura 18: Represamento do Córrego do Bulcão .....	183
Figura 19: Sede da RPPN Fazenda Bulcão, em Aimorés .....	184
Figura 20: Sra. Gladis, responsável pelo uso público da RPPN.....	185
Figura 21: Encostas recuperadas junto a Sede da RPPN Fazenda Bulcão, com a represa de um dos ribeirões em primeiro plano .....	188
Figura 22: Viveiro de mudas da RPPN.....	188
Figura 23: Peroba remanescente em área recuperada da RPPN. ....	189

Figura 24: Represa da Aliança Energia ao fundo, vista da RPPN. A barragem desviou o curso do Rio Doce para fora da cidade de Aimorés.....	190
Figura 25: Visão panorâmica do mirante da RPPN .....	190
Figura 26: Belvederes para observação do Rio Doce. Mas sem usos de contemplação, pois o leito encontra-se seco desde o desvio do Rio em 2005. ....	191
Figura 27: Av. Florivaldo Dias de Oliveira .....	192
Figura 28: Mirante abandonado.....	192
Figura 29: Vista do mirante.....	193
Figura 30: Leito de vazão reduzida do Rio Doce .....	193
Figura 31: Setor do Parque Botânico, cujas visitas precisam ser agendadas. ....	194
Figura 32: Fotos tiradas entre os dias 17 a 20/11/2015 do Rio Doce em Resplendor, trecho a montante da área de estudo. ....	202
Figura 33: Fotos do Rio Doce e rio Guandu no município de Baixo guandu (ES) entre os dias 17 a 20/11/2015.....	203
Figura 34: Trecho 1.....	204
Figura 35: Trecho 2.....	204
Figura 36: Trecho 3.....	205
Figura 37: Trecho 4.....	205
Figura 38: Trecho 5.....	206
Figura 39 - Estrutura do Mapa Conceitual .....	256
Figura 40 - Mapa Conceitual.....	257

## 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 Resplendor (Minas Gerais). .....	52
Gráfico 3: Perfil longitudinal do canal do Rio Doce, características gerais e localização (relativa) da área de estudo. ....	63
Gráfico 4: Representação gráfica das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56920000, entre os municípios de Tumiritinga e Galileia (MG). Fonte: MPF (2017a). ....	68
Gráfico 5: Representação gráfica da curva chave de sedimentos entre o período de 1998 a 2015 na estação 56920000, entre os municípios de Tumiritinga e Galileia (MG). Fonte: MPF (2017a). ....	69
Gráfico 6: Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	72
Gráfico 7: Linha-base de parâmetros básicos de qualidade de água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	73
Gráfico 8: Linha-base do (a) Ferro Dissolvido (b) Alumínio Dissolvido e (c) Manganês Total na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.....	74
Gráfico 9: Linha-base das concentrações de Arsênio Total, Cádmio Total, Cromo Total, Cobre Dissolvido, Mercúrio Total, Chumbo Total, Selênio Total e Zinco.....	75
Gráfico 10: Linha-base de concentração de nitrogênio e fósforo na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	77
Gráfico 11: Linha-base da contaminação orgânica e microbiológica da água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	78
Gráfico 12: Linha-base da concentração de clorofila <i>a</i> na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	79
Gráfico 13: Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Manhuaçu em Aimorés (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	79
Gráfico 14: Linha-base de parâmetros básicos de qualidade de água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. Acima: pH (acima), condutividade (meio), oxigênio dissolvido (abaixo). ....	80

Gráfico 15: Linha-base do (a) Ferro Dissolvido (b) Alumínio Dissolvido e (c) Manganês Total na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	81
Gráfico 16: Linha-base das concentrações de Arsênio Total, Cádmio Total, Cromo Total, Cobre Dissolvido, Mercúrio Total, Chumbo Total, Selênio Total e Zinco Total na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	82
Gráfico 17: Linha-base de concentração de nitrogênio e fósforo na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	84
Gráfico 18: Linha-base da contaminação orgânica e microbiológica da água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	85
Gráfico 19: Linha-base da concentração de clorofila <i>a</i> na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. ....	86
Gráfico 20: Comparativo entre população urbana e rural em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2010...	120
Gráfico 21: Pirâmides Etárias de Aimorés e Baixo Guandu - 1991, 2000 e 2010. ....	122
Gráfico 22: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Aimorés, MG – 1991, 2000 e 2010 (em %). ....	125
Gráfico 23: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010 (em %). ....	126
Gráfico 24: Mortalidade Infantil nos municípios de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 1991, 2000 e 2010. ....	127
Gráfico 25: Renda, Pobreza e Desigualdade em Aimorés, MG – 1991, 2000, 2010 .....	129
Gráfico 26: Renda, Pobreza e Desigualdade em Baixo Guandu, ES – 1991, 2000, 2010 .....	130
Gráfico 27: População Economicamente Ativa, Aimorés, MG, 2010 .....	131
Gráfico 28: População Economicamente Ativa, Baixo Guandu, ES, 2010 .....	131
Gráfico 29: Total de domicílios e população, setores censitários da área de estudo, 2010 .....	135
Gráfico 30: População, por sexo nos setores censitários, área de estudo, 2010. ....	136
Gráfico 31: Rendimento mensal per capita dos domicílios, em salário mínimo, 2010. ....	137
Gráfico 32: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários, 2010 .....	138
Gráfico 33: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, 2010 .....	139
Gráfico 34: Destinação de lixo (coletado e não coletado) nos setores censitários, 2010. ....	140
Gráfico 35: Energia elétrica por domicílio por setor censitário, 2010.....	141



Gráfico 36: População, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	143
Gráfico 37: População, por sexo, setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	144
Gráfico 38: Percentual da população alfabetizada nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	145
Gráfico 39: Rendimento mensal per capita dos domicílios, em salário mínimo, nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	146
Gráfico 40: Abastecimento d'água nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	147
Gráfico 41: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	148
Gráfico 42: Lixo coletado e não coletado por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	149
Gráfico 43: Comportamento da vazão e cota (curva-chave) na Estação fluviométrica localizada entre os municípios de Galiléia e Tumiritinga, incluindo o monitoramento especial realizado na bacia do Rio Roce em dezembro de 2015. Em destaque vermelho: vazão diária registrada um dia depois da passagem da onda de cheia, na madrugada do dia 08/11/2015. ....	208
Gráfico 44: Média de concentrações de Sólidos em Suspensão Totais (mg/l) – Aimorés Estação RD067.....	212
Gráfico 45: Sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	221
Gráfico 46: pH (acima) e condutividade (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	222
Gráfico 47: Oxigênio dissolvido na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	223
Gráfico 48: Ferro Dissolvido (acima) e Manganês Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	224
Gráfico 49: Arsênio Total (acima) e Cádmio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	225
Gráfico 50: Chumbo Total (acima) e Mercúrio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	226
Gráfico 51: Nitrato (acima) e Fósforo Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	227
Gráfico 52: Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) e Coliformes Termotolerantes ('fecais') (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	228
Gráfico 53: Concentração de clorofila a na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.....	229

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico Linha de Base.....	27
Tabela 2: Dados para composição do BDG/SIG, etapa do Diagnóstico de Avaliação .....	28
Tabela 3: Dados para composição do BDG/SIG na etapa do Relatório Final .....	29
Tabela 4: Características do sensor REIS .....	29
Tabela 5: Características do sensor do Planet Scope .....	30
Tabela 6: Imagens utilizadas dos satélites RapidEye e Planet Scope .....	30
Tabela 7: Mapas da etapa do Diagnóstico Linha de Base.....	33
Tabela 8: Mapas da etapa do Diagnóstico de Avaliação .....	34
Tabela 9: Mapas da 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 RPPN Fazenda Bulcão .....	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 56920000. Fonte: MPF (2017a).....	68
Tabela 13: Propriedades e concentração de metais nos tipos de solos presentes na RPPN Fazenda Bulcão .....	88
Tabela 14: Indicadores que compõem as três dimensões do Índice de Vulnerabilidade Social – IVS .....	113
Tabela 15: Área por tipologia de uso da terra na área de estudo da Fazenda Bulcão .....	118
Tabela 16: Área Territorial, População e Densidade Demográfica de Aimorés (MG) e Baixo Guandu (ES) 2000 e 2010.....	119
Tabela 17: População Residente Total, Urbana e Rural, Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES. 2000 e 2010.....	120
Tabela 18: População Total, por Gênero, Rural e Urbana, Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2000 .....	121
Tabela 19: População Total, por sexo, Rural e Urbana em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2010.....	121
Tabela 20: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010 (em %). .....	125
Tabela 21: Mortalidade Infantil nos municípios de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 1991, 2000 e 2010. ....	126
Tabela 22: Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), 2000 e 2010.....	127
Tabela 23: Produto Interno Bruto a preços correntes de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 2005 e 2015 (mil).....	128

Tabela 24: Produto Interno Bruto <i>per capita</i> de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2005 e 2015.....	128
Tabela 25: Renda, Pobreza e Desigualdade em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010	129
Tabela 26: Ocupação na faixa etária de 18 anos por setor econômico de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 2010.....	132
Tabela 27: Valor Adicionado (por setor) dos municípios em 2005 e 2015 (em R\$ mil). ....	132
Tabela 28: Distribuição dos setores censitários nos municípios da área de estudo, RPPN Fazenda Bulcão .....	134
Tabela 29: Domicílios Particulares Permanentes e População, setores censitários na área de estudo, 2010. ....	135
Tabela 30: População residente, sexo e idade nos setores censitários da área de estudo, 2010 .....	136
Tabela 31: Rendimento nominal mensal per capita dos domicílios (não inclui improvisados), em salários mínimos, setores censitários, 2010. ....	136
Tabela 32: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários, 2010 .....	137
Tabela 33: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, 2010.....	138
Tabela 34: Destinação de lixo (coletado e não coletado) nos setores censitários, 2010.....	139
Tabela 35: Energia elétrica por domicílio por setor censitário, 2010. ....	140
Tabela 36: Domicílios e População, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010. ....	142
Tabela 37: População residente, por sexo e idade nos setores censitários com interface direta com a RPPN, 2010.....	143
Tabela 38: Pessoas alfabetizadas por faixa de idade, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	144
Tabela 39: Rendimento mensal <i>per capita</i> dos domicílios, em salário mínimo, nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010. ....	145
Tabela 40: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	146
Tabela 41: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	147
Tabela 42: Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010 .....	148
Tabela 43: Energia elétrica por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.....	149
Tabela 44: Vulnerabilidade dos setores censitários com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão....	150
Tabela 45: Valor Adicionado em valores correntes do Turismo por Territórios de Desenvolvimento e	

municípios de Minas Gerais - 2010-2014 .....	154
Tabela 46: Características extra e intra-canal do trecho fluvial observados em campo. ....	161
Tabela 47: Pontos dos locais visitados durante a expedição .....	168
Tabela 48: Lista de espécies de pequenos mamíferos de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão, verificados durante a campanha de campo e registrados através do monitoramento realizado pela empresa Bicho do Mato.....	175
Tabela 49: Lista de quirópteros de provável ocorrência na RPPN fazenda Bulcão.....	176
Tabela 50: Lista de mamíferos de médio e grande porte de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão. ....	178
Tabela 51: Critérios para a Caracterização e Atribuição de Significância aos Impactos componentes da Matriz de Avaliação.....	197
Tabela 52: Modelo de Matriz de Avaliação de Impacto adotada no presente projeto .....	199
Tabela 53: Matriz de Significância do Impacto. ....	199
Tabela 54: Granulometria dos sedimentos suspensos em Baixo Guandu (ES). ....	210
Tabela 55: Classificação granulométrica da American Geophysical Union .....	210
Tabela 56: Sólidos em Suspensão Totais .....	211
Tabela 57: Estimativa da Descarga Sólida em Suspensão durante a passagem da massagem de água com elevada turbidez em Tumiritinga (MG).....	213
Tabela 58: Descarga sólida em suspensão .....	213
Tabela 59: Resumo das alterações na qualidade de água do Rio Doce em geral, e no Rio Doce em Aimorés 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. ....	219
Tabela 60: Matriz de Impactos no Meio Físico .....	231
Tabela 61: Matriz de Impactos no Meio Biótico .....	242
Tabela 62: Matriz de Avaliação de Impactos no meio socioeconômico.....	254
Tabela 63: Relação dos Impactos com as Medidas e Projetos Propostos .....	265

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização das Unidades de Conservação do projeto .....	20
Mapa 2: Área de estudo dos meios físico e biótico da RPPN Fazenda Bulcão .....	25
Mapa 3: Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da RPPN Fazenda Bulcão .....	26
Mapa 4: Zona de Amortecimento da RPPN Fazenda Bulcão .....	26
Mapa 5: Localização das estações pluviométricas da área de estudo observada. ....	53
Mapa 6: Mapa Geológico da RPPN Fazenda Bulcão e área de estudo. ....	55
Mapa 7: Unidades hidrogeológicas onde está situada a RPPN Fazenda Bulcão .....	57
Mapa 8: Unidades Geomorfológicas que abrigam a RPPN Fazenda Bulcão .....	61
Mapa 9: Drenagem da área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão. ....	62
Mapa 10: Hipsometria .....	64
Mapa 11: Declividade .....	65
Mapa 12: Estações fluviométricas mais próximas da área de estudo. ....	67
Mapa 13: Mapa da Pedologia da RPPN Fazenda Bulcão .....	87
Mapa 14: Mapa de vegetação e Bacia do Rio Doce .....	98
Mapa 15: Mapa da cobertura vegetal da área de estudo RPPN Fazenda Bulcão e entorno. ....	99
Mapa 16: Mapa de nodalidade – RPPN Fazenda Bulcão .....	110
Mapa 17: Mapa de uso e ocupação da terra – Área de estudo RPPN Fazenda Bulcão .....	118
Mapa 18: Setores censitários da área de estudo .....	134
Mapa 19: Setores censitários na área de abrangência da RPPN Fazenda Bulcão .....	142
Mapa 20: Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários .....	264
Mapa 21: Mapa de Áreas Prioritárias .....	286



## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	18
2.	Contextualização.....	24
2.1	Área de Estudo.....	24
2.2	Forma da Construção da Base de Dados Geoespacial .....	27
2.2.1	Interpretação Visual de Imagens de Satélite.....	32
3.	Caracterização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão .....	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 RPPN Fazenda Bulcão.....	49
4.2	Linha de Base do Meio Biótico .....	90
4.2.1	Aspectos Metodológicos .....	90
4.2.2	Histórico do Conhecimento da Biodiversidade do Baixo Rio Doce nos Séculos XIX e XX .....	96
4.2.3	Caracterização da Linha de Base RPPN Fazenda Bulcão .....	97
4.3	Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público .....	107
4.3.1	Aspectos Metodológicos .....	107
4.3.2	Caracterização da Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público na RPPN Fazenda Bulcão .....	116
5.	Expedição .....	160
5.1	Metodologia.....	160
5.1.1	Meio Físico.....	161
5.1.2	Meio Biótico.....	162
5.1.3	Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público.....	163
5.2	Avaliação de campo expedita.....	167
5.2.1	Meio Físico .....	167
5.2.2	Meio Biótico .....	172
5.2.3	Meio Socioeconômico.....	183
6.	Avaliação dos Impactos .....	195
6.1	Impactos no Meio Físico .....	200
6.1.1	Hidrogeologia .....	201
6.1.2	Geomorfologia fluvial .....	201

6.1.3	Hidrossedimentologia .....	207
6.1.4	Qualidade da água .....	215
6.1.5	Descrição dos Impactos no Meio Físico .....	230
6.2	Impactos no Meio Biótico .....	240
6.3	Impactos no Meio Socioeconômico e Cultural .....	252
6.4	Avaliação de Impacto Integrada .....	255
7.	Lacunas de Conhecimento .....	261
7.1	Meio Físico .....	261
7.2	Meio Biótico .....	262
8.	Propostas de Medidas de Restauração, Reparação, Mitigação e Compensação .....	265
8.1	Projeto de Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica .....	272
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. ....	273
8.1.2	Medida 2 - Instalação de sistemas de captação de água mais eficientes (cisternas, água de reúso, etc) em locais estratégicos .....	274
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 .....	275
8.1.4	Medida 4 - 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 .....	276
8.1.5	Medida 5 - Análise de risco da condução extensiva de dragagem aos locais propícios à retenção/acúmulo de sedimentos .....	278
8.2	Projeto de Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População .....	279
8.2.1	Medida 1 - Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial .....	280
8.2.2	Medida 2 - Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia .....	281
8.2.3	Medida 3 - Monitoramento da estabilidade das encostas, vales e margens fluviais, assim como da regeneração natural da vegetação .....	282
8.3	Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas .....	283
8.3.1	Medida 1 - Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara .....	283
8.3.2	Medida 2 - Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais .....	285
8.4	Projeto de Manejo de Fauna e Vegetação .....	287
8.4.1	Medida 1 - Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na	

UC e ZA, através de programa de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização ..	287
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-hábitats aquáticos.....	288
8.4.3 Medida 3 - Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes .....	290
8.4.4 Medida 4 - Reintrodução de mamíferos e aves .....	290
8.4.5 Medida 5 - Pesquisa sobre status taxonômico e distribuição de espécies de anfíbios potencialmente novas para a ciência .....	292
8.4.6 Medida 6 - Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce.....	293
9. Referências Bibliográficas.....	295

## 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 são 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 m<sup>3</sup> 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 IV<sup>1</sup>, 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 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)

---

<sup>1</sup> 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)

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 km<sup>2</sup>) 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.

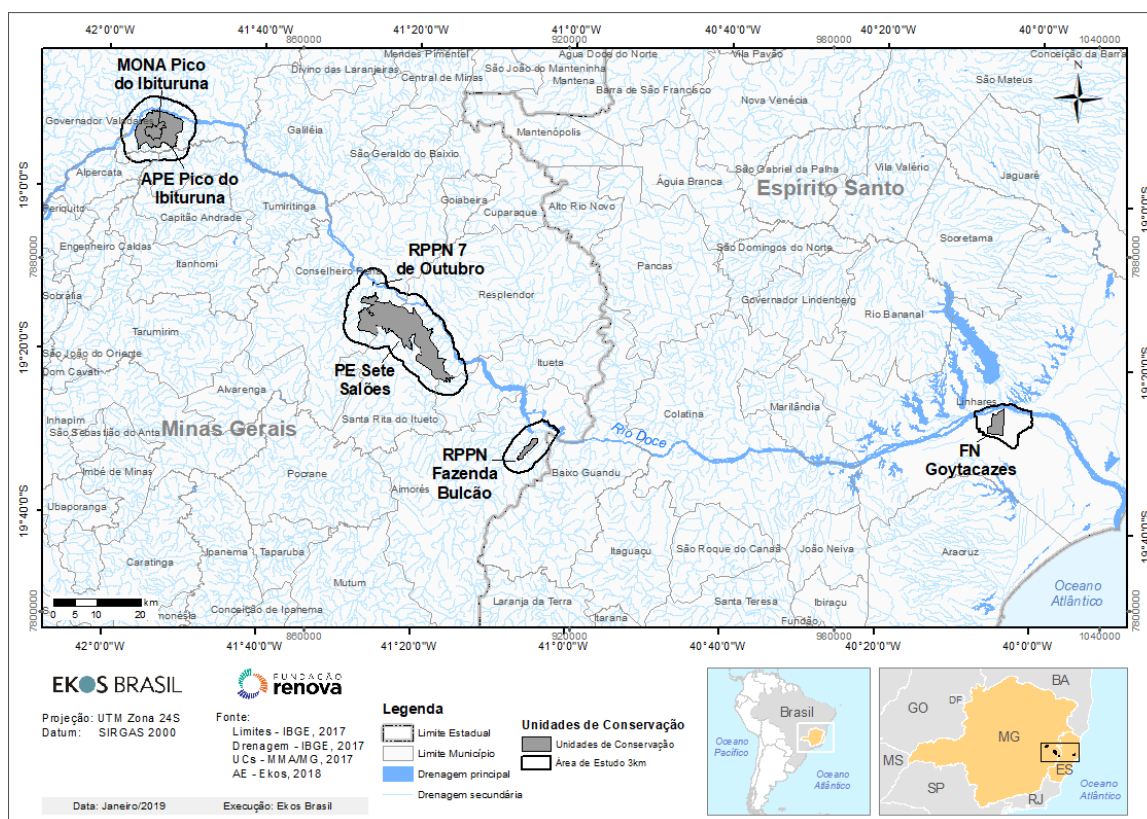
Segundo orientações da Nota Técnica nº 04/2016/APA Costa das Algas/ICMBio, as Unidades de Conservação que tiveram suas áreas, Zonas de Amortecimento ou em distância de 3 quilômetros de seu limite (nos casos em que não há Zona de Amortecimento estabelecida) diretamente atingidas em algum momento pela lama de rejeitos e/ou pluma devem estar incluídas 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 biológico 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 Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão 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 foi realizada tendo como base os seguintes pilares que sustentaram as análises: primeiramente, o levantamento das condições ambientais anteriores ao rompimento, consolidadas no Diagnóstico de Linha de Base (capítulo 4 Linha de Base, do presente documento); 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 RPPN Fazenda Bulcão no dia 13 de fevereiro de 2019, juntamente com os responsáveis pela área (capítulos 5 Expedição e 6 Avaliação dos Impactos); a segunda expedição em campo realizada no dia 24 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 acrescidas 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 RPPN Fazenda Bulcão:** 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 RPPN Fazenda Bulcão: 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 RPPN Fazenda Bulcão: 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 RPPN Fazenda Bulcão: 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.

**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

## **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 pelo Plano de Manejo ou outro instrumento legal, ou raio de três quilômetros em torno dos limites das UCs, de acordo com o limite mínimo proposto pela Resolução do CONAMA N°428/2010, e, no caso da categoria de manejo RPPN, que não possui Zona de Amortecimento, a área definida no 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 ZAs, sendo estes canais identificados pelo mapeamento de otobacias da Agência Nacional de Águas (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.

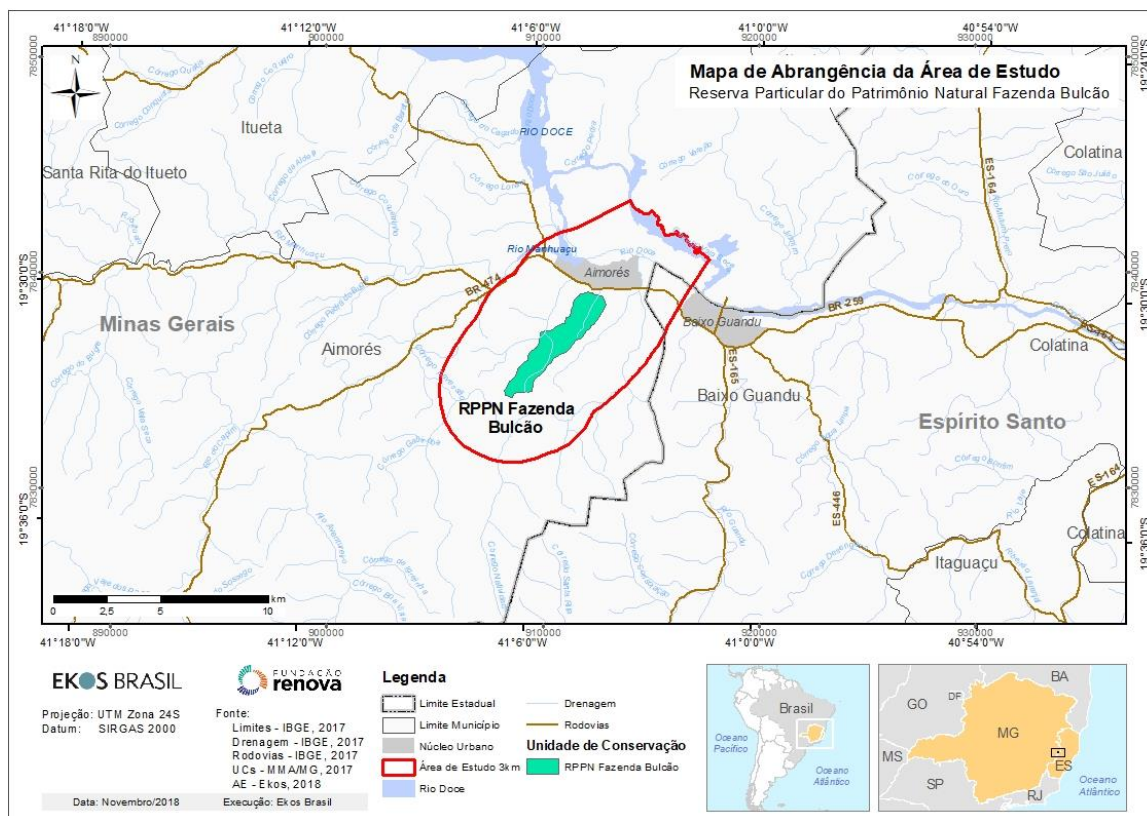
Com relação ao meio socioeconômico e cultural, as informações existentes, em grande parte, encontram-se agregadas por município e contribuem para a visão panorâmica, geral, mas podem dificultar a identificação de impactos pontuais sobre comunidades vizinhas à UC, por não serem representativas das particularidades 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 foram realizados ajustes considerando os limites dos setores censitários contíguos a UC. Os demais que não fazem limites diretos com a UC foram, 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.

O Mapa 2 se refere à área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão para os meios físico e biótico. Já o Mapa 3 apresenta a área de estudo da UC para o meio socioeconômico e cultural. Por fim, o Mapa 4 mostra a Área

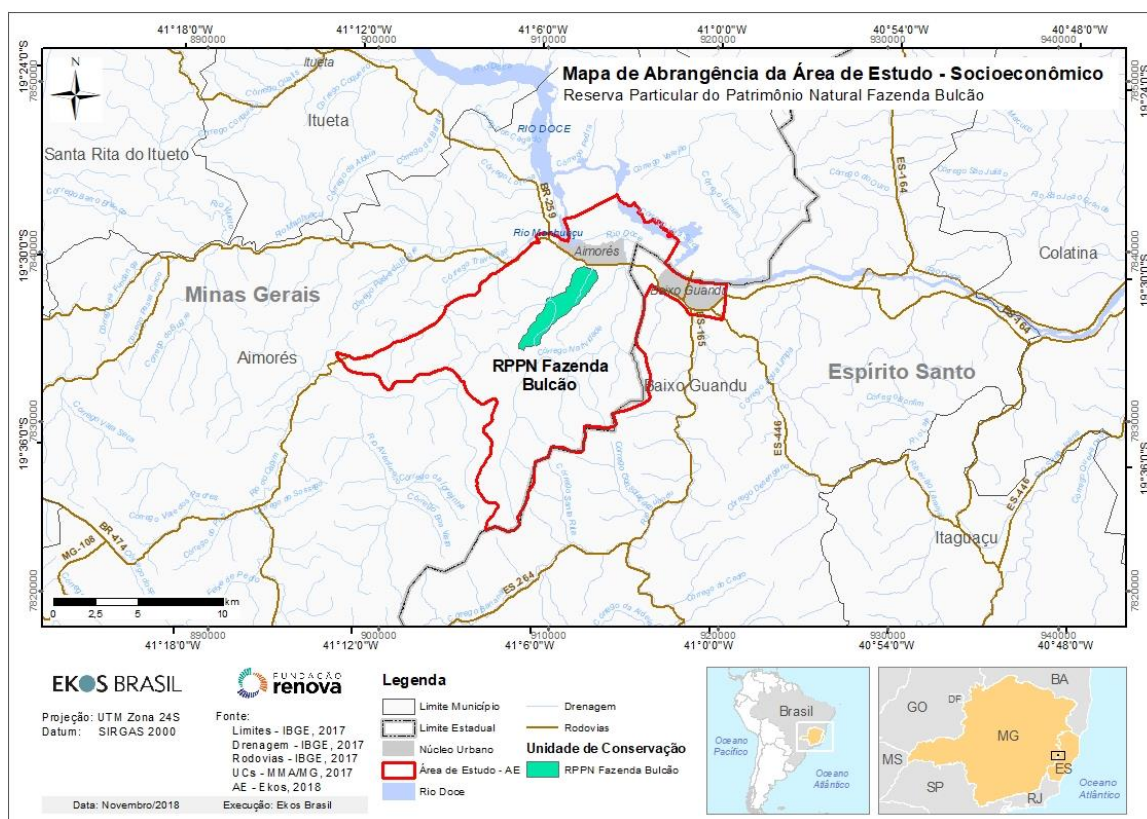
do Entorno de 3km definida no Termo de Referência da RPPN, para os meios físico, biótico, socioeconômico e cultural.

Mapa 2: Área de estudo dos meios físico e biótico da RPPN Fazenda Bulcão

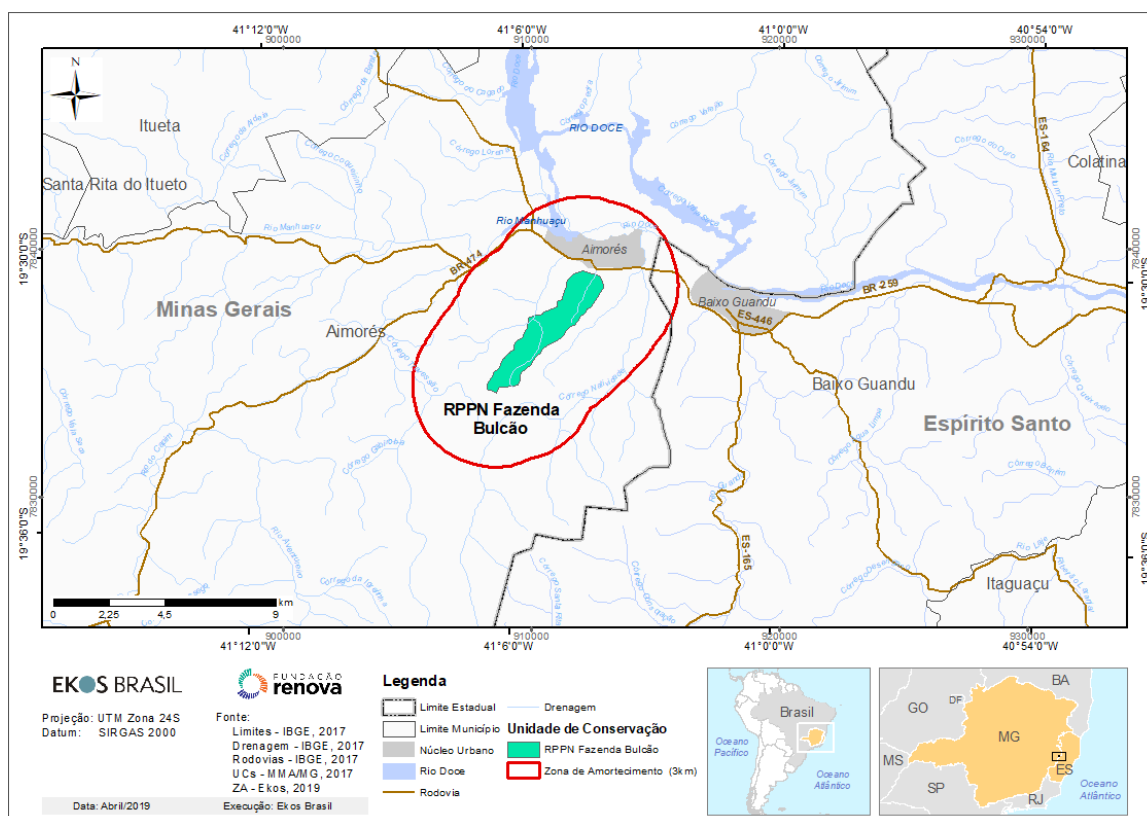




Mapa 3: Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da RPPN Fazenda Bulcão



Mapa 4: Área do Entorno da RPPN Fazenda Bulcão





## 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, de Avaliação e do Relatório Final, sendo responsável pelo georreferenciamento de dados; obtenção, criação, organização, compilação, atualização e disponibilização dos dados geográficos e alfanuméricos da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão; 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: Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), Instituto Florestal Estadual - IEF, 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, na Tabela 2 e na Tabela 3 referentes a cada etapa de desenvolvimento deste trabalho.

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

TEMA	FORMATO	FONTE	ESCALA
Cobertura Vegetal	Polígono	IDE-Sisema, 2017; IEF, 2009	1:25.000
Curvas de nível	Linha	IDE-Sisema, 2017	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.
Estruturas geológicas	Linha	CPRM, 2004	1:500.000

RPPN Fazenda Bulcão (Área de estudo)	Polígono	Ekos, 2018	N.I.
RPPN Fazenda Bulcão (UC)	Polígono	Renova, 2018	N.I.
Geodiversidade	Polígono	CPRM, 2010	1:500.000
Geologia	Polígono	CODEMIG, 2014	1:100.000
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

\*N.I. – Não informado

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
Zona de Amortecimento (3km)	Polígono	Ekos, 2018	N.I.

\*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 AE	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Área de Preservação Permanente Hidro RPPN	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 AE	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea RPPN	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea Total	Polígono	Ekos, 2019	1:5.000
Vegetação arbórea ZA	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 microssatélites 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

<b>Bandas Espectrais</b>	<b>Resolução Espectral</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Resolução Temporal</b>	<b>Faixa Imageada</b>	<b>Resolução Radiométrica</b>
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.

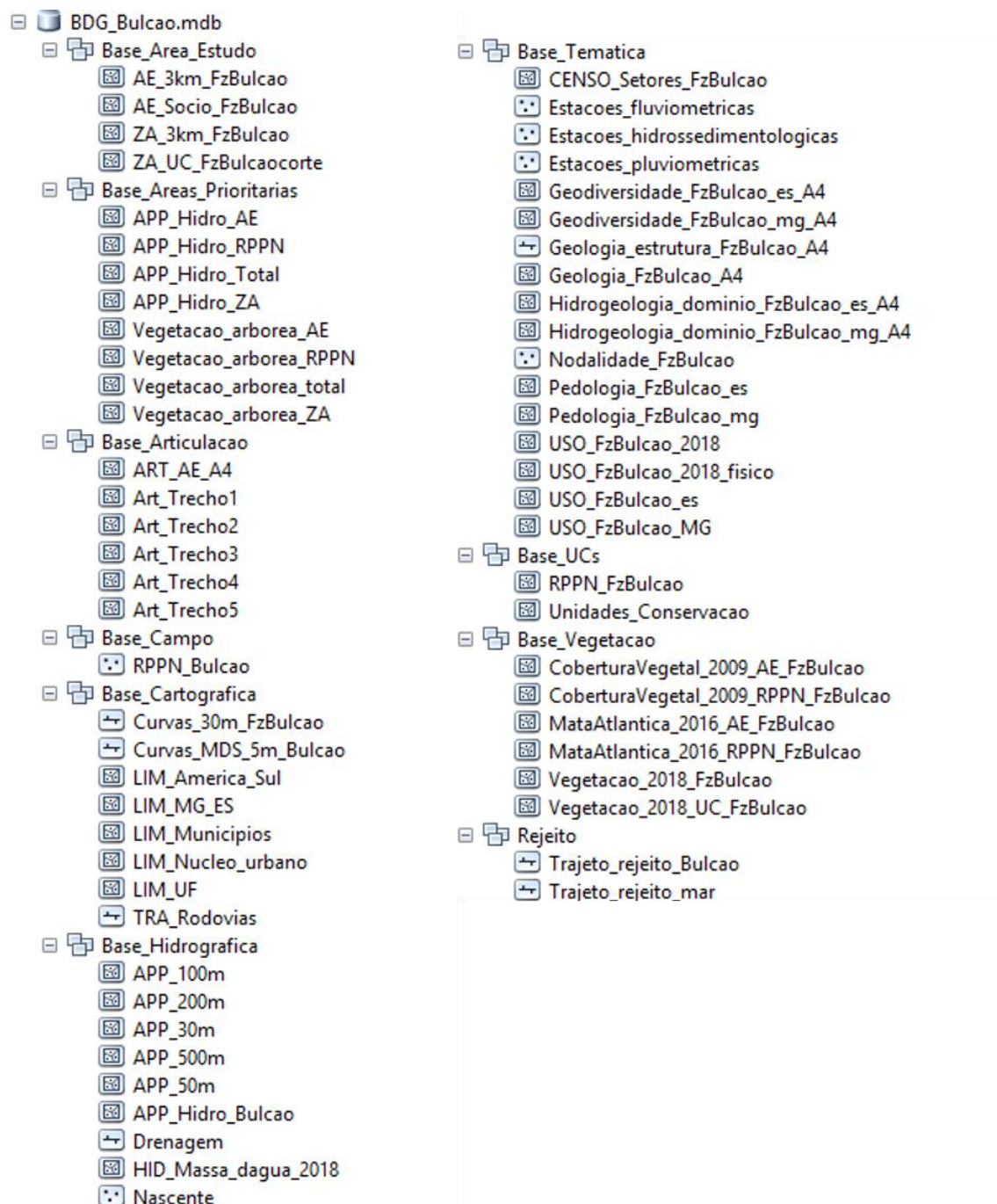
Tabela 6: Imagens utilizadas dos satélites RapidEye e Planet Scope

<b>Satélite</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cena</b>	<b>Resolução Espacial</b>	<b>Data</b>
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		
		122224_103d		10.ago.2018

Todos os dados foram padronizados pelo Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (definido pela resolução nº 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 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.

## 2.2.1 Interpretação Visual de Imagens de Satélite

A interpretação foi realizada com base na identificação visual das áreas vegetação e 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

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

- Áreas de Preservação Permanente (APP) da hidrografia, lagos e nascentes;
- Área da Unidade de Conservação; e,
- 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 Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão estão relacionados de acordo com a demanda de cada equipe e subdivididos por etapa de realização do trabalho, como apresentado na Tabela 7, na Tabela 8 e na Tabela 9.

Tabela 7: Mapas da etapa do Diagnóstico 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 RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 3	Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3

Meio Físico		
Mapa 4	Localização das estações pluviométricas da área de estudo observada	A4/ A3
Mapa 5	Mapa Geológico da RPPN Fazenda Bulcão e área de estudo	A4/ A3
Mapa 6	Unidades hidrogeológicas onde está situada a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 7	Unidades Geomorfológicas que abrigam a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 8	Drenagem da RPPN Fazenda Bulcão e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 9	Hipsometria	A4/ A3
Mapa 10	Declividade	A4/ A3
Mapa 11	Estações fluviométricas mais próximas da área de estudo	A4/ A3
Mapa 12	Mapa da Pedologia da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Meio Biótico		
Mapa 13	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3
Mapa 14	Mapa da cobertura vegetal da área de estudo RPPN Fazenda Bulcão e entorno	A4/ A3
Socioeconômico		
Mapa 15	Mapa de nodalidade	A4/ A3
Mapa 16	Mapa de uso e ocupação da terra – Área de estudo RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 17	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3
Mapa 18	Setores censitários na área de abrangência da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3

Tabela 8: Mapas da 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 e biótico da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 3	Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 4	Zona de Amortecimento da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Meio Físico		
Mapa 5	Localização das estações pluviométricas da área de estudo observada	A4/ A3
Mapa 6	Mapa Geológico da RPPN Fazenda Bulcão e área de estudo	A4/ A3
Mapa 7	Unidades hidrogeológicas onde está situada a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 8	Unidades Geomorfológicas que abrigam a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 9	Drenagem da RPPN Fazenda Bulcão e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 10	Hipsometria	A4/ A3
Mapa 11	Declividade	A4/ A3
Mapa 12	Estações fluviométricas mais próximas da área de estudo	A4/ A3
Mapa 13	Mapa da Pedologia da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Meio Biótico		
Mapa 14	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3

Mapa 15	Mapa da cobertura vegetal da área de estudo RPPN Fazenda Bulcão e entorno	A4/ A3
<b>Socioeconômico</b>		
Mapa 16	Mapa de nodalidade	A4/ A3
Mapa 17	Mapa de uso e ocupação da terra – Área de estudo RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 18	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3
Mapa 19	Setores censitários na área de abrangência da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
<b>Lacunas</b>		
Mapa 20	Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários	A4/ A3

Tabela 9: Mapas da etapa do Relatório Final

MAPA		LAYOUT
<b>Geral</b>		
Mapa 1	Localização das Unidades de Conservação do projeto	A4/ A3
Mapa 2	Área de estudo dos meios físico e biótico da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 3	Área de estudo do meio socioeconômico e cultural da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 4	Zona de Amortecimento da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
<b>Meio Físico</b>		
Mapa 5	Localização das estações pluviométricas da área de estudo observada	A4/ A3
Mapa 6	Mapa Geológico da RPPN Fazenda Bulcão e área de estudo	A4/ A3
Mapa 7	Unidades hidrogeológicas onde está situada a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 8	Unidades Geomorfológicas que abrigam a RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 9	Drenagem da RPPN Fazenda Bulcão e de sua Zona de Amortecimento	A4/ A3
Mapa 10	Hipsometria	A4/ A3
Mapa 11	Declividade	A4/ A3
Mapa 12	Estações fluviométricas mais próximas da área de estudo	A4/ A3
Mapa 13	Mapa da Pedologia da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
<b>Meio Biótico</b>		
Mapa 14	Mapa de Vegetação e bacia do Rio Doce	A4/ A3
Mapa 15	Mapa da cobertura vegetal da área de estudo RPPN Fazenda Bulcão e entorno	A4/ A3
<b>Socioeconômico</b>		
Mapa 16	Mapa de nodalidade	A4/ A3
Mapa 17	Mapa de uso e ocupação da terra – Área de estudo RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
Mapa 18	Setores censitários da área de estudo	A4/ A3
Mapa 19	Setores censitários na área de abrangência da RPPN Fazenda Bulcão	A4/ A3
<b>Lacunas</b>		
Mapa 20	Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários	A4/ A3

Propostas		
Mapa 21	Áreas Prioritárias para Conectividade da Paisagem	A4/ A3

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA BULÇÃO**

A antiga Fazenda Bulcão, uma fazenda convencional de produção de gado na cidade de Aimorés, no leste de Minas Gerais, foi palco de uma inspiradora história de transformação da realidade rural da bacia do Rio Doce. O casal Lélia Deluiz Wanick Salgado e Sebastião Salgado, diante de um cenário de degradação ambiental, há pouco mais de duas décadas, tomaram a decisão de devolver à natureza o que historicamente a mineração, a pecuária e a seca destruíram. Mobilizaram parceiros, captaram recursos e fundaram, em abril de 1998, a organização ambiental dedicada ao desenvolvimento sustentável do Vale do Rio Doce, o Instituto Terra.

Tomada a decisão de criação do Instituto Terra, os fundadores da instituição se mobilizaram para que a Fazenda Bulcão, propriedade herdada da família, fosse reconhecida como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Foi o tipo de UC mais apropriado para a missão que se pretendia para o Instituto Terra em relação à Fazenda: reflorestar e florestar de forma irreversível.

Art. 21. A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica [...].§ 2º Só poderá ser permitida, na Reserva Particular do Patrimônio Natural, conforme se dispuser em regulamento: I - a pesquisa científica; II - a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais (SNUC, 2000).

Em alguns anos de trabalho, o sonho do casal rendeu muitos frutos. Por conta da atuação do Instituto Terra, instituto sem fins lucrativos, mais de 7.000 hectares de áreas degradadas, na fazenda e no entorno, estão em processo de recuperação e cerca de 5 milhões de mudas de 293 diferentes espécies de Mata Atlântica já foram produzidas em seu viveiro. A antiga fazenda de gado, hoje abriga uma floresta rica em diversidade de espécies da flora de Mata Atlântica.

A Fazenda Bulcão é administrada pelo Instituto Terra e é constituída por uma área total de 711,53 hectares, sendo 608,69 hectares reconhecidos como (RPPN), a primeira RPPN constituída em uma área degradada de Mata Atlântica. Em 2009, a RPPN tornou Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – o primeiro da RBMA em Minas Gerais pelas funções: conservação, conhecimento e desenvolvimento sustentável.

Figura 3: O antes e depois da fazenda Bucão de Sebastião Salgado em Aimorés, MG



Fonte: Instituto Terra, 2011.

Os principais projetos vigentes na RPPN são a recuperação florestal, o monitoramento dos sítios recuperados e servir como campo de vivência para alguns projetos de educação ambiental do Instituto Terra, além de futuramente ser um espaço para o turismo ecológico. Recentemente foi descoberto um sítio arqueológico dentro da RPPN, que já é uma referência para o município e alvo de visitas (TERRA, 2010).

Com o reflorestamento da RPPN Fazenda Bulcão, cujo primeiro plantio foi realizado em dezembro de 1999, o Instituto Terra está perto de concluir um projeto de recuperação de Mata Atlântica sem precedentes no Brasil em termos de área contínua, até 2013 faltava menos de 10% para restauração completa da área (INSTITUTO TERRA, 2013). Embora as áreas necessitem ainda de intervenções no sentido de acelerar a restauração florestal - conforme demonstram alguns estudos da riqueza de espécies no local - as ações adotadas permitiram um grande ganho do ponto de vista ecológico, através da cobertura do solo, da formação de dossel e do aumento da diversidade vegetal. A experiência comprova que junto a recuperação do verde, nascentes voltam a jorrar e espécies da fauna brasileira, em risco de extinção, voltam a ter um refúgio seguro.

A ocorrência de aves na fazenda, por exemplo, demonstra que dos dezoito táxons endêmicos da Mata Atlântica, incluindo cinco táxons ameaçados de extinção em nível global (*Malacoptila striata*, *Primolius maracana*, *Amazona rhodocorytha*, *Amazona vinacea*, *Procnias nudicollis*), são encontrados nas áreas da RPPN. O monitoramento da fauna já registrou 172 espécies de aves; 33 espécies de mamíferos; 15 espécies de anfíbios e 15 espécies de répteis.

A atuação do Instituto Terra não se restringe só à área da RPPN, mas na região do Vale do Rio Doce, entre os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Suas principais ações envolvem a restauração ecossistêmica, produção de mudas de Mata Atlântica, extensão ambiental, educação ambiental e pesquisa científica aplicada.

Nestes 20 anos, o Instituto Terra também mantém uma forte atuação no resgate dos recursos hídricos da bacia do Rio Doce. São perto de 2 mil nascentes que receberam ações de proteção do Programa Olhos D'Água, beneficiando diretamente 1.022 famílias de pequenos produtores rurais. Eles receberam gratuitamente assistência técnica, materiais para construção de cercas e para a instalação de mini-estações de tratamento de esgoto, além de mudas para revegetação das áreas (Instituto terra, 2018).

O Instituto é um polo irradiador de uma nova consciência ambiental. Nas ações do Instituto, o trabalho de educação ambiental é ação prioritária, e para implementar os componentes de educação e pesquisa foi criado



o Centro de Educação e Recuperação Ambiental (CERA), com isso, mais de 830 projetos educacionais já foram desenvolvidos para um público de 177 municípios do Vale do Rio Doce, cerca de 80 mil pessoas, entre professores e alunos já receberam algum tipo de treinamento. Além disso, até 2018, o curso gratuito de formação pós-técnica já capacitou na recuperação de áreas degradadas 177 técnicos (agrícolas, ambientais, florestais e agropecuários), de 51 municípios. E os vários programas do Instituto já atenderam 1.000 produtores rurais.

O Instituto já foi reconhecido por diferentes premiações nacionais e internacionais, desde sua fundação, sendo notória a sua atuação frente ao cenário de histórica degradação da bacia do Rio Doce. É, sem dúvida, fonte de inspiração de exemplo e coragem.

## 4. LINHA DE BASE

A construção da linha de base se dá através da caracterização ambiental das Unidades de Conservação e 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 na América Latina e Caribe e desenvolveu uma metodologia para medição dos efeitos e impactos demográfico, social, econômico e ambiental de desastres. 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 impactos. Mas, neste caso, compreende-se que as 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 contribuem 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 que ocorreram 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 e 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 dos impactos no meio físico. A metodologia utilizada foi sistematizar, setorializar 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 físico-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 e baixo Rio Doce, segundo Eletrobras/IPH (1992), engloba a porção da bacia do Rio Doce onde está inserida a RPPN Fazenda Bulcão, em Aimorés (Minas Gerais), e se estende até sua desembocadura, no litoral do estado do Espírito Santo.

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, foi 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 Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – 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 Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Bulcão, 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 impactos 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 Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento, 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 morfo-estruturais, 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 a 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 às 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 1:100 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 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 Unidade de Conservação.

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 Unidade de Conservação 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 Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) em parceria com a Agência Nacional de Águas (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 Unidade de Conservação (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, misturados 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 é 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 (SST) 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 RPPN Fazenda Bulcão foram levantados, organizados, compilados e sistematizados dados provenientes das seguintes fontes:

*Dados de monitoramento disponibilizados por órgãos ambientais.* Os dados mais completos disponíveis para a montagem de uma linha de base de qualidade de água do Rio Doce são aqueles disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM; IGAM 2018) e, em menor grau, pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, do Espírito Santo (IEMA; ANA 2018). Há duas Estações de Monitoramento Fluviométrico próximas da Área de Estudo da RPPN Fazenda Bulcão. No Rio Doce logo a jusante do *buffer* de 3 km o IGAM possui a Estação de Monitoramento Fluviométrico de Aimorés (na frente de Baixo Guandu, ES), RD067, que corresponde à Estação 56990800 da Agência Nacional das Águas e à Estação RDO11 do novo Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PPQQS, a partir de agosto de 2017). No Rio Manhuaçu, um tributário da margem direita do Rio Doce imediatamente à montante da cidade de Aimorés e, por conseguinte, da RPPN Fazenda Bulcão, está a Estação RD065, que corresponde à Estação 56989600 da Agência Nacional das Águas e à Estação RMH01 do novo Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PPQQS, a partir de agosto de 2017). Esta Estação está dentro do *buffer* de 3 km cerca de 600 m acima da confluência com o Rio Doce e, portanto, pode ser convenientemente utilizada como uma referência para a passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce.

Nestas duas estações foram registrados dados relativos a 17 parâmetros básicos de qualidade de água, 33 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, 5 contaminantes orgânicos ou indicadores de contaminação orgânica e 3 parâmetros indicadores de biomassa de fitoplâncton.

No caso de RD067 (Rio Doce) estes dados foram registrados trimestralmente desde 25 de março de 1998. Para a definição da linha de base foram utilizados todos os pontos de dados entre 25 de março de 1998 e 16 de outubro de 2015 (lembrando que o rompimento da Barragem de Fundão ocorreu em 5 de novembro de 2015), totalizando 90 amostragens ao longo de 18 anos. Na prática o número de observações variou de 2 a 90, dependendo do parâmetro. Já no caso de RD065 (Rio Manhuaçu) estes dados foram registrados trimestralmente desde 27 de agosto de 1997. Para a definição da linha de base foram utilizados todos os pontos de dados entre 27 de agosto de 1997 e 16 de outubro de 2015 (lembrando que o rompimento da Barragem de Fundão ocorreu em 5 de novembro de 2015), totalizando 73 amostragens ao longo de 19 anos. Na prática o número de observações variou de 2 a 73, dependendo do parâmetro.

De forma a interpretar os valores numéricos observados neste ponto, usou-se como referência os padrões de qualidade para Rios de Classe 2 da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 2005), que é replicada na Resolução 1/2008 do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM 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 recomenda-se o uso de medianas e demais percentis na definição da linha base. Isto porque percentis são menos sensíveis a distribuições de dados assimétricas 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, propõe-se 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 indetectada. 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 inferiu-se 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). Optou-se 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. Em buscas bibliográficas complementares nas bases Web of Science e Scielo cruzando as palavras-chave "Rio Doce" OR "samarco" OR "fundão" OR "Goytacazes" OR "Fazenda Bulcão" em todo o seu período de cobertura. Foram recuperados 366 artigos na Web of Science e 488 artigos no Scielo. Os títulos dos artigos foram examinados; se considerados relevantes para a pergunta de pesquisa os resumos foram examinados; se considerados relevantes para a pergunta de pesquisa os artigos foram examinados. Desta forma foram avaliados 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 Unidade de Conservação em análise.

Também se fez análise de imagens de satélite, acerca do 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. Revisão dos Planos de Manejo, quando disponíveis, ou estudos não-publicados conduzidos na Unidade de Conservação em análise.

## Pedologia

A caracterização dos solos foi realizada no intuito de identificar tendências relativas a 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 Embrapa Solos e FEAM (MG). 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 do estudo da FEAM (2013), sobre Valores de Referência de Qualidade (VRQs) de elementos-traço em solos de Minas Gerais, e dos resultados do trabalho de Souza et al. (2015). Este último foi um trabalho complementar aos levantamentos e análises de solos pre-existentis no estado de Minas Gerais.

#### **4.1.2 Caracterização da Linha de Base do Meio Físico na RPPN Fazenda Bulcão**

##### **4.1.2.1 Características e Comportamento do Rejeito da Barragem de Fundão Mediante o Rompimento**

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 ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 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) associaram a capacidade de retenção do sódio e de metais pesados como cromo, cádmio, chumbo, manganês e o próprio ferro, à alta presença da goethita e hematita na composição do rejeito da 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  $\text{m}^3$  de rejeito de minério de ferro foram liberados para a drenagem, dentre os quais “cerca de 18 milhões  $\text{m}^3$  foram carregados diretamente para a calha do Rio Gualaxo do Norte e cerca de 16 milhões de  $\text{m}^3$  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, 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, nesse 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).

À 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 a 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 Unidade de Conservação 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 RPPN Fazenda Bulcão, apresentou maiores concentrações de chuva no período quente (de outubro a março), com máximas em dezembro, entre 183-215 mm/mês. As menores concentrações pluviais ocorrem no período seco, de abril a setembro, com destaque para o mês de julho, que apresentou médias mensais de variação de chuvas entre 5-11mm/mês, conforme 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 RPPN Fazenda Bulcão

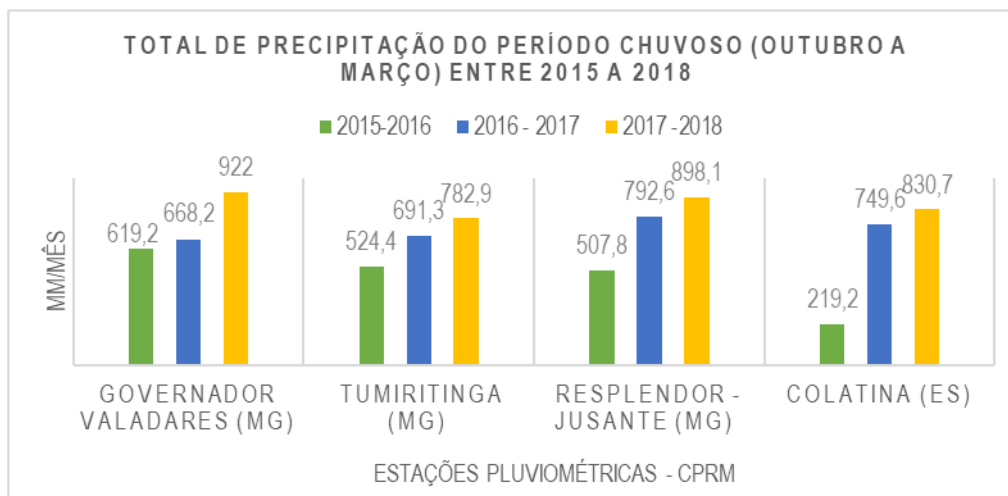
Mês	Faixa (mm)
Janeiro	119-146
Fevereiro	58-75
Março	93-107
Abril	36-44
Maio	34-38
Junho	8-13
Julho	5-11
Agosto	15-18
Setembro	22-26
Outubro	66-72
Novembro	154-168
Dezembro	183-215

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 RPPN Fazenda Bulcão e sua Zona de Amortecimento de forma direta (por efeito da precipitação local) e indireta (pela convergência dos fluxos a montante do local).

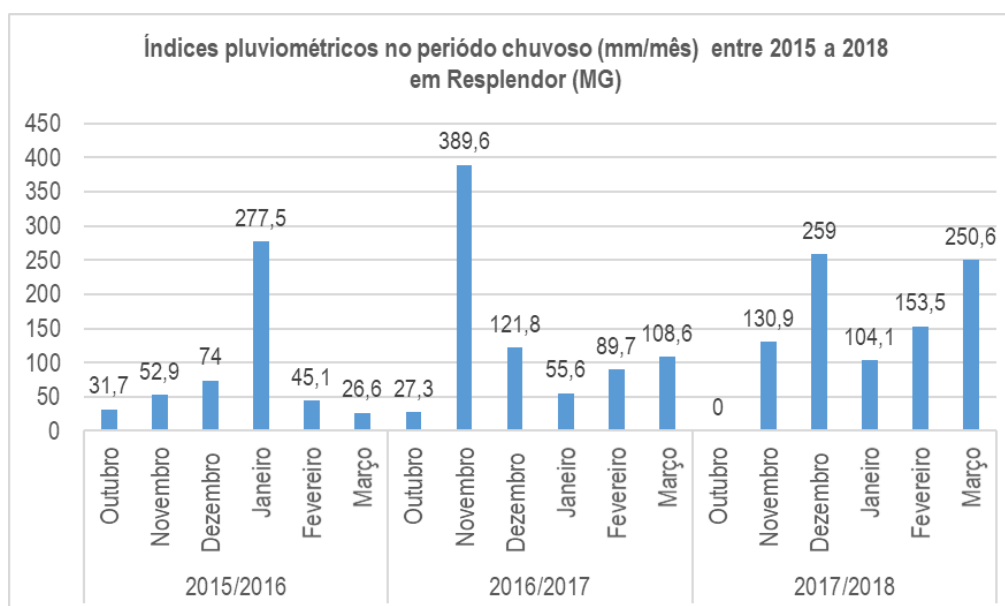
Dessa forma, a fim de possibilitar maiores aprofundamentos a respeito das condições pluviais dessa região, no Gráfico 1 são apresentados os valores totais de chuvas entre os meses de outubro a março (período chuvoso) entre final de 2015 e início de 2018 em quatro estações pluviométricas situadas no médio-baixo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

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 Resplendor (Minas Gerais).

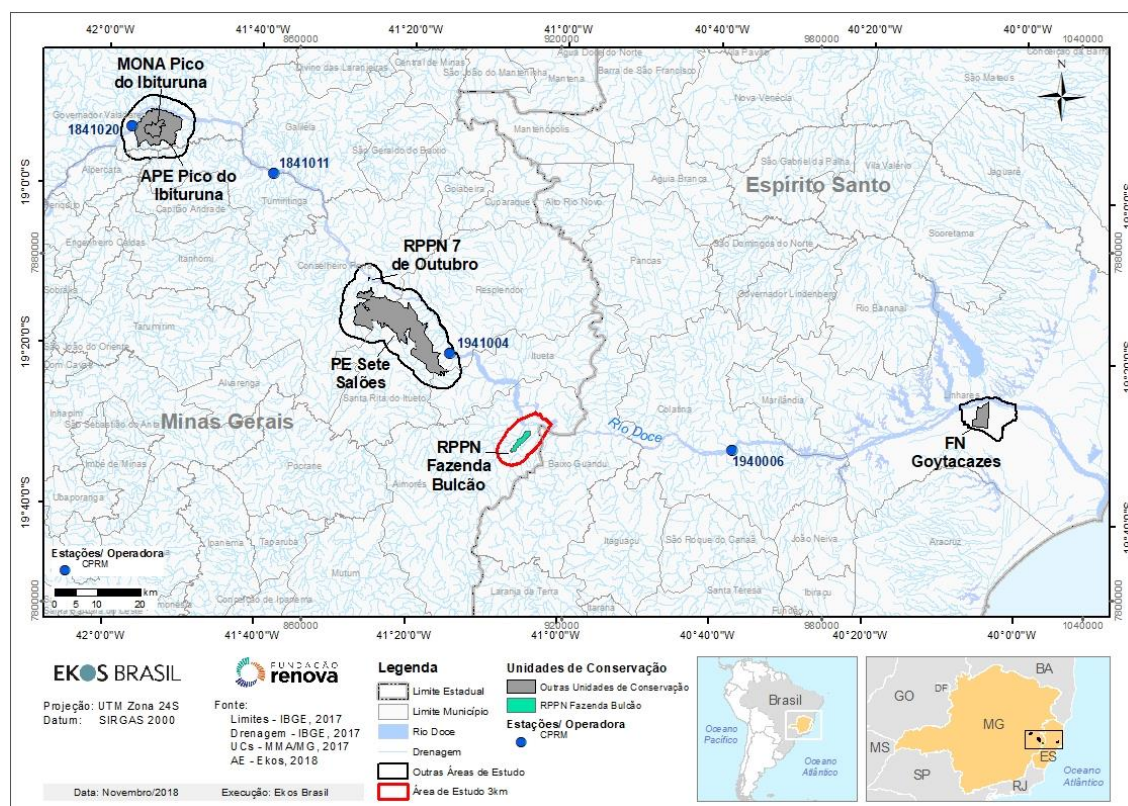


Fonte: Dados da Rede do CPRM (2018).

A partir dos gráficos acima, pode-se observar que entre 2015 e 2016 a estação de Resplendor registrou índices de chuva menores do que a estação em Governador Valadares e Tumiritinga, e superiores aos índices das estações de Colatina. O período chuvoso de 2015/2016 foi o que apresentou os menores valores totais em relação aos períodos chuvosos posteriores (2016/2017 e 2017/2018), sendo que, apenas no mês de janeiro/2016 houveram picos de chuva mensal, com totais de 277,5 mm. No período seguinte (entre 2016 a 2017), as máximas foram registradas em novembro de 2016 (389,6 mm/mês) e, posteriormente, entre 2017 e 2018, e os picos de chuva foram registrados em dezembro/2017 (259,3 mm/mês).

A localização das estações pluviométricas em relação a área de estudo pode ser observada no Mapa 5

Mapa 5: Localização das estações pluviométricas da área de estudo observada.



### 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 auríferfera 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 RPPN Fazenda Bulcão, ocorre uma variedade de rochas do 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 proterozoicas 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 Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), na área de estudo, ocorrem litologias da Era Neoproterozoica e Era Paleozoica:

#### Era Neoproterozoica (1,0 bilhão de anos a 542 milhões de anos)

- Período Criogeniano, com Formações do Complexo Nova Venécia e do Grupo Rio Doce, Formação Tumiritinga. A litologia do Complexo Nova Venécia é marcada por gnaisses quartzosos: paragneisses com participação subordinada de biotita xisto, calcissilicática, mármore e quartzito (QUEIROGA, 2012). O Grupo Rio Doce foi originalmente descrito por Barbosa (1966) na região do médio Rio Doce. Nele ocorrem abundantes filões de quartzo e notáveis corpos pegmatíticos de importância

econômica como o próprio quartzo, o feldspato, o berilo, a água-marinha e as turmalinas variadas (GROSSI, 1990). Na Formação Tumiritinga verifica-se a ocorrência de agmatitos e migmatitos com intercalações centimétricas a métricas, em espessura, de metacalcário cristalino muito puro.

- Período Ediacarano, com Formações Granitóides Pré-Colisionais da Suíte Galileia, tais como o Ortognaisse Alto Capim. Os Granitóides Pré-Colisionais são descritos como granitóides foliados a gnáissicos, predominantemente metaluminosos, calcialcalinos. Englobam os processos relacionados à edificação do arco magmático calcialcalino. A Suíte Galileia é o tipo de Formação que abarca a área oficial onde se assenta a RPPN Fazenda Bulcão (desconsiderando sua Zona de Amortecimento). Nesta Formação são comuns os tipos de rocha de tonalitos e granodioritos foliados.

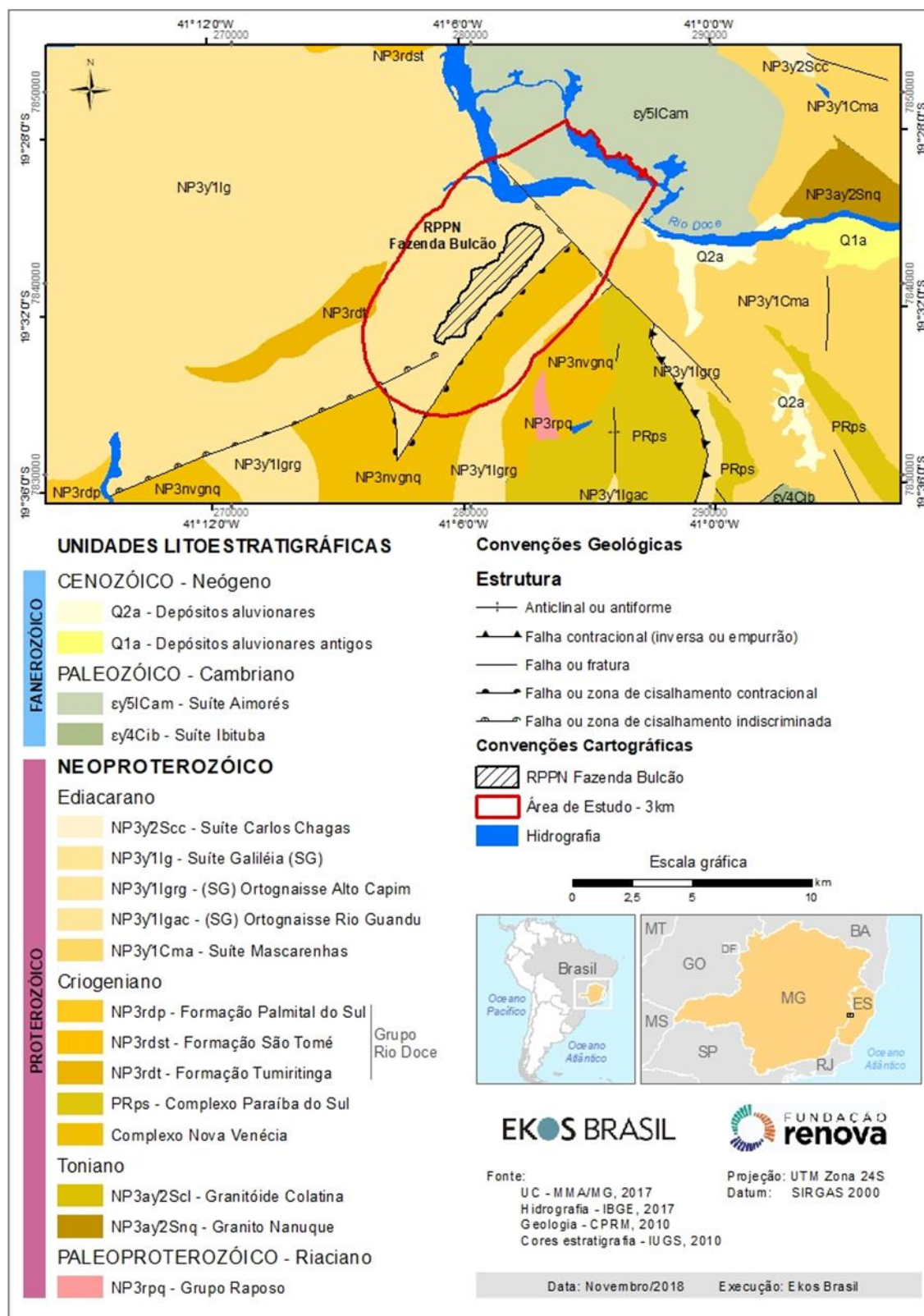
## **Era Paleozóica (542 a 251 milhões de anos)**

- Período Cambriano, com Formações rochosas da Suíte intrusiva Aimorés. Estas são divididas em biotita granito e rochas da série charnockítica. As rochas graníticas e charnockíticas possuem composições mineralógicas mais silicosas e o biotita granito é levemente classificado como peraluminoso. As rochas charnockíticas são predominantemente metaluminosas, com algumas amostras levemente peraluminosas devido à granada encontrada próximo à zona de contato com as rochas encaixantes, resultante do metamorfismo desses litotipos (QUEIROGA et al., 2012).

Nos terrenos que abarcam a Zona de Amortecimento da RPPN Fazenda Bulcão são também identificadas falhas de cisalhamento contracional e zonas de cisalhamento indiscriminadas. A presença dessas estruturas geológicas, direcionadas no sentido noroeste-nordeste, condicionam o fluxo hidrológico das águas subterrâneas e de superfície para o Rio Doce. Vide Mapa 6.



Mapa 6: Mapa Geológico da RPPN Fazenda Bulcão e área de estudo.



#### **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 RPPN Fazenda Bulcão, 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 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 da 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).

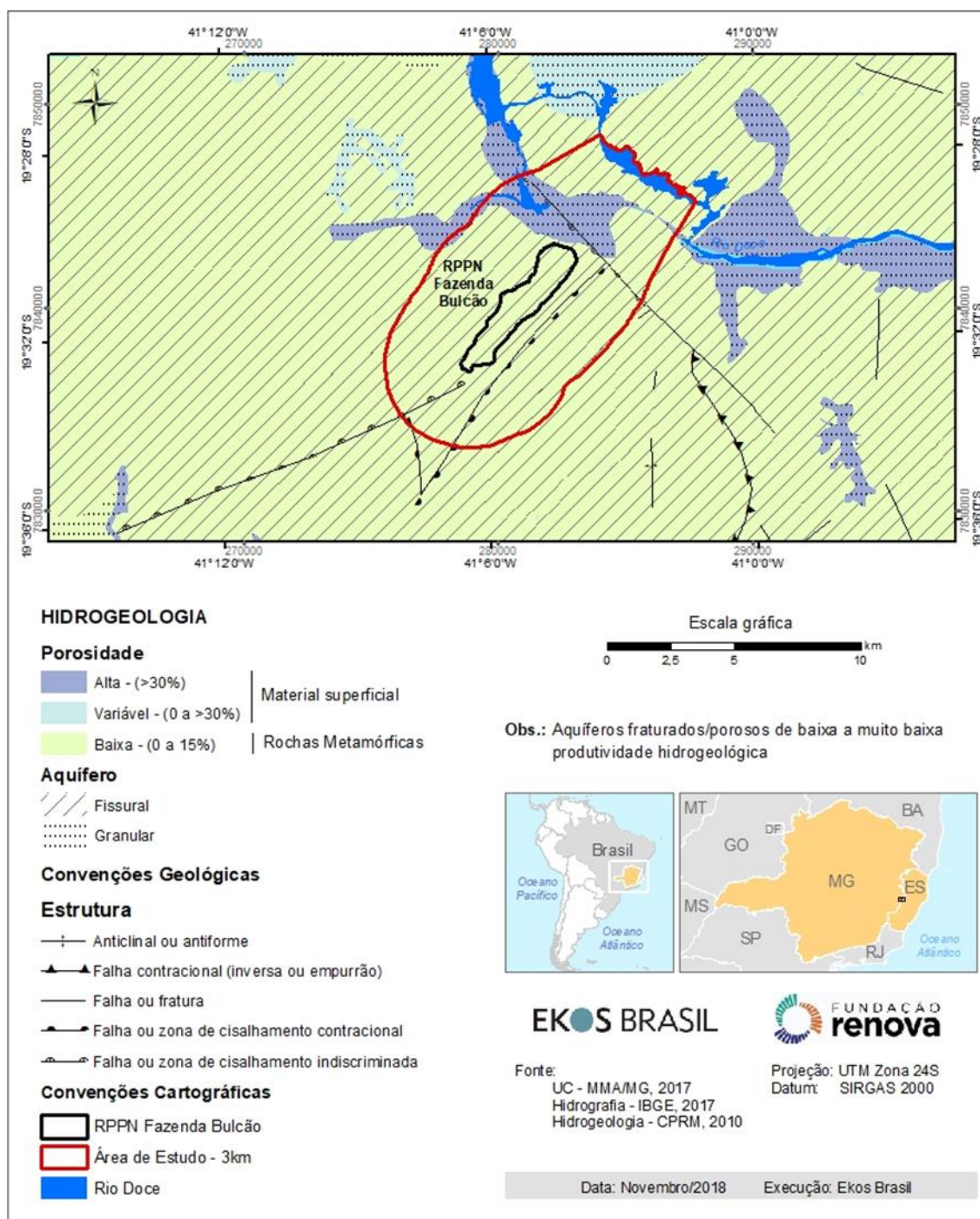
Em relação ao sistema hidrogeológico da bacia do Rio Doce, são identificadas, basicamente, duas unidades aquíferas: granular e fissuradas, diferenciadas por sua distribuição espacial, tipos de rocha (estrutura física e química) e condições de armazenamento e circulação de água (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME.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

Os Aquíferos Granulares ou Porosos são representados por uma sequência de rochas sedimentares detríticas de idade Cenozoica, 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).

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 pode-se subdividir em função da litologia das rochas reservatório (rochas quartzíticas, xistosas, e cristalinas) associada a uma unidade geológica regional (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010, p. 75).

A RPPN Fazenda Bulcão está situada próxima a calha do Rio Doce, sobre o Aquífero Fissural, porém considerando os limites além da UC, contemplados pela área de estudo, verifica-se que a maior parte dela está assentada sobre o Aquífero Granular (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010). Vide Mapa 7.

Mapa 7: Unidades hidrogeológicas onde está situada a RPPN Fazenda Bulcão.



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. No Aquífero Fissural a porosidade das rochas é mais baixa (inferior a 15%). A partir da base de dados do SIAGAS/CPRM (2018), pode-se identificar a presença de um ponto de captação (poço tubular) dentro dos limites da área de estudo, conforme Figura 4.



Figura 4: Poço tubular dentro dos limites da área de estudo (linha vermelha) da RPPN Fazenda Bulcão.



Fonte: CPRM (2018), GOOGLE EARTH PRO (2018).

Não foram identificados dados quantitativos ou qualitativos sobre as águas subterrâneas do poço tubular 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 <sup>1</sup> :	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 <sup>2</sup>	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 ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )		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 <sub>3</sub> (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				-	-		

<sup>1</sup>Localidade: (1) Est. Experimental Filogônio Peixoto; (2) Cooperativa Agropecuária; (3) Copasa. <sup>2</sup>Vazão - Estabilização ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Fonte: Adaptados do MPF (2017a); CPRM (2018).

Em relação a vazão, os maiores valores se concentraram nos poços localizados nos municípios 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, demonstra que o ferro, por exemplo, pode ser identificado em concentrações maiores do que 4,9 mg.L<sup>-1</sup>, 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).

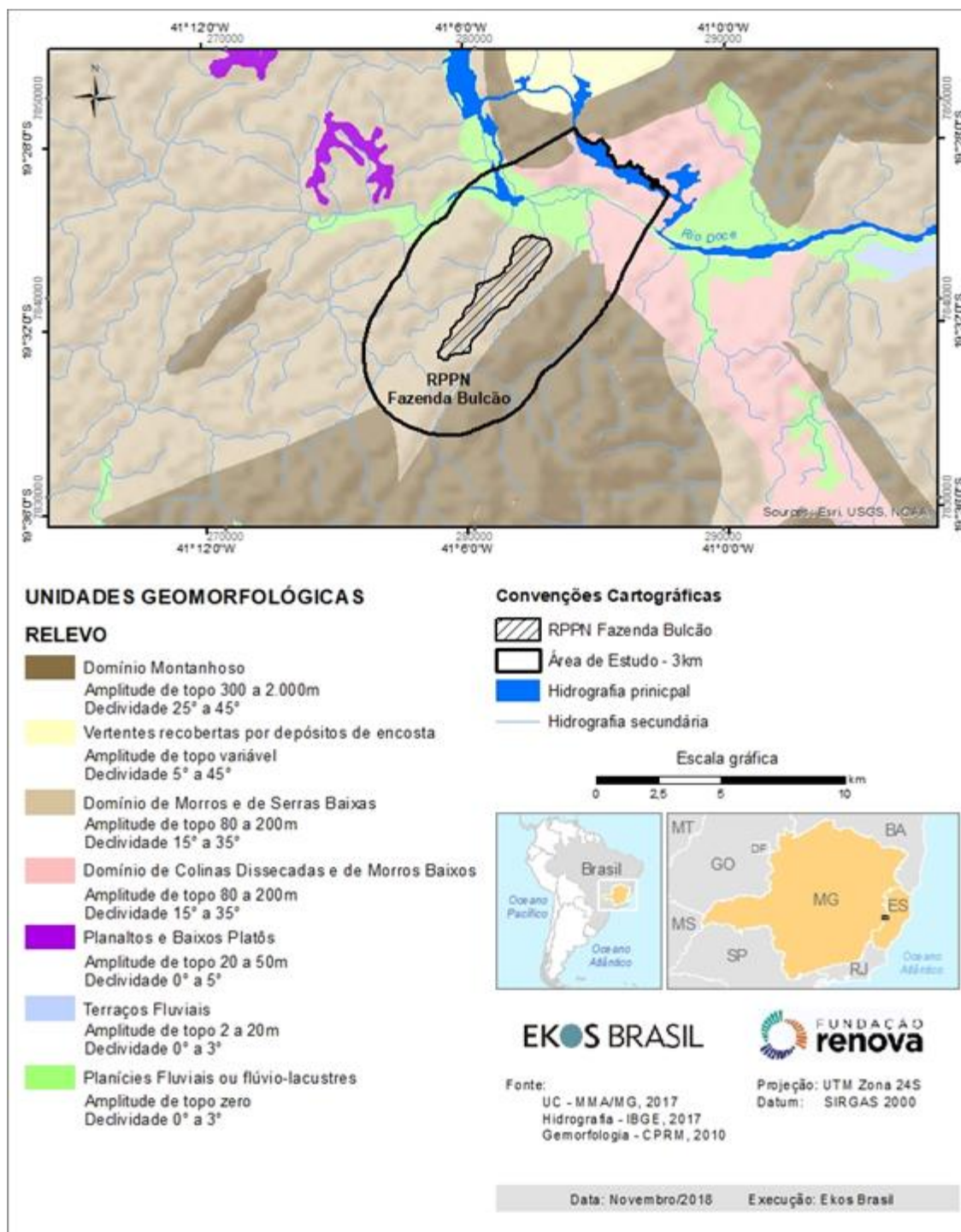
No caso do pH, que é um parâmetro relevante para qualquer sistema de coleta e distribuição, assim como o cloreto, a disponibilidade de dados foi mais frequente. Os índices de pH giraram em torno de uma faixa entre 6,4 a 8,08, que pode ser considerada normal. O cloreto, medido nos quatro poços, apresentou grandes variações na amostra do poço 3100022479 (Tumiritinga-Copasa Sede), com concentração de 85,59 mg.L<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>, 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 área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão está inserida em um ambiente que mescla o domínio de morros e o domínio de serras baixas, com amplitudes topográficas variando entre 80 m a 200 m, e declividades de 15° a 35°. No contínuo da paisagem, seguindo na direção norte e conforme se aproxima da margem direita do Rio Doce, os morros e serras baixas cedem lugar ao domínio de planícies fluviais e flúvio-lacustres, onde as inclinações não ultrapassam os 3° e a variação das cotas é praticamente desprezível. Ao ultrapassar a margem direita, do outro lado do Rio Doce e seguindo em direção a jusante do canal principal, no sentido nordeste da área de estudo, o relevo é tomado pelo relevo de colinas dissecadas e de morros baixos, com amplitudes topográficas variando de 80 m a 2000 m, e declives entre 15° a 35°. Ainda dentro dos limites da área de estudo, na direção sul e sudeste da UC e numa pequena porção do extremo norte de sua Zona de Amortecimento, localizada na margem esquerda do rio, são identificadas formações de montanha, onde as altitudes podem variar de 300 m a 2000 m, e as declividades são elevadas, entre 25° a 45° (Mapa 8).

Mapa 8: Unidades Geomorfológicas que abrigam a RPPN Fazenda Bulcão



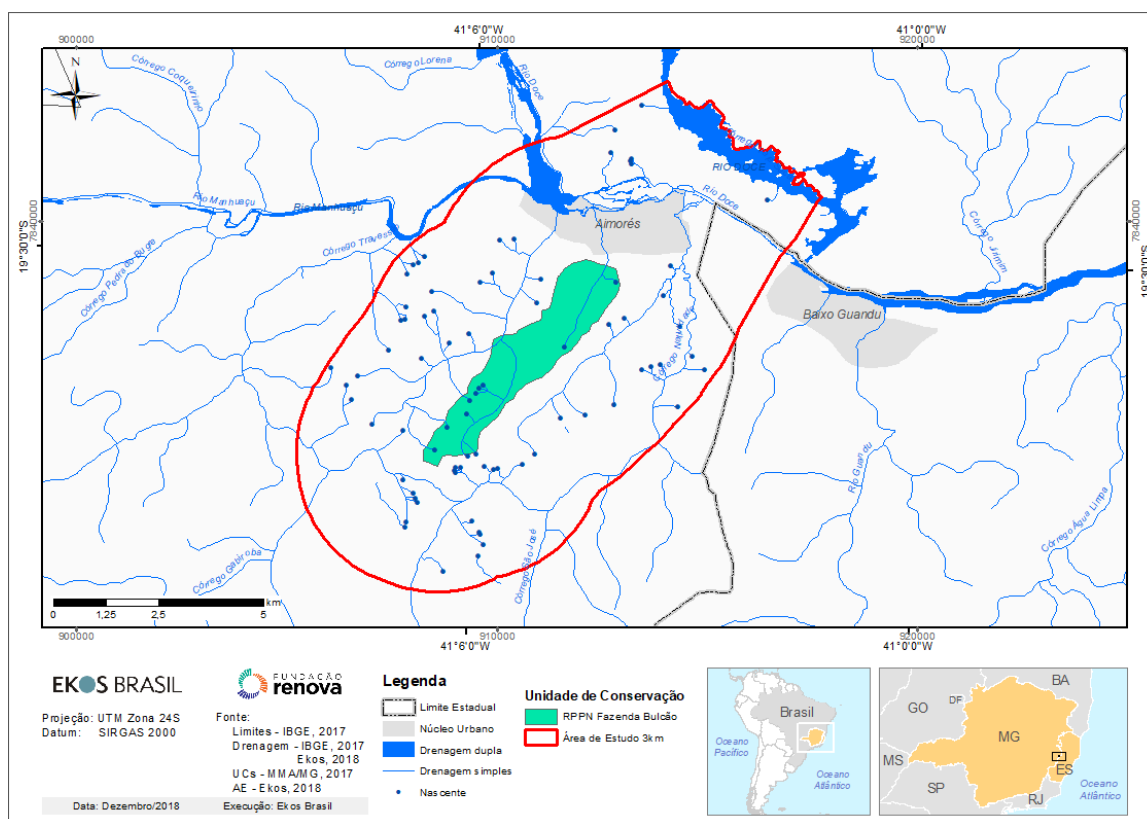
Analisando o relevo da área de estudo dentro do contexto geomorfológico regional, o complexo de unidades identificadas (morros e serrarias, planícies flúvio-lacustres, colinas dissecadas e montanhas), se enquadram dentro do contexto da geoforma “mar de morros”, formando colinas que margeiam o Rio Doce e se estendem por dimensões territoriais da bacia no sentido nordeste e sudeste, confrontando morfologias de uma grande depressão intreplanáltica (Depressão Intramontana de Aimorés). Neste ambiente predominam morfologias associadas a rochas ígneo-metamórficas paleo a neoproterozóicas com grande variação topográfica devido às diferentes litologias das rochas granitoides e arranjos tectônicos (STRAUCH, 1955; SOUZA, 1995; SAADI



E CAMPOS, 2015, p. 74). De acordo com Saadi e Campos (2015), em termos gerais, o compartimento de mares de morros dessa região corresponde ao “testemunho de uma superfície de aplainamento pós-cretácea inclinada de oeste para leste, mas dentro da qual falhamentos e movimentos epirogênicos tardios foram responsáveis por elevações de blocos e/ou agrupamentos de pontões”. O controle estrutural dessa geoforma nesse trecho condiciona o escoamento do Rio Doce de noroeste para sudeste, fazendo com que a drenagem principal percorra zonas de falhamento e de menor resistência das estruturas geológicas herdadas do evento brasileiro, e recebe o aporte fluvial de outros canais tributários também adaptados a essas estruturas (STRAUCH, 1955; SOUZA, 1995; SAADI E CAMPOS, 2015).

Os córregos que nascem na RPPN são drenados direta ou indiretamente para o Rio Doce, que se posiciona ao norte e nordeste desta Unidade de Conservação, conforme pode ser observado no Mapa 9.

Mapa 9: Drenagem da área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão.

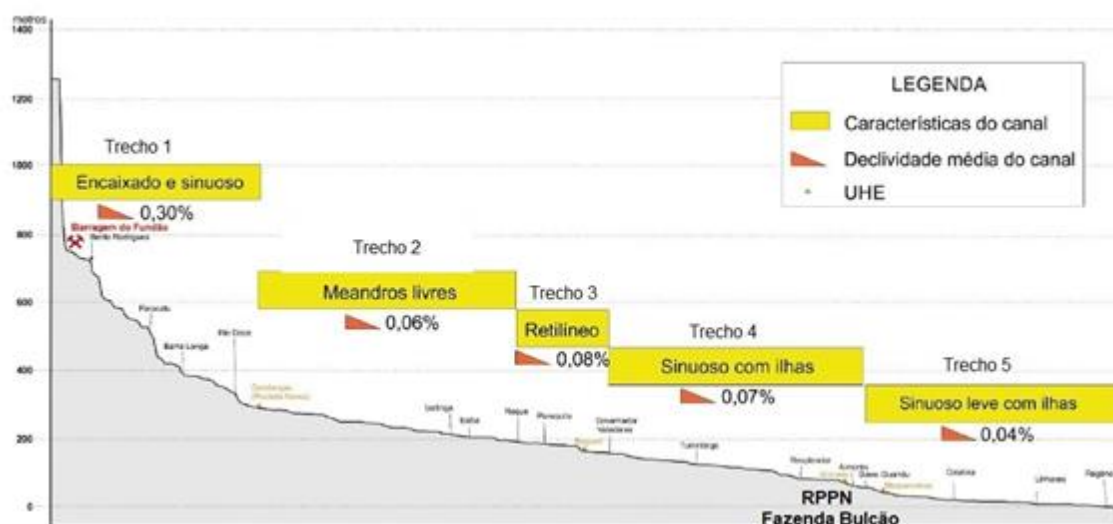


## Morfologia fluvial da área de estudo

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 de acordo com a classificação de Saadi e Campos (2015). De acordo com os autores, a área de estudo está localizada no trecho 4, entre a periferia meridional da cidade de Governador Valadares (MG) e a cidade de Baixo Guandu (ES). A declividade média desse trecho do Rio Doce é de 0,07%, com um comprimento de 147 km, e largura de canal que pode variar de 150 m, onde é mais estreito, até ultrapassar 1000 m, valores que quase alcançam as dimensões laterais máximas da barragem da UHE de Aimorés, próximo à área de estudo. Essa largura do Rio Doce no trecho 4 se associa a um comportamento sinuoso da hidrografia e de morfologias marginais bastante irregulares, alternando entre afloramentos rochosos e alvéolos, onde baixos terraços fluviais podem atingir dimensões de até 500 metros. As grandes larguras do canal não se relacionam com lâminas de águas contínuas, mas com as numerosas e extensas ilhas rochosas, indicando características de hidrografia anatomosada (SAADI E CAMPOS, 2015, p. 86). O forte controle litológico e tectônico na drenagem é evidenciado pela extensão e frequência com que os afloramentos rochosos ocorrem no leito do rio, assim como também uma grande quantidade de ilhas rochosas, algumas vezes cobertas por uma fina camada de sedimentos. Nesse contexto morfo-estrutural, a profundidade do canal varia bastante, apesar de ser frequentemente raso. A base rochosa do canal, confinado o fluxo fluvial nas zonas mais estreitas de fraturas e falhas litológicas, induz a uma dinâmica hídrica que favorece o transporte de sedimentos em detrimento de sua deposição. Dessa forma, a formação de bancos de areia, nesse trecho ocorre, predominantemente, a montante das pontas das ilhas. Nos períodos de cheia, os sedimentos que chegam até esse trecho são transportados para jusante de forma bastante eficiente por um fluxo turbulento de água e sedimentos oriundos de zonas mais elevadas do Rio Doce e de seus tributários, alimentando o modelado do trecho da hidrografia que antecede sua conexão com o oceano Atlântico (SAADI E CAMPOS, 2015).

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



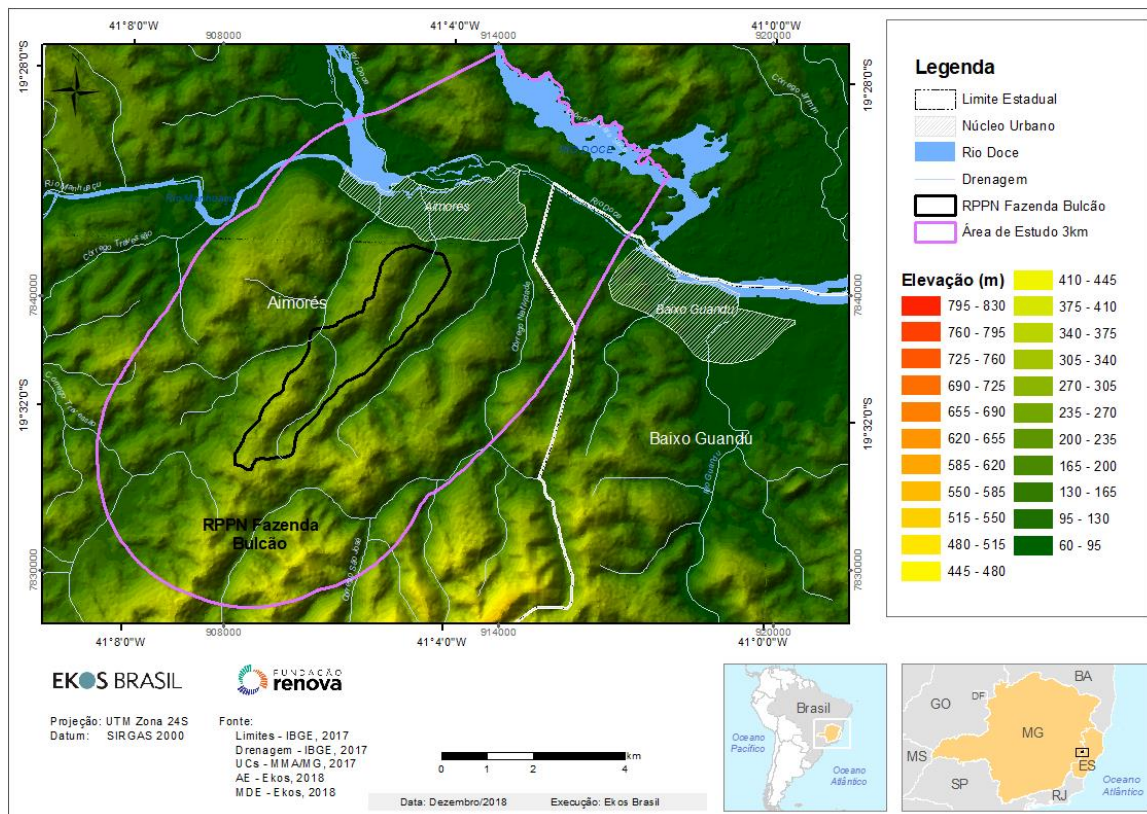
Fonte: Adaptado de Saadi e Campos (2015).

A carga 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).

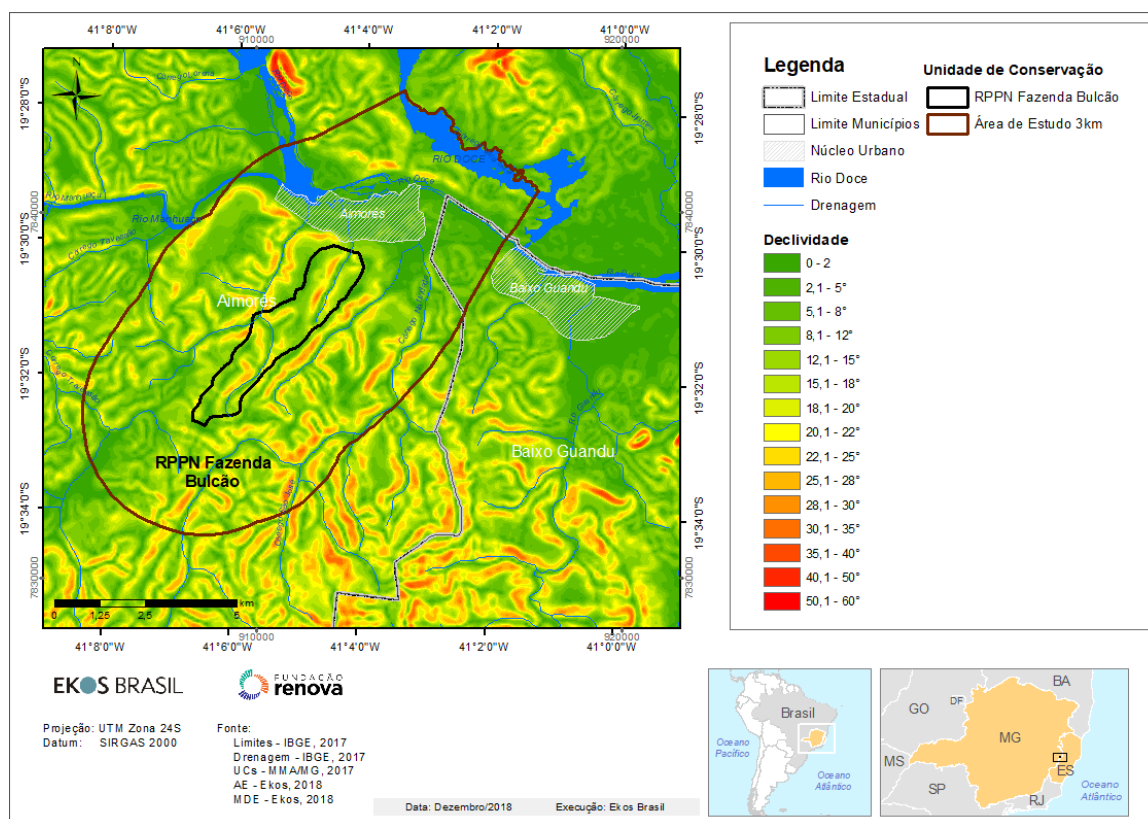


Observando os mapas de hipsometria (elevação) e declividade, percebe-se que a RPPN está posicionada em terrenos mais elevados e mais íngremes do que o Rio Doce, onde se concentraram os impactos e efeitos originados do rompimento da Barragem de Fundão. A altimetria do trecho do Rio Doce na área de estudo está entre 60 a 95 m, com declividades que podem variar de 0° a 8° graus (Mapa 10 e Mapa 11).

Mapa 10: Hipsometria



Mapa 11: Declividade



No trecho do Rio Doce indicado pelos mapas de elevação e declividade 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 depositar 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.

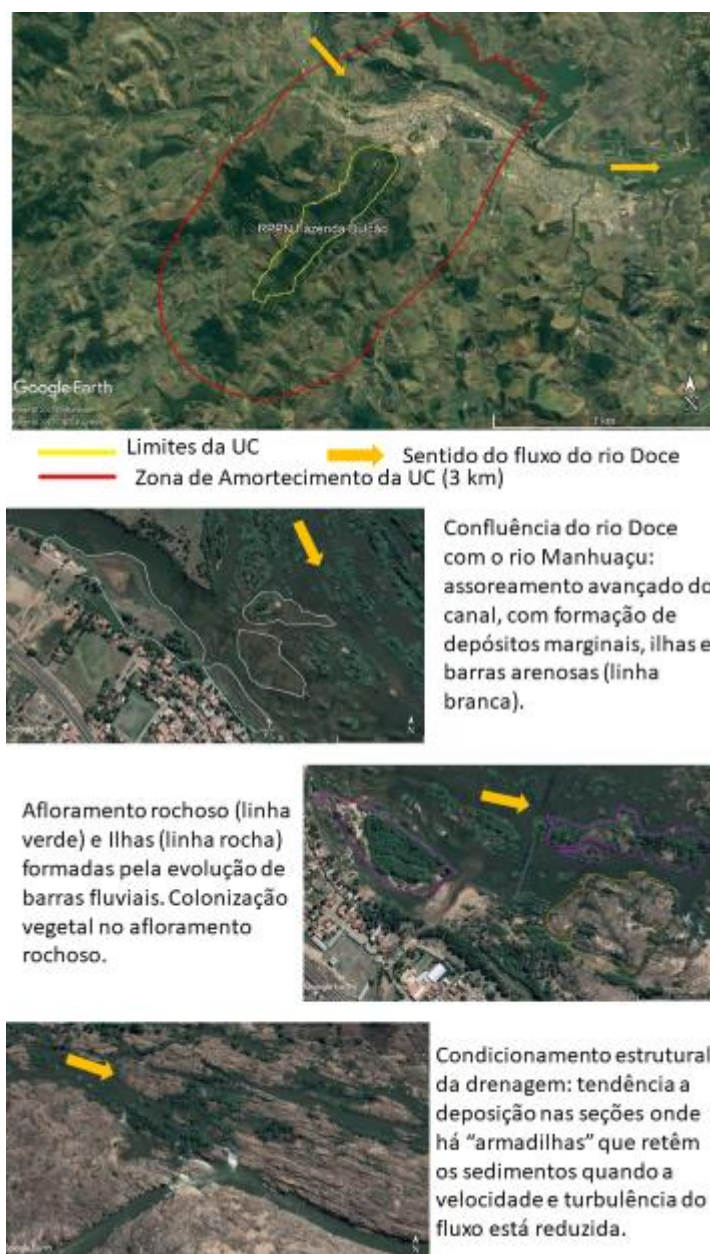
Além das áreas de confluência, a morfologia de margens fluviais convexas tende a proporcionar maior retenção de sedimentos em suas posições, atenuando a velocidade e turbulência dos fluxos (CUNHA, 2007).

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:

- (i) afloramento rochoso no leito do rio, que pode facilitar a deposição de sedimentos de acordo com a morfologia do material;
- (ii) barras arenosas, que são “formas deposicionais de material do fundo do canal (areia) que emergem à superfície da água ou que se encontram parcialmente submersas” (STEVANUX E LATRUBESSE, 2017, p.145). São comuns nas áreas de confluência e planícies.
- (iii) ilhas fluviais, que podem ser formadas ou pelo afloramento de rochas, ou pelo 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.



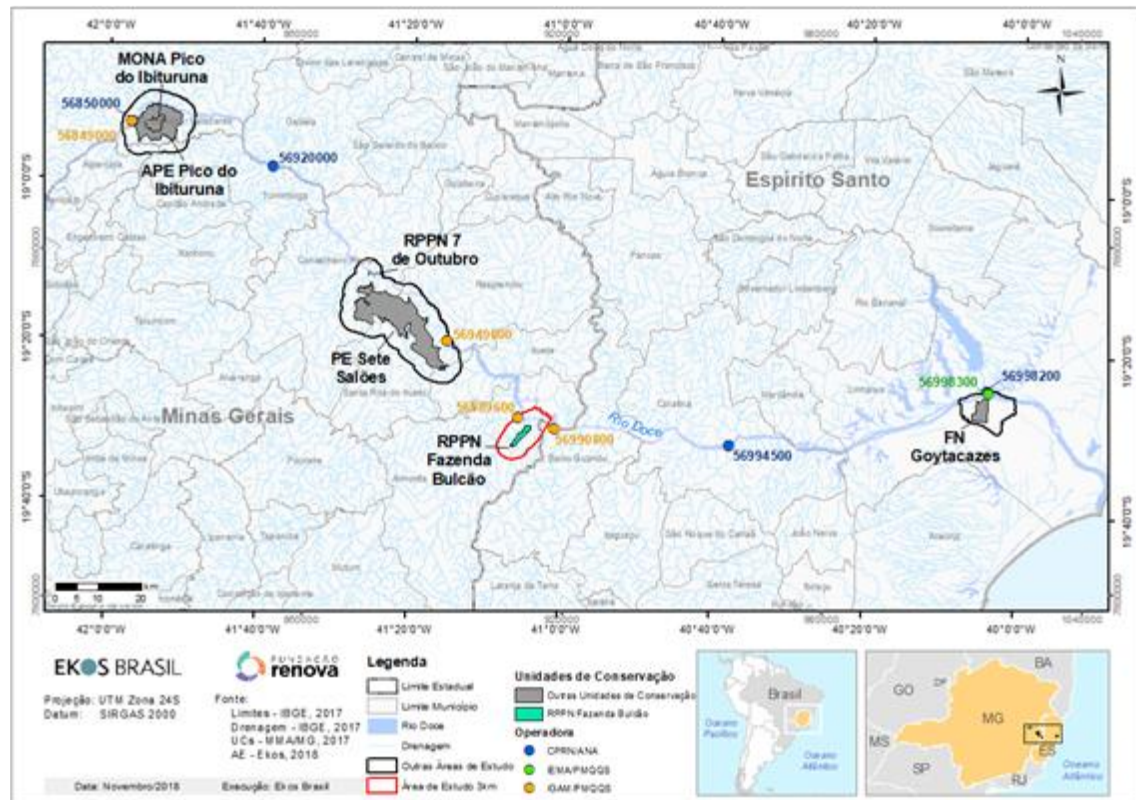
Fonte: Google Earth (2018).

#### 4.1.2.6 Hidrossedimentologia

As análises hidrossedimentológicas basearam-se em informações levantadas pela estação fluviométrica mais próximas da área de estudo, que no caso da área de estudo é identificada no Mapa 12 pelo código do CPRM/ANA: 56920000 (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; IGAM/MG, 2017; ANA, 2018; PMQGS, 2018; GOLDBER, 2018).



Mapa 12: Estações fluviométricas mais próximas da área de estudo.



Para ilustrar o comportamento histórico das descargas líquidas e sólidas na estação fluviométrica selecionada (código 56920000) 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 56920000, entre os municípios de Tumiritinga e Galileia (MG). Fonte: MPF (2017a).

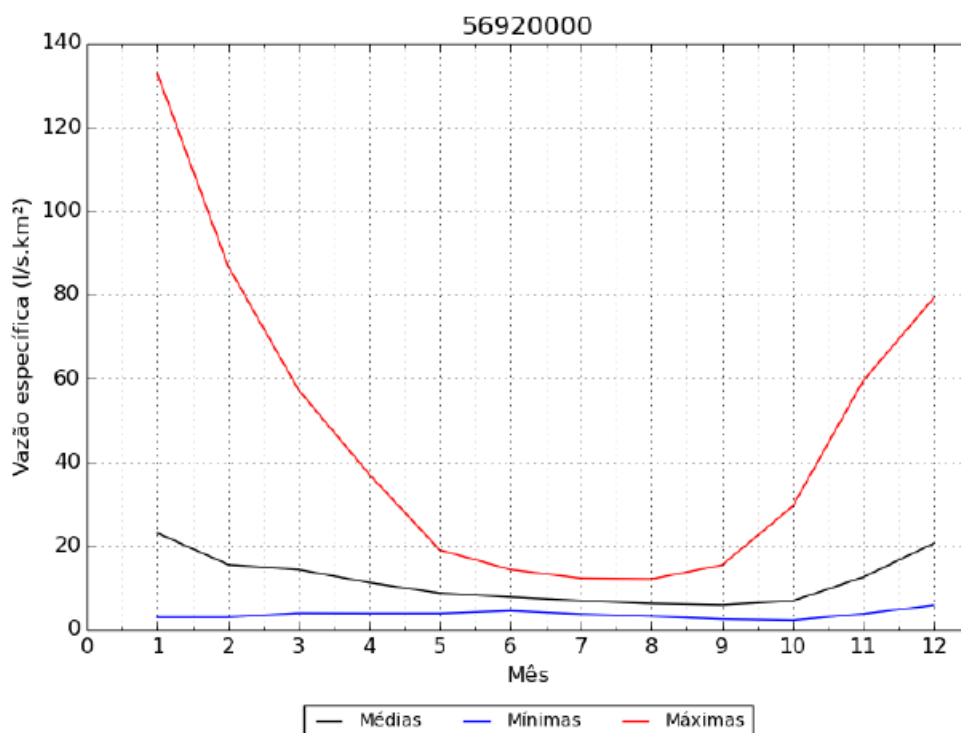


Tabela 12: Valores das vazões mínimas, médias e máximas mensais entre o período de 1985 a 2015 na estação do CPRM 56920000. Fonte: MPF (2017a).

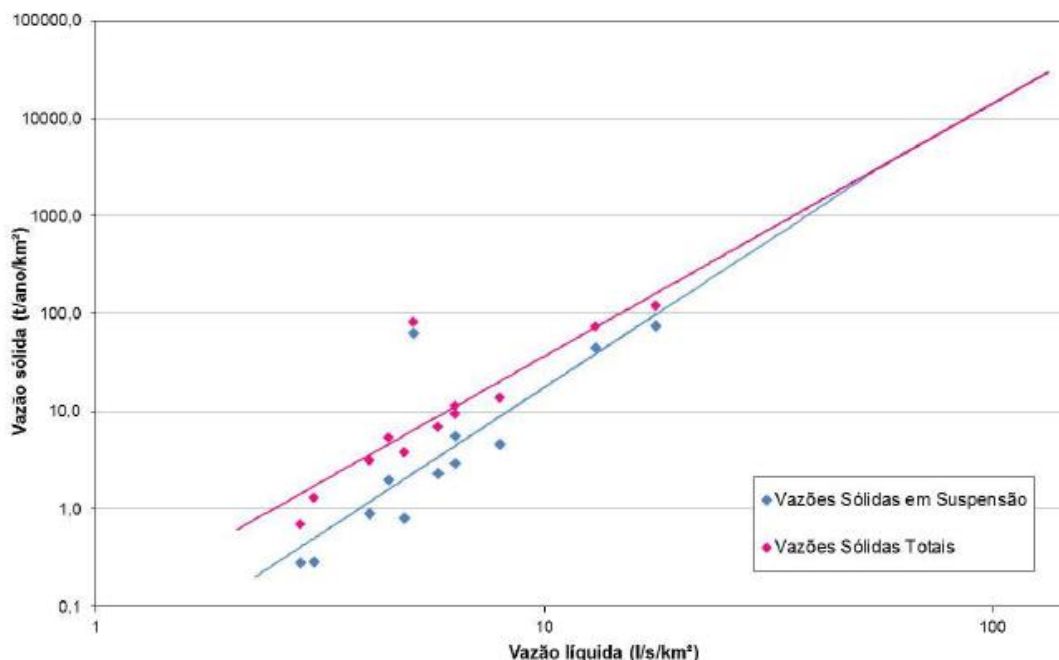
Vazões médias mensais de longo termo na estação fluviométrica selecionada	
Código	56920000
Nome da Estação	Tumiritinga/Galiléia - MG
Área de Drenagem (km²)	55100
Data de início	01/01/1985
Data de fim	31/05/2015
MLT absoluta (m³/s)	644,3
MLT específica (l/s/km²)	11,7
Faixa Máxima Diária L/S/Km²	366 a 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 RPPN Fazenda Bulcão, 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 às 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 elevam as descargas líquidas, também se elevam as descargas sólidas (MPF, 2017a).

Gráfico 5: Representação gráfica da curva chave de sedimentos entre o período de 1998 a 2015 na estação 56920000, entre os municípios de Tumiritinga e Galileia (MG). Fonte: MPF (2017a).



#### 4.1.2.7 Qualidade da Água

Dezoito anos de monitoramento de qualidade de água na Estação Fluviométrica de Aimorés/Baixo Guandu (1998-2015) pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas permitem o estabelecimento de uma linha de base adequada para a qualidade da água do Rio Doce pré-rompimento da Barragem de Fundão. Os gráficos de 6 a 12 apresentam séries temporais selecionadas, dentre todas as 62 variáveis de resposta monitoradas pelo IGAM e sintetizadas na Tabela 1 do Anexo II.

Por sua vez, dezenove anos de monitoramento de qualidade de água na Estação Fluviométrica de Aimorés (1997-2015) no rio Manhuaçu, há poucas centenas de metros acima com sua confluência com o Rio Doce permitem o estabelecimento de uma segunda linha de base, que mostra o comportamento físico-químico-biológico divergente daquele observado na Estação no Rio Doce nos momentos pós-rompimento da Barragem de Fundão. Em outras palavras, a Estação do Rio Manhuaçu serve como uma referência simultânea para as mudanças observadas ao longo do tempo no Rio Doce. Os gráficos de 13 a 19 apresentam séries temporais selecionadas, dentre todas as 62 variáveis de resposta monitoradas pelo IGAM e sintetizadas na Tabela 2 do mesmo Anexo.

**Parâmetros básicos de qualidade de água (Tabela 1a, 2a do Anexo II).** Sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão 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. No Rio Doce, em toda a fase pré-rompimento da Barragem de Fundão, 100% dos valores de

sólidos dissolvidos totais, 90% dos valores de sólidos em suspensão totais e 86% dos valores de turbidez estiveram abaixo dos padrões CONAMA/COPAM para rios de Classe 2 (



Gráfico 6). No Rio Manhuaçu, no mesmo período, 100% dos valores de sólidos dissolvidos totais, 88% dos valores de sólidos em suspensão totais e 84% dos valores de turbidez estiveram abaixo dos padrões CONAMA/COPAM para rios de Classe 2 (Gráfico 13). De forma geral, as medianas para sólidos suspensos - mas não para turbidez - foram inferiores no Rio Manhuaçu que no Rio Doce. A condutividade elétrica é uma medida síntese da quantidade de íons dissolvidos na água, e, portanto, da concentração e grau de dissociação de sais (Wetzel & Likens 2000). Não há padrões de qualidade para esta métrica que, no entanto, apresentou valores absolutos moderados a moderadamente baixos, especialmente no caso do Rio Manhuaçu. O oxigênio dissolvido, parâmetro de grande relevância para a atividade biológica mas também para as reações de óxido-redução, esteve acima do padrão de 5 mg/L em todas as 90 amostras do Rio Doce (sendo que o 10º. percentil esteve em 6.8 mg/L;

Gráfico 7) e em todas as 73 amostras do rio Manhuaçu (sendo que o 10º. percentil esteve em 7,0 mg/L; Gráfico 14). No período pré-rompimento, portanto, tratam-se de dois cursos d'água muito bem oxigenados. Faixas de valores de pH (acidez), alcalinidade (capacidade de neutralização de ácidos) e dureza (concentração de cátions polivalentes, especialmente  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ ) são também apresentados. Destes, apenas pH é considerado na Resolução CONAMA 357; 89 de 90 amostras do Rio Doce e todas as 73 amostras do Rio Manhuaçu estiveram dentro da faixa de  $6 < \text{pH} < 9$ .

**Metais e outros elementos químicos (Tabela 1b do Anexo II).** Metais são elementos químicos de grande relevância para este estudo porque são 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 o homem e sobre o 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.

No que diz respeito à qualidade da água do Rio Doce, esta linha-de-base é apresentada nas Tabelas 1b (Rio Doce) e 2b (Rio Manhuaçu) do Anexo II. Embora de baixa relevância toxicológica, ferro, alumínio e em menor grau manganês são elementos metálicos dominantes no rejeito de mineração depositado na Barragem de Germano (e por extensão na Barragem de Fundão; Hydrobiology 2015). Conforme apresentado no

Gráfico 8, ao menos 75% das amostras de ferro dissolvido (80%), alumínio dissolvido (100%) e manganês total (75%) no Rio Doce estiveram abaixo dos padrões CONAMA. Por sua vez, conforme apresentado no

Gráfico 15, ao menos 75% das amostras de ferro dissolvido (80%), alumínio dissolvido (85%) e manganês total (75%) no Rio Manhuaçu estiveram abaixo dos padrões CONAMA.

Considerando os metais de mais alta relevância toxicológica (presentes em 3 listas de preocupação prioritária: CEPA 1999, EC 2001 e USEPA 2006) 37 de 44 amostras de chumbo, e todas as 35 amostras de cádmio e mercúrio, estiveram abaixo do padrão de qualidade de rios de Classe 2 do CONAMA no Rio Doce. No Rio Manhuaçu, todas as amostras de cádmio, 39 de 45 amostras de chumbo e 35 de 36 amostras de mercúrio, estiveram abaixo dos mesmos padrões de qualidade. Para o mercúrio nota-se, no entanto, que o método analítico do IGAM aparenta ser grosseiro, uma vez que são iguais limite de quantificação e padrão de qualidade CONAMA para este elemento.

Entre outros metais de relevância toxicológica (presentes em 1 ou 2 listas de preocupação prioritária: CEPA 1999, EC 2001 e/ou USEPA 2006), todas as amostras da região de Aimorés estiveram abaixo dos padrões CONAMA para cromo total, níquel total e selênio total. No Rio Doce cobre dissolvido também esteve abaixo dos padrões CONAMA para rios de Classe 2. No Rio Manhuaçu excederam padrões CONAMA 1 de 42 (2%) amostras para cobre dissolvido, e 1 de 36 (3%) amostras para zinco total. A concentração de arsênio total esteve abaixo do padrão mais usual de 0,01 mg/L em todas as amostras da região de Aimorés; não é possível avaliar se as amostras de água atendem aos padrões CONAMA para áreas de pesca para consumo intensivo (0,14 ug/L), que está abaixo do limite de quantificação empregado (0,30 ug/L).

**Macronutrientes: séries de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 1c do Anexo II).** 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). Porque 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 Rio Doce nenhuma amostra de nitrito, nitrato ou nitrogênio amoniacal, mas 8 de 90 amostras de fósforo total excederam os padrões de qualidade de rios de Classe 2 (Gráfico 10). De acordo com a concentração de fósforo, o Rio Doce em Resplendor configura um corpo d'água mesotrófico a eutrófico (64% das amostras estão acima do limiar para 'eutrófico' de 30ug/L; Wetzel 2001). No Rio Manhuaçu nenhuma amostra de nitrito, nitrato ou nitrogênio amoniacal, mas 8 de 72 amostras de fósforo total excederam os padrões de qualidade de rios de Classe 2 (

Gráfico 17). De acordo com a concentração de fósforo, o Rio Manhuaçu em Aimorés configura um corpo d'água mesotrófico a eutrófico (52% das amostras estão acima do limiar para 'eutrófico' de 30ug/L; Wezel 2001).

**Contaminantes microbiológicos.** A linha de base para contaminação microbiológica dos Rios Doce e Manhuaçu conforme indicada por coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e estreptococos fecais está dispoibilizada nas Tabela 1d e 2d, no Gráfico 11 e no Gráfico 18.

**Contaminantes orgânicos.** A linha de base para contaminantes orgânicos dos Rios Doce e Manhuaçu conforme indicadas por DBO, DQO, fenóis, óleos e substâncias tensoativas está dispoibilizada na Tabela 1e e 2e, no Gráfico 11 e no Gráfico 18. Nota-se que a carga orgânica em Aimorés é relativamente baixa: no Rio Manhuaçu a amostra com maior DBO apresentou um valor de 3,3 mg/L, enquanto que no Rio Doce uma amostra apresentou valor de 6,9 mg/L (o padrão CONAMA é 5 mg/L).

**Fitoplâncton.** Indicadores de biomassa de fitoplâncton (isto é, de algas microscópicas em suspensão), como a clorofila *a* (

Gráfico 12 e



Gráfico 19) e seu produto de degradação, a feofitina, bem como a contagem de cianobactérias, são apresentados nas Tabelas 1f e 2f do Anexo II.

Gráfico 6: Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Sólidos suspensos e turbidez são os parâmetros físicos mais diretamente ligados ao assoreamento e, portanto, à passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce. 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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

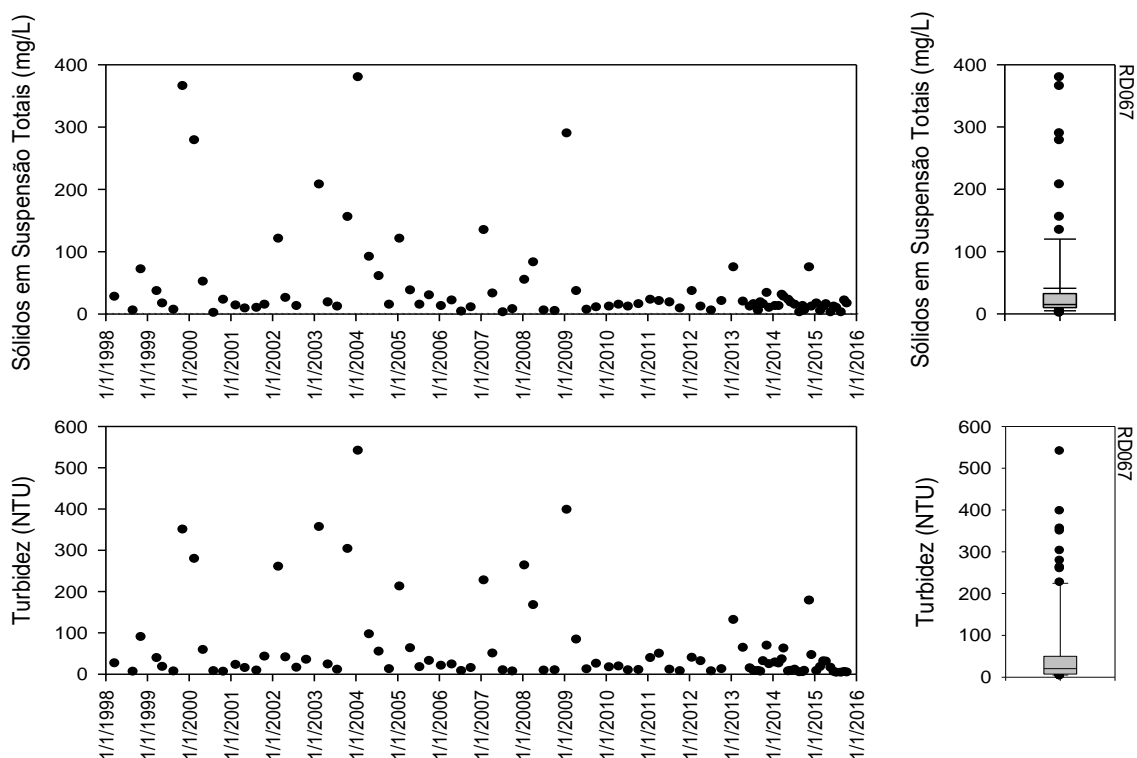


Gráfico 7: Linha-base de parâmetros básicos de qualidade de água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Acima: pH (acima), condutividade (meio), oxigênio dissolvido (abaixo). 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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018

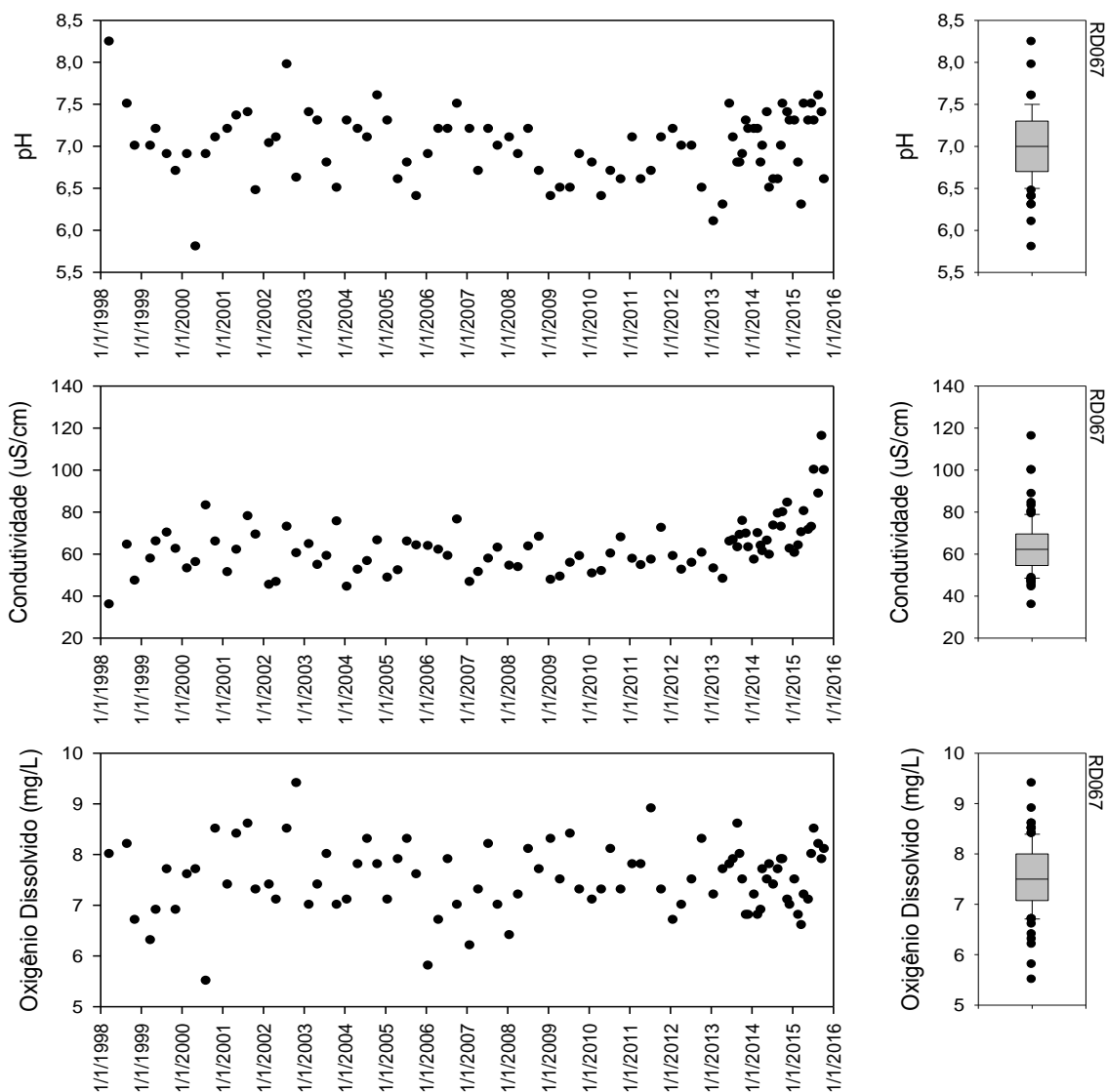


Gráfico 8: Linha-base do (a) Ferro Dissolvido (b) Alumínio Dissolvido e (c) Manganês Total na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQSS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Ferro, alumínio 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). Esquerda: gráfico de dispersão com 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. Todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal pontilhada estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (0,10 mg/L para Al e 0,05 mg/L para Mn). Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

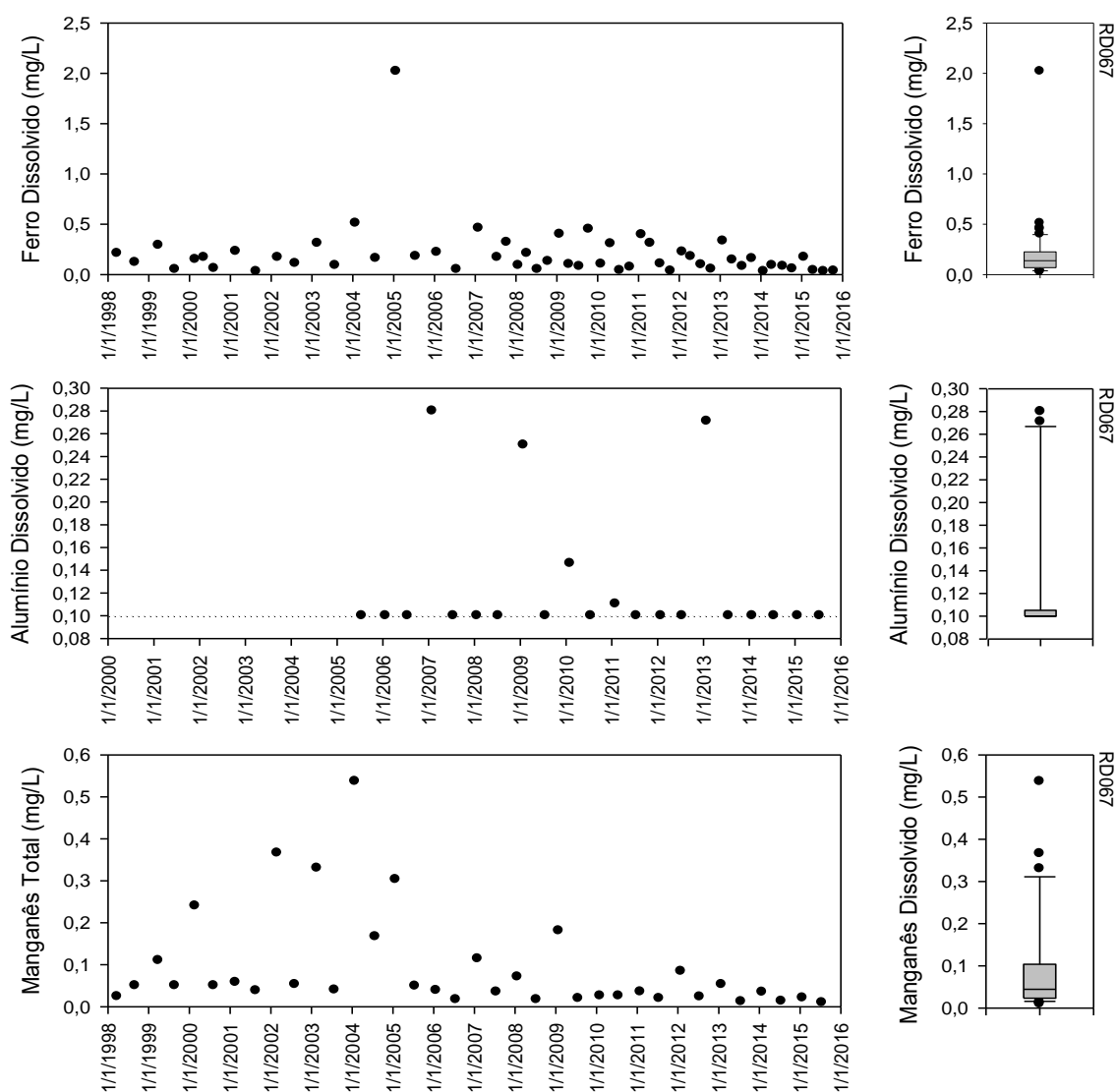
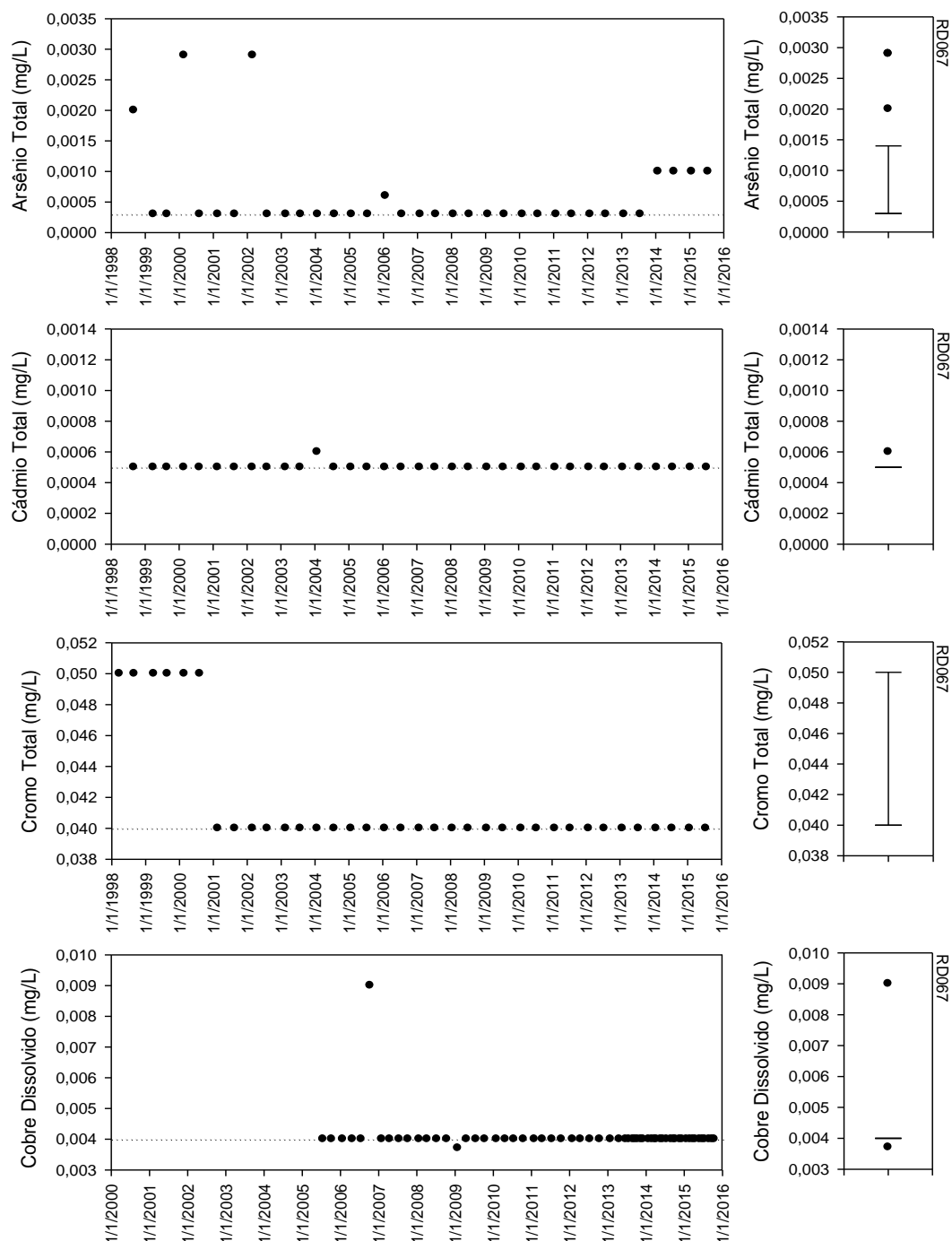


Gráfico 9: Linha-base das concentrações de Arsênio Total, Cádmio Total, Cromo Total, Cobre Dissolvido, Mercúrio Total, Chumbo Total, Selênio Total e Zinco.

Total na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQSS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de 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). Esquerda: gráfico de dispersão com 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. Todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (0,0003 mg/L para As, 0,0005 mg/L para Cd, 0,04 mg/L para Cr, 0,004 mg/L para Cu, 0,2 ug/L para Hg, 0,005 mg/L para Pb, 0,0005 mg/L para Se, 0,01 mg/L para Zn). Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.



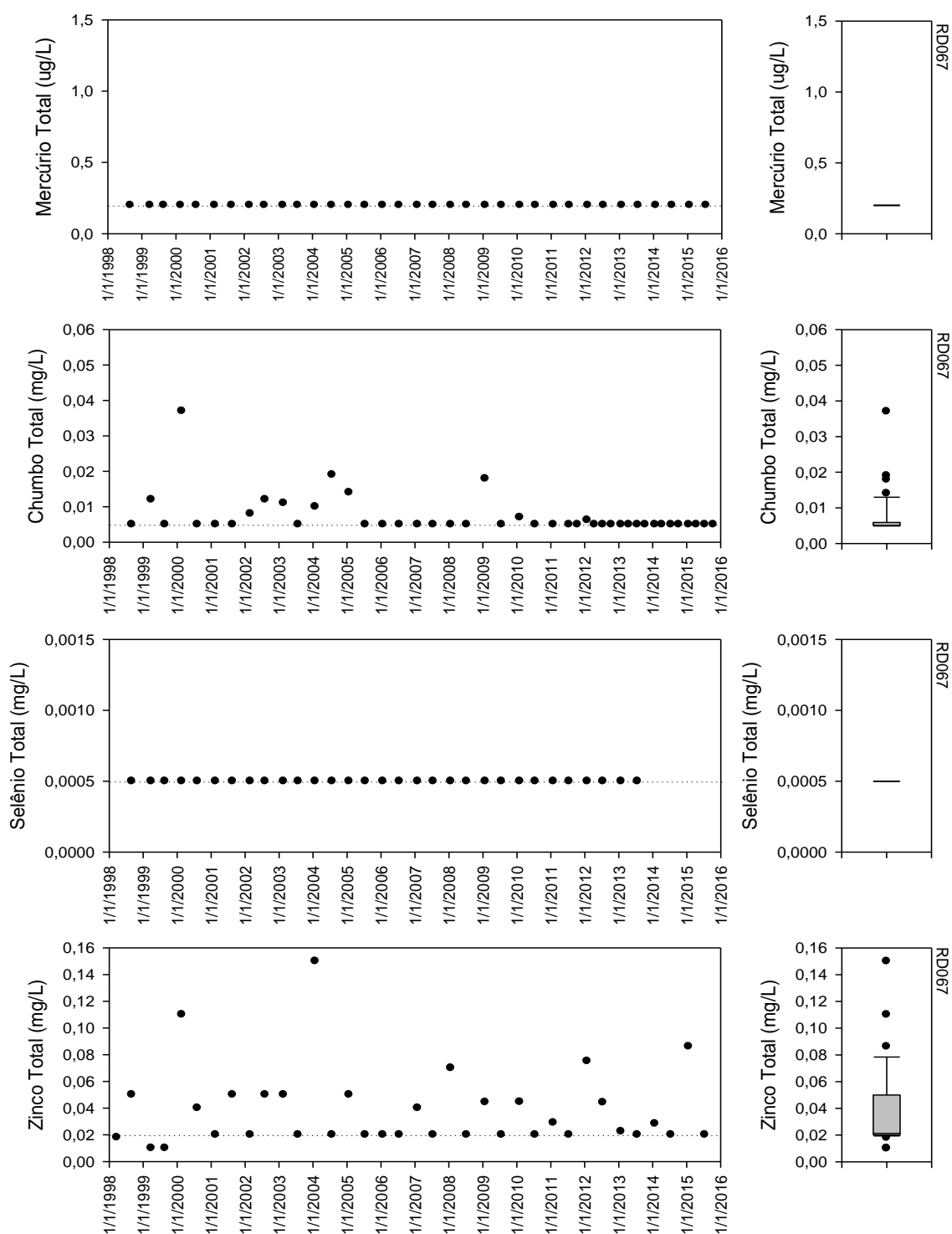
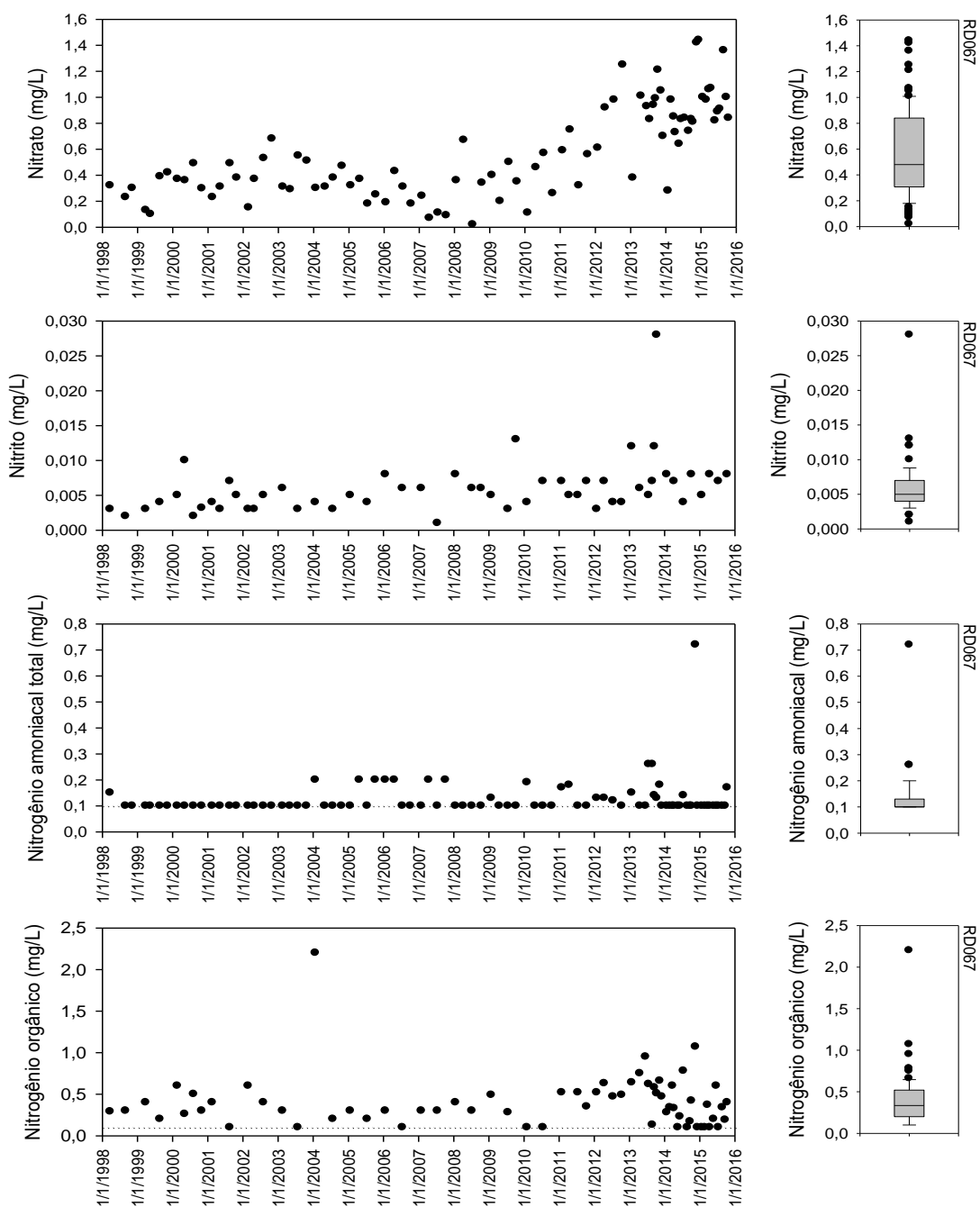




Gráfico 10: Linha-base de concentração de nitrogênio e fósforo na água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

(a) Nitrato (b) Nitrito (c) Nitrogênio amoniacal (d) Nitrogênio orgânico (e) Fósforo total. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção primária em ecossistemas aquáticos. 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 25°, o 50° (=mediana) e o 75° percentil; as barras inferior e superior o 10° e o 90° percentil; e os círculos representam outliers dos valores medidos. No caso de nitrogênio amoniacal e orgânico todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal pontilhada estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (< 0,10 mg/L) Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.



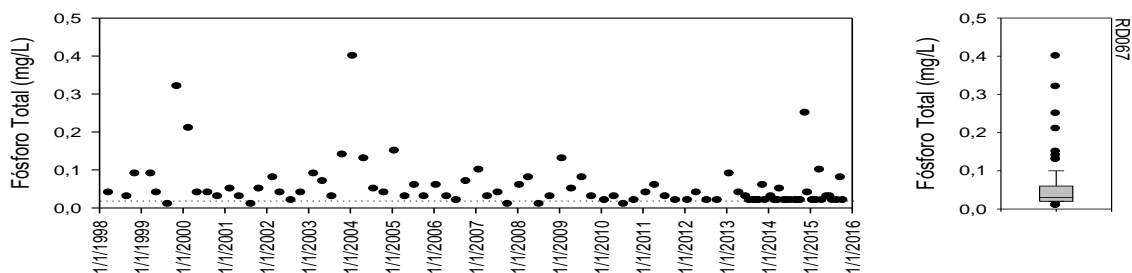


Gráfico 11: Linha-base da contaminação orgânica e microbiológica da água do Rio Doce em Aimorés/Baixo Guandu, ES (Estação IGAM RD067, equivalente às Estações ANA 56990800 e PPQS RDO11) nos 18 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) Concentração de coliformes termotolerantes ('fecaís') (abaixo). 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. No caso da DBO, todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (<2,0 mg/L).

Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

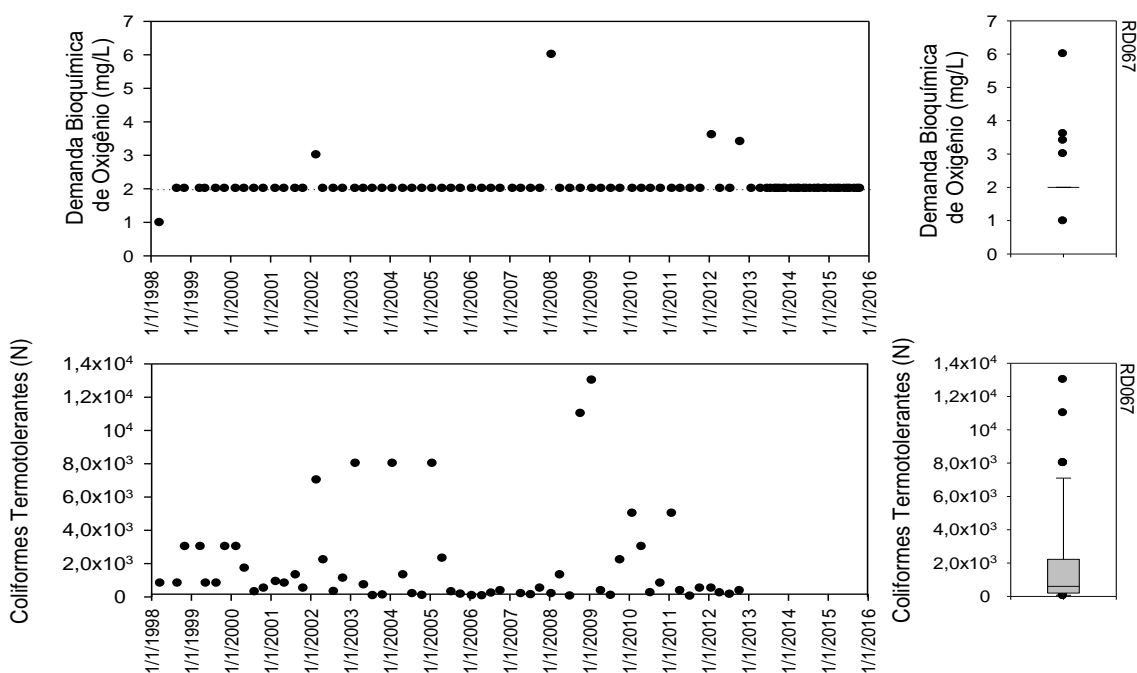


Gráfico 12: Linha-base da concentração de clorofila a na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

A concentração de clorofila é usada como indicadora da biomassa de algas do fitoplâncton. 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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

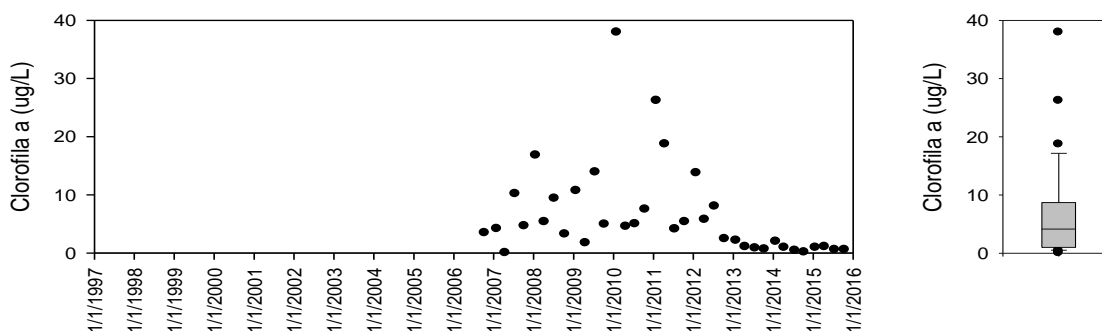


Gráfico 13: Linha-base de sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Manhuaçu em Aimorés (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Sólidos suspensos e turbidez são os parâmetros físicos mais diretamente ligados ao assoreamento e, portanto, à passagem do lodo de rejeitos no Rio Doce. 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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

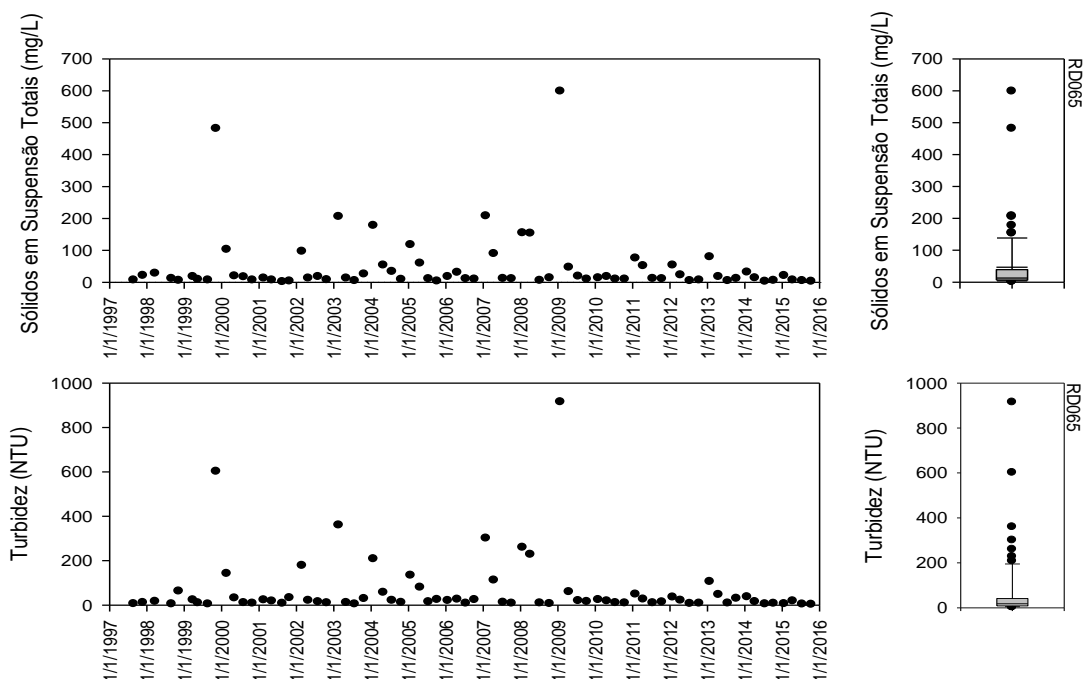


Gráfico 14: Linha-base de parâmetros básicos de qualidade de água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão. Acima: pH (acima), condutividade (meio), oxigênio dissolvido (abaixo).

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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

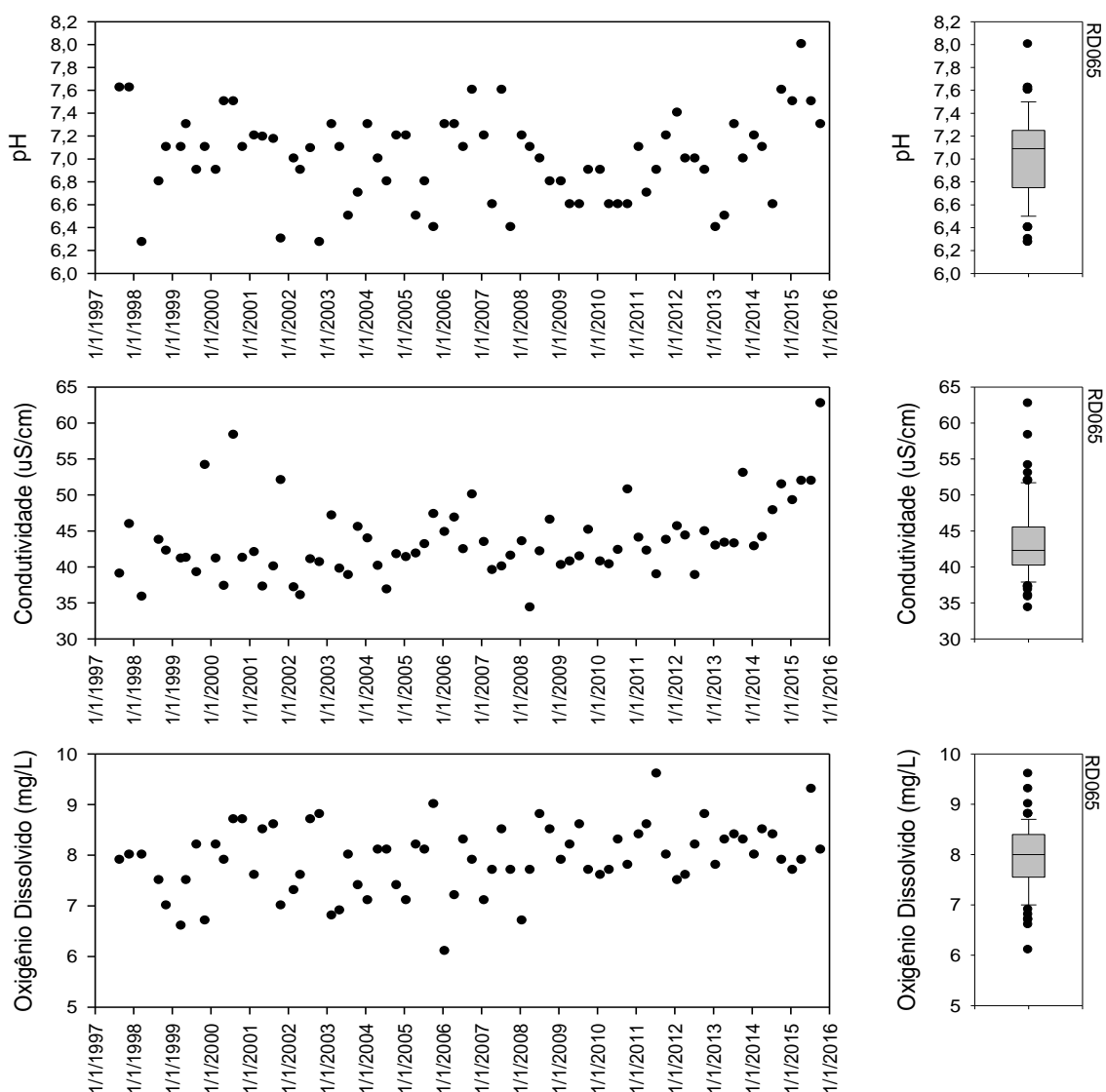


Gráfico 15: Linha-base do (a) Ferro Dissolvido (b) Alumínio Dissolvido e (c) Manganês Total na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Ferro, alumínio 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). Esquerda: gráfico de dispersão com 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. Todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal pontilhada estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (0,10 mg/L para Al e 0,05 mg/L para Mn). Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

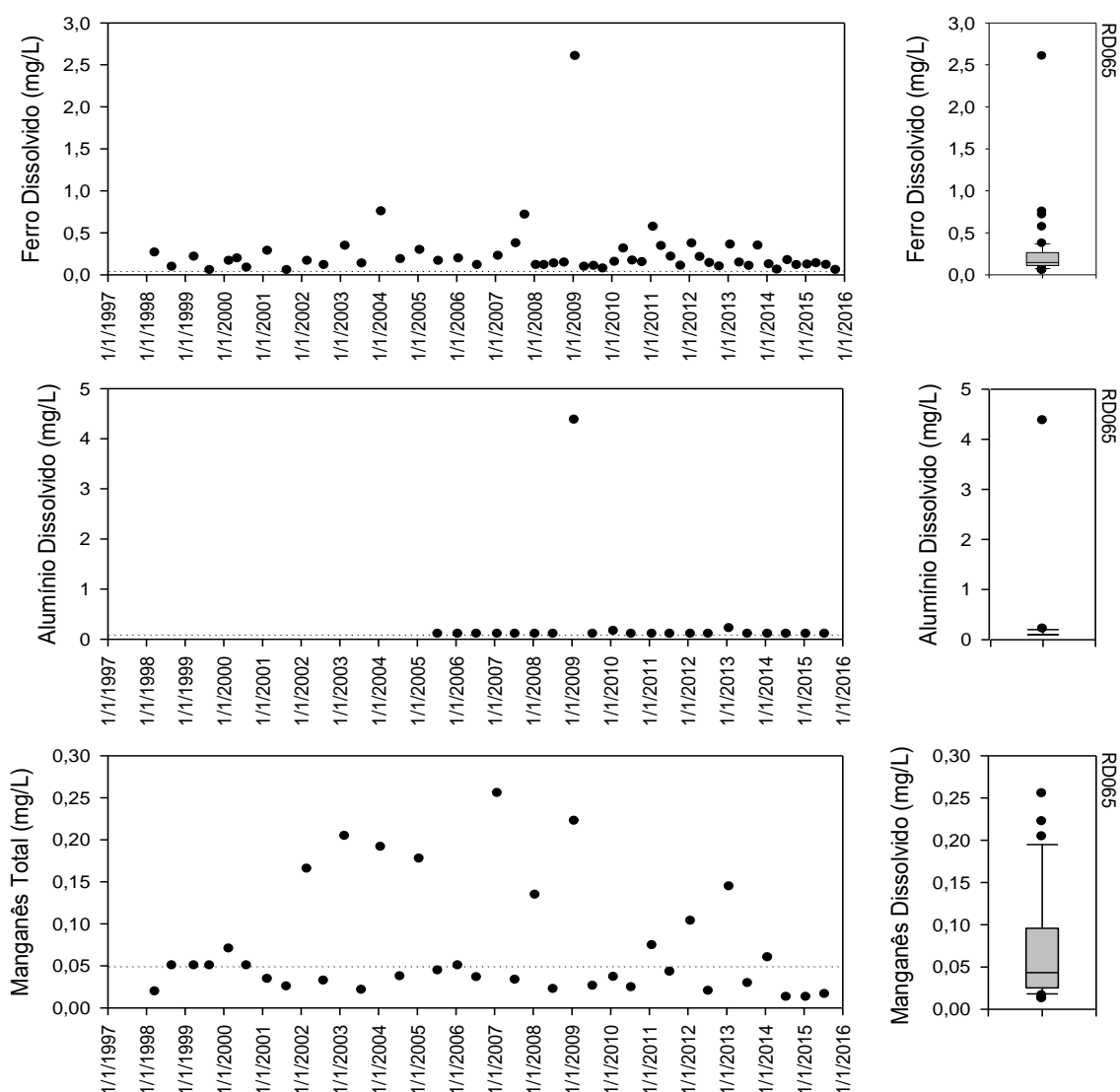
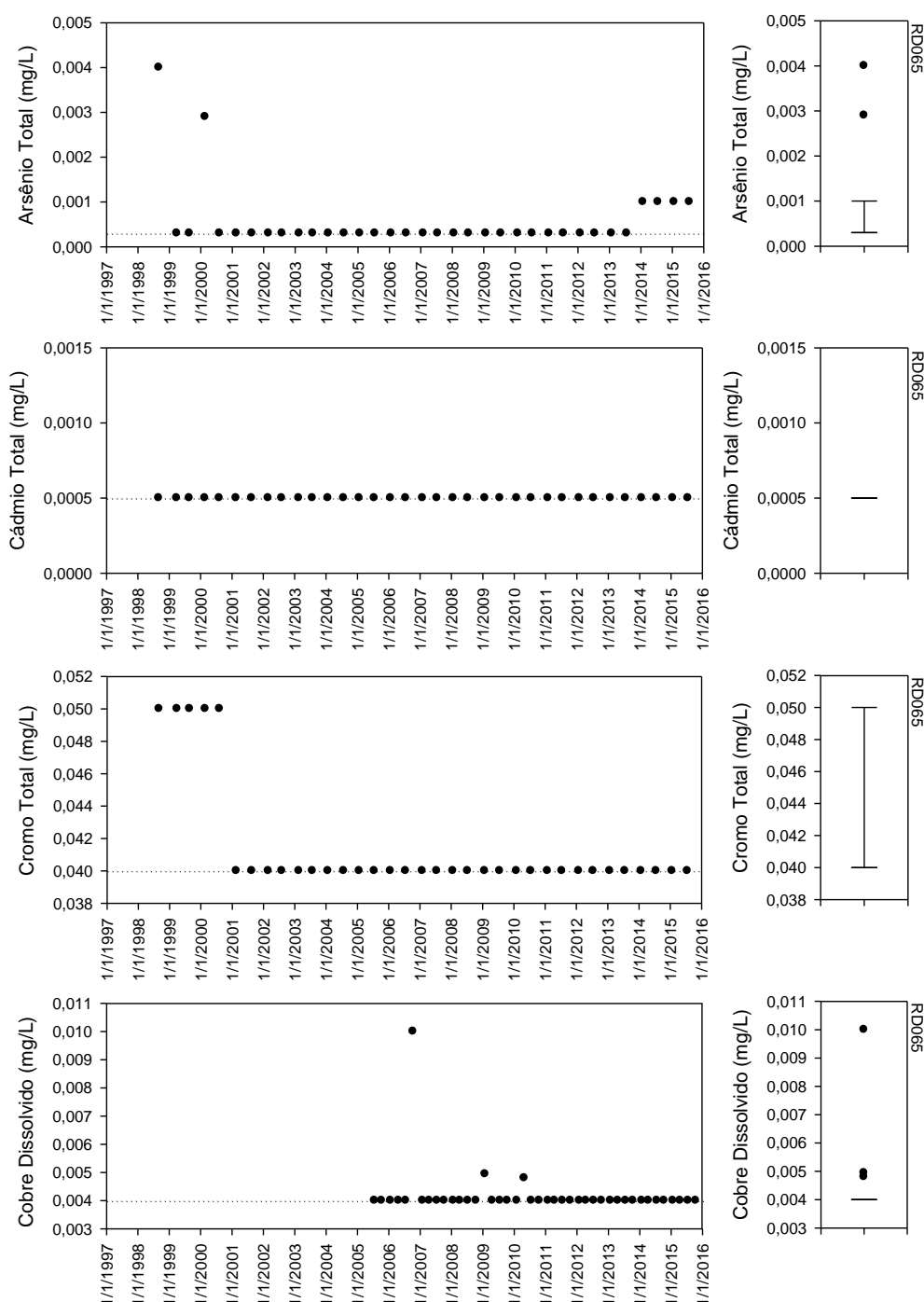


Gráfico 16: Linha-base das concentrações de Arsênio Total, Cádmio Total, Cromo Total, Cobre Dissolvido, Mercúrio Total, Chumbo Total, Selênio Total e Zinco Total na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de 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). Esquerda: gráfico de dispersão com 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. Todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (0,0003 mg/L para As, 0,0005 mg/L para Cd, 0,04 mg/L para Cr, 0,004 mg/L para Cu, 0,2 ug/L para Hg, 0,005 mg/L para Pb, 0,0005 mg/L para Se, 0,01 mg/L para Zn). Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.





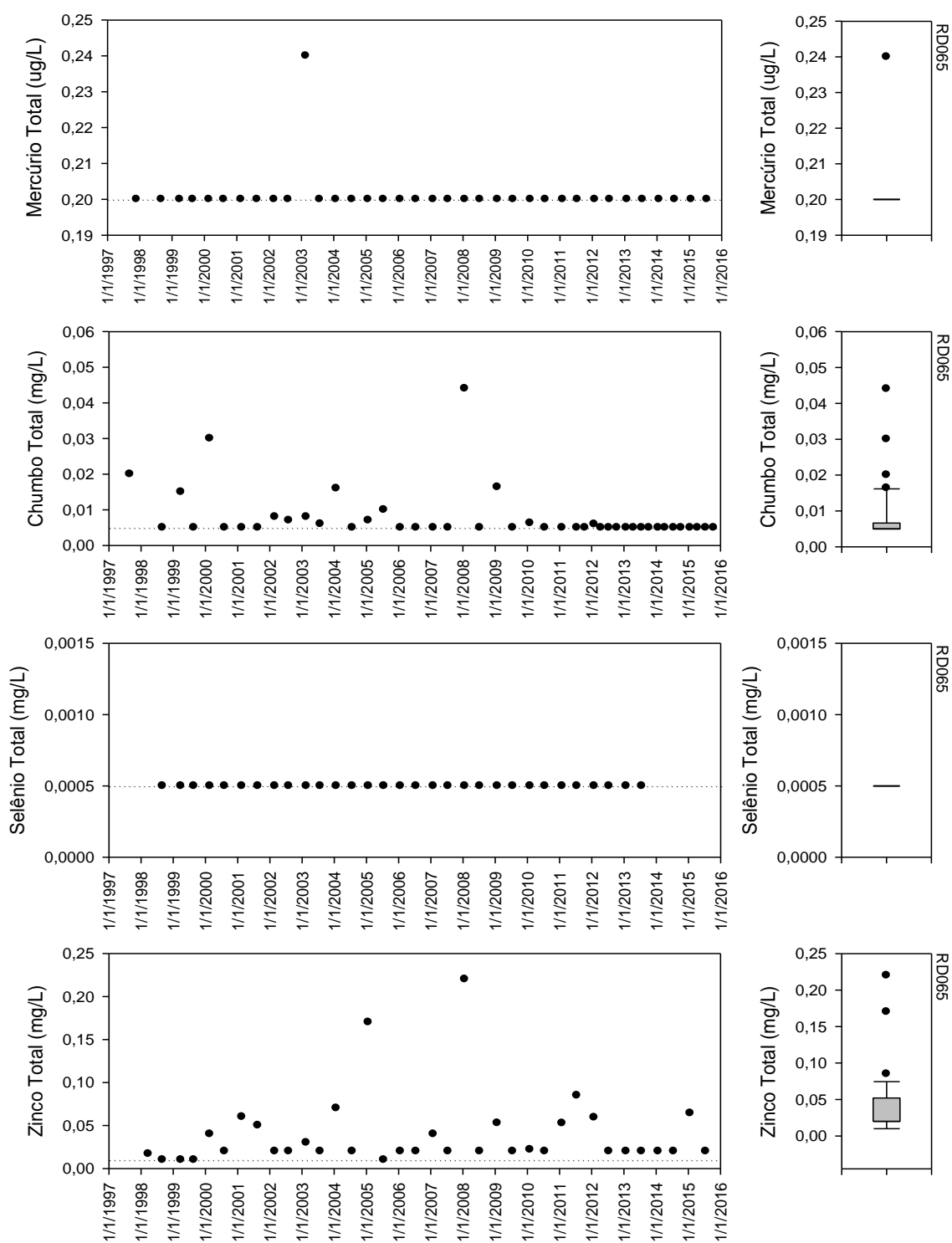
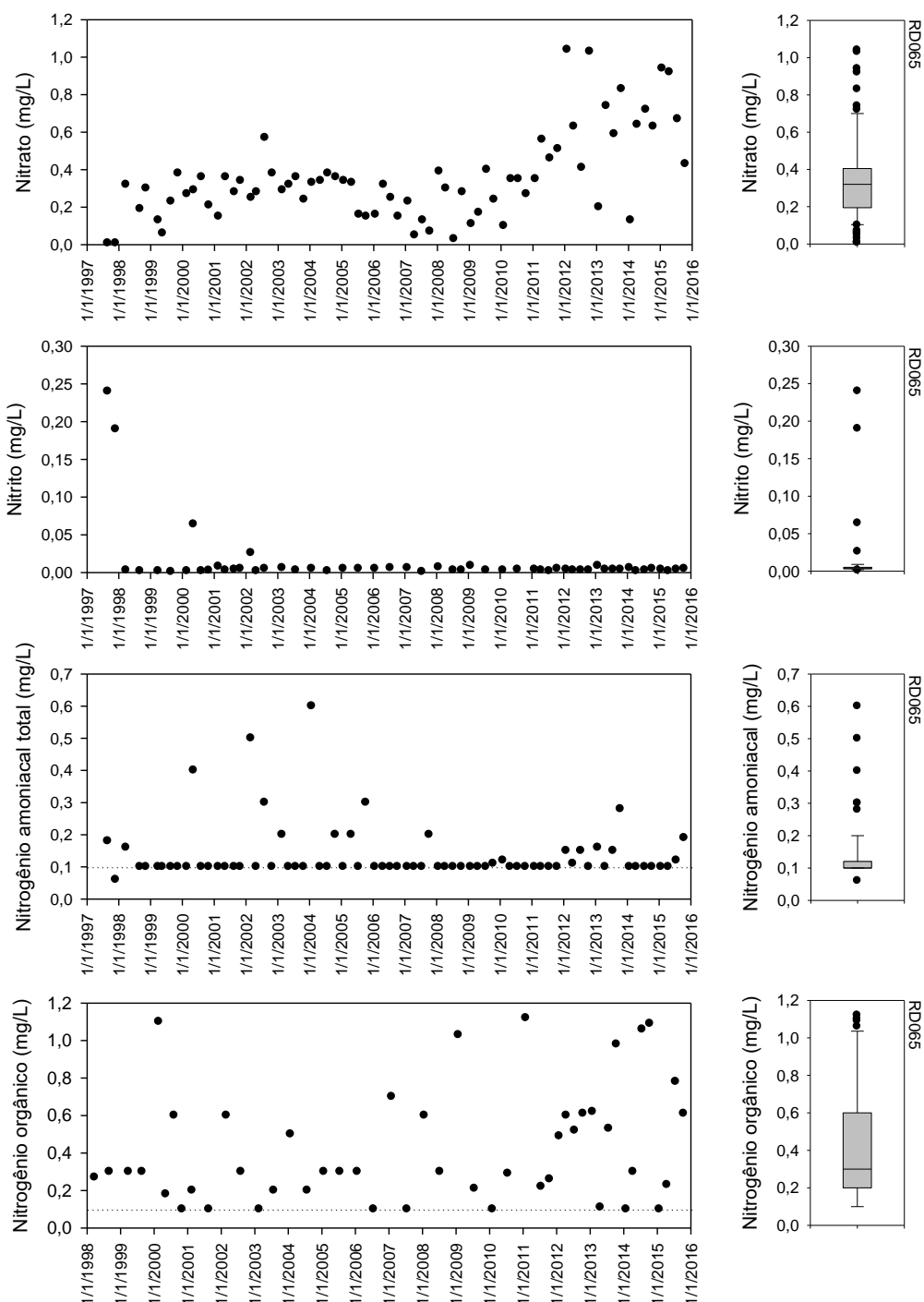


Gráfico 17: Linha-base de concentração de nitrogênio e fósforo na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

(a) Nitrato (b) Nitrito (c) Nitrogênio amoniacal (d) Nitrogênio orgânico (e) Fósforo total. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção primária em ecossistemas aquáticos. 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 25°, o 50° (=mediana) e o 75° percentil; as barras inferior e superior o 10°. e o 90° percentil; e os círculos representam outliers dos valores medidos. No caso de nitrogênio amoniacal e orgânico todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal pontilhada estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (< 0,10 mg/L) Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.



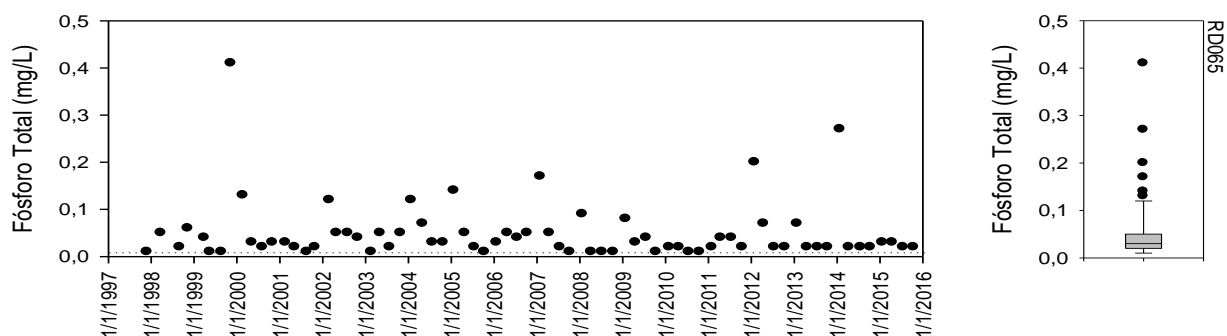


Gráfico 18: Linha-base da contaminação orgânica e microbiológica da água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) Concentração de coliformes termotolerantes ('fecaís') (abaixo). 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. No caso da DBO, todos os pontos de dados caindo sobre a linha horizontal estão, na verdade, abaixo do limite de quantificação (<2,0 mg/L). Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

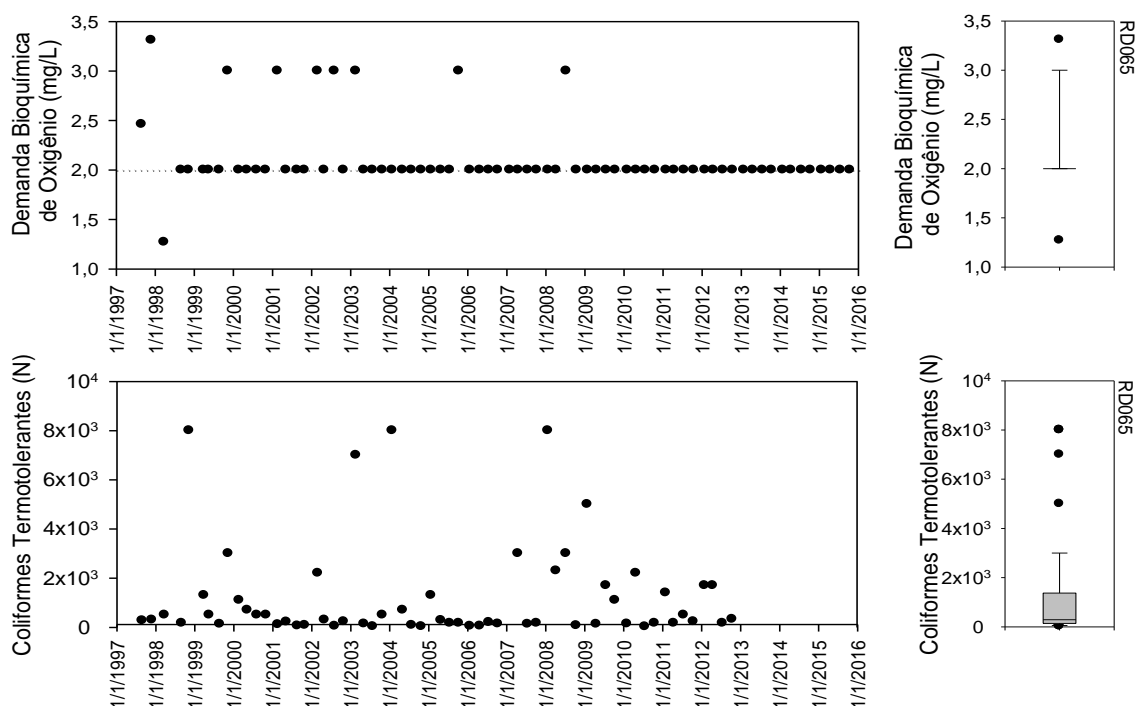
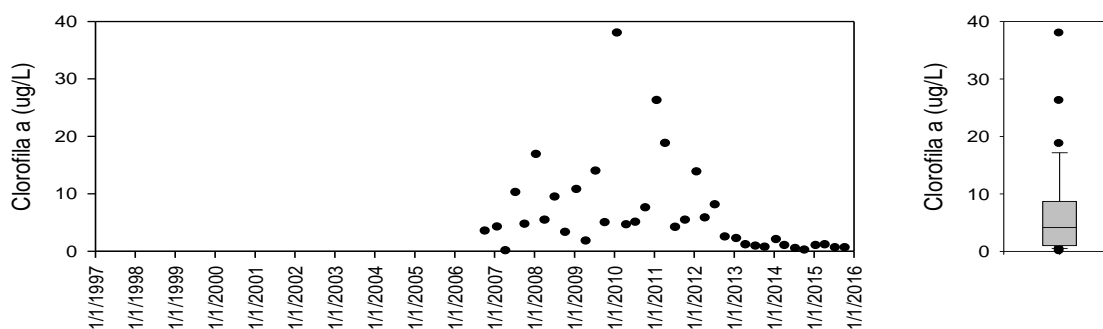


Gráfico 19: Linha-base da concentração de clorofila a na água do Rio Manhuaçu em Aimorés, MG (Estação IGAM RD065, equivalente às Estações ANA 56989600 e PPQQS RMH01) nos 19 anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão.

A concentração de clorofila é usada como indicadora da biomassa de algas do fitoplâncton. 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. Dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), acessados em novembro de 2018.

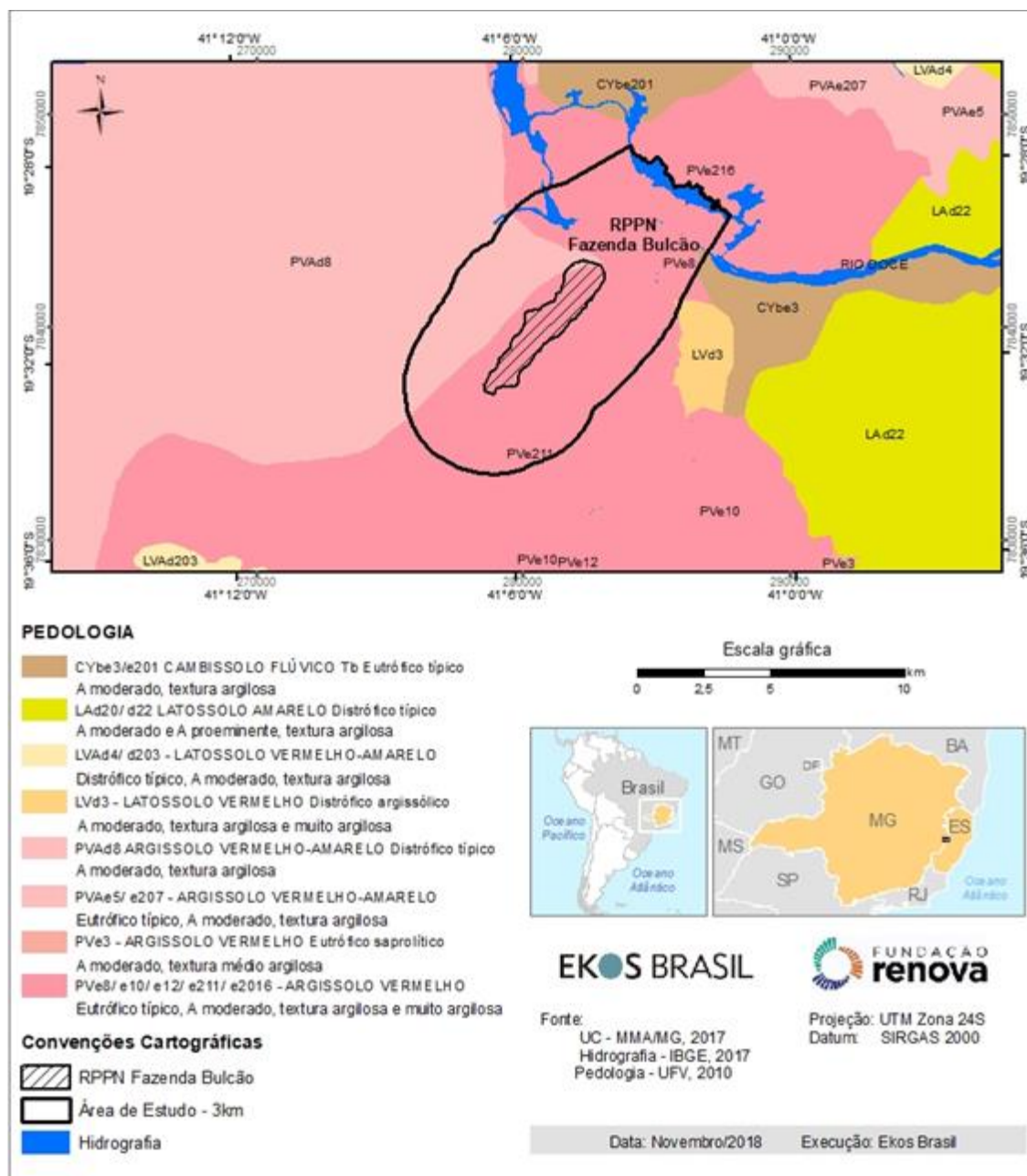


## 4.1.2.8 Pedologia

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).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018) e estudos regionalizados realizados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente do Governo do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2010), na área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão podem ser identificados três tipos de solos principais: Cambissolo flúvico, Argissolo vermelho e Argissolo vermelho-amarelo (Mapa 13).

Mapa 13: Mapa da Pedologia da RPPN Fazenda Bulcão



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 bruna 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 RPPN Fazenda Bulcão, os **Cambissolos Flúvicos** ocupam apenas um pequeno trecho à jusante da área de estudo, abarcando uma pequena parcela de sua Zona de Amortecimento, situada nas áreas de menor declividade e vales do Rio Doce. Nessas áreas, alguns Cambissolos, com maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, podem apresentar potencial para o uso agrícola (AGEITEC, 2018).

Os **Argissolos** são solos constituídos por material mineral, caracterizados pela presença de horizonte diagnóstico B textural, com acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo. 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. Frequentemente os Argissolos são bem intemperizados e com baixa atividade da argila (CTC), podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou eutróficos (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos (AGEITEC; EMBRAPA, 2018). Os **Argissolos vermelhos** apresentam como característica complementar um matiz 2,5 YR ou mais vermelho ou com matiz 5 YR e valores e cromas iguais ou menores que 4, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (MPF, 2017a). Já os **Argissolos vermelho-amarelos** são outros solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas classes de argissolos bruno-acinzentados, argissolos acinzentados, argissolos amarelos e argissolos vermelho-amarelos (EMBRAPA, 2018). Os Argissolos vermelhos eutrófico apresentam melhores condições de fertilidade do que os Argissolos vermelho-amarelos distrófico (AGEITEC; EMBRAPA, 2018). Mas ainda sim, o grupo dos Argissolos possuem limitações quanto ao uso agrícola, devido a tendência a apresentar elevada acidez e teores de alumínio, sendo muito suscetíveis a processos erosivos, principalmente em relevos mais acidentados. Na paisagem, os Argissolos estão associados a relevos mais acidentados e dissecados, com superfícies menos suaves. Na área de estudo esses solos estão associados ao relevo montanhoso e de morros mais baixos, com declividades até 35°, e tanto os Argissolos vermelhos quanto os Argissolos vermelho-amarelos estão presentes na porção sul, leste, oeste e noroeste da RPPN, sendo a principal unidade pedológica desta Unidade de Conservação.

Além dos tipos de solo presentes na RPPN Fazenda Bulcão, foi feito um levantamento sobre o comportamento geral de algumas de suas propriedades pedológicas e tendências de concentrações de metais pesados por tipologia. 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 feita a avaliação dos padrões de qualidade dos Argissolo vermelho e Argissolo vermelho-amarelo, presentes na área de estudo, conforme a Tabela 13. Não foram identificados valores para a classe de Cambissolo flúvico.

Tabela 13: Propriedades e concentração de metais nos tipos de solos presentes na RPPN Fazenda Bulcão

Propriedade ou Metais	Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para Solo (mg.kg-1 de peso seco)	Tipos de solo		
		Cambissolo Flúvico	Argissolo vermelho	Argissolo vermelho-amarelo
Quant. De amostras	SL	sem valor	18	54
pH	SL	sem valor	5,7–8	5,5–13
CTC <sup>1</sup> 9 (cmolc kg-1)	SL	sem valor	7,6–38	8,2–40
Matéria Orgânica Total (%)	SL	sem valor	2,6–114	3,2–81
Teor de Argila (%)	SL	sem valor	34,0–36	33,5–45
Alumínio (g kg-1)	SL	sem valor	42-54,5	46,5–58



Ferro (g kg <sup>-1</sup> )	SL	sem valor	38,5–48	35,4–72
Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	SL	sem valor	189-206	129-207
Arsênio - As (mg kg <sup>-1</sup> )	8	sem valor	1,4–163	2,1–207
Bário - Ba (mg kg <sup>-1</sup> )	93	sem valor	43,9–125	85,7–112
Cádmio - Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	<0,4	sem valor	0,7–194	1,4–114
Cromo - Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	75	sem valor	62-92,0	56,4–100
Cobre (Cu)	49	sem valor	23,4–72	34,2–89
Merúrio - Hg (mg kg <sup>-1</sup> )	0,05	sem valor	0,1–134	<LPQ <sup>2</sup>
Níquel - Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	21,5	sem valor	24,4–61	17,6–90
Chumbo - Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	19,5	sem valor	14,9–58	21,8–60
Zinco - Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	46,5	sem valor	36,6–52	36,7–61

Nota: <sup>1</sup> CTC (capacidade de troca de catiônica); <sup>2</sup>LPQ (limite prático de quantificação). Fonte: Adaptado de FEAM (2013), Souza et al. (2015) e MPF (2017a).

Apesar dos valores apresentarem uma faixa de variação, observando os valores mínimos e máximos das propriedades dos solos pode-se observar que: (i) ambos os Argissolos são ácidos mas podem variar para alcalinos, principalmente o Argissolo vermelho-amarelo; (ii) os índices mais elevados da capacidade de troca de catiônica (CTC) no Argissolo vermelho-amarelo indicam que, em geral e em termos relativos, estes solos tendem a ser menos intemperizados e apresentar argilas de mais alta atividade quando comparado ao Argissolo vermelho; (iii) o Argissolo vermelho tende a apresentar concentrações de matéria orgânica mais elevadas do que o Argissolo vermelho-amarelo; (iv) o teor de argila mínimo nas duas subclasses de Argissolo são muito semelhantes, mas os valores tendem a ser mais elevados no Argissolo vermelho-amarelo; (v) as concentrações de alumínio, ferro e manganês nos dois tipos de solo são elevadas, mas este último mineral é o que mais se destaca, seguido do alumínio e ferro, respectivamente.

Em relação aos metais pesados, as concentrações podem apresentar grande variabilidade nos Argissolo vermelho e Argissolo vermelho-amarelo, o que dificulta um diagnóstico mais preciso sobre o comportamento dessas unidades pedológicas. Porém, observando os índices das máximas identificadas nas duas subclasses com relação aos padrões VRQ (FEAM, 2013; Souza et al., 2015) verificou-se que: (i) o cádmio apresentou concentrações mais elevadas do que os limites recomendados pelo VRQ para os dois tipos de solos; (ii) além do cádmio, no Argissolo vermelho, o mercúrio e o níquel também foram encontrados acima dos padrões de qualidade; (iii) atenção também deve ser dada para as concentrações de arsênio, bário, cromo, cobre, chumbo e zinco pois, de acordo com os estudos, podem ser identificados valores muito acima dos limites propostos pelo VQR.

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 Unidade de Concentração, 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 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, hemicriptófitos, geófitos e terófitos) (IBGE, 2012).

Para obtenção dos dados sobre a flora, 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/](http://jabot.jbrj.gov.br/)). Para classificação das espécies segundo o grau de ameaça utilizou-se as listas disponíveis da IUCN (2018), CNCF flora (2013) e COPAM (2008).

#### **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 2km de peso; mamíferos voadores, pertencentes à Ordem Chiroptera (morcegos); mamíferos de médio e grande porte, geralmente acima de 2kg, 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 presentes na área da RPPN Fazenda Bulcão 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 e sensíveis, foram avaliados os impactos e propostas estratégias de mitigação.

A principal fonte de informação sobre a mastofauna da RPPN Fazenda Bulcão é aquela apresentada em seu Plano de Manejo (Souza, 2009), 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; 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; Souza, 2009)

A taxonomia seguida 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 RPPN Fazenda Bulcão 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 Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). 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 consultados, por meio 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) 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://vnet.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. Foram também acessados todos os registros da plataforma de Ciência Cidadã Wikiaves (<https://www.wikiaves.com.br/>) para o Município de Aimorés.

Com base neste conjunto de dados, foi compilada uma lista das espécies de aves com ocorrência confirmada para a RPPN Fazenda Bulcão, incluindo também registros históricos (obtidos na década de 1920) e

potenciais (obtidos no município de Aimorés após 1990, mas fora da área da RPPN). O arranjo taxonômico e sistemático seguido é o 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), que é bem mais cuidadosa e atualizada do que as listagens prévias disponíveis (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 na 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 (Biodiversitas, 2007).

Após a compilação da lista de espécies e a leitura do material bibliográfico disponível, foi realizada uma análise visual das imagens de satélite da RPPN Fazenda Bulcão (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 RPPN e sua inserção na paisagem (e.g. conectividade com fragmentos de vegetação nativo 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 cheio de vieses, essa é uma das poucas abordagens possíveis nessa etapa de diagnóstico em virtude da escassez de dados.

## Herpetofauna

Para fins de delimitação geográfica do esforço de busca por dados secundários que contivessem registros de espécies adequados para compor a lista de ocorrência potencial ou conhecida usada para estabelecer a linha de base da herpetofauna da RPPN Fazenda Bulcão, considerou-se as ocorrências realizadas dentro da Unidade de Conservação (UC) e/ou oriundas dos municípios que tocam a reserva ou o *buffer* de 3 km da margem do Rio Doce desde Belo Oriente até Aimorés, em Minas Gerais, isto é: Belo Oriente, Bugre, Iapu, Naque, Periquito, Sobrália, Fernades Tourinho, Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Conselheiro Pena, Resplendor, Itueta, Santa Rita do Itueto e Aimorés. Os municípios foram agrupados por estarem no trecho médio do Rio Doce, apresentarem vegetação em geral bastante fragmentada e degradada, compartilharem originalmente o mesmo tipo de vegetação (floresta estacional semidecidual) sem a presença dos lagos pertencentes ao sistema lacustre do médio Rio Doce e altitudes que variam na calha do rio entre cerca de 200 e 75 m acima do nível do mar.

Considerando esse recorte espacial, foi realizada a revisão da literatura científica. Foram ainda checados todos os volumes dos periódicos *Herpetological Review* e *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, que não estão integrados a nenhuma base de dados, mas encontram-se disponibilizados em [www.zenscientist.com](http://www.zenscientist.com). Dissertações e teses disponíveis publicamente foram consultadas nos portais Domínio Público, Locus (<http://www.locus.ufv.br/>), Biblioteca Digital UFMG (<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/>), Biblioteca Digital USP (<http://www.teses.usp.br/>) e Minerva (<http://minerva.ufrj.br/>).

Ainda, foram consultados registros presentes em três bases de dados que integram dados de coleções científica de diversos locais do mundo, a saber: GBIF (<http://www.gbif.org/>) que possui cerca de 640 milhões de registros de quase 30 mil instituições; SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>) com cerca de 8 milhões de

registros de cerca de 450 instituições e; herpNET (<http://www.herpnet.org/>) com 18 milhões de registros de cerca de 300 coleções.

Além dos registros das bases online acima referidas foram verificados diretamente os registros presentes nas seguintes coleções, considerando todos os municípios da área de estudo: Coleção de Herpetologia do Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Museu de Zoologia João Moojen, da Universidade Federal de Viçosa (MZUFV); Coleção de Herpetologia da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal (UFVF); e Coleção de Herpetologia do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

Não foram considerados táxons identificados apenas até o nível de gênero, designados como “sp.”, “cf.”, “aff.” e “gr.”, a menos que haja indícios de que se tratem de espécies potencialmente novas para a ciência. Critério similar foi adotado para registros de espécies que sabidamente não ocorrem na área de estudos.

Visto a grande amplitude temporal coberta pelo levantamento de dados secundários, algumas ocorrências constituem registros históricos realizados em condições de preservação da Mata Atlântica bem melhores que a atual, a exemplo dos realizados pela expedição Tayer em 1865, entre Aimorés e Linhares, e depositados no Museum of Comparative Zoology de Harvard e os coletados por Ernst Garbe, nessa mesma região, em 1906 e tombados no MZUSP, dentre outros mais recentes realizados na primeira metade do século XX. Dessa maneira, tendo como base os requerimentos ambientais das espécies e o tamanho e estado de conservação da UC, algumas espécies não foram consideradas no estabelecimento da linha de base, visto que a sua ocorrência na área de estudo atualmente é muito improvável. Assim, devido ao pequeno tamanho da RPPN Fazenda Bulcão e o estado de conservação da sua vegetação pressupôs-se que a jararaca-de-patioba, *Bothrops bilineatus bilineatus*, e a surucucu-pico-de-jaca, *Lachesis muta*, não ocorrem atualmente na referida UC, já que são exigentes ambientalmente e precisam de fragmentos maiores e em estágios de regeneração mais avançados para ocorrer.

As espécies *Bokermannohyla* sp., *Ololygon* sp., *Phasmahyla* sp., *Hylodes* sp. registradas no Parque Estadual Sete Salões e depositadas no MZUFV não foram consideradas como de potencial ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão. Ao que tudo indica, elas provavelmente só ocorrem naquele complexo de montanhas (F. Leite, observação pessoal) que possui características distintas da Reserva.

O jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, provavelmente possui ampla distribuição ao longo do médio e baixo Rio Doce. Dessa maneira, a sua ocorrência foi considerada potencial na região do rio situada na área de entorno da RPPN Fazenda Bulcão, mesmo não havendo registros formais da sua ocorrência nesse trecho do rio. O mesmo foi considerado para o cágado *Hydromedusa maximiliani* que tem registros conhecidos em pequenos riachos de montanha, desde as cabeceiras do Rio Doce, em Mariana (Costa et al., 2015), até o Parque Estadual Sete Salões (F. Leite, observação pessoal). Assim, sua ocorrência foi considerada potencial na RPPN Fazenda Bulcão, que encontra-se próxima dessa área de distribuição e possui um riacho permanente que potencialmente pode ser habitado pela espécie.

A classificação taxonômica utilizada para os anfíbios seguiu Frost (2018) e para répteis Costa & Bernils (2018). Thomé et al. (2010) demonstraram que *Rhinella pombali* é um híbrido de *Rhinella crucifer* e *Rhinella ornata*, portanto nos referimos a esse táxon como *Rhinella crucifer* x *Rhinella ornata*. A ocorrência de espécies oficialmente ameaçadas de extinção seguiu a lista da IUCN (2018), a lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção (ICMBio, 2014, MMA, 2014), a lista das espécies da fauna ameaçada de extinção no estado de Minas Gerais (Biodiversitas, 2007, COPAM, 2010) e Espírito Santo (Gasparini et al., 2007).

## Ictiofauna

A estruturação da base de dados da ictiofauna com potencial ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão e em sua respectiva Zona de Amortecimento foi realizada com base em levantamento de dados secundários.

Para tanto, foi realizado o levantamento das informações sobre a ictiofauna da 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 Unidade de Conservação. 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 20).

Não há caracterização prévia da ictiofauna da RPPN Fazenda Bulcão. Para a construção da linha de base para a ictiofauna foram considerados dados dos municípios de Aimorés-MG e Baixo Guandú-ES.

## Perguntas Orientadoras

O Diagnóstico de Linha de Base forneceu as primeiras diretrizes para as respostas das perguntas orientadoras. As perguntas do meio biótico, relacionadas com a vegetação e fauna, e que orientaram 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.: 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)?
- (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 as 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 da Biodiversidade do Baixo Rio Doce nos Séculos XIX e XX**

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, republicadas em linguagem e adaptação atual em coleção da EDUSP (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 Ibirapu 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).

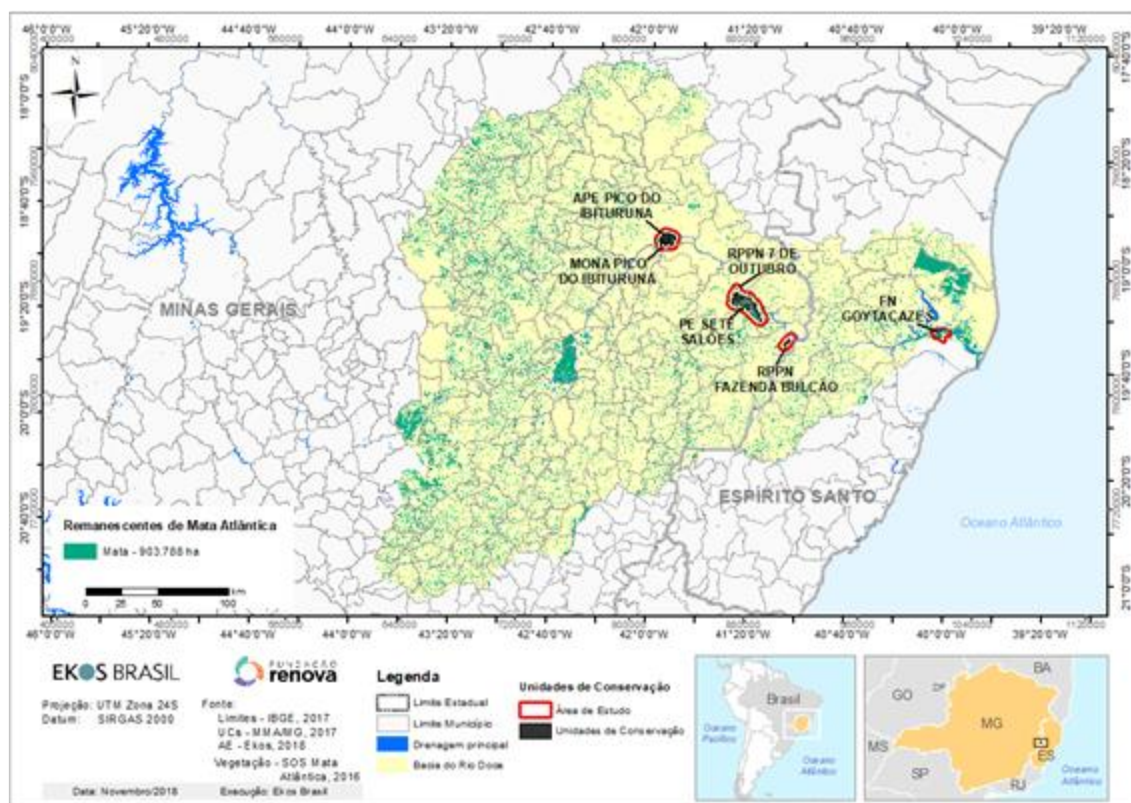
Augusto Ruschi, então pesquisador do Museu Nacional do Rio de Janeiro, foi mais um zoólogo a explorar a região, coletando intensivamente no Espírito Santo, e na bacia do Rio Doce, especialmente em Linhares, entre as décadas de 1940 e 1970 (Vieillard, 1994). Na década de 60, Rolf Grantsau realizou coletas 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 RPPN Fazenda Bulcão**

### **4.2.3.1. Vegetação**

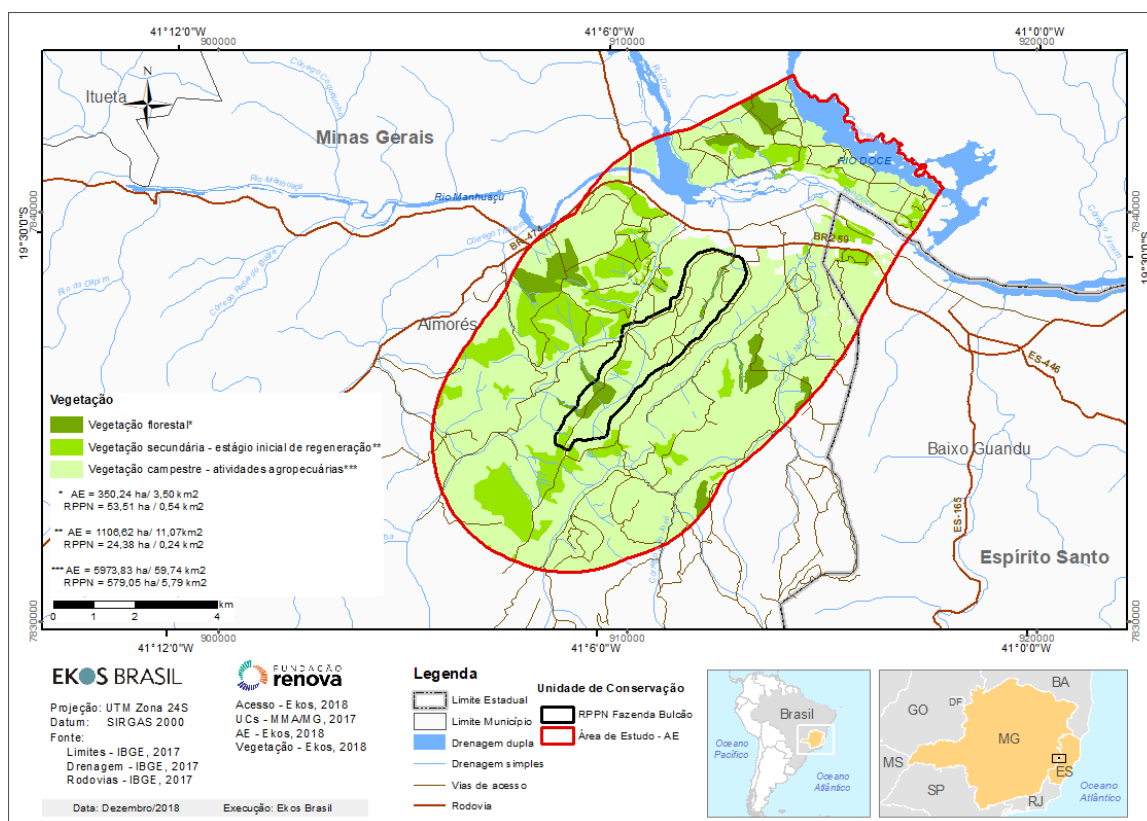
A Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão (RPPN Fazenda Bulcão) é do grupo de uso sustentável e encontra-se inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Mapa 14). Segundo o Decreto Federal nº 750/1993, considera-se: Mata Atlântica as formações florestais e ecossistemas associados, 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 14: Mapa de vegetação e Bacia do Rio Doce.



As fitofisionomias encontradas na RPPN Fazenda Bulcão são: afloramentos rochosos, pasto e pasto com arbóreas, pasto sujo, Floresta estacional semidecidual submontana em estágio médio de sucessão (capoeira), Floresta estacional semidecidual submontana em avançado estágio de sucessão (capoeirão), brejo e plantios de nativas e de leguminosas, Mapa 15.

Mapa 15: Mapa da cobertura vegetal da área de estudo RPPN Fazenda Bulcão e entorno.



Bastos (2010) realizou um estudo na RPN Fazenda Bulcão, e teve como objetivos: caracterizar a composição florística e a densidade de espécies germinadas no banco de sementes do solo; caracterizar a composição florística e fitossociológica do estrato da regeneração; identificar as categorias sucessionais e as síndromes de dispersão das espécies amostradas na regeneração natural e no banco de sementes; avaliar o potencial do banco de sementes do solo de cada ambiente para a regeneração natural; bem como o potencial da regeneração natural nas áreas restauradas. O resultado encontrado para o banco de sementes, considerando todas as áreas avaliadas, foi de 3.113 indivíduos germinados, distribuídos em 26 famílias, 57 gêneros e 96 espécies. Aproximadamente 31% dos indivíduos amostrados correspondem à *Setaria vulpiseta* (Lam.) Roem. & Schult., que foi encontrada em todas as áreas amostradas. Na compilação dos dados referentes às quatro áreas, a forma de vida herbácea, a síndrome de dispersão anemocórica e as espécies pioneiras foram as que mais se destacaram no estudo. Quanto à regeneração natural, foram amostrados 346 indivíduos, pertencentes a 18 famílias, 32 gêneros e 52 espécies. De forma geral, as famílias mais ricas em número de espécies para a regeneração natural foram: Fabaceae (12 espécies) e Rubiaceae (3 espécies). Do total de espécies amostradas no estudo, 11 foram classificadas como pioneiras, 11 como secundárias iniciais e 8 como secundárias tardias. A dispersão zoocórica foi de forma geral a mais abundante. A densidade total estimada por hectare no levantamento do componente lenhoso foi de 4.325 indivíduos. A maior contribuição para esse valor coube à espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (675 ind/ha). A maior concentração de indivíduos regenerantes encontra-se na menor classe de diâmetro e altura, sugerindo a existência de algum tipo de estresse ecológico nas áreas.

Bastos (2010) destaca que, embora as áreas necessitem ainda de intervenções no sentido de acelerar a restauração florestal, as ações até a data adotadas permitiram um grande ganho ecológico, através da cobertura do solo, da formação de dossel e do aumento da diversidade vegetal.



São listadas para RPPN Fazenda Bulcão, aproximadamente 194 espécies vegetais (Lista de Espécie 1, Anexo III), sendo a família Leguminosae possuidora do maior número de espécies, 48. Dentro do total de espécies, cinco delas possuem algum grau de ameaça segundo as listas de espécies ameaçadas: *Cariniana ianeirensis* R. Knuth (jequitibá-açu), *Dalbergia elegans* A.M. Carvalho, *Euphorbia attastoma* Rizzini, *Kielmeyera rufotomentosa* Saddi e *Vellozia pulchra* L.B. Sm. (canela-de-ema).

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

*Cariniana ianeirensis* (Lecythidaceae) é uma árvore de grande porte muito rara, até recentemente conhecida apenas das cercanias do Rio de Janeiro. Coletas recentes ampliaram expressivamente a distribuição geográfica da espécie, mas a mesma ainda é representada por um baixo número de registros, alguns bastante antigos, e todos muito esparsamente distribuídos no território brasileiro. A maioria dos seus locais de ocorrência encontram-se severamente impactados por atividades humanas. Além disso, é possível suspeitar que a espécie tenha sofrido historicamente com a exploração madeireira devido ao seu grande porte e à forma colunar de seu tronco, típico das Lecythidaceae. Considerando seu grande porte, e assumindo que a espécie apresenta crescimento lento, à semelhança de outras espécies do gênero ocorrentes na Mata Atlântica, é possível suspeitar que *C. ianeirensis* apresente um tempo de geração de pelo menos 70 anos. Assim, levando em conta o conjunto de ameaças às quais a espécie historicamente vem sendo submetida, é possível suspeitar que *C. ianeirensis* tenha sofrido um declínio populacional de pelo menos 50% nos últimos 210 anos. Considerada na categoria “Em Perigo” (EN) pela Lista Vermelha da IUCN (2018).

*Dalbergia elegans* (Leguminosae) é endêmica da Mata Atlântica, bioma severamente degradado. Estima-se que, nos últimos 100 anos, *D. elegans* tenha sofrido uma redução populacional de pelo menos 30%. Foi categorizada “Em perigo” (EN) segundo a Lista vermelha da Flora do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007). Recomendam-se o monitoramento e estudos populacionais sobre a espécie.

*Euphorbia attastoma* (Euphorbiaceae) é endêmica dos Campos Rupestres localizados próximo à divisa entre os Estados da Bahia e Minas Gerais. A principal ameaça incidente é a mineração de ferro, que tem alcance em toda região de ocorrência da espécie. Foi considerada “Em Perigo” (EN) na Lista Vermelha da Flora Brasileira (CNCFlora, 2013).

*Kielmeyera rufotomentosa* (Calophyllaceae) é um arbusto que ocorre na floresta costeira do Estado do Espírito Santo. As áreas florestais de Colatina (ES) deram lugar às atividades agrícolas e à ocupação humana, que reduziram os remanescentes de Mata Atlântica a 6,2%. *K. rufotomentosa* está na categoria “Criticamente em perigo” (CR). A população encontra-se severamente fragmentada devido às ameaças incidentes no local, as quais causam o declínio da qualidade do hábitat e do número de subpopulações. Considerando que a espécie é rara, tem distribuição restrita à região costeira do Estado do Espírito Santo e é conhecida por uma subpopulação, é possível inferir que esteja representada por menos de 50 indivíduos maduros. Ademais, o material-tipo é o único registro botânico coletado em 1984, de forma que, possivelmente, a espécie está extinta na natureza.

*Vellozia pulchra* (Velloziaceae) ocorre no Estado de Minas Gerais, em três municípios. Em perigo” (EN), segundo a Lista Vermelha da Flora do Espírito Santo (Simonelli & Fraga, 2007). Habita a Mata Atlântica sobre afloramentos rochosos graníticos, onde a perda e a deterioração do hábitat pela introdução de espécies invasoras, agricultura e pastagem são uma ameaça a sua sobrevivência.

#### 4.2.3.2. Mastofauna



A Floresta Atlântica semidecidual forma atualmente mosaicos no estado de Minas Gerais, intercalados com áreas de pastagens e fragmentos de mata secundária onde a fauna ainda encontra abrigo. A região onde se encontra a RPPN Fazenda Bulcão não possui grandes áreas florestadas contínuas em suas proximidades, e a fazenda em si tem um histórico de extração de madeira e de modificação da paisagem que apenas recentemente tem sido revertido (Souza, 2009).

As Listas de Espécies 2, 3 e 4 do Anexo III mostram as espécies de mamíferos de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão, separadas 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 de Minas Gerais (Drummond et al., 2008).

Segundo o Plano de Manejo, foram registradas visualmente e com o uso de armadilhas de contenção, 21 espécies de mamíferos, destacando-se os carnívoros (*Cerdocyon thous*, *Nasua nasua*, *Procyon cancrivorus*, *Galictis vittata*, *Eira barbara*, *Herpailurus jaguarundi*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus guttulus* e *Puma concolor*), seguidos dos roedores *Guerlinguetus brasiliensis*, *Nectomys squamipes*, *Cerradomys subflavus* e *Coendou insidiosus*, além do rato cinzento, espécie exótica.

Destacam-se no Plano duas espécies ameaçadas de extinção: o guigó (*Callicebus personatus*) e a jaguatirica (*Leopardus pardalis*). As principais ameaças detectadas foram a destruição de habitat e a caça.

As tabelas de espécies de provável ocorrência (Listas de Espécies 2, 3 e 4 do Anexo III) registram a possibilidade de existirem, na RPPN, 22 espécies de pequenos mamíferos terrestres, 44 quirópteros e 42 espécies de mamíferos de médio e grande porte. Algumas destas espécies, marcadas com um (\*), podem estar extintas localmente.

Segundo a lista de espécies de provável ocorrência, para pequenos mamíferos terrestres uma espécie é considerada quase ameaçada mundialmente segundo a IUCN, e duas são consideradas vulneráveis para o estado de Minas Gerais. Entre os quirópteros, duas espécies são consideradas ameaçadas para o estado de Minas Gerais. O maior número de espécies com preocupação em termos de conservação encontra-se entre os mamíferos de médio e grande porte: mundialmente, seis espécies são consideradas vulneráveis, quatro quase ameaçadas, duas ameaçadas e duas criticamente ameaçadas. Para o Brasil, são dez espécies consideradas vulneráveis, duas ameaçadas e uma criticamente ameaçada. Para o estado de Minas Gerais, são seis espécies vulneráveis, sete ameaçadas e duas criticamente ameaçadas.

A lista de espécies do Anexo III mostra os mamíferos de importância para a conservação, com base na lista de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão, excluindo-se as quase ameaçadas (NT).

No que diz respeito ao status de conservação, para pequenos mamíferos, a RPPN deve abrigar duas espécies, a cuica-d'água *Chironectes minimus* e o rato do mato *Abramyaomys ruschi*, consideradas vulneráveis para o estado. A cuica d'água, *Chironectes minimus*, é uma espécie de hábitos semi- aquáticos, cujos hábitos apenas recentemente têm sido melhor conhecidos. O rato-do-mato *Abramyaomys ruschi*, até pouco tempo, era considerado também uma espécie rara e encontrada em baixas densidades. Entre as 44 espécies de quirópteros de provável ocorrência, nenhuma encontra-se enquadrada em alguma categoria de ameaça em nível global, mas três são consideradas vulneráveis no nível regional.

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 (*Panthera onca*) e a suçuarana (*Puma concolor*). 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*), da anta (*Tapirus terrestris*) 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, assim como o sagui-da-serra-claro, espécie com distribuição restrita.

É importante ressaltar que as espécies listadas como de importância para a conservação na RPPN Fazenda do Bulcão 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

A RPPN Fazenda Bulcão é uma área *sui generis* dentre as Unidades de Conservação da bacia do Rio Doce, pois encontra-se em franco processo de restauração ecológica. Originalmente recoberta em quase a sua totalidade por pastagens altamente degradadas, a área tem sido palco de um dos mais bem-sucedidos esforços de restauração ecológica em toda a região, servindo de exemplo para futuras iniciativas. Apesar de tantos esforços, as florestas secundárias que hoje cobrem a RPPN são ainda muito jovens e de maneira alguma reproduzem a estrutura e complexidade das florestas que originalmente recobriam a região.

Os dados históricos disponíveis, ainda que escassos, permitem um melhor entendimento das dramáticas alterações sofridas pela comunidade de aves local ao longo de quase um século. As primeiras amostragens ornitológicas do município de Aimorés foram conduzidas em janeiro de 1929 pelo coletor alemão Emil Kaempfer que, juntamente com a sua esposa, visitou a região a serviço do American Museum of Natural History. Kaempfer coletou no entorno de Tabaúna, um antigo distrito de Aimorés situado nas margens do Rio Manhuaçu (Naumburg, 1935). A coleção formada por Kaempfer em Tabaúna pode ser considerada modesta, sendo composta por cerca de 100 espécimes, mas permite um vislumbre da avifauna originalmente encontrada nas florestas primárias da região. Das 42 espécies registradas por Kaempfer, 27 (64%) não possuem registros modernos para a região, muitas das quais estando provavelmente extintas localmente. A ausência de tantas espécies é uma demonstração inequívoca dos dramáticos impactos antrópicos sofridos pela biota local. Dos 27 táxons sem registros atuais, 19 (70%) são endêmicos da Mata Atlântica e 8 (30%) se encontram em alguma categoria de ameaça de extinção (e.g. inambu-anhangá *Crypturellus variegatus*, choquinha-chumbo *Dysithamnus plumbeus*, ipecuá *Thamnomanes caesi*, choquinha-de-rabo-cintado *Myrmotherula urosticta*, bico-chato-grande *Rhynchocyclus olivaceus* e crejoá *Cotinga maculata*). Das espécies com registros atuais para a região, cinco estão incluídas em alguma categoria de ameaça, sendo elas: gavião-de-penacho *Spizaetus ornatus*, urutau-grande, *Nyctibius grandis*, chaurá *Amazona rhodocorytha*,

papagaio-de-peito-roxo *Amazona vinacea* e gavião-pato *Spizaetus melanoleucus*. Outras quatro espécies encontram-se listadas como DD ou NT.

A avifauna da RPPN Fazenda Bulcão conforme sumariada por Souza (2009) e Volpato & Martins (2013) abriga 172 espécies (Lista de Espécie 6 do Anexo III). A maioria das espécies registradas para a RPPN são, com raras exceções, típicas de áreas abertas, bordas de mata e/ou florestas degradadas. Esse fato já era esperado dado o histórico de intensa perturbação antrópica da área e a pouca idade das florestas em regeneração. Entretanto, a ocorrência de dezoito táxons endêmicos da Mata Atlântica na área da RPPN, incluindo cinco táxons ameaçados de extinção em nível global (barbudo-rajado *Malacoptila striata*, maracanã *Primolius maracana*, papagaio-chauá *Amazona rhodocorytha*, papagaio-de-peito-roxo *Amazona vinacea* e araponga *Procnias nudicollis*) atesta os avanços importantes já conquistados pelo Instituto Terra em tão poucos anos de restauração da área. A análise dos dados de ocorrência potencial para a RPPN, obtidos através do site Wikiaves, confirma a ideia de que a avifauna de Aimorés como um todo passou por intenso processo de extinção desde o início do século XX, restando, com raras exceções, principalmente espécies típicas de áreas abertas, bordas de mata e/ou florestas degradadas. As principais espécies cinegéticas originalmente encontradas no médio Rio Doce, 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 hábitat, 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 em tempos modernos.

A provável extinção local de tantas espécies foi acompanhada da colonização da região por espécies de áreas abertas e áridas, altamente adaptadas a perturbações antrópicas, tais como rolinha-picuí *Columbina picui* e corrupção *Icterus jamacaii*, que não ocorriam originalmente na região. A substituição de espécies raras, endêmicas e sensíveis por espécies generalistas, de ampla distribuição geográfica e altamente tolerantes a perturbações antrópicas é um fenômeno global, chamado de homogeneização da biota (Olden, 2006; Villegas Vallejos et al., 2016). T tamanha modificação da composição da comunidade foi causada por décadas de desmatamento, fragmentação e degradação do hábitat, introdução de espécies exóticas, fogo e caça, entre outras fontes de distúrbio antrópico.

A maior parte das espécies de alta sensibilidade atualmente encontrada na região 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 (e.g. praias arenosas para se reproduzir), mas devido à sua alta vagilidade e ausência de registros reprodutivos na região, esta classificação não se aplica a essas espécies no contexto em questão.

#### **4.2.3.4. Herpetofauna**

Foram registradas, por meio de dados secundários, 36 espécies de anfíbios e 42 de répteis, sendo 13 lagartos, uma anfisbena, 26 serpentes, um cágado e um jacaré com ocorrência potencial na RPPN Fazenda Bulcão e entorno (Lista de Espécie 7 do Anexo III). Nenhuma das ocorrências originou-se de dentro dos limites da RPPN, indicando que a composição da herpetofauna da UC encontra-se virtualmente desconhecida.

A riqueza de anfíbios pode ser considerada alta, equivalendo a cerca de 83% das 43 espécies registradas na RPPN Fazenda Bulcão, situada em Linhares, no Espírito Santo (ICMBio, 2013) e a cerca de 77% das 47 espécies do PE Rio Doce, situado em Marliéria, em Minas Gerais (F. Leite, dados não publicados). Ambas são Unidades de Conservação situadas na área de influência do rompimento da barragem. Com relação aos

répteis, a riqueza também pode ser considerada expressiva representando cerca de 98% das 43 espécies registradas na RPPN Fazenda Bulcão (ICMBio, 2013) e cerca de 14% a mais de espécies que as 37 conhecidas no PE Rio Doce (F. Leite, dados não publicados).

Um pouco mais da metade das espécies (43 spp., 55%) apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em mais de um bioma, sendo que a serpente *Siphlophis compressus* ocorre apenas na Mata Atlântica e Amazônica. Trinta e quatro espécies (44%) são endêmicas ou quase endêmicas da Mata Atlântica e não há informações sobre a distribuição de uma espécie que é potencialmente nova para a ciência (Lista de Espécies 7, Anexo III).

De maneira geral, a fauna registrada é representada por espécies típicas de ambientes abertos, incluindo espécies comuns e frequentemente associadas a ambientes alterados e ecologicamente pouco relevantes (e.g. *R. diptycha*, *R. granulosa*, *B. albopunctata*, *B. crepitans*, *B. faber*, *D. anceps*, *D. branneri*, *D. elegans*, *D. minutus*, *S. fuscovarius*, *L. fuscus*, *L. labyrinthicus*, *L. latrans*, *L. mystacinus*, *P. cuvieri*, *H. mabouia*, *N. frenata*, *A. ameiva*, *T. torquatus*, *P. offersii*, *S. mikanii mikanii*, *X. merremii*, *C. durissus terrificus*, *C. latirostris*), além de táxons menos comuns, associados a ambientes abertos (i.e. *D. brazili*). Por outro lado, existem espécies que apresentam dependência de ambientes florestais e ocorreriam apenas em ambientes de floresta ou em sua borda (e.g. *H. binotatus*, *T. miliaris*, *B. pardalis*, *I. langsdorffii*, *P. crombiei*, *E. gaudichaudii*, *E. bilineatus*, *E. boulengeri*, *P. macrorhyncha*, *G. darwini*, *S. compressus*, *T. serra*, *T. striaticeps*, *M. corallinus*, *B. jararacussu*, *B. moojeni*, *H. maximiliani*).

No que diz respeito à conservação, destaque deve ser dado à ocorrência potencial da rã *Leptodactylus* aff. *spixii*, que é possivelmente nova para a ciência, do cágado *Hydromedusa maximiliani* ameaçado de extinção sob a categoria vulnerável (VU) e da serpente *Drymoluber brazili* classificada como Dados Insuficientes (DD) pela lista de Minas Gerais (Lista de Espécies 8, Anexo III).

A rã *Leptodactylus* aff. *spixii* foi incluída na lista de espécies com potencial ocorrência baseado no registro de dois espécimes provenientes de Conselheiro Pena e Santa Rita do Itueto, em Minas Gerais, tombados na MZUFV. A espécie é provavelmente nova, ainda não descrita. Portanto, não é possível dizer com segurança qual a distribuição geográfica desse táxon, bem com seu status de ameaça. Entretanto, esse táxon encontra-se relativamente bem distribuído na bacia do Doce, ocorrendo ao menos desde o PE do Rio Doce até Aimorés e, provavelmente, no Espírito Santo (F. Leite, comunicação pessoal). Baseado em informações provenientes do PE Rio Doce, *Leptodactylus* aff. *spixii* habita ambientes de interior e borda de floresta onde se reproduz em pequenas poças e lagoas temporárias (F. Leite, comunicação pessoal).

O cágado *Hydromedusa maximiliani* é endêmico da Mata Atlântica com registros em São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Costa et al., 2015). Indivíduos dessa espécie habitam o fundo arenoso e pedregoso de pequenos e médios riachos no interior de florestas, especialmente em regiões serranas (Souza 2005). *Hydromedusa maximiliani* é usualmente encontrada em ambientes preservados (Souza & Martins, 2009), mas espécimes já foram registrados em córregos alterados (F. Leite, obs. pess., 2015). Porém, não há dados que demonstrem se a espécie consegue manter populações viáveis nesses ambientes impactados.

A dieta de *H. maximiliani* é constituída de pequenos invertebrados aquáticos como crustáceos e larvas de insetos. Também se alimenta de organismos que caem na água, como besouros, baratas e aranhas, e pode ainda se alimentar de pequenos anfíbios e até carniça (Souza & Abe, 1995).

Essa espécie é talvez o cágado brasileiro melhor estudado. Contudo, as informações existentes se baseiam majoritariamente em espécimes do Parque Estadual Carlos Botelho, em São Paulo (Famelli et al., 2011, 2012, 2014, 2016, Souza & Abe 1995, 1997b, 1998). Até recentemente a espécie era desconhecida da Serra do Espinhaço e da bacia do Rio Doce (Costa et al., 2015; Souza et al., 2003), sendo que detalhes sobre a

ecologia dessas populações e mesmo sua relação filogenética com as demais linhagens de *H. maximiliani* não foram avaliados.

Indivíduos de *H. maximiliani* possuem limitada capacidade de dispersão (Famelli et al., 2016), o que resulta em baixo fluxo gênico entre populações de diferentes rios e riachos (Souza et al., 2002). Assim, cada microbacia pode abrigar populações geneticamente únicas, o que leva a um alto grau de estruturação e diferenciação ao longo da distribuição dessa espécie (Souza et al., 2002).

*Hydromedusa maximiliani* consta como deficiente em dados na última avaliação da fauna brasileira ameaçada de extinção, sob alegação de que não há dados suficientes que permitam uma adequada avaliação do seu estado de conservação (Vogt et al., 2015). No Espírito Santo e em Minas Gerais, a espécie é considerada vulnerável com base no critério B2b(iii) e B2ab(iii) da IUCN, respectivamente (Almeida et al., 2007; COPAM, 2010; Vogt et al., 2015). A própria IUCN, em avaliação feita há duas décadas, também considera a espécie como vulnerável, sob critério B1+2cd (TFTSG - Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996).

A serpente *Drymoluber brazili* é aparentemente típica de ambientes abertos naturais e pouco resistente às alterações antrópicas (França & Araújo, 2006). Os únicos registros conhecidos na bacia do Rio Doce são do início do século XX, aparentemente de áreas de afloramentos rochosos com um clima mais seco, mais próximo da Caatinga que da Mata Atlântica ao redor, indicando uma possível presença relictual da espécie (Costa et al., 2013). A corre-campo-de-Brazil é uma espécie muito pouco estudada, aparentemente terrícola e diurna e sua dieta é desconhecida, mas a congênera *D. dichrous* se alimenta principalmente de anfíbios e lagartos (Costa et al. 2013). *Drymoluber brazili* é conhecida para poucas localidades em Minas Gerais e não é facilmente encontrada (Costa et al. 2013, 2016), o que fez com que fosse incluída na categoria Dados Insuficientes (DD) na lista de Minas Gerais.

Sendo 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 sobre a ocorrência e, conseqüentemente, sobre distribuição espacial das espécies da herpetofauna na RPPN Bulcão é possível diagnosticar os ambientes da área quanto à relevância para a conservação da herpetofauna. Esse diagnóstico é baseado na análise de imagens de satélite que retratam as principais tipologias vegetacionais na UC e entorno, na lista de espécies com ocorrência potencial e nas características das espécies quanto ao uso de habitat. A maior parte da vegetação da RPPN constitui-se de florestas revegetadas em estágio inicial de regeneração, sendo essa a mais importante fisionomia vegetal da UC no que diz respeito a preservação da herpetofauna, podendo abrigar as espécies florestais elencadas para ocorrer na área (e.g. *H. binotatus*, *T. miliaris*, *I. langsdorffii*, *P. crombiei*, *E. gaudichaudii*, *E. bilineatus*, *E. boulengeri*, *P. macrorhyncha*, *G. darwini*, *S. compressus*, *M. corallinus*, *B. jararacussu*), incluindo a potencialmente nova *Leptodactylus* aff. *spixi*. Destacam-se ainda duas drenagens com vegetação ripária em regeneração que cortam a RPPN em direção ao Rio Doce, mas tem o seu trajeto final totalmente interrompido e impactado pela área urbana de Aimorés. Essas drenagens,



dependendo das suas características, poderiam abrigar espécimes do cágado ameaçado *Hydromedusa maximiliani*, bem como servir de habitat reprodutivo para espécies de anfíbios.

Os ambientes aquáticos e marginais do Rio Doce, nesse trecho, encontram-se bastante degradados em função da sua inserção dentro da área urbana de Aimorés, bem como pela construção e operação da UHE de Aimorés que alterou completamente as características do rio. Matas ciliares são ausentes ou muito estreitas e provavelmente não tem condições adequadas para abrigar populações de espécies típicas de ambiente florestais (e.g. *I. langsdorffii*, *E. boulengeri*, *E. melanostigma*, *S. compressus*), no máximo espécies mais comuns e que utilizam ambientes abertos ou de borda de floresta (e.g. *R. crucifer* x *R. ornata*, *H. binotatus*, *A. thomei*, *P. crombiei*, *E. gaudichaudii*, *E. bilineatus*, *P. macrorhyncha*).

Além disso, na área de entorno, fora alguns pequenos fragmentos de capoeira e/ou matas em estágio inicial de regeneração, a maior parte da paisagem é constituída por pastagens ou áreas de solo exposto. Essas áreas degradadas são de pouca relevância para a herpetofauna e devem abrigar apenas espécies comuns e já adaptadas a ambientes biologicamente simplificados (e.g. *R. diptycha*, *R. granulosa*, *B. albopunctata*, *B. crepitans*, *B. faber*, *D. anceps*, *D. branneri*, *D. elegans*, *D. minutus*, *S. fuscovarius*, *L. fuscus*, *L. labyrinthicus*, *L. latrans*, *L. mystacinus*, *P. cuvieri*, *H. mabouia*, *N. frenata*, *A. ameiva*, *T. torquatus*, *P. olfersii*, *S. mikanii*, *X. merremii*, *C. durissus terrificus*, *C. latirostris*), além de funcionarem com uma matriz aberta em meio a um ambiente originalmente florestal. Isso dificulta o estabelecimento de uma ligação faunística entre o rio, a reserva e os pequenos fragmentos de mata do entorno, tornando o seu processo de recolonização ainda mais difícil.

#### 4.2.3.5. Ictiofauna

A ictiofauna potencial do entorno da RPPN é composta por 61 espécies, pertencentes a 9 ordens e 25 famílias (Lista de Espécie 9, do Anexo III), 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 *Genidens genidens* (Siluriformes: Ariidae), *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 RPPN Fazenda Bulcão.

Nota-se a presença de cinco espécies introduzidas, sendo uma alóctones, *Cichla kelberi* (Cichliformes: Cichlidae), da bacia Amazônica, 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 estas espécies apresentam grande potencial invasor e capacidade de exclusão de espécies nativas por predação ou sobreposição de nicho.

Não foram identificadas espécies apresentando algum grau de ameaça segundo o Livro vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de Extinção (ICMBio/MMA, 2018).



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

#### 4.3.1 Aspectos Metodológicos

O Diagnóstico forneceu as primeiras informações necessárias à busca por respostas para as perguntas orientadoras relacionadas direta ou indiretamente com os impactos no meio socioeconômico e cultural que ocorreram na UC mediante o rompimento da barragem. Em síntese, a orientação contida nas perguntas para o meio socioeconômico indica a necessidade de saber se em razão do rompimento da Barragem de Fundão, em 05 de novembro de 2015, houve comprometimento dos usos socioeconômicos e culturais da população do 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.

As perguntas são:

- d) A presença da lama nas áreas atingidas causou alguma alteração física, biológica ou de utilização socioeconômica dos seus recursos?
- 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 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)?
- (l) Quais atividades na sub-bacia dos tributários do Rio Doce, em que está localizada a UC concorrem para o agravamento dos impactos do rompimento da barragem (ex: erosão visível, 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 ecossistêmicos/ambientais, 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 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 envolvente. Além das informações sobre a Unidade de Conservação, foram pesquisados dados sobre seu entorno, em razão de suas 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 envolvente (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.

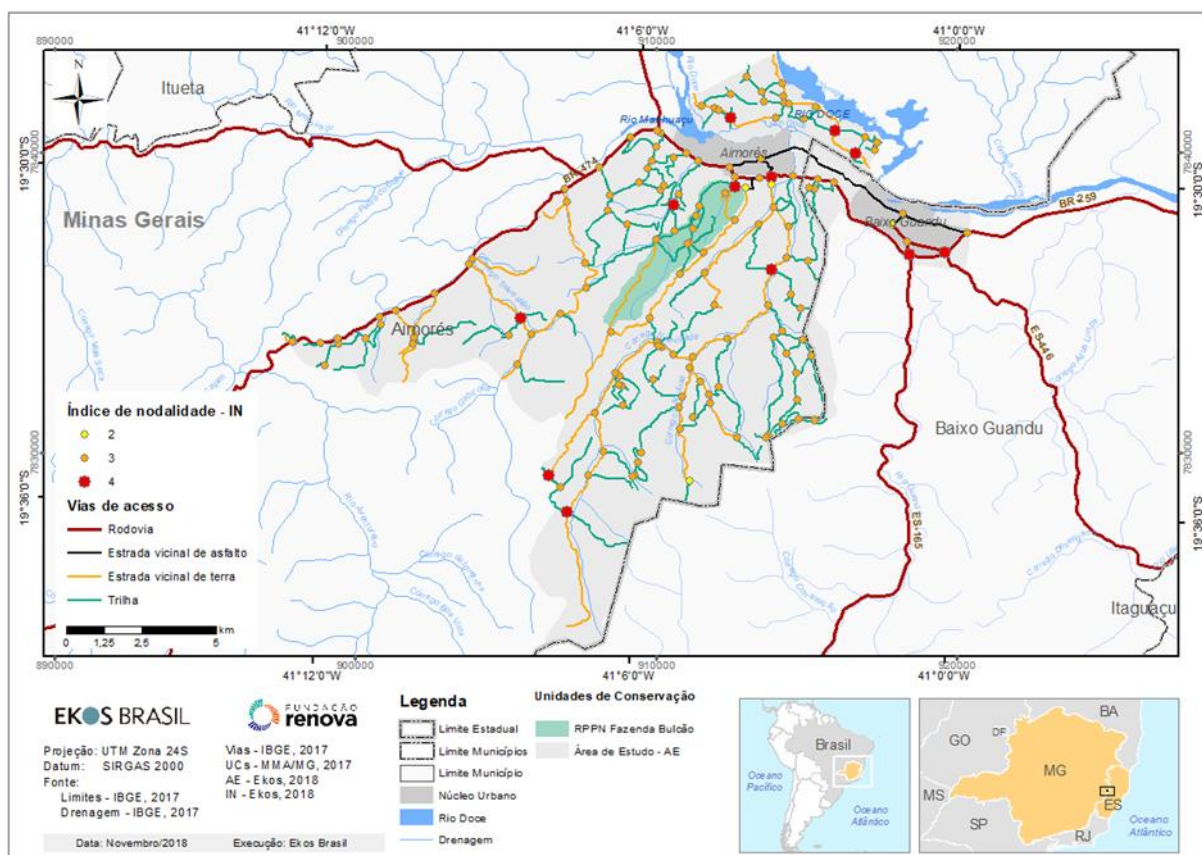
Considerou-se também para definição e análise da área de estudo as áreas vulneráveis ou de risco. As áreas “com risco de expansão urbana ou presença de construção que afetem aspectos paisagísticos notáveis junto aos limites da UC; [áreas] com ocorrência de acidentes geográficos e geológicos notáveis ou aspectos cênicos próximos; sítios arqueológicos” são importantes critérios socioeconômicos indicados pelo ICMBio/IBAMA para análise da Zona de Amortecimento (Idem, ibidem, 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, como “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 mapa de nodalidade (Mapa 16).

Mapa 16: Mapa de nodalidade – RPPN Fazenda Bulcão



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 as UCs em questão 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 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 a UC 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 como (PUMAIN, 2005):

- 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;

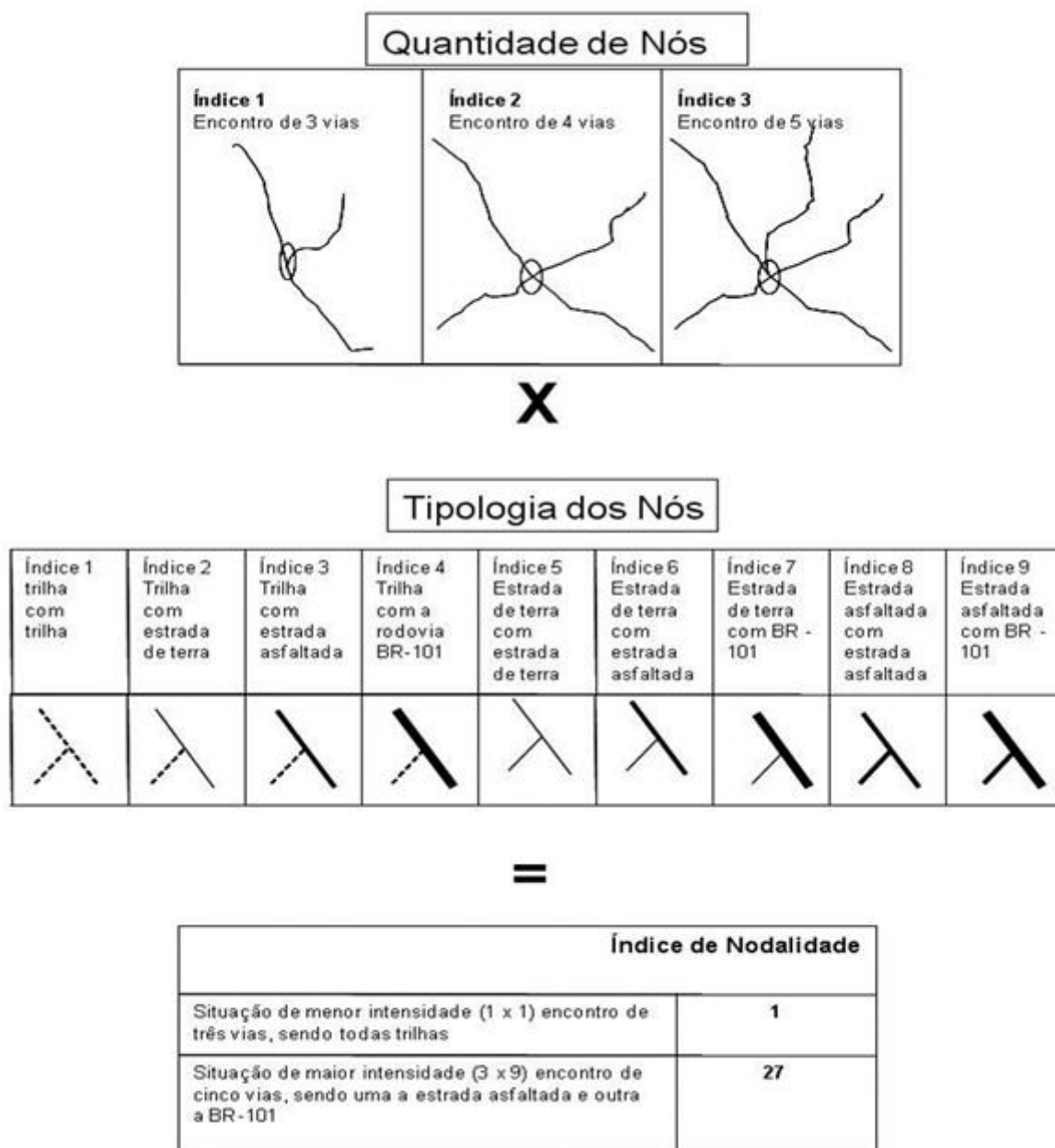
Com base nessas informações é possível estabelecer e inferir relações espaciais na região a partir da avaliação das redes geográficas (acessos à região) e da nodalidade – os nós - situados nos cruzamentos de trilhas e estradas que dinamizam as conexões e deslocamentos na região.

Assim, a fim de estabelecer a área de estudo e de entender como se deu o processo de ocupação e de 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 sócio-espaciais 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 vivos 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 (2007) 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 nexo 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

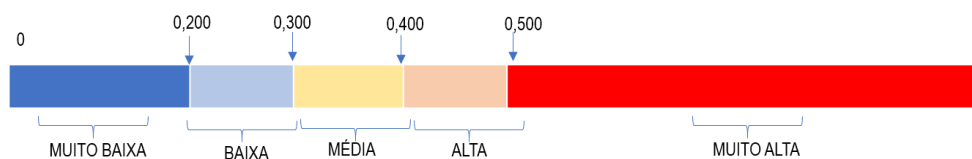
Dimensão	Indicador
	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.

IVS infraestrutura urbana	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda <i>per capita</i> 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.
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo (2010) na população total dessa faixa etária.
IVS renda e trabalho	Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> 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 <i>per capita</i> 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



Fonte: IPEA, 2015

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, foi importante a identificação dos setores que, por sua condição de vulnerabilidade e/ou proximidade com a UC e com o Rio Doce, deveriam ser 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 impossibilita em muitos casos afirmar a relação entre determinado bem e a UC.

## **4.3.2 Caracterização da Linha de Base do Meio Socioeconômico e Cultural e de Uso Público na RPPN Fazenda Bulcão**

### **4.3.2.1 Histórico das Formas de Uso e Ocupação do Território**

#### **Histórico até o Rompimento da Barragem**

A RPPN Fazenda Bulcão localiza-se no município de Aimorés. Inclui-se na área de estudo o município de Baixo Guandu pois, conforme os critérios utilizados e descritos na metodologia apresentada, observou-se a possibilidade de influência deste na UC.

O histórico da ocupação desses dois municípios e do uso de seus recursos tem as características comuns aos demais povoamentos ao longo do Rio Doce, uma das regiões de ocupação mais tardia do território regional. Ocupada pelos denominados Botocudos, a região foi palco de conflitos decorrentes dos embates pelo território entre os índios e os colonizadores, desde o século XVIII e, apenas no século XIX, no âmbito de uma estratégia militar, o Vale do Rio Doce foi inserido nos planos de governo de ocupação do território. Nas disputas pelas terras e em busca do ouro, os colonizadores navegaram pelo Rio Doce e adentraram por seus afluentes em busca de minérios. A decadência das minas, por volta de 1780, provocou um período de estagnação somente revertido com a chegada da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), no início dos anos 1900, que atuou, simultaneamente na atração de moradores para formação dos núcleos de povoamento e como canal de escoamento da produção regional. Até o início das operações da ferrovia, o Rio Doce cumpriu papel de destaque nessa comunicação, realizando a conexão da região à zona litorânea, por onde chegavam os ordenamentos da Coroa (GUIMARÃES, 2008). 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). Obedecendo a este modelo, o Rio Doce exerceu esse papel integrador antes do advento dos demais modais (ferrovia e rodovia), ligando a região da atual Governador Valadares e os demais povoamentos com a zona costeira.

Na região houve intensa exploração madeireira, marca do histórico da ocupação ainda presente na paisagem. A retirada de madeira nativa (ipê, peroba, jequitibá, jacarandá e outras) e a produção de carvão vegetal se expandiram desde o início do século XX, sendo utilizado como combustível nos trens da EFVM e nos fornos de carvão das siderúrgicas que se instalavam na região a montante do Rio Doce, na atual Mariana e Ouro Preto. Outro destino da madeira era a exportação, por meio do porto de Vitória, para onde as toras eram levadas pela EFVM. Apenas no final dos anos de 1960 e início dos 1970, iniciou-se a atividade de silvicultura com plantio de eucaliptos, subsidiada pelo governo federal (HENRIQUES, 2009). A estrada de ferro representou, também, um canal de escoamento da produção local, com destaque para a produção da lavoura cafeeira e para a exploração de madeira das extensas áreas florestais.

Aimorés foi emancipada oficialmente em 1925 e, durante longo período, foi das principais cidades do vale do Rio Doce, importante centro regional<sup>2</sup>, com o crescimento da atividade agrícola, a busca do ouro e de pedras preciosas e semipreciosas e serrarias.

A ocupação de Baixo Guandu também se deu de forma violenta, segundo Motta (2017, p. 9):

---

<sup>2</sup> <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/minasgerais/aimores.pdf>. Acesso em 02 dez 2018.

O território passou por uma violenta tentativa de pacificação para que pudesse se tornar uma aldeia destinada a abrigar viajantes e comerciantes. Esse processo contou com o apoio político e militar da coroa portuguesa, numa campanha conhecida como Aldeamento do Mutun. O Quartel do Porto de Souza foi construído próximo à foz do Rio Guandu, e, em 1813, duramente atacado e destruído pelos índios. Em apenas um século, entre 1800 e 1900, os botocudos foram praticamente dizimados da região do Vale do Rio Doce.

O município teve uma colônia agrícola implantada em 1905 que produziu cereais, cana de açúcar e, nas terras mais altas, o café. O município mantém, ainda hoje, traços da época em que italianos, alemães, franceses e espanhóis ali se instalaram<sup>3</sup>. A emancipação de Baixo Guandu de Colatina deu-se em 1935.

No ano de 2006 foi inaugurada a Usina Hidrelétrica Eliezer Batista, ou Usina de Aimorés, com potencial de geração de 330 MW e com 172 MW de energia média assegurada em operação<sup>4</sup>. Localizada na bacia do Rio Doce, a UHE abrange os municípios de Baixo Guandu (ES), Aimorés, Itueta e Resplendor (MG), tendo causado grandes impactos sobre a população local, com realocação de partes significativas da cidade e profunda alteração na paisagem vivida pelos moradores.

## Uso e ocupação da terra

Na área de estudo é predominante o uso pecuário, conforme pode ser observado no Mapa 17 e na Tabela 15. Este uso forma um vasto território que envolve a RPPN Fazenda Bulcão que, antes de se transformar em Unidade de Conservação e iniciar o processo de recuperação de suas florestas, apresentava os mesmos usos e a mesma fisionomia de seu entorno.

O desmatamento da região deveu-se, em grande parte, à elevada demanda por lenha decorrente da construção da Ferrovia Vitória-Minas. Posteriormente, outras atividades, como a cafeicultura e a pecuária, foram realizadas de forma extensiva, contribuindo para o estado atual de degradação da região.

Muito provavelmente as técnicas agrícolas utilizadas são inadequadas do ponto de vista da sustentabilidade desses empreendimentos, situação apontada no Plano de Manejo da RPPN Fazenda Bulcão, que apresenta propostas e estabelece ações para alteração da situação, como capacitação em boas práticas para a transição de modelos agrícolas agroquímicos para modelos agroecológicos ou sustentáveis (GLIESSMAN, 2000). Uma das consequências das práticas inadequadas de manejo do solo é o processo de desertificação de extensas áreas na região do médio Rio Doce, entre as cidades de Tumiritinga e Aimorés (INSTITUTO TERRA, 2010). Também são identificadas, como consequência dos usos inadequados, as lagoas eutrofizadas, as nascentes desprotegidas de vegetação e os processos erosivos. É possível identificar área de pouco mais de 15% em estágio inicial de regeneração distribuídas pela área de estudo, ao meio de *Pastagens* e *Vegetação campestre/pastagem*. A *Vegetação arbórea*, remanescentes de mata nativa, significa cerca de 5% de toda a área de estudo.

A imagem permite observar que a RPPN Fazenda Bulcão se localiza próxima às áreas edificadas dos municípios de Aimorés e de Baixo Guandu. Entre as cidades e a RPPN o uso da terra é predominantemente de atividades agropecuárias, com as pastagens se distribuindo ao longo dos limites intermunicipais de Aimorés e Baixo Guandu. Alguns equipamentos e atividades de lazer e turismo começam a alterar a

<sup>3</sup> <http://www.pmbg.es.gov.br/v1/?page=conteudo&subfrom=Hist%C3%B3ria%20do%20Munic%C3%ADpio&pagina=41e6356351>. Acesso em: 02 dez. 2018

<sup>4</sup> <https://aliancaenergia.com.br/br/nossas-usinas/usina-de-aimores/>

paisagem, com áreas de produção agropecuária se refuncionalizando para áreas de lazer, recreação, turismo.

Mapa 17: Mapa de uso e ocupação da terra – Área de estudo RPPN Fazenda Bulcão

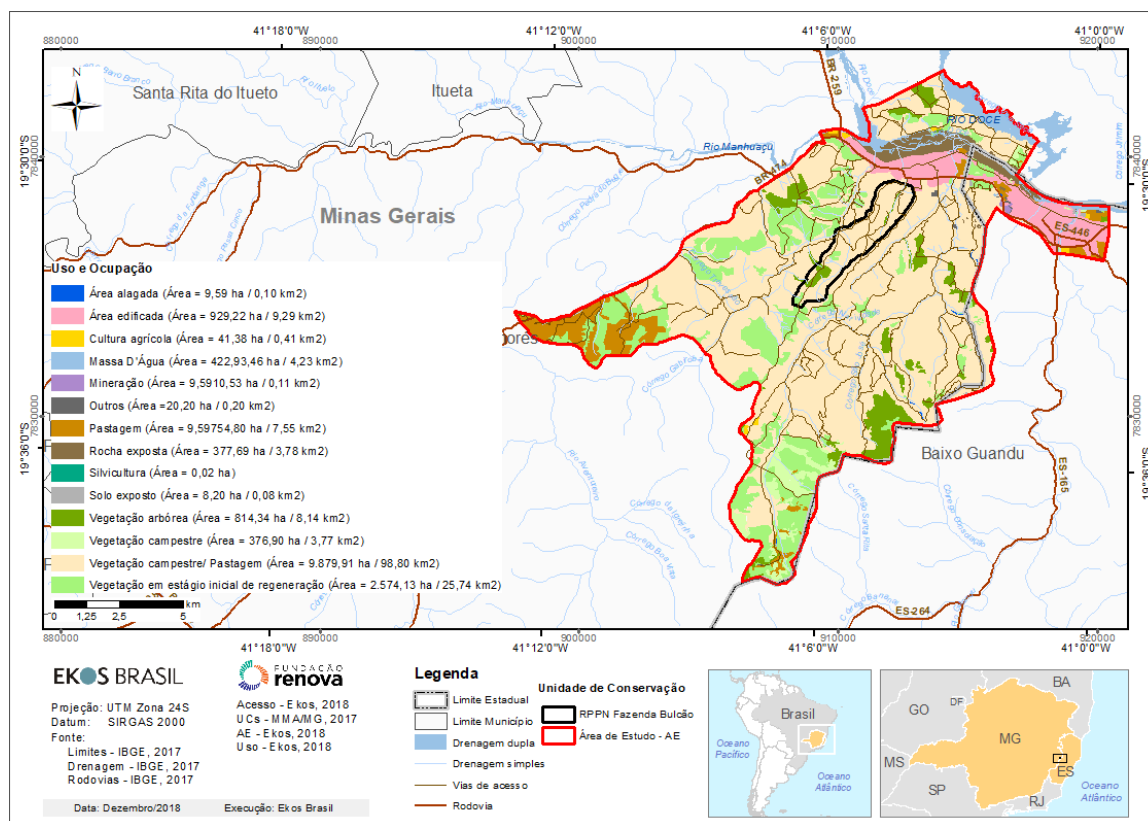


Tabela 15: Área por tipologia de uso da terra na área de estudo da Fazenda Bulcão

Tipo de uso e ocupação	ha	Km <sup>2</sup>	%
Área alagada	9,59	0,1	0,06
Área edificada	929,22	9,29	5,73
Cultura agrícola	41,38	0,41	0,26
Massa d'água	422,93	4,23	2,61
Mineração	10,53	0,11	0,06
Pastagem	754,80	7,5	4,65
Rocha exposta	377,69	3,78	2,33
Silvicultura	0,02		0,00
Solo exposto	8,20	0,08	0,05
Vegetação arbórea	814,34	8,14	5,02
Vegetação campestre	376,90	3,77	2,32
Vegetação campestre/pastagem	9.879,91	98,8	60,91



Vegetação em estágio inicial de recuperação	2.574,13	25,74	15,87
Outros	20,20	0,2	0,12

## 4.3.2.2 Perfil Socioeconômico

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. Para a caracterização dos municípios foram consultados dados que permitem uma visão acerca de sua demografia, economia, condições de vida de sua população, infraestrutura e saneamento básico. Os dados gerais de caracterização dos municípios foram obtidos junto a fontes oficiais (IBGE, Fundação João Pinheiro, PNUD, IPEA).

São dois os municípios localizados na área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão: Aimorés e Baixo Guandu. Primeiramente serão apresentados dados gerais, com indicadores socioeconômicos sobre os dois municípios. A seguir, serão descritos os setores censitários da área de estudo, com os dados agregados. Os dados referentes às variáveis escolhidas para a caracterização de cada um dos setores estão disponíveis no Anexo IV. Por último, são apresentados os setores censitários que têm interface direta com a RPPN – o setor onde está localizada a Fazenda Bulcão e os setores vizinhos a ela.

## Os municípios inseridos na área de estudo

Os dois municípios localizam-se na fronteira entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, Aimorés no território mineiro e Baixo Guandu em terras capixabas.

Demograficamente se caracterizam por ser municípios de pequeno porte, com crescimento populacional abaixo da média nacional. Entre 2000 e 2010, Aimorés apresentou taxa média anual de crescimento (negativo) de -0,06% e Baixo Guandu de 0,41%. No mesmo período, a taxa média anual do Brasil foi de 1,63% (PNUD, Ipea, FJP, 2013).

O município de Aimorés possuía população total de 25.099 habitantes em 2000, e no ano de 2010 passou para 24.959 habitantes, o que representa 0,13% do estado de Minas Gerais. Com área de 1.348,9 km<sup>2</sup>, a densidade demográfica em 2000 era de 18,60 hab./km<sup>2</sup> e em 2010 de 18,49 hab./km<sup>2</sup> bem abaixo da densidade demográfica do estado.

Baixo Guandu possuía população total de 27.785 habitantes em 2000, e no ano de 2010 passou para 29.081 habitantes, representando 0,83% da população do estado do Espírito Santo em 2010. Com área de 917 km<sup>2</sup>, a densidade demográfica em 2000 era de 30,31 hab./km<sup>2</sup> e em 2010 de 31,68 hab./km<sup>2</sup>, bem abaixo da densidade do estado.

Tabela 16: Área Territorial, População e Densidade Demográfica de Aimorés (MG) e Baixo Guandu (ES) 2000 e 2010.

Localidade	Área (km <sup>2</sup> )	População		Densidade	
		2000	2010	2000	2010
Aimorés	1.348	25.099	24.959	18,60	18,49

<b>Minas Gerais</b>	586.528	17.891.494	19.597.330	30,50	33,40
Baixo Guandu	917	27.785	29.081	30,31	31,68
<b>Espírito Santo</b>	46.086	3.097.232	3.514.952	67,20	76,25

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2000; 2010; 2018.

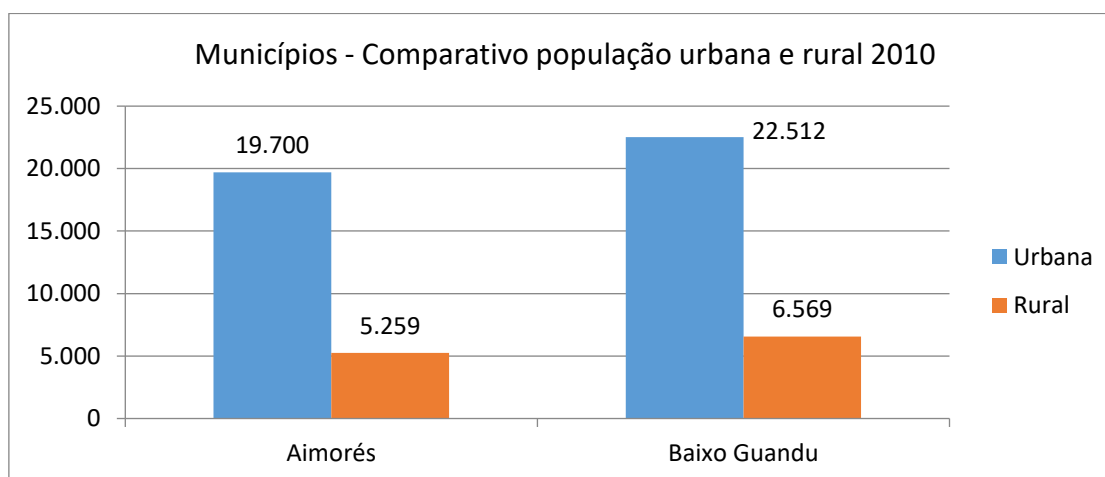
Mesmo que com percentuais mais baixos que os do país e dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ambos municípios apresentam população urbana mais numerosa e processo crescente de urbanização no período de 2000 a 2010, conforme pode ser observado na Tabela 17 e no Gráfico 20.

Tabela 17: População Residente Total, Urbana e Rural, Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES. 2000 e 2010

Localidade	2000					2010				
	População total	População rural	%	População urbana	%	População total	População rural	%	População urbana	%
Aimorés	25.099	6.341	25,27	18.758	74,73	24.959	5.259	21,07	19.700	78,93
<b>Minas Gerais</b>	17.891.494	3.219.666	18,00	14.671.828	82,00	19.597.330	2.882.114	14,70	16.715.216	85,30
Baixo Guandu	27.785	8.143	29,30	19.642	70,70	29.081	6.569	22,59	22.512	77,41
<b>Espírito Santo</b>	3.097.232	634.183	20,48	2.463.049	79,52	3.514.952	583.480	16,60	2.931.472	83,40
<b>Brasil</b>	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), 2010.

Gráfico 20: Comparativo entre população urbana e rural em Aimorés, MG e Baixo Guandu, 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, como a densidade demográfica (habitantes/km<sup>2</sup>) e a interpretação das informações contidas no Mapa 17, de uso e ocupação da terra.

Com relação ao sexo, há predomínio de mulheres entre a população urbana nos dois municípios e predomínio de homens entre a população rural. Entre a população total, há leve predomínio do número de mulheres em relação ao número de homens nos municípios nos anos de 2000 e de 2010, mesmo padrão observado no âmbito nacional, que apresenta aproximadamente 51% de mulheres e 49% de homens.

Tabela 18: População Total, por Gênero, Rural e Urbana, Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2000

Município	População Total	Urbana			Rural			Total	
		Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Aimorés	25.099	18.758	12.271	12.828	6.341	3.301	3.040	12.271	12.828
Baixo Guandu	27.785	19.642	9.485	10.157	8.143	4.252	3.891	13.737	14.048

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

Tabela 19: População Total, por sexo, Rural e Urbana em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2010

Município	População Total	Urbana			Rural			Total	
		Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Aimorés	24.059	19.700	9.329	10.371	5.259	2.732	2.527	12.061	12.898
Baixo Guandu	29.081	22.512	10.779	11.733	6.569	3.441	3.128	14.220	11.733

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

As figuras do Gráfico 21, referentes à pirâmide etária dos anos de 1991, 2000 e 2010, ilustram o processo nos municípios de Aimorés e Baixo Guandu. No eixo horizontal encontra-se o percentual da população, dividida por sexo; no eixo vertical estão os grupos de idade, as faixas etárias. As mudanças são perceptíveis na figura que se forma com a composição dos dados. Se as figuras dos dois municípios referentes ao Censo de 1991 assemelham-se, de fato, a uma pirâmide, as figuras relativas ao Censo de 2010 têm formato bem diferente. Para verificar as mudanças, tomaremos os dados da base e do topo da pirâmide para cada município.

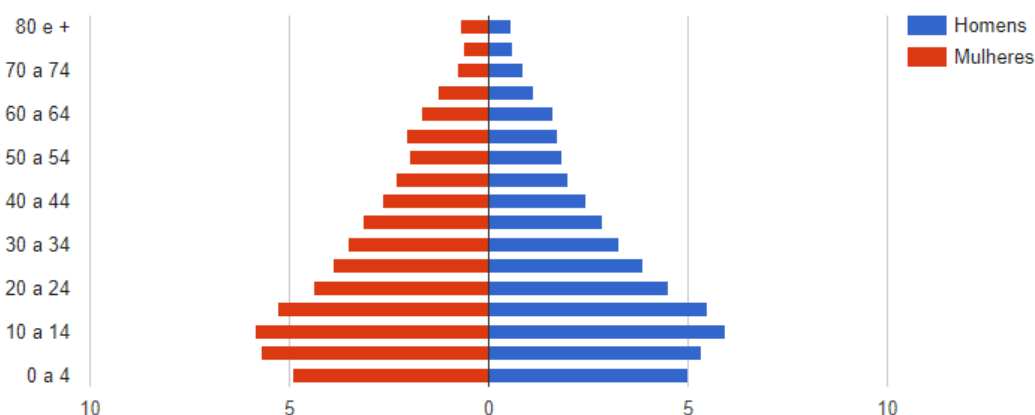
Em Aimorés a base da pirâmide, constituída pela faixa etária de 0 a 4 anos, em 1991 é de 9,91% da população; em 2000 é de 8,19%; e em 2010 é de 6,20%. Isso demonstra que há uma diminuição do percentual da população na base. Na outra ponta, ou seja, no topo da pirâmide, observa-se o aumento do percentual da população: em 1991, a faixa etária de moradores com mais de 80 anos era de 1,3% da população; em 2000 era de 1,76%; e em 2010 era de 2,56%.

Em Baixo Guandu a base da pirâmide em 1991 era de 10,02% da população total; em 2000 era 9,58%; e em 2010 era de 6,23% da população total. O topo da pirâmide, por sua vez, era composto, em 1991, de 1,09% da população; em 2000 era de 1,5%; e em 2010 era 2,15%.

Gráfico 21: Pirâmides Etárias de Aimorés e Baixo Guandu - 1991, 2000 e 2010.

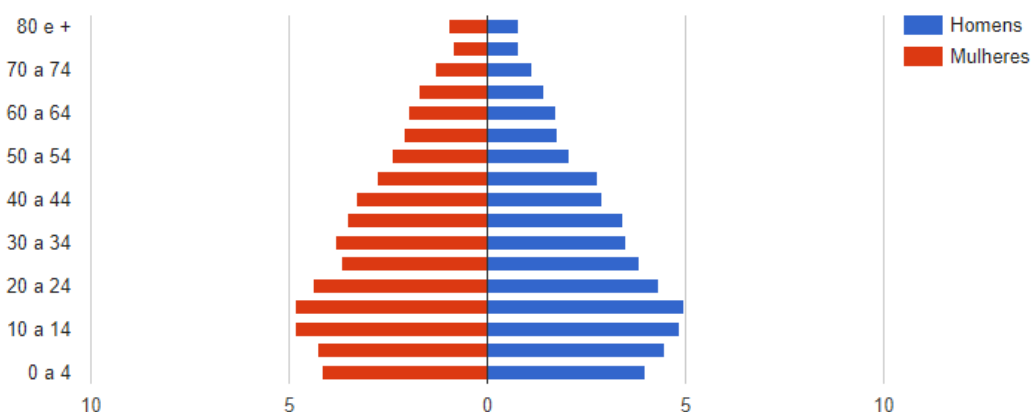
## 1991 – Pirâmide Etária de Aimorés – MG

Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade

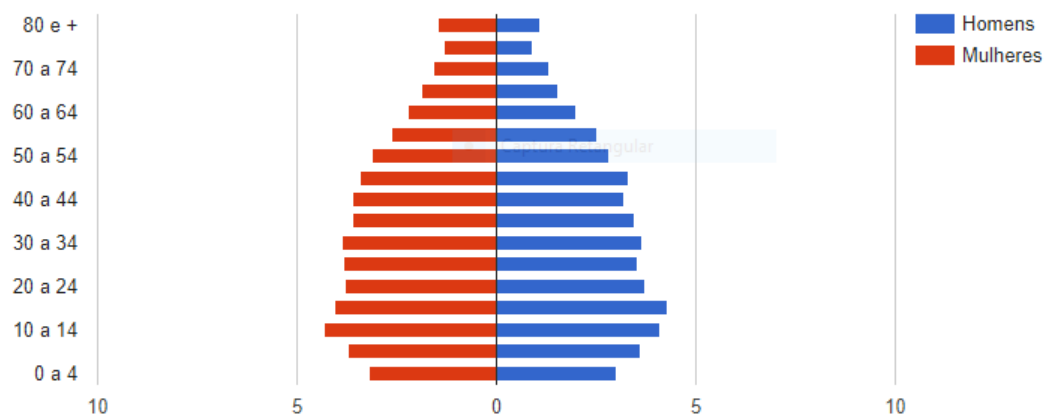


## 2000 – Pirâmide Etária de Aimorés – MG

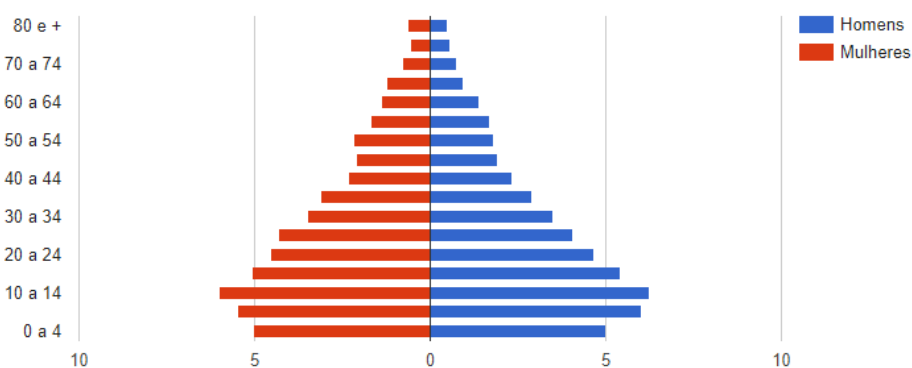
Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade



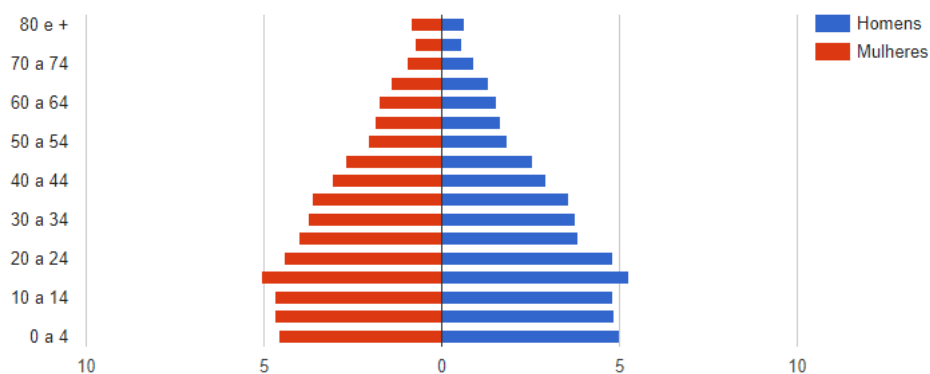
**2010 – Pirâmide Etária de Aimorés – MG**  
Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade



**1991 – Pirâmide Etária de Baixo Guandu – ES**  
Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade

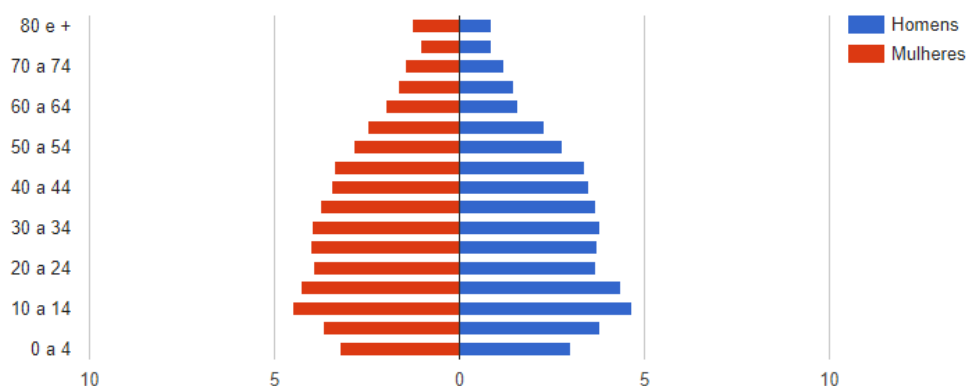


**2000 – Pirâmide Etária de Baixo Guandu – ES**  
Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade



## 2010 – Pirâmide Etária de Baixo Guandu – ES

Distribuição por sexo, segundo os grupos de idade



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

### 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 – o IDH é um dos principais indicadores. O IDH tem uma metodologia padronizada para medida e avaliação do bem-estar de uma determinada população em todos os países membros da ONU, possibilitando o estabelecimento de um ranking mundial onde, entre os 189 países analisados, o Brasil ocupa o 79º lugar, com IDH 0,759 (alto).

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.

O IDHM de Aimorés é 0,684, em 2010, índice que situa o município na faixa de Desenvolvimento Humano **Médio** (IDHM entre 0,600 e 0,699). Seguindo a tendência de grande parte dos municípios brasileiros, o índice teve trajetória ascendente no período. 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

Em Baixo Guandu, diferentemente, o IDHM é de 0,702, em 2010, índice que situa o município na faixa de Desenvolvimento Humano **Alto** (IDHM entre 0,700 e 0,799). A principal dimensão na composição do índice é também a longevidade, seguida da renda e da educação.

### 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. Na Tabela 20



observa-se, no período de 1991 a 2010, a redução do percentual de pessoas com ensino *fundamental incompleto e analfabeto* e o significativo aumento do percentual de pessoas adultas com formação nos níveis *médio completo e superior incompleto e superior completo*. O Gráfico 22 e o

Gráfico 23 ilustram as informações.

Tabela 20: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010 (em %).

Município	Fundamental Incompleto e analfabeto			Fundamental Incompleto e alfabetizado			Fundamental completo e médio incompleto			Médio completo e superior incompleto			Superior completo		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Aimorés	32,2	24,8	17,7	53,5	50,1	46,5	5,2	9,2	11,8	7,1	12,9	18,3	2,0	3,0	5,7
Baixo Guandu	33	22,4	16,3	48,8	50,9	43,5	6,3	9,4	13,4	10,5	15,5	20,5	1,4	1,8	6,3

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Gráfico 22: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Aimorés, MG – 1991, 2000 e 2010 (em %).

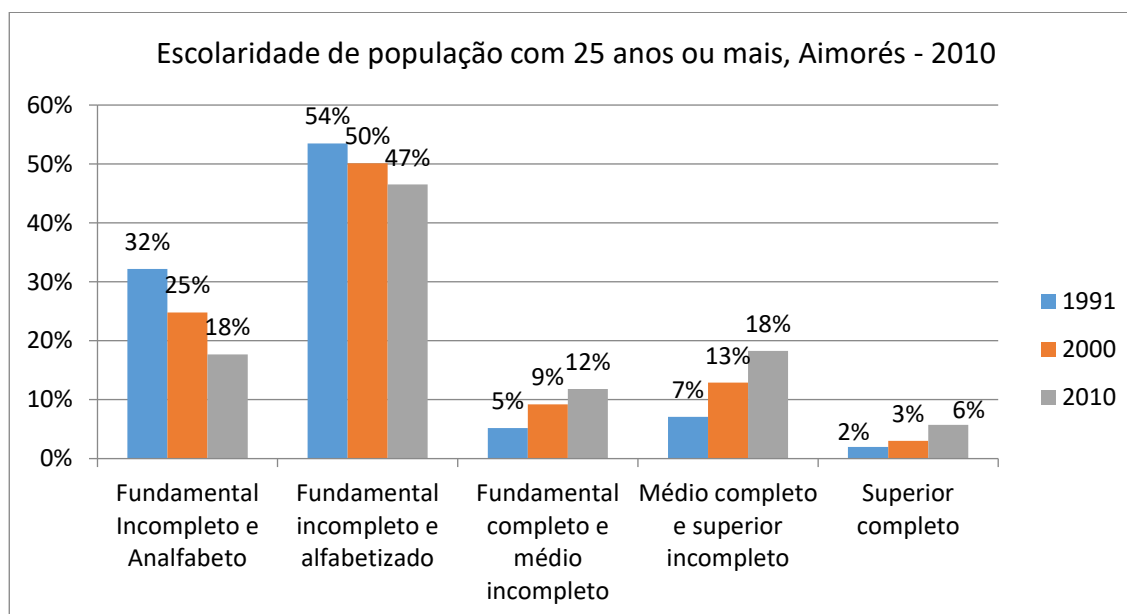
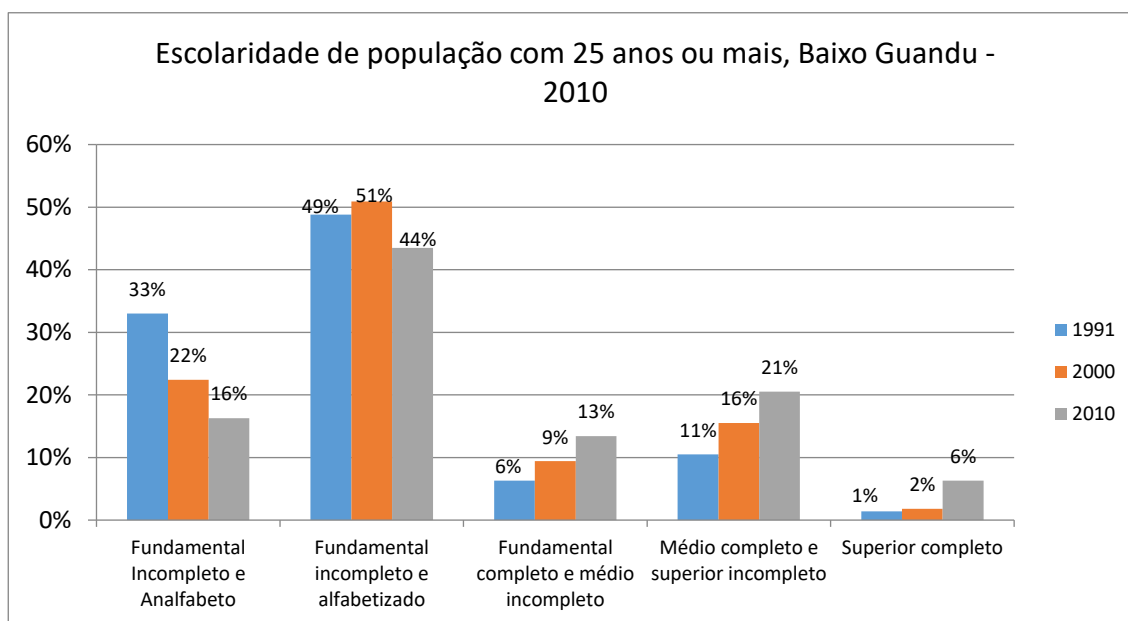


Gráfico 23: Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) em Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010 (em %).



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

## Saúde

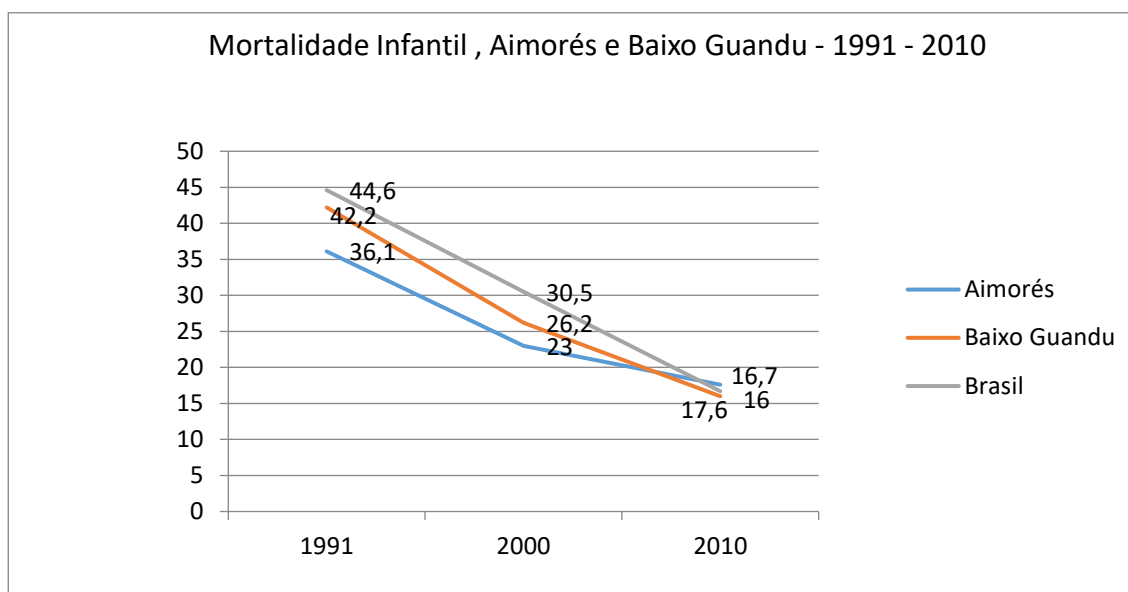
Outra dimensão importante para a caracterização das condições de vida de uma determinada população é a saúde. Dentre os indicadores relacionados à saúde, a mortalidade infantil é dos mais importantes. A taxa de mortalidade infantil refere-se à morte de crianças no primeiro ano de vida em relação a cada 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. Nos dois municípios da área de estudo a taxa de mortalidade infantil apresenta tendência de queda no período de 1991 a 2010, acompanhando a dinâmica nacional; ainda que Aimorés tenha apresentado taxa superior à do país, com 17,6 óbitos por mil nascidos vivos; e em Baixo Guandu a taxa tenha ficado um pouco abaixo à do país, com 16,0 óbitos por mil nascidos vivos, conforme Tabela 21 e Gráfico 24.

Tabela 21: Mortalidade Infantil nos municípios de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 1991, 2000 e 2010.

Localidade	Mortalidade Infantil - 1991, 2000 e 2010.		
	1991	2000	2010
Aimorés	36,1	23,0	17,6
Baixo Guandu	42,2	26,2	16,0
<b>Brasil</b>	44,6	30,5	16,7

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Gráfico 24: Mortalidade Infantil nos municípios de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 1991, 2000 e 2010.



## 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 apresenta uma das dimensões a serem observadas.

Salienta-se que, diferentemente do IDHM anteriormente apresentado, quanto mais próximo de 1 é o IVS, maior é a vulnerabilidade social no município. A Tabela 22 apresenta a evolução do IVS nos municípios de Aimorés e Baixo Guandu. Houve melhora do IVS nos dois municípios no período de 2000 a 2010. Aimorés sai da faixa **Alta Vulnerabilidade** (entre 0,400 e 0,500) e vai para a faixa **Baixa Vulnerabilidade** (entre 0 e 0,200). Baixo Guandu sai da faixa **Alta Vulnerabilidade** (entre 0,400 e 0,500) e vai para a faixa **Média Vulnerabilidade** (entre 0,300 e 0,400). O Brasil evoluiu de 0.446 (**Alta**), em 2000 a 0.326 (**Média**), em 2010. As faixas do IVS podem ser consultadas na Figura 7.

Tabela 22: Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), 2000 e 2010

Nome do Município	Ano	IVS	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho
Aimorés	2000	0.411	0.175	0.482	0.575
	2010	0.280	0.070	0.382	0.387
Baixo Guandu	2000	0.436	0.296	0.502	0.510
	2010	0.304	0.205	0.336	0.371

Fonte: IPEA, 2018

## 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, o Produto Interno Bruto *per capita* e indicadores de produção, ocupação e renda.

Os municípios podem ser considerados de pequeno porte, com pequena participação na composição dos PIBs estaduais, conforme apresentado na Tabela 23. Observa-se, que a participação de Aimorés permanece constante, enquanto há pequena elevação na participação do PIB de Baixo Guandu no PIB do Espírito Santo.

Tabela 23: Produto Interno Bruto a preços correntes de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 2005 e 2015 (mil)

Município	2005	2015	Participação no PIB Estadual (%)	
			2005	2015
Aimorés	168.080,00	460.405,50	0,09%	0,09%
<b>Minas Gerais</b>	192.639.256.000	519.326.359.000	-	-
Baixo Guandu	158.810,00	603.724,85	0,34%	0,50%
<b>Espírito Santo</b>	47.222.579.000	120.363.143.000	-	-

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

Quanto ao Produto Interno Bruto *per capita*, ambos municípios apresentaram índice bem inferior aos índices dos respectivos estados e ao nacional, tanto em 2005 quanto em 2015, conforme Tabela 24.

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 24: Produto Interno Bruto *per capita* de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 2005 e 2015.

Município	PIB <i>per capita</i> (reais) - 2005	PIB <i>per capita</i> (reais) - 2015
Aimorés	6.925,70	17.918,79
<b>Minas Gerais</b>	10.013,77	24.884,94
Baixo Guandu	5.620,40	19.185,97
<b>Espírito Santo</b>	13.854,93	30.627,45
<b>Brasil</b>	<b>11.658,12</b>	<b>28.876,00</b>

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

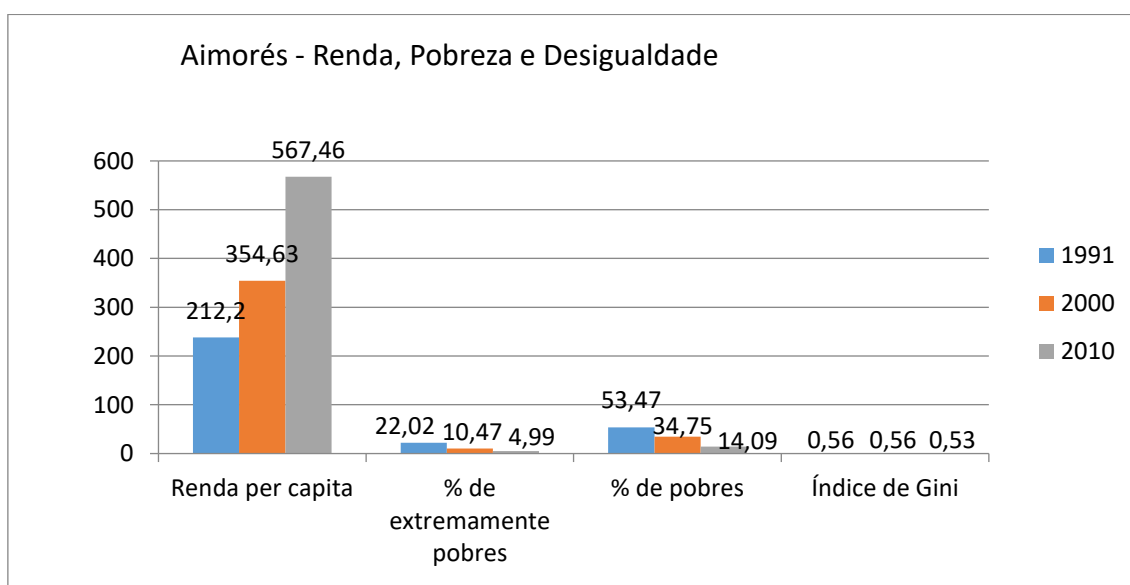
Outros indicadores são comumente considerados, para que se tenha uma aproximação com a realidade local. A Tabela 25 apresenta indicadores de renda, pobreza e desigualdade. Observa-se, em sua leitura, fatores positivos para uma sociedade mais equânime, como o aumento da renda *per capita* e a diminuição do percentual de habitantes extremamente pobres e pobres. O Índice de Gini<sup>5</sup>, que mede a concentração de renda, apresenta pequena queda no período – fator positivo – e está próximo ao valor do índice do Brasil em 2010. Embora tenha acontecido significativos avanços no período com relação à desigualdade, o Brasil é um dos países mais desiguais do mundo.

Tabela 25: Renda, Pobreza e Desigualdade em Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES – 1991, 2000 e 2010

Município	Renda per capita			% de extremamente pobres			% de pobres			Índice de Gini		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Aimorés	237,81	354,63	567,46	22,02	10,47	4,99	53,47	34,75	14,09	0,56	0,56	0,53
Baixo Guandu	202,20	371,49	516,34	23,10	9,10	4,00	58,27	25,58	12,82	0,51	0,51	0,48

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

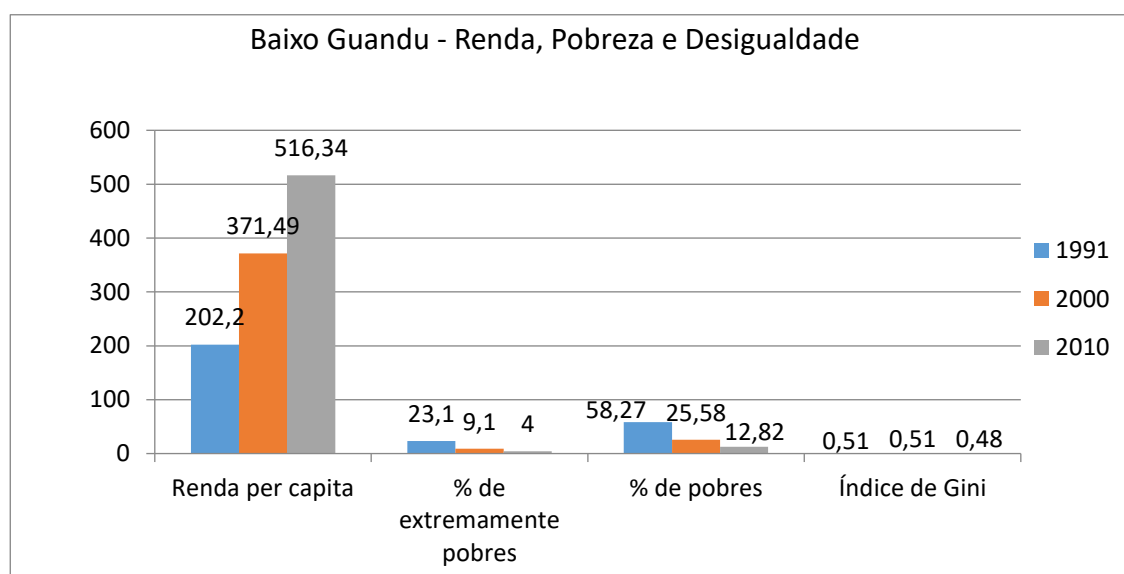
Gráfico 25: Renda, Pobreza e Desigualdade em Aimorés, MG – 1991, 2000, 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

<sup>5</sup> 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 26: Renda, Pobreza e Desigualdade em Baixo Guandu, ES – 1991, 2000, 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

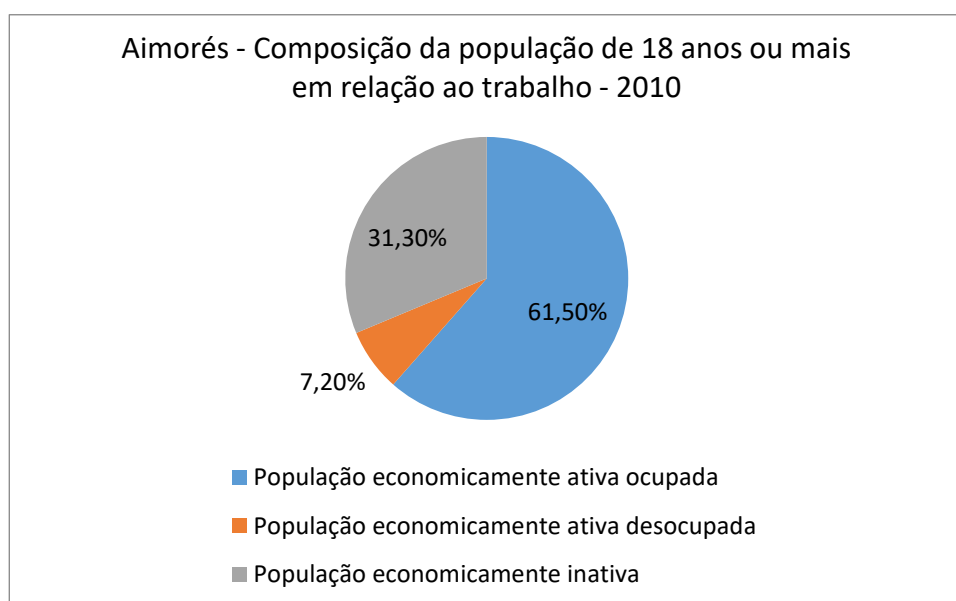
Os dados referentes à população economicamente ativa com mais de 18 anos indicam aumento da *taxa de atividade*<sup>6</sup> no período 2000 a 2010, no município de Aimorés, que passou de 57,39% para 61,54% no período (PNUD, IPEA, FJP, 2013). A *taxa de desocupação*<sup>7</sup>, por sua vez, passou de 11,48% para 7,19%, no mesmo período. O Gráfico 27 ilustra os dados referentes a 2010.

<sup>6</sup>Percentual da população que era economicamente ativa (PNUD, IPEA, FJP, 2013)

<sup>7</sup>Percentual da população economicamente ativa que estava desocupada (PNUD, IPEA, FJP, 2013)



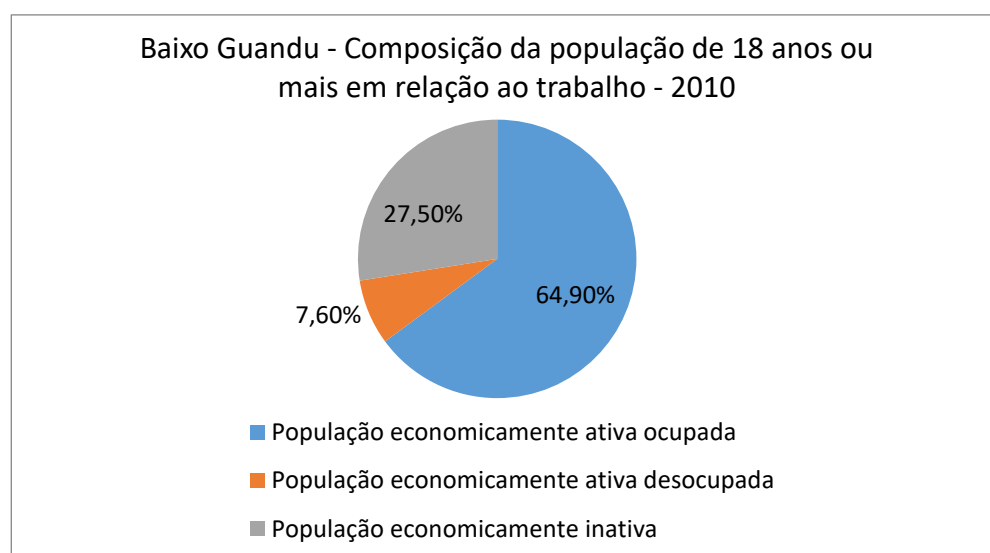
Gráfico 27: População Economicamente Ativa, Aimorés, MG, 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013.

Baixo Guandu, por sua vez, apresentou queda tanto na *taxa de atividade*, que passou de 68,14% em 2000 para 64,92% em 2010, quanto na *taxa de desocupação*, que passou de 9,69% para 7,58% no mesmo período.

Gráfico 28: População Economicamente Ativa, Baixo Guandu, ES, 2010



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, 2013

Como pode ser observado na Tabela 26, no município de Aimorés, em 2010, entre as pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais, a maior parte (40,91%) encontrava-se no setor de serviços, seguido pelo setor agropecuário, com 26,29%. No município de Baixo Guandu, no mesmo ano, 32,71% encontrava-se no

setor de serviços e 24,96% no setor agropecuário. Ou seja, a maioria da população com mais de 18 anos, ocupada, encontrava-se em 2010 no setor de serviços nos dois municípios.

Tabela 26: Ocupação na faixa etária de 18 anos por setor econômico de Aimorés, MG e Baixo Guandu, ES - 2010

Municípios	Setor Primário (%)			Setor Secundário (%)			Setor Terciário (%)		
	Agropecuário	Indústria extrativa	Total setor	Indústria transformação	Construção	Total setor	Comércio	Serviços	Total Setor
Aimorés	26,29	0,26	26,55	4,92	10,51	15,43	12,37	40,91	54,62
Baixo Guandu	24,96	4,23	29,19	7,26	10,36	17,62	12,89	32,71	47,42

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

Em 2015, o setor de serviços contribuiu isoladamente com a maior participação no PIB. Porém, o que chama a atenção na comparação entre os períodos de 2005 e 2015 são os valores relacionados à participação da indústria na composição do PIB, nos dois municípios. A hipótese é de que tal aumento se deve à instalação da UHE Eliezer Batista, também conhecida como UHE Aimorés, inaugurada em 2006.

Tabela 27: Valor Adicionado (por setor) dos municípios em 2005 e 2015 (em R\$ mil).

Municípios	Valor adicionado – 2005			Valor adicionado – 2015			
	Agropecuária	Indústria	Serviços (incluindo adm.pública, defesa, etc)	Agropecuária	Indústria	Serviços	Administração pública, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
Aimorés	32.984,00	23.673,00	97.776,00	39.088,54	154.074,06	157.134,42	92.203,17
Baixo Guandu	25.076,00	27.311,00	97.843,00	36.590,55	207.056,69	193.844,14	124.331,26

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

## ICMS Ecológico

Um aspecto importante, situado na interface entre economia e meio ambiente, é a instituição do mecanismo denominado ICMS Ecológico. Trata-se de transferência de recursos oriundos do imposto ICMS (Impostos sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) para municípios que possuem em seu território áreas de conservação que impedem ou limitam a utilização nos moldes convencionais de uso e ocupação de suas terras. A lógica econômica é a de que estes municípios precisam ser compensados com recursos por terem áreas protegidas. O precursor neste tipo de transferência de recursos foi o Estado do Paraná. Nesse Estado, “os municípios sentiam suas economias combalidas pela restrição de uso do solo, originada por serem mananciais de abastecimento para municípios vizinhos e por integrarem unidades de conservação”

(LOUREIRO, 2002, p. 52). Minas Gerais foi o terceiro estado a implementar tal mecanismo, ainda na década de 1990, por meio da Lei 12.040/95 conhecida como “Lei Robin Hood” (COMINI, 2017).

A Lei nº 18.030, de 12 de janeiro de 2009, que substituiu a lei de 1995, dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios e estabelece em seu artigo 4º que o critério de repasse “meio ambiente” é composto por três subcritérios: i) sistemas de tratamento ou disposição final de lixo ou de esgoto sanitário atendam, no mínimo, a, respectivamente, 70% (setenta por cento) e 50% (cinquenta por cento) da população urbana; ii) Unidades de Conservação estaduais, federais, municipais e particulares e área de reserva indígena, com cadastramento, renovação de autorização e demais procedimentos; iii) área de ocorrência de Mata Seca (Floresta Estacional Decidual no município (MINAS GERAIS, 2009).

Comini (2017), em estudo sobre o repasse do ICMS Ecológico em 2015 a todos os municípios aptos do estado de Minas Gerais, pelo subcritério Unidades de Conservação, constatou que:

- 71, 51% dos municípios do estado foram contemplados pelo ICMS Ecológico;
- Destes, 61,47% foram beneficiados pelo subcritério Unidade de Conservação;
- RPPN, APA e Parque, nessa ordem, foram as categorias com maior número de inscrições no Cadastro Estadual de UC;
- Parque, APA e RPPN, nessa ordem, foram as que mais contribuíram para o repasse do recurso ao município;
- UCs estaduais sob administração estadual se destacaram quanto ao número e quanto à contribuição no repasse.

Ainda segundo a autora, tem-se que as áreas de proteção especial de mananciais ou de patrimônio espeleológico e paisagístico são entendidas como categorias de manejo pela Resolução SEMAD nº 2362, 30 de março de 2016 em seu artigo 1º, parágrafo único, o que as torna aptas a contribuir para o repasse do recurso ao município, desde que cumpridos os demais procedimentos (COMINI, 2017).

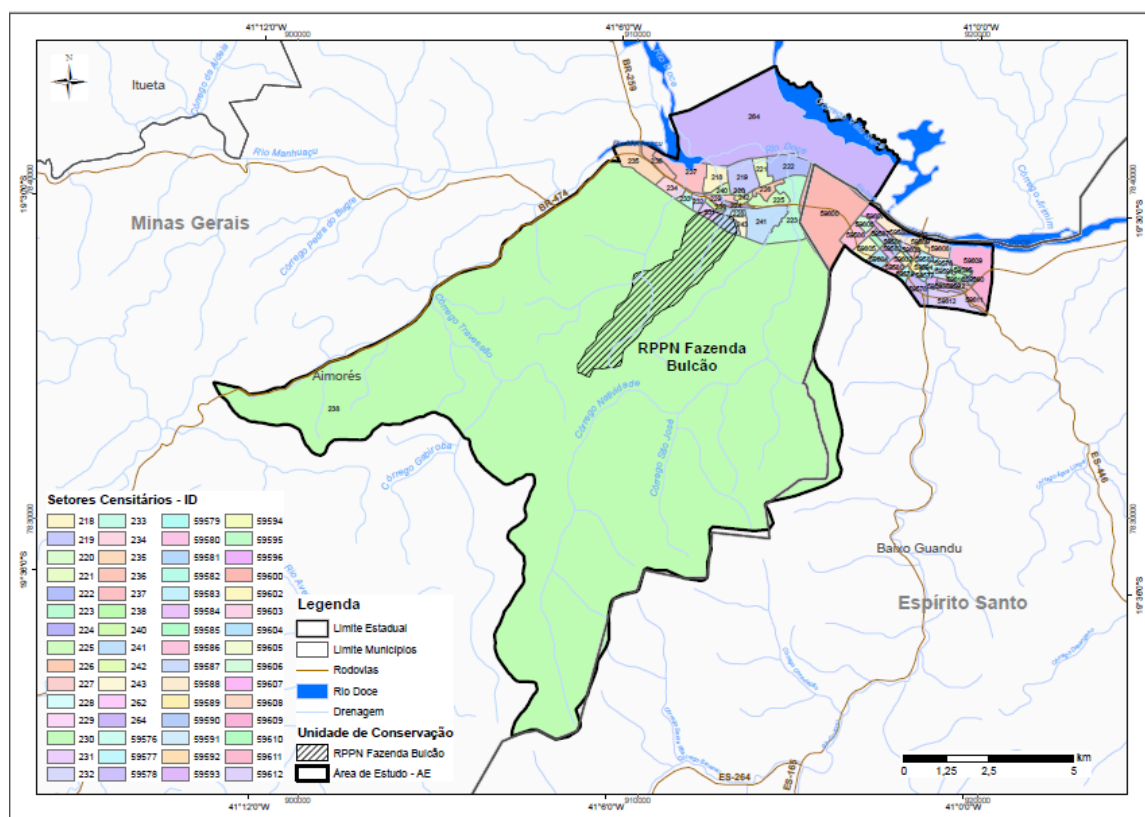
Em 2015, o município de Aimorés, onde se localiza a RPPN Fazenda Bulcão, recebeu o repasse de R\$ 13.360,88 do governo de Minas Gerais, segundo consulta à plataforma digital da Fundação João Pinheiro. Não foi possível, entretanto, saber quanto desse repasse refere-se à existência da Unidade de Conservação no município.

## 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, pode indicar atuais ou tendenciais relações com a UC. Os dados são do Censo de 2010, mais recente recenseamento do IBGE.

No caso da RPPN Fazenda Bulcão foram identificados 60 setores censitários de interesse ao presente diagnóstico, nos municípios de Aimorés, localização da Fazenda Bulcão, e Baixo Guandu, município vizinho. Os setores identificados e posteriormente descritos podem ser vistos no Mapa 18.

Mapa 18: Setores censitários da área de estudo



As tabelas contendo as informações das variáveis elencadas de todos os setores encontram-se no Anexo IV. A Tabela 28 apresenta a distribuição de setores censitários dos dois municípios e o tipo de setor, urbano ou rural.

Tabela 28: Distribuição dos setores censitários nos municípios da área de estudo, RPPN Fazenda Bulcão

Município	Número de setores censitários	Número de setores censitários urbanos	Número de setores censitários rurais
Aimorés	27	25	02
Baixo Guandu	33	32	01
Total	60	57	03

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

Dentre os dados disponibilizados no Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) buscou-se aqueles que contribuam para uma abordagem generalista, ainda que focada numa parte menor do território, como é o setor censitário. São dados sobre demografia, escolaridade, renda e condições de saneamento que fornecem características sobre cada um dos setores de modo a fornecer 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

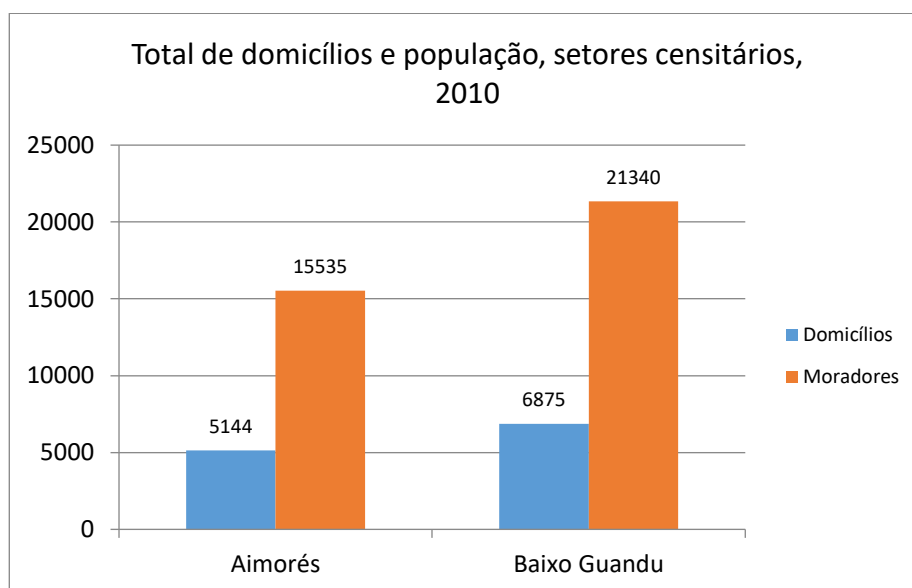
a área, permitam uma análise integrada do meio para a definição da linha de base e identificação dos impactos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão. Conforme dito anteriormente, optou-se, no primeiro momento, pela apresentação dos dados agregados por município, identificando o tipo de setor, se rural ou urbano. A Tabela 29 e o Gráfico 29 trazem o número de domicílios e de moradores da área de estudo. São, no total, 36.875 habitantes, distribuídos em 12.109 domicílios, o que perfaz uma média de 3,07 moradores por domicílio, abaixo da média brasileira é de 3,3 moradores por domicílio.

Tabela 29: Domicílios Particulares Permanentes e População, setores censitários na área de estudo, 2010.

Município	Tipo de Setor	Domicílios	Moradores	Média de moradores por domicílio	Total de moradores
Aimorés	Urbano	4.985	15.079	3,02	15.535
	Rural	159	456	2,87	
Baixo Guandu	Urbano	6.759	20.972	3,1	21.340
	Rural	116	368	3,17	

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

Gráfico 29: Total de domicílios e população, setores censitários da área de estudo, 2010



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

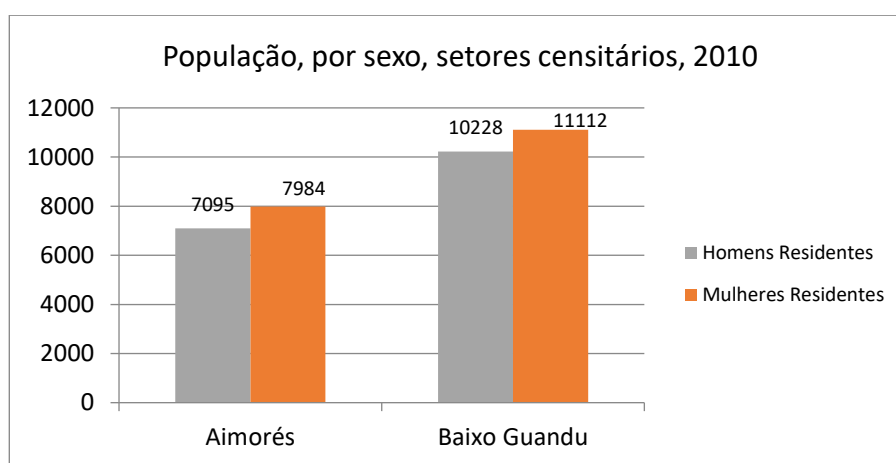
Quanto à questão de sexo, pode-se observar na Tabela 30 e no Gráfico 30 pequena superioridade no número de mulheres em relação ao número de homens nas áreas urbanas dos dois municípios e o inverso nas áreas rurais. Observa-se também na Tabela 30 o número de crianças e idosos, outra variável que oferece pistas sobre a vulnerabilidade do grupo. Observa-se, nos dois municípios, certa homogeneidade no conjunto dos setores censitários, tanto na proporção de crianças quanto na de idosos.

Tabela 30: População residente, sexo e idade nos setores censitários da área de estudo, 2010

Município	Tipo de Setor	População Residente	Homens Residentes	Mulheres Residentes	Residentes até 14 anos	Residentes com mais de 70 anos
Aimorés	Urbano	15.079	7.095	7.984	3.119	1.287
	Rural	456	236	220	89	27
Baixo Guandu	Urbano	21.340	10.228	11.112	4.531	1.652
	Rural	368	192	176	77	28

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

Gráfico 30: População, por sexo nos setores censitários, área de estudo, 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 31 e no Gráfico 31. Observa-se a predominância dos domicílios que têm rendimentos *per capita* inferiores a um salário mínimo ao mês, forte indicador de vulnerabilidade social.

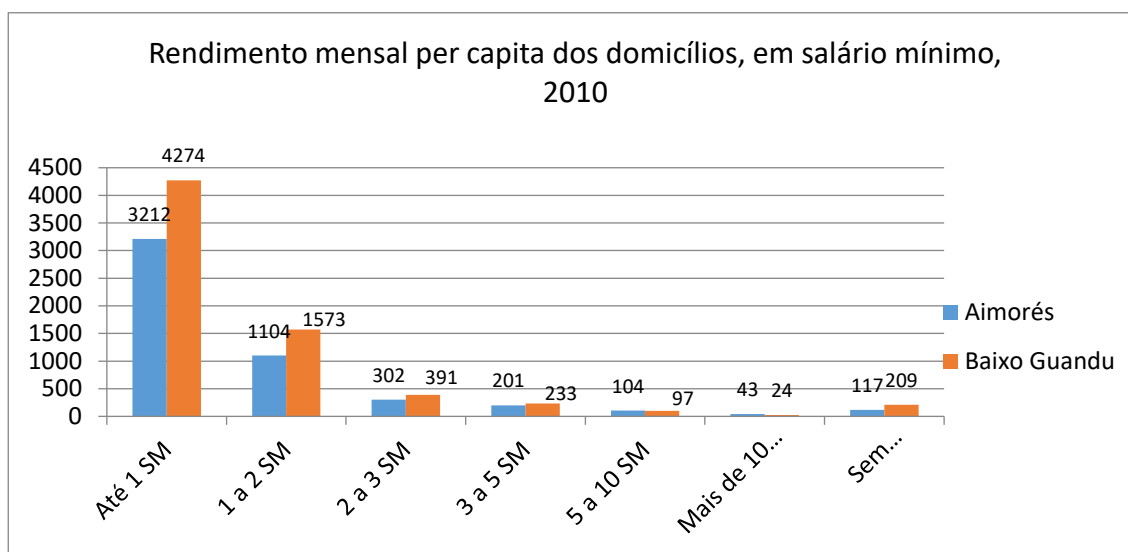
Tabela 31: Rendimento nominal mensal per capita dos domicílios (não inclui improvisados), em salários mínimos, setores censitários, 2010.

Município	Tipo de Setor	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
Aimorés	Urbano	4.985	3089	1073	301	198	104	43	116
	Rural	159	123	31	1	3	0	0	1
Baixo Guandu	Urbano	6.759	4181	1554	390	231	96	23	204
	Rural	116	93	19	1	2	1	1	5

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



Gráfico 31: Rendimento mensal per capita dos domicílios, em salário mínimo, 2010.



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

## Infraestrutura e serviços de saneamento básico

Com relação à infraestrutura e serviços de saneamento básico foram recolhidos dados referentes ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário, aos resíduos sólidos e energia elétrica para o conjunto de setores censitários da área de estudo.

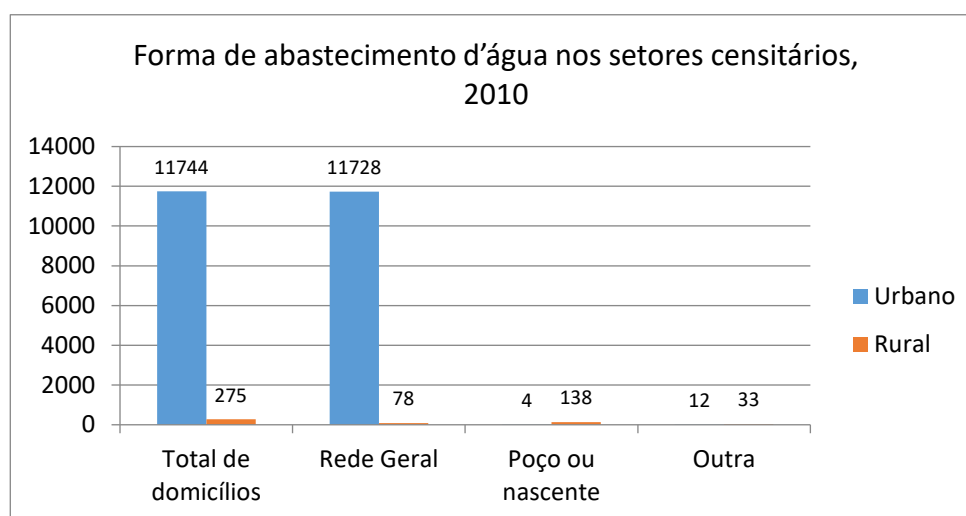
Quanto ao abastecimento de água os setores urbanos estão totalmente ligados à rede geral, havendo, proporcionalmente poucos que são abastecidos por poços, nascentes ou outra forma. Na área rural de Aimorés há predominância de abastecimento por poço ou nascente e em Baixo Guandu predomina o abastecimento pela rede, mesmo na área rural, conforme Tabela 32 e Gráfico 32.

Tabela 32: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários, 2010

	Tipo de setor	Total de domicílios	Forma de Abastecimento de Água		
			Rede Geral	Poço ou nascente	Outra
Aimorés	Urbano	4985	4976	3	6
	Rural	159	4	122	33
Baixo Guandu	Urbano	6759	6752	1	6
	Rural	116	74	16	0

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

Gráfico 32: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários, 2010



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

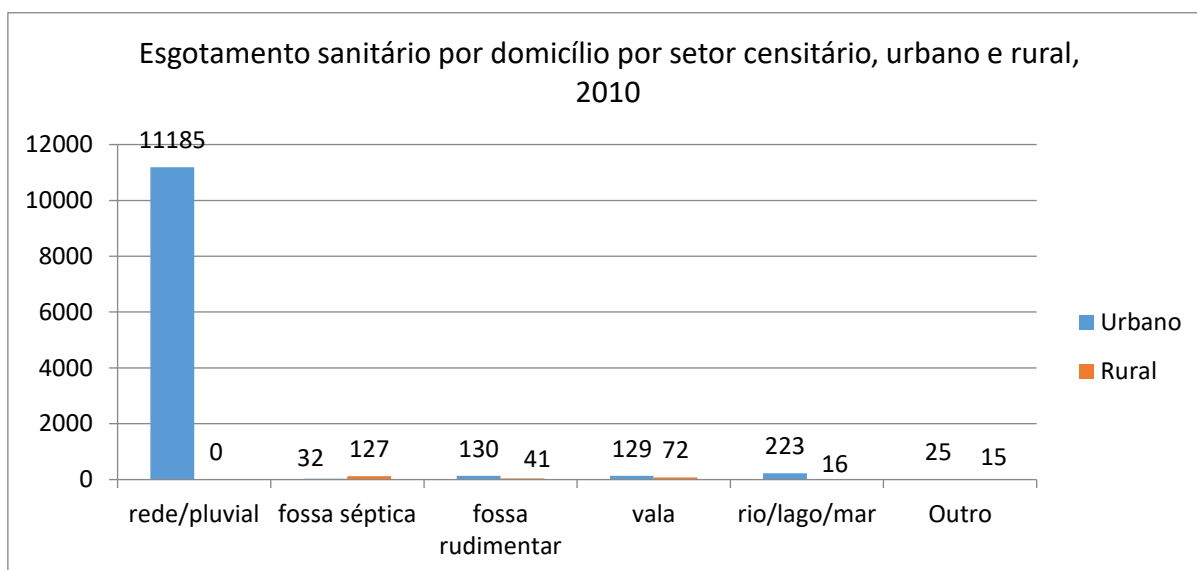
O conjunto dos setores censitários localizados na zona rural dos dois municípios apresentam esgotamento sanitário inadequado na totalidade dos domicílios. Nas áreas urbanas cerca de 3% em Aimorés e 7% em Baixo Guandu tem domicílios com disposição inadequada. Vide Tabela 33 e Gráfico 34.

Tabela 33: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, 2010

Município	Tipo de Setor	Domicílios	Esgotamento Sanitário					
			rede/pluvial	fossa séptica	fossa rudimentar	vala	rio/lago/mar	Outro
Aimorés	Urbano	4985	4854	13	50	6	42	14
	Rural	159	0	96	6	36	6	13
Baixo Guandu	Urbano	6759	6331	19	80	123	181	11
	Rural	116	0	31	35	36	10	2

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

Gráfico 33: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário, 2010



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

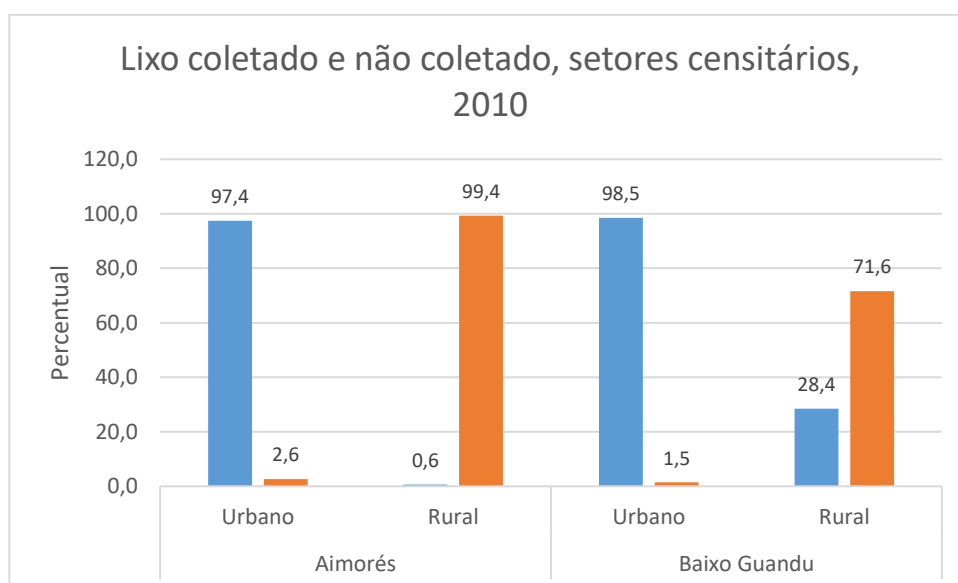
Quanto à destinação do lixo, nos setores da área urbana a coleta abrange quase a totalidade dos domicílios. No meio rural, entretanto, a situação é diferente. Em Aimorés, mais de 80% dos domicílios não têm o lixo coletado e em Baixo Guandu, o percentual de domicílios sem coleta ultrapassa os 70%. A solução para os resíduos sólidos na maior parte dos domicílios das áreas rurais é a queima. Vide Tabela 34 e Gráfico 34.

Tabela 34: Destinação de lixo (coletado e não coletado) nos setores censitários, 2010.

Município	Tipo de setor	Total de domicílios	Coletado			Não coletado	
			Total	Serviço de limpeza	Caçamba	Queima	Outros
Aimorés	Urbano	4985	4855	4788	67	116	14
	Rural	159	1	0	1	148	10
Baixo Guandu	Urbano	6759	6660	6351	309	77	22
	Rural	116	33	33	0	73	10

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

Gráfico 34: Destinação de lixo (coletado e não coletado) nos setores censitários, 2010.



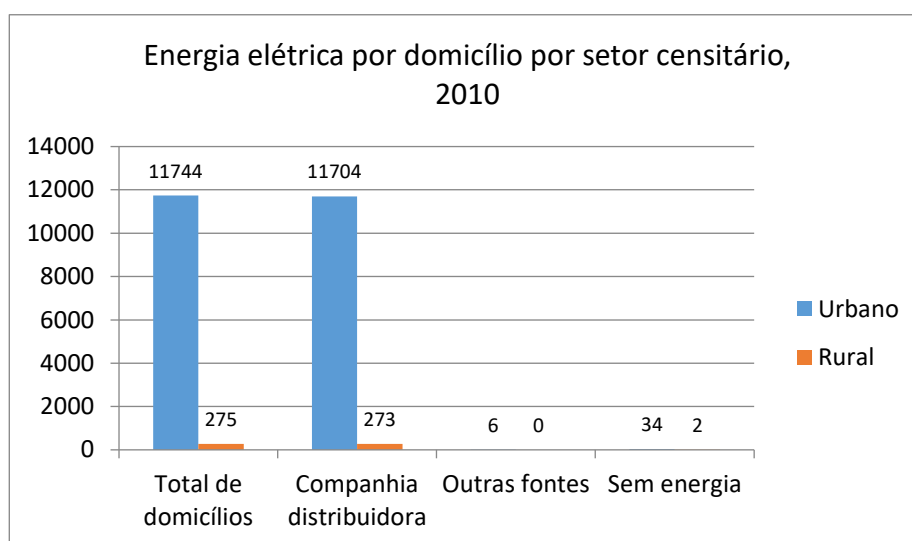
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010

Com relação à energia elétrica quase todos os domicílios de todos os setores possuem acesso ao serviço, havendo poucos domicílios que se utilizam de outras fontes ou que não possuem energia elétrica, conforme Tabela 35 e Gráfico 35.

Tabela 35: Energia elétrica por domicílio por setor censitário, 2010.

Município	Tipo de setor	Total de domicílios	Com energia		Sem energia
			Companhia distribuidora	Outras fontes	
Aimorés	Urbano	4985	4964	4	17
	Rural	159	157	0	2
Baixo Guandu	Urbano	6759	6740	2	17
	Rural	116	116	0	0

Gráfico 35: Energia elétrica por domicílio por setor censitário, 2010.

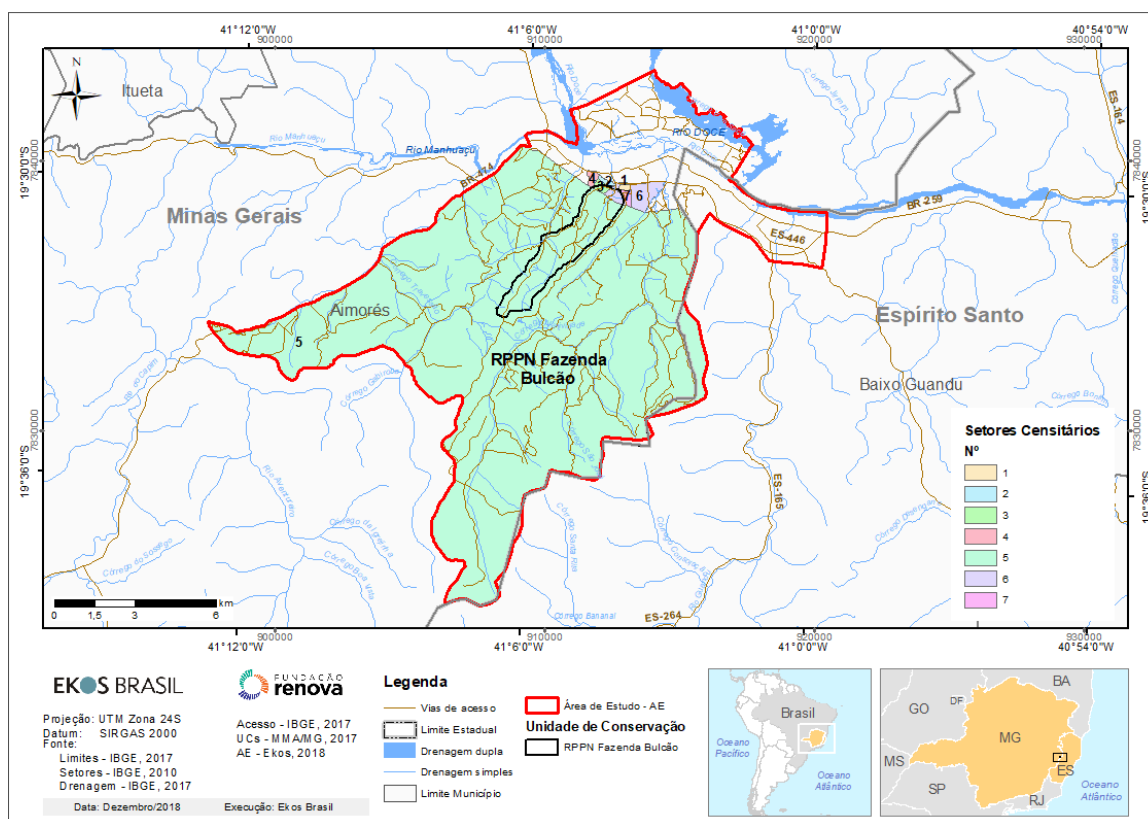


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010

## Os setores censitários com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão

A seguir são apresentadas as informações sobre os setores censitários com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão. São sete setores censitários. Um deles, o de número 5, engloba a RPPN; os demais fazem fronteira com seus limites. O Mapa 19 mostra a localização dos setores.

Mapa 19: Setores censitários na área de abrangência da RPPN Fazenda Bulcão



A primeira tabela (Tabela 36) apresenta a identificação do IBGE (ID), o tipo de setor, se rural ou urbano, o número de domicílios e o número de moradores. Não há informações para o setor 3, no banco de dados do IBGE em todas as variáveis pesquisadas. Todos os setores localizam-se no município de Aimorés. O setor 5, onde se localiza a RPPN é o único setor rural. São 3020 habitantes distribuídos em 960 domicílios, o que perfaz média de 3,15 habitantes por domicílio. A maior densidade é no setor 2, com 3,49 moradores por domicílio. O Gráfico 36 apresenta o comparativo de população nos setores.

Tabela 36: Domicílios e População, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

Nº	Município	ID	Tipo de Setor	Domicílios	Moradores	Média de moradores por domicílio
1	Aimorés	228	Urbano	218	676	3,1
2	Aimorés	230	Urbano	146	509	3,49
3	Aimorés	231	Urbano	0	0	0
4	Aimorés	232	Urbano	190	563	2,96
5	Aimorés	238	Rural	68	177	2,6
6	Aimorés	241	Urbano	179	555	3,1
7	Aimorés	243	Urbano	159	540	3,4
Total				960	3.020	3,15

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



Gráfico 36: População, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

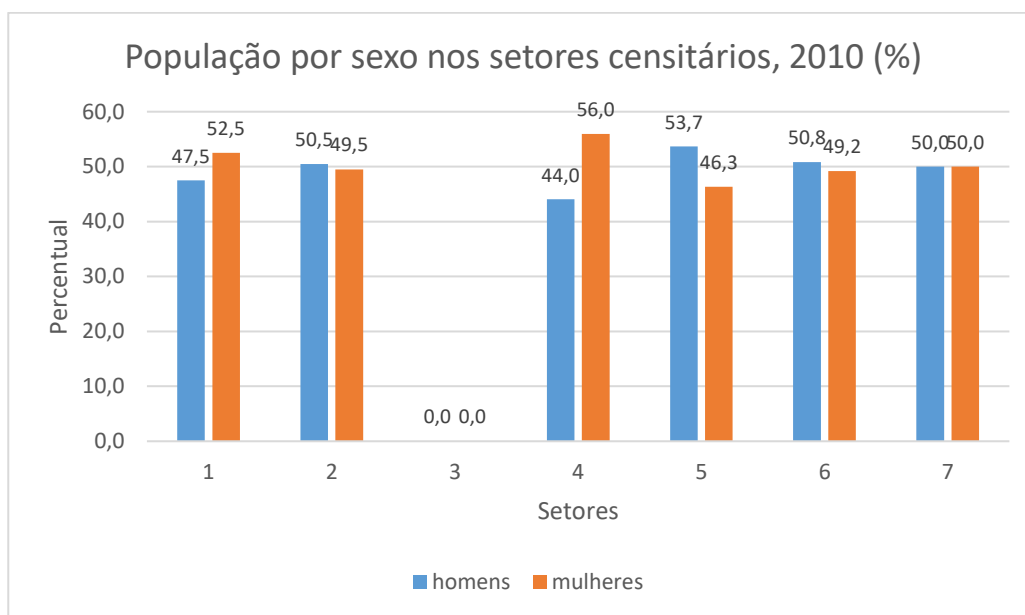
Quanto à questão da distribuição da população por sexo, observa-se padrões distintos entre os setores. Enquanto os setores 2, 6 e 7 apresentam um equilíbrio entre o número de homens e de mulheres, no setor 5 há mais homens que mulheres, e nos setores 1 e, sobretudo, no setor 4, há uma prevalência de mulheres. Na demografia nacional, a proporção aproximada é de 49% de homens e 51% de mulheres. 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 na Tabela 37, 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 7, 2 e 1, nessa ordem, apresentam a maior proporção de moradores menores de 14 anos em relação ao número total de moradores do setor, respectivamente: 28,3%; 27,9% e 27,8%. A menor proporção está no setor 4 (16,3%). Com relação à população com mais de 70 anos, o setor 4 apresenta proporcionalmente o maior número de idosos, com 11,2%.

Tabela 37: População residente, por sexo e idade nos setores censitários com interface direta com a RPPN, 2010.

Nº	Município	Tipo de Setor	População Residente	Homens Residentes	Mulheres Residentes	Residentes até 14 anos	Residentes com mais de 70 anos
1	Aimorés	Urbano	676	321	355	188	30
2		Urbano	509	257	252	142	29
3		Urbano	0	0	0	0	0
4		Urbano	563	248	315	92	63
5		Rural	177	95	82	31	11
6		Urbano	555	282	273	117	44
7		Urbano	540	270	270	153	20

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

Gráfico 37: População, por sexo, setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

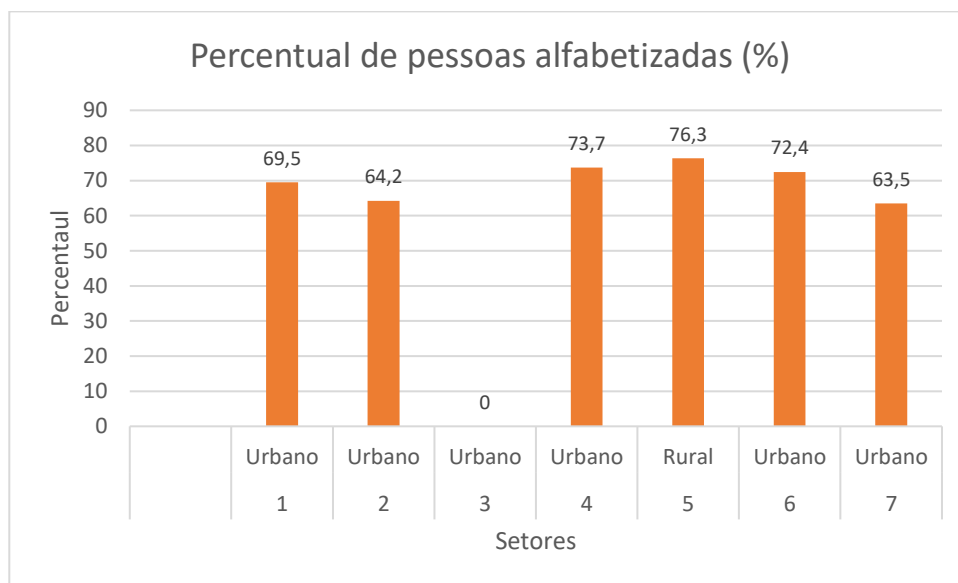
Aspectos ligados à educação, como alfabetização, nível de escolaridade, fluxo escolar e expectativa de anos de estudo, são importantes indicadores para a definição da qualidade de vida de determinado grupo social e podem revelar situações de vulnerabilidade social. No caso dos setores censitários com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão, tem-se que o setor 7 apresenta o menor percentual de moradores alfabetizados em relação ao total de moradores do setor (63,5%); seguido do setor 2 com 64,2%; e o setor 1, com 69,5%, vide Tabela 38 e Gráfico 38.

Tabela 38: Pessoas alfabetizadas por faixa de idade, por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

Nº	Tipo de Setor	Total População Residente	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	676	57	100	236	77	470	69,5
2	Urbano	509	50	89	150	38	327	64,2
3	Urbano	0	0	0	0	0	0	0,0
4	Urbano	563	20	96	176	123	415	73,7
5	Rural	177	12	14	56	53	135	76,3
6	Urbano	555	33	97	189	83	402	72,4
7	Urbano	540	49	109	148	37	343	63,5

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

Gráfico 38: Percentual da população alfabetizada nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

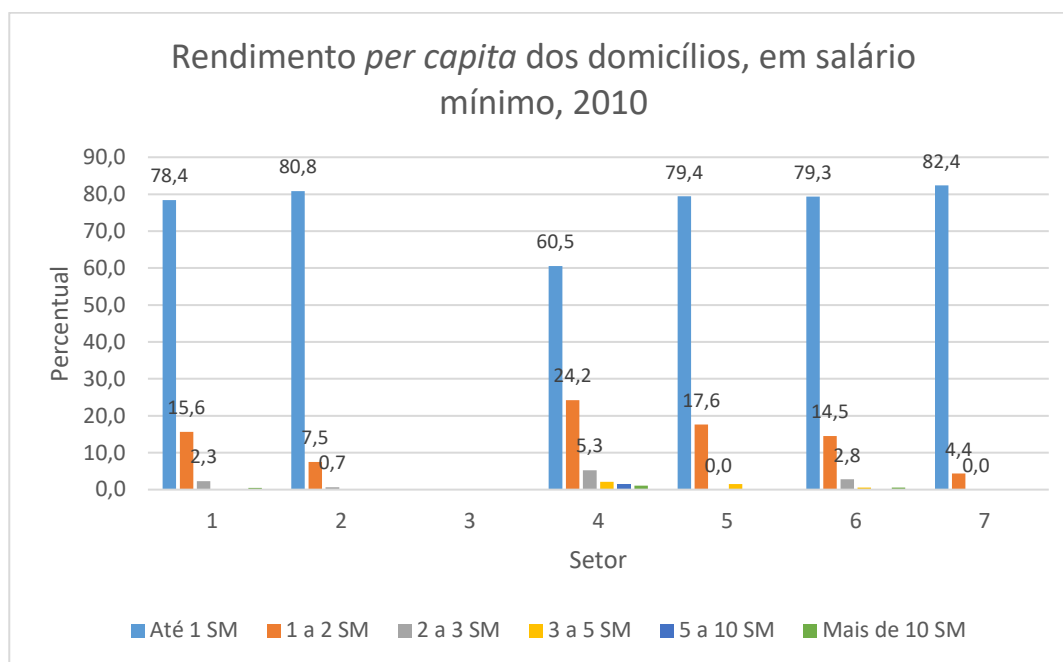
Os dados relacionados ao rendimento mensal (*per capita*) de cada domicílio estão apresentados na Tabela 39 e no Gráfico 39. Observa-se a predominância dos domicílios que têm rendimentos *per capita* inferiores a um salário mínimo ao mês, forte indicador de vulnerabilidade social. Os setores 7, 2, 5, 6, 1 apresentam os maiores percentuais com domicílios que recebem até 1 salário mínimo *per capita*: no setor 7 são 82,4% dos domicílios; no setor 2 são 80,8%; no setor 5 são 79,4% dos domicílios; no setor 6 são 79,3%; e no setor 1 são 79,4%.

Tabela 39: Rendimento mensal *per capita* dos domicílios, em salário mínimo, nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

Nº	Tipo de Setor	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	218	171	34	5	0	0	1	4
2	Urbano	146	118	11	1	0	0	0	6
3	Urbano	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Urbano	190	115	46	10	4	3	2	8
5	Rural	68	54	12	0	1	0	0	1
6	Urbano	179	142	26	5	1	0	1	4
7	Urbano	159	131	7	0	0	0	0	13

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

Gráfico 39: Rendimento mensal *per capita* dos domicílios, em salário mínimo, nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

## Infraestrutura e Serviços de Saneamento Básico

Com relação à infraestrutura 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. As condições de saneamento são consideradas como importante variável no estabelecimento do índice de vulnerabilidade social.

Quanto ao abastecimento de água, a maior parte dos setores apresentam grande proporção de domicílios que captam águas de poços ou nascentes. São poucos os domicílios servidos por abastecimento ligado à rede geral, conforme pode ser observado na Tabela 39 e Gráfico 33.

Tabela 40: Forma de abastecimento d'água nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

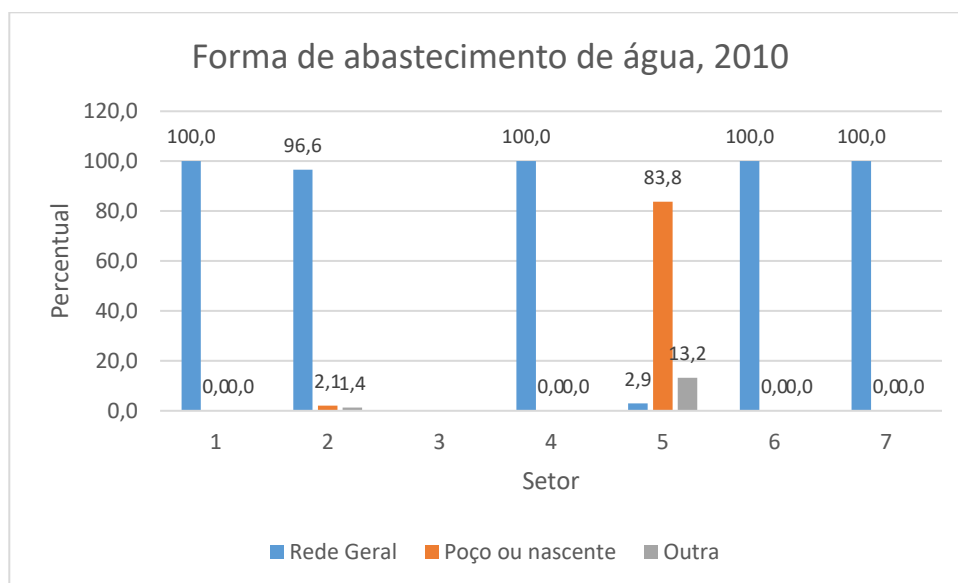
Nº	Município	Tipo de Setor	Domicílios	Forma de Abastecimento de Água		
				Rede Geral	Poço ou nascente	Outra
11	Aimorés	Urbano	218	218	0	0
13	Aimorés	Urbano	146	141	3	2
14	Aimorés	Urbano	0	0	0	0
15	Aimorés	Urbano	190	190	0	0
21	Aimorés	Rural	68	2	57	9

23	Aimorés	Urbano	179	179	0	0
25	Aimorés	Urbano	159	159	0	0

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

Com relação ao abastecimento de água, apenas o setor 5, localizado na zona rural, tem como principal forma de abastecimento a água captada em poço ou nascente.

Gráfico 40: Abastecimento de água nos setores censitários com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

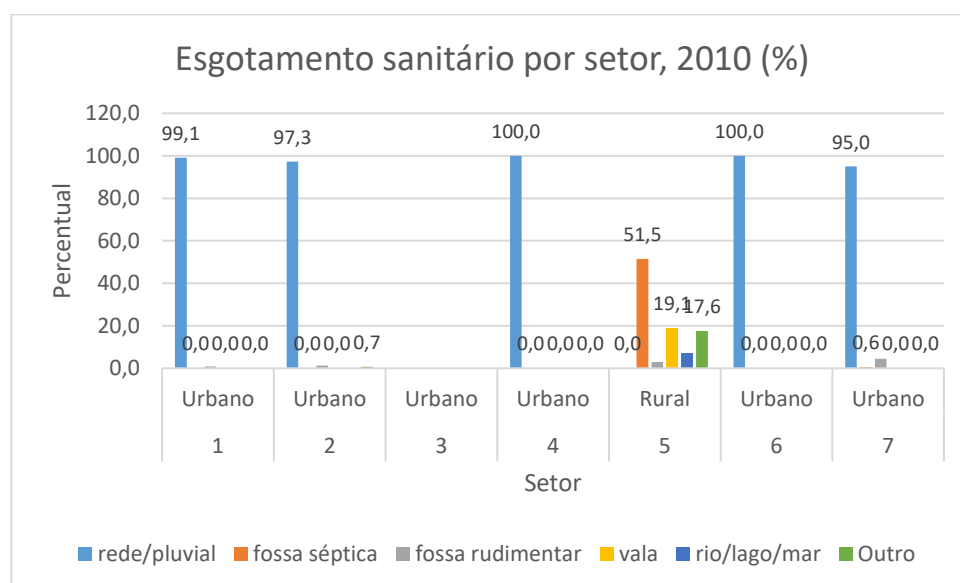
Quanto ao esgotamento sanitário, todos os setores urbanos apresentam esgotamento via rede/pluvial. O setor 5, único setor rural no conjunto, despeja seu esgoto em fossas (séptica e rudimentar), vala, rio e outros.

Tabela 41: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

Nº	Tipo de Setor	Esgotamento Sanitário					
		rede/pluvial	fossa séptica	fossa rudimentar	vala	rio/lago/mar	Outro
1	Urbano	216	0	2	0	0	0
2	Urbano	142	0	2	0	0	1
3	Urbano	0	0	0	0	0	0
4	Urbano	190	0	0	0	0	0
5	Rural	0	35	2	13	5	12
6	Urbano	179	0	0	0	0	0
7	Urbano	151	1	7	0	0	0

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

Gráfico 41: Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

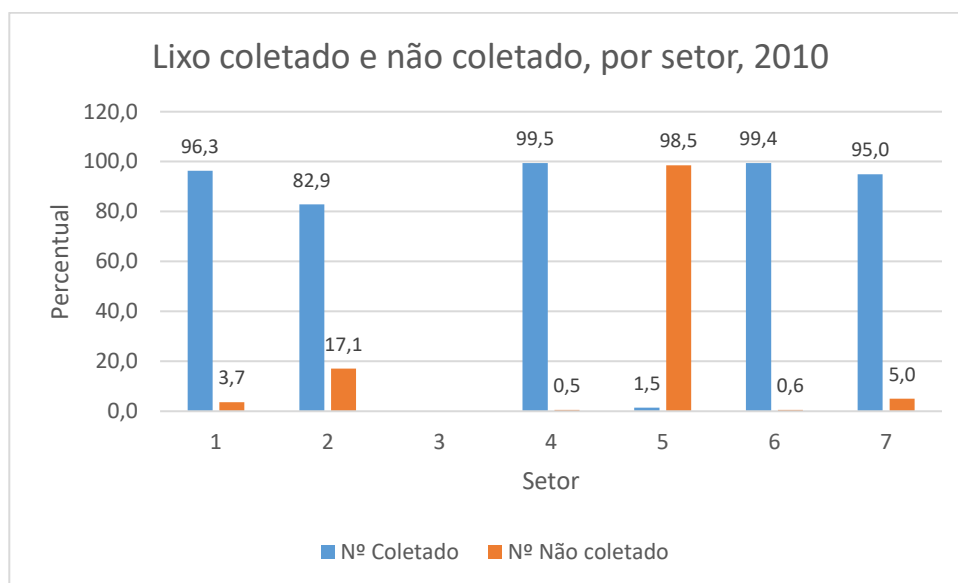
Com relação à coleta de lixo, todos os setores urbanos têm coleta na maioria absoluta dos domicílios. No único setor rural, o setor 5, não há coleta e a maior parte dos domicílios utilizam a queima como destinação dos resíduos sólidos.

Tabela 42: Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010

Nº	Tipo de Setor	Total de domicílios	Total coletado	Forma de Destinação de Lixo Coletado		Não coletado	
				Serviço de limpeza	Caçamba	Queima	Outros
1	Urbano	218	210	209	1	5	3
2	Urbano	146	121	121	0	23	2
3	Urbano	0	0	0	0	0	0
4	Urbano	190	189	188	1	1	0
5	Rural	68	1	0	1	61	6
6	Urbano	179	178	178	0	0	1
7	Urbano	159	151	150	1	7	1

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

Gráfico 42: Lixo coletado e não coletado por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.



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

A Tabela 43 mostra que o acesso à energia elétrica tem alcançado, mesmo nas áreas rurais, quase que a totalidade dos domicílios. Os setores 7, 5 e 2 apresentam domicílios sem energia elétrica.

Tabela 43: Energia elétrica por domicílio por setor censitário com interface direta, RPPN Fazenda Bulcão, 2010.

Nº	Tipo de Setor	Total de domicílios	Com energia		Sem energia
			Companhia distribuidora	Outras fontes	
1	Urbano	218	218	0	0
2	Urbano	146	145	0	1
3	Urbano	0	0	0	0
4	Urbano	190	190	0	0
5	Rural	68	66	0	2
6	Urbano	179	179	0	0
7	Urbano	159	155	0	4

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

A Tabela 44 apresenta uma síntese dos dados levantados em relação a cada setor com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão. Acrescentou-se aos dados estatísticos as informações decorrentes do Mapa de Nodalidade (Mapa 16) e Mapa de Uso e Ocupação da Terra (Mapa 17). A coloração indica a vulnerabilidade de cada setor, na comparação entre eles, de acordo com as informações levantadas. 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 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 a bens e serviços e as repostas 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 44. Ressalta tratar-se 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 complementada.

Tabela 44: Vulnerabilidade dos setores censitários com interface direta com a RPPN Fazenda Bulcão

Setor							
Variável	1	2	3	4	5	6	7
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

Minas Gerais promulgou em 1995 a *Lei Robin Hood* – como ficou conhecida a Lei Estadual 12.040 de 28 de dezembro de 1995. Este instrumento legal estabelece os critérios de cálculo do repasse da parcela do ICMS devida aos municípios. Dentre as ações passíveis de consideração para o cálculo do repasse, estão aquelas referentes à educação, saúde, agricultura, preservação do meio ambiente e do patrimônio cultural, que são avaliadas a partir de critérios previamente estabelecidos e fiscalizados pelos órgãos competentes. Para a definição dos critérios e avaliação das ações relativas ao patrimônio cultural, o órgão responsável é o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA/MG. A existência de política municipal de preservação do patrimônio cultural e a criação e atuação de um conselho municipal de patrimônio cultural são condições estabelecidas pelo IEPHA (GUIMARÃES, 2008). Em decorrência desse estímulo, os municípios mineiros assumem um protagonismo e se tornam responsáveis pela política de patrimônio.

Em Aimorés, são citados no Portal da Prefeitura Municipal, como bem tombado pela municipalidade a *Pedra da Lorena*<sup>8</sup>. E como bens inventariados tem-se<sup>9</sup>:

- Casarão Calvão
- Solar José Alves Paixão
- Antiga Casa de Saúde e Maternidade São Lucas
- Igreja Matriz de Nossa Senhora do Carmo.
- Antigo Colégio das Irmãs Carmelitas (Atual Unipac).
- Prefeitura Municipal.
- Museu Histórico de Aimorés.
- Primeira Igreja Batista.
- Casa de Dona Rosemarie Penna Garzon.
- Antiga Casa do Coronel José Thiago
- Bar do Ponto.
- Estação Ferroviária
- Aimorés Palace Hotel.
- Edificação na Avenida Américo Martins da Costa, Nº 164

O patrimônio cultural de Aimorés tem grande valor histórico e cultural. O município apresenta edificações representativas de diversos estilos e tempos, o museu histórico no centro da cidade, onde também funciona a Casa da Cultura e o departamento de turismo, que vem atuando no reerguimento da cultura local e regional por meio de festas e feiras. Na RPPN Fazenda Bulcão encontra-se o museu arqueológico e o cinema. O calendário cultural municipal contempla a festa do Índio, com a presença dos Krenak de Resplendor, festas, feiras artesanais, shows artísticos, além das festas dos distritos onde se promove a integração das comunidades locais, o que favorece o turismo, as práticas de lazer regionais e o desenvolvimento sustentável (INSTITUTO TERRA, 2010).

A Estrada de Ferro Vitória-Minas tem destaque no acervo histórico e cultural regional, sendo reconhecida como patrimônio e símbolo da identidade regional. A EFVM foi um marco na formação histórica da região; os municípios de Aimorés e Baixo Guandu foram consolidados a partir da construção da Ferrovia.

Em Nova Guandu, destaque para a arte da selaria que, segundo Motta (op. cit., p. 11) “garante beleza e segurança para cavaleiros e amazonas (...) As oficinas são familiares e os ensinamentos do ofício são transmitidos pelos mestres mais velhos aos aprendizes, que organizam seus negócios com suas famílias. Assim também ocorre com a olaria, outra tradição artesanal do lugar”. Dentre o patrimônio histórico e

---

<sup>8</sup> Tombamento pelo Decreto Municipal nº 308/2009 de 01 de dezembro de 2009.

<sup>9</sup> <http://www.aimores.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/visita-guiada-ao-bem-tombado-e-bens-inventariados-de-aimores/6513>. Acesso em 04.12.2018

arquitetônico, a autora destaca: Canaã Clube, inaugurado em 1953, o Casarão da Madame Albertina, erguido em 1919, próximo à estação ferroviária, Cine Alba, incrível cinema construído em 1954.

No levantamento realizado para o Relatório da Linha-Base, Volume II (INSTITUTOS LACTEC, 2017), foram identificados os bens culturais por município da bacia do Rio Doce. Em Aimorés foram registrados 140 (cento e quarenta) bens culturais e em Baixo Guandu, foram registrados 3 (três).

#### 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 esta 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 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (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).

Não há informação sobre populações tradicionais quilombolas ou indígenas na área de estudo. O Relatório da Linha-Base, Volume II (INSTITUTOS LACTEC, 2017), apontou a existência de duas comunidades ribeirinhas no município de Baixo Guandu, porém, não há a localização das referidas comunidades.

#### 4.3.2.5 Atividades de Lazer e Turismo

De acordo com o Observatório de Turismo, no Estado de Minas Gerais, o turismo representa 12,6% no número de estabelecimentos formais registrados como entes econômicos e com uma representatividade de 5,5% da renda total dos trabalhadores alocados no setor turístico em relação às outras atividades econômicas de Minas Gerais.

Ainda segundo o Observatório, contudo, o setor turístico tem atravessado um período de instabilidade econômica, como os demais setores da economia desde a crise especulativa mundial de 2008, que se agravou no Brasil a partir de 2014. Na análise sobre todo o Estado de Minas Gerais, entre 2016 e 2017 houve uma queda de 0,5% no número de estabelecimentos formais do setor, com as maiores quedas (0,9%) nas agências e operadoras e comércio e serviços. Contraditoriamente, a renda média nominal mensal dos empregados do setor de turismo em Minas Gerais cresceu 5,9% em 2017, atingindo um valor de R\$ 1.607,56 – o seu máximo entre os anos estudados – com Minas Gerais atingindo sua maior marca em termos de crescimento no período de 2012 a 2017 se comparado aos outros estados da Região Sudeste, com o maior fluxo turístico desde o início da série histórica ao receber 26,5 milhões de turistas.

A região onde se insere a RPPN Fazenda Bulcão tem o município de Aimorés, como o mais desenvolvido economicamente. Este município apresentou ganhos econômicos com o setor de turismo no período compreendido entre 2010 e 2014, variando entre R\$ 4.478.000,00 para R\$ 6.080.000,00, respectivamente, portanto um crescimento da ordem de 73,6% nesse período.

Apesar deste crescimento, quando estes números são comparados com a participação no nível estadual, Aimorés apresenta-se com uma baixíssima participação econômica do setor turístico. Por exemplo, no último ano em análise, 2014, a participação do setor turístico destes municípios em relação ao nível estadual ficou em 0,04%, conforme indicado na Tabela 45.

Tabela 45: Valor Adicionado em valores correntes do Turismo por Territórios de Desenvolvimento e municípios de Minas Gerais - 2010-2014

Área (território)	Valor adicionado em valores correntes (R\$ mil)				
	2010	2011	2012	2013	2014
<b>MINAS GERAIS</b>	9.539.444	10.353.892	12.320.708	13.700.707	14.997.757
Aimorés	<b>4.478</b>	<b>4.162</b>	<b>5.026</b>	<b>6.089</b>	<b>6.080</b>

Fonte: Modificado de FJP, Fundação João Pinheiro, 2017.

Considerando a RPPN, os principais projetos vigentes na UC são a recuperação florestal, o monitoramento dos sítios recuperados e campo de vivência para alguns projetos de educação ambiental do Instituto Terra, além de futuramente ser um espaço para o turismo ecológico. Recentemente foi descoberto um sítio arqueológico dentro da RPPN, que já é uma referência para o município e alvo de visitas (INSTITUTO TERRA, 2010).

Apesar da pouca participação do turismo na economia regional é importante destacar as atividades socioculturais da RPPN Fazenda Bulcão, que desenvolve uma série de atividades educativas, culturais e de capacitação para o enfrentamento dos problemas ambientais, como prevenção a incêndios, entre outros.

Na área de estudo, o uso agropecuário predomina, provavelmente com técnicas inadequadas do ponto de vista da sustentabilidade desses empreendimentos. A RPPN vem contribuindo para uma mudança de paradigma por meio da capacitação em práticas ligadas ao mundo rural, que buscam a transição de modelos agrícolas agroquímicos para modelos agroecológicos ou sustentáveis (GLIESSMAN, 2000).

O mapa de nodalidade da área, Mapa 16, contribui para análise da situação de mobilidade na região, com a indicação dos maiores índices encontrados nos setores oeste, próximo ao município de Aimorés e ao sul, vindo da cidade de Aimorés também. Antes do rompimento da Barragem de Fundão, já existia uma malha densa de estradas vicinais e trilhas, sendo uma delas de terra que corta a Unidade de Conservação, e duas estradas principais asfaltadas, ao norte e sul da UC.

Em campo foi possível observar a condição das vias. A cidade de Aimorés é atravessada por um trecho da BR 101, porém a estrutura e manutenção da estrada é muito precária, seu trajeto passa em meio ao bairro, o trecho é estreito e de péssima qualidade (com muitos buracos ao longo da via) (Figura 8).

Figura 8: BR 101 em Aimorés



Segundo o Instituto Terra, ao longo dos anos, a RPPN Fazenda Bulcão e o Instituto Terra adquiriram uma dinâmica própria que tem trazido resultados significativos para o desenvolvimento sustentável regional. Os projetos desenvolvidos resultaram na formação de jovens agentes de desenvolvimento sustentável, a recuperação florestal de 50% da RPPN, a formação de monitores ambientais mirins em vários municípios da bacia do Rio Doce, diversas campanhas para levantar a fauna e flora em recuperação dentro da RPPN e que indicam o restabelecimento do ecossistema local, e ainda a criação de um museu arqueológico e o reconhecimento dos sítios arqueológicos como espaços de lazer, recreação e aprendizado (TERRA, 2010).

Segundo o Instituto que administra a RPPN, o patrimônio municipal, embora de inegável valor histórico e cultural, ainda é subestimado. Aimorés guarda em suas avenidas edificações representativas de diversos estilos e tempos, que formam um belo acervo de patrimônio cultural. Existem na cidade alguns espaços em que se pode conviver um pouco da cultura, como cinema e o museu arqueológico na sede do Instituto Terra, o museu histórico no centro da cidade, onde também funciona a Casa da Cultura e o departamento de turismo, que vem contribuindo para a recuperação, através de festas e feiras, da cultura local e regional.

Destaca-se, nessa abordagem regional, o papel da Estrada de Ferro Vitória-Minas, como elemento que conecta a região e seus atrativos. Mais que isso, ela foi e é um marco na formação histórica da região e símbolo da modernidade local, nos quais os galpões, estações e demais construções ao longo de seu eixo, são reconhecidos como patrimônios e símbolos de identidade regional. Os municípios de Aimorés e Baixo Guandu foram consolidados a partir da construção da Ferrovia, seu casario representa “os processos sociais na valorização do espaço ferroviário, [que configuraram as] forças produtivas e modo de produção; circulação e espacialidade; velocidade e escala produtiva” (Teixeira; Ribeiro, 2009).

Considerando essas informações, a estruturação de um roteiro de visita à região pode ser pensada como constituída por elementos da paisagem natural, a partir da RPPN em análise.



Pode-se pensar num roteiro mais amplo a partir da ferrovia, que conecta os dois municípios e a RPPN, e no qual há a oportunidade do visitante conhecer não só a natureza conservada pela UC, como também toda uma produção histórico cultural, já inventariada, entre outros, por Motta (2017) que realizou um consistente levantamento sobre o patrimônio cultural material e imaterial das duas cidades. Nesse inventário destaca-se uma rica produção cultural ligada a artesanato, artes visuais, música, equipamentos culturais, feiras e mercados, sabores, festas e eventos e, é claro, ao lazer da população local.

Figura 9: Estação Ferroviária de Aimorés.

Segundo Teixeira; Ribeiro (2009, p. 12) nela “destaca-se a utilização de elementos essencialmente neoclássicos, já descritos anteriormente, como o frontão, marcando a edificação como exemplar de destaque de certa época”.



Fonte: Teixeira; Ribeiro (2009, p. 12)

Finalmente, destacam-se ainda no nível regional os trabalhos desenvolvidos pela RPPN Fazenda Bulcão como o Projeto Terrinhas, do Instituto Terra. Este projeto visa à formação de agentes ambientais mirins – estudantes do ensino fundamental da rede de ensino pública regional – que se transformam em facilitadores juntamente com os professores monitores para a criação da agenda ambiental escolar - agenda 21. Este público utiliza as instalações do Instituto Terra para a realização de suas atividades, sendo que algumas vivências de campo utilizam as trilhas situadas na RPPN.

Todas essas ações são voltadas predominantemente para moradores dos dois municípios, Aimorés e Baixo Guandu, e, portanto, são elementos centrais das práticas de lazer. Não há atividades turísticas consolidadas na UC. Estas estão ainda voltadas a um apelo regional, não atraindo número significativo de turistas de polos emissores importantes do Brasil, como Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. O fluxo turístico na região está embasado, segundo Costa Junior (2014); Cunha (1998) e (2018) em visitantes oriundos da região do médio Rio Doce e local e, segundo esses autores, há grande potencial para o turismo cultural, ecoturismo, turismo de aventura, como desdobramento do patrimônio cultural material e imaterial, como o relacionado por Mota (op. cit.) para vivências e experiências de turistas. Mas essas atividades de turismo ainda são potenciais e não reais.



O fluxo atual de visitantes na UC é, como já indicado, de moradores da região do médio Rio Doce, que frequentam a RPPN para práticas de lazer na natureza. Os visitantes, além da RPPN, buscam na região as belezas cênicas, relevo montanhoso, encostas rochosas e com diversas vistas panorâmicas que permitem a visualização do Rio Doce, do Vale com suas montanhas rochosas e a pequena e pitoresca cidade de Aimorés.

A presença de moradores da região que elegem esses locais “naturais” para visitas, acaba dificultando uma possível caracterização do perfil de turistas. Há uma minoria que pode ser considerada como ecoturistas que buscam uma re-ligação à natureza; mas o que predomina são grupos oriundos dos quatro municípios buscando nessas áreas “benefícios psicológicos”, de difícil ou impossível mensuração, à medida que o uso desses espaços ao ar livre, aumenta a integração social e a interação entre vizinhos (CHIESURA, 2004), 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).

A paisagem da RPPN é uma composição de remanescentes florestais e elementos produzidos pela sociedade no passado, ocorrendo três sítios arqueológicos, que se encontram em bom estado de conservação para a visitação, a saber: Nascente Bulcão; Morro da Caixa D’água; e Morro do Bateu.

Também é importante destacar na paisagem as atividades que ocorriam no fundo do vale, onde corre o Rio Doce. Embora fora da área de uso público da UC, o Rio Doce complementa as funções de lazer e turismo, na abordagem simbólica de pertencimento e em suas materialidades.

Antes do rompimento da barragem, em vários pontos da Bacia do Rio Doce, o rio e suas margens eram muito utilizados como espaço de esporte, lazer e recreação (DIAS, 2011). Contudo, antes da lama de detritos chegar a área com o rompimento da barragem, o leito do Rio Doce já apresentava problemas ambientais. Em 2011 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.).

#### **4.3.2.6 Visitação da RPPN Fazenda Bulcão**

Em 2010 foi elaborado o Programa de Visitação da RPPN Fazenda Bulcão que estabeleceu as regras de atendimento ao público. As visitas são agendadas previamente e incluem as dependências do Instituto Terra, onde os projetos desenvolvidos são apresentados, o jardim e o viveiro. Para conhecer as ações de recuperação, são organizadas excursões à RPPN.

Em 2009 iniciou-se na RPPN a concepção de um programa de visitação sob responsabilidade da gerência de sustentabilidade. Foram definidos o público alvo e alguns pacotes de visitação: pacote ecoturismo institucional, e vivência.

No Plano de Manejo há também outro programa, o de Educação Ambiental, o qual é bastante ativo com o público escolar das cidades do entorno. Das principais ações deste programa, destacam-se:

- Projeto Meio Ambiente na Educação: destinado a promover a formação de educadores das escolas de Aimorés e de outros municípios da região;

- Agenda Ambiental Escolar: mais conhecido como Projeto Terrinhas, iniciado em 2005, para um grupo de 375 alunos da rede escolar de Aimorés; Formação de jovens técnicos agrícolas (iniciado em 2005);
- Recuperação Ecosistêmica (implantação);
- Recuperação Ecosistêmica (manutenção);
- Produção de mudas nativas;
- Cursos/eventos com Temática Ambiental;
- Projetos de Extensão Ambiental;
- Formação de Agentes de Desenvolvimento Rural Sustentável;
- Recebimento de Visitantes Programados;
- Reuniões em Comitês (CBH's) e câmaras técnicas;
- Reuniões da CIPA e SIPAT.

Importante destacar a infraestrutura destinada a visitação da UC, que está bem planejada para o atendimento do público e contém 2 salas, 1 área de exposição, recepção, portaria, sala de uso múltiplo, espaço para realização de eventos (exposições, palestras), 3 salas de aula com capacidade para 25 pessoas cada, biblioteca, Núcleo Museológico e Arqueológico, cine-teatro-auditório com capacidade para 160 pessoas, refeitório com capacidade para servir 90 refeições, residência para alunos com capacidade para 30 pessoas, alojamento para participantes de cursos e professores com capacidade para 102 pessoas (Figura 10). Nessa infraestrutura ocorrem atividades monitoradas, com monitor treinado/ agente de desenvolvimento sustentável/ estudante do Centro Avançado.

Figura 10: Infraestrutura voltada à educação ambiental e cursos de capacitação da comunidade



Com base nas informações consultadas, a RPPN Fazenda Bulcão não apresenta nenhum estudo sobre manejo do impacto da visitação. A partir dos trabalhos de campo e principalmente em oficinas de planejamento, pode-se estabelecer com especialistas, *trade* e o gestor e sua equipe técnica, os principais

indicadores, as estratégias e formas de verificação para montagem de uma matriz de avaliação de impacto, como preconiza os estudos de Zimmerman (2011) e São Paulo (2002).

Embora a RPPN desenvolva uma atividade bastante consistente com os escolares, é pode-se 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 estão assentadas as atividades para escolares, o que é conveniente, pode 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.

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 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). O Ministério do Turismo do Brasil definiu a Interpretação Ambiental como

Uma maneira de representar a linguagem da natureza, os processos naturais, a inter-relação entre homem e a natureza, de maneira que os visitantes possam compreender e valorizar o ambiente e a cultura local (BRASIL, 2010, p. 24).

A RPPN pode ser entendida como elemento central para estruturação do lazer e turismo no entorno, com possibilidades de desenvolvimento socioeconômico e ligado à inclusão social local (NASCIMENTO; ARAUJO, 2015). Um roteiro de visitação incorporando atrativos do interior e entorno da UC amplia as possibilidades de entendimento da produção do espaço local, não se prendendo apenas às questões ambientais da área. O patrimônio ferroviário, e todo o inventário do patrimônio material e imaterial das cidades, como destacado no tópico precedente, são bons exemplos dessas possibilidades de integração.

## 5. EXPEDIÇÃO

### 5.1 METODOLOGIA

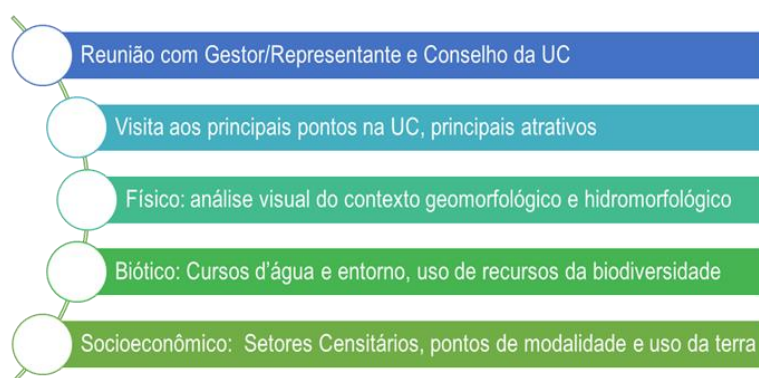
A expedição teve como objetivos a complementação de dados referentes a lacunas identificadas por meio de conversas e reuniões com gestores, moradores e usuários das UCs; além do reconhecimento da Unidade de Conservação e da área de estudo *in locu*. Foi realizada entre os dias 08 e 15 de fevereiro de 2019 com o conjunto da equipe de especialistas, após a realização da Oficina de Diagnóstico, quando cada uma das seis Unidades de Conservação foram visitadas.

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 Anexo V.

A estrutura que orientou o planejamento da expedição está ilustrada na Figura 11. 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 11: 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 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, conforme Tabela 46.

Tabela 46: Características extra e intra-canal do trecho fluvial observados em campo.

<b>Características extra e intra-canal do trecho fluvial observado</b>	
<b>Sinuosidade do rio</b>	Trechos retilíneos ou encaixados, segmentos entrelaçado, meandrante, anastomosado.
<b>Número de canais</b>	Segmento único ou múltiplo.
<b>Tipo de materiais visivelmente presentes no leito e/ou nas margens</b>	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 e 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 rompimento, e em diversos intervalos posteriores, é assim dificultado.

Sendo assim, e considerando que a expedição não contempla a amostragem 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) sobre o 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.

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 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 RPPN Fazenda Bulcão, da Fundação 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 de mamíferos presentes, sobre as atividades de caça e outros impactos sobre a mastofauna, bem como a extensão da cobertura da lama nas áreas mais próximas à UC.

A ida a campo, durante dois dias, envolveu a estadia no alojamento da própria RPPN. Houve uma apresentação sobre a origem, objetivos e estrutura da RPPN, e visitas às diferentes áreas da UC. Foram feitas entrevistas com vigias e funcionários sobre as espécies presentes e possíveis impactos sobre os mamíferos. Utilizou-se o diagnóstico e as listas de espécies como base para as questões.

Uma fonte importante de informações sobre a região e sua mastofauna consistiu nos resultados do levantamento conduzido pela empresa Bicho do Mato, contratada pela Fundação Renova para monitorar a biodiversidade 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. 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 representem 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, ainda que a RPPN Fazenda Bulcão seja a UC com mais informações consistentes tornadas públicas sobre estruturas para práticas de visitação e lazer, centro de visitantes, áreas de recreação, sistema de hospedagem ou o manejo de trilhas, as atividades foram consideradas o ponto de partida da análise de um programa de visitação.

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 entorno da 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 disponíveis.

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 fossem verificados. Foi realizada, então, uma imersão tão profunda quanto 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.

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 realizadas<sup>10</sup>, foram percebidos como portadores de informações relevantes sobre aspectos histórico-culturais relativos às práticas de lazer comunitárias.

Assim, as entrevistas com esses atores-chave visaram 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 de 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” entre a equipe e a comunidade (FERREIRA, 1996). Desta forma, as entrevistas procuraram 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.

A proposta técnica do Instituto Ekos Brasil apresenta como objetivo principal da expedição a complementação de dados, o reconhecimento da UC 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 de Diagnóstico).

#### **Roteiro metodológico e protocolo de entrevistas**

---

<sup>10</sup> 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.

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 Visitação: observações na comunidade, entrevistas, levantamentos das potencialidades, fragilidades e riscos ambientais da área.
- Termo de Aceite – participação na pesquisa:
  - Os dados coletados serão usados para a identificação de impactos sobre a 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 forem utilizadas no relatório (serão enviadas ao endereço fornecido).

## Roteiro de entrevista

Para cada entrevistado foi elaborado um roteiro que pode conter 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”<sup>11</sup>. 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).

<sup>11</sup> Descreve-se a situação ideal para aplicação da técnica. Eventuais alterações podem acontecer.

Na cadeia de entrevistas oriundas da “bola de neve” podem ser arguidos até três sujeitos abrangendo moradores do interior ou dos bairros vizinhos à UC. Com isso, espera-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.

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 social;
- Entrevistas com gestores e “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.

## **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 RPPN Fazenda Bulcão podem ter sido impactados pelo fluxo de rejeito originado do rompimento da Barragem de Fundão, no dia 13/02/2019 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 12 e Tabela 47 pelo número do ponto que demarca sua posição geográfica por GPS.

Figura 12: Locais visitados durante a expedição



Tabela 47: Pontos dos locais visitados durante a expedição

Ponto	Identificação	Data	Elevação (Z)	Coordenadas UTM	
				Latitude	Longitude
62	RPPN Fazenda Bulcão Aimoré: trilha para a caixa d'água	13/02/2019	208	281318,320821	7840341,924320
63	Visão do Rio Doce e da barragem de Aimoré no alto da trilha da RPPN Fazenda Bulcão	13/02/2019	251	281967,399450	7842305,688530
65	Ponte sobre o rio Manhuacu	13/02/2019	91	280130,576546	7844391,946280
67	Margem esquerda do Rio Doce sobre a ponte da barragem de Aimorés	13/02/2019	99	279735,972580	7847183,788050
70	Mirante do leito de vazão reduzida do Rio Doce. Trecho de ocorrência do "canalão"	13/02/2019	87	282747,563835	7843426,923820
71	Mirante mais a jusante do leito de vazão reduzida do Rio Doce e canalão	13/02/2019	86	283585,306825	7843565,892550



72	Ponte sobre o leito de vazão reduzida do Rio Doce e do "canalão", em Aimorés	13/02/2019	82	288645,161757	7841908,879690
----	--	------------	----	---------------	----------------

Na área de estudo, destacam-se na paisagem a exposição de estruturas rochosas (inselbergs graníticos e de gnaisses), intercaladas por formações de montanhas, morros e colinas. Estas feições do relevo possuem topografias mais rebaixadas e, muitas vezes, margeiam os inselbergs, indicando a incidência de fortes processos de intemperismo nas estruturas rochosas expostas à superfície, e que contribuem para a formação de depósitos coluviais. Esses morros e colinas se conectam com a drenagem do Rio Doce e outros tributários de grande importância regional (tal como o Rio Manhuaçu) nas zonas mais depressivas do relevo, onde se pode identificar a planície fluvial. Esta planície é relativamente pequena quando comparada a outros trechos da bacia do Rio Doce localizados mais a jusante, sendo fortemente controlada pelo contato abrupto da calha principal com o embasamento cristalino, o qual condiciona e espraia o fluxo do rio, alargando sua área de influência.

A área de estudo abrange unidades de relevo de montanhas e morros, permitindo uma visão panorâmica da região nas áreas de topografia mais elevada. Contudo, a sede da UC ocupa posições topograficamente mais rebaixadas, próxima aos vales do Rio Bulcão.

No trecho do Rio Doce a montante da área de estudo, ao norte da sede da RPPN Fazenda Bulcão, localiza-se a barragem da Usina Hidrelétrica de Aimorés. Com a sua construção (em 2005), esse trecho, responsável pela drenagem da cidade de Aimorés, passou a receber apenas o fluxo reduzido do Rio Doce e o Rio Manhuaçu, recondicionando a dinâmica das águas superficiais e subsuperficiais, e expondo parte da calha fluvial à superfície.

A construção da barragem aumentou a zona de remanso do Rio Doce e o potencial dos fluxos de retorno desse trecho em direção a montante. O fluxo lento na barragem faz com que esta seja uma zona de baixa energia, o que potencializa processos de deposição de sedimentos nessa seção. Nessa porção o rio é largo, as margens vegetadas com presença de grãos arenosos mais finos. A água no período visitado, apresentou aspecto avermelhado (turvo), provavelmente devido ao tipo de material em suspensão nessa época do ano (época de chuvas), que eleva a concentração de silte e argila na coluna d'água.

Nas margens a jusante da Barragem de Aimorés, o fluxo reduzido do Rio Doce permite a visualização de grandes blocos rochosos, matacão, cascalho e areia. Uma das margens é ocupada por estruturas urbanas da cidade de Aimorés, mas nota-se a predominância de areias (finas e médias). A margem oposta é vegetada, provavelmente pelo encontro quase abrupto dos inselbergs com a calha do rio.

Figura 13: Fotos tiradas no dia 13/02/2019, durante a expedição de campo na RPPN Fazenda Bulcão (Aimorés, MG): (1) vista do relevo e do Rio Doce onde está situada a barragem de Aimorés; (2) Inselbergs próximos a margem fluvial vegetada e com o fluxo do Rio Doce reduzido, a jusante da barragem; (3) barragem de Aimorés; (4) Trilhos sobre ponto no Rio Manhuaçu.



Além da observação do contexto da paisagem e da geomorfologia fluvial, foram realizadas 3 entrevistas semi-estruturadas com técnicos de empresas e representantes da Unidade de Conservação.

Segundo os entrevistados, a região é rica em nascentes com água mineral de boa qualidade oriunda dos córregos que nascem na região e vertem em direção ao Rio Doce. Profissionais do Instituto Terra, responsáveis pela RPPN Fazenda Bulcão, disseram que dentre as ações de conservação realizadas na UC, destacam-se projetos de recuperação de nascentes (Projeto Olhos D'água), onde atualmente mais 2.000 já estão em processo de regeneração.

Para os entrevistados, o rompimento da Barragem de Fundão não trouxe grandes impactos ao meio físico da Unidade de Conservação porque as águas que drenam a área de estudo, e de onde é feita a captação para abastecimento público do município vem do Rio Manhuaçu. Na posição da área de estudo, o fluxo do Rio Doce já é em grande parte desviado pelo barramento da Usina de Aimorés.

Técnicos da empresa Aliança afirmaram que após o desastre da Barragem de Fundão, uma das medidas preventivas tomadas pela empresa foi a paralização das turbinas e fechamento de vertedouros, reduzindo a passagem da água lamosa, carregada de rejeito. Isso foi feito para “segurar” ao máximo os sedimentos, e assim reduzir os impactos na estrutura da Usina de Aimorés e nas seções do Rio Doce a jusante. Contudo, segundo os entrevistados, o assoreamento causado pela deposição de rejeito na barragem de Aimorés foram muito baixo (média de 20 cm). Os sedimentos eram muito leves e estavam suspensos na coluna d'água, e boa parte continuou sendo levada pelo fluxo do rio, dentro da calha principal durante os primeiros dias pós desastre.

Logo após o desastre, em alguns trechos do rio, os entrevistados observaram que houve alguma deposição de rejeito pela mudança na coloração das rochas nas margens, porém nada muito significativo. Com a chegadas das chuvas essa coloração foi rapidamente removida.



A equipe do Instituto Terra afirmou que no ano de 2015 a região já estava assolada com uma seca que perdurava por 3 anos, até a chegada das chuvas desse período. Isso fez com que os processos erosivos aumentassem, desencadeando a maior produção e transporte de sedimentos para os vales e, consequentemente, com as primeiras chuvas, seriam arrastados para os cursos fluviais. Assim, sem atrelar necessariamente a uma condição direta de causa-efeito, técnicos do Instituto relataram que após o desastre de Fundão, em termos administrativos, a qualidade ambiental da área da UC até melhorou, por duas questões: (i) as chuvas aumentaram, desde 2016 até hoje, e (ii) com o rompimento de Fundão foram realizados mais investimentos para realização de projetos e atividades de manejo na UC. Mediante a estes dois condicionantes, o córrego Bulcão, por exemplo, agora tem suas margens mais revitalizadas e o fluxo de água mais caudaloso.

A impressão de uma das educadoras do Instituto Terra é que o desastre de Fundão pode ter agravado uma situação de fragilidade ambiental que já existia, gerada em um primeiro momento, pela construção da Barragem de Aimorés. Essa fragilidade no meio físico pode ter sido agravada por processos cumulativos de alterações na dinâmica fluvial do Rio Doce, onde se situa a barragem, e nas zonas de confluência com o Rio Manhuaçu, interferindo, dessa forma, no fluxo do rio que percorre o trecho a jusante (e que abrange a área de estudo).

Interessante destacar que nesse trecho do Rio Doce existem relatos sobre a existência de um “canalão”, termo regionalmente conhecido (inclusive em outras regiões a montante do Rio Doce) por onde a água “some”. De acordo com o conselheiro da bacia do Rio Doce, Henrique Lobo, o chamado “canalão” é uma zona de contato entre diferentes estruturas geológicas, com aproximadamente 1 km de extensão e 30 m de profundidade, localizado no trecho do Rio Doce do município de Aimorés. Segundo ele, no “canalão” o fluxo de água ganha velocidade e por isso não são áreas com tendência a deposição de sedimentos finos (que estejam sendo transportados em suspensão). Antigamente o “canalão” recebia o fluxo das águas caudalosas do Rio Doce, formando um funil em direção a um sumidouro submerso. Com a construção da barragem, o fluxo desse trecho foi muito reduzido.

Figura 14: Trecho do Rio Doce na área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão (Aimorés, MG). Calha do rio de fluxo reduzido e onde se situa o “canalão”: (1) Vista do mirante, (2) Ponte sobre o Rio Doce (vista à montante do rio). Data: 13/02/2019.



Em síntese, os entrevistados consideram que o desastre do rompimento da Barragem de Fundão trouxe mais visibilidade para a degradação local e da bacia do Rio Doce que já existia, e creem que tal situação pode trazer alguns benefícios para a bacia e para a região, tais como maiores incentivos a projetos socioambientais e/ou diretamente focados na recuperação de áreas degradadas, tanto na Unidade de Conservação quanto nas áreas abrangidas por sua Zona de Amortecimento.

## 5.2.2 Meio Biótico

### Vegetação

No dia 13 de fevereiro de 2019, a RPPN Fazenda Bulcão recebeu a expedição para vistoria de campo.

A RPPN fica em uma área onde sua vegetação original pertence à Floresta Estacional Semidecidual. Ao longo de sua ocupação, foi recoberta em quase sua totalidade por pastagens altamente degradadas. Pôde-se constatar que a maior parte da vegetação se constitui de floresta revegetada em estágio inicial a médio de regeneração (Figura 15). Ainda há exemplares de peroba do campo (*Paratecoma peroba*) (Figura 16) que restaram da frequente extração de madeira na área no passado.

Muito comum em diversos locais da Fazenda Bulcão são os agrupamentos quase homogêneos de aroeiras (*Myracrodruon urundeuva*). O porte dessas árvores varia de 3 m a mais de 15 m, sendo que cada agrupamento apresenta uma predominância de um determinado tamanho. Em geral, as árvores possuem diversos troncos, testemunhando os frequentes cortes que sofreram na tentativa de reduzir sua população e abrir áreas para pasto. Frequentemente, o solo nestes agrupamentos de aroeira apresenta-se bastante raso. Em decorrência do sombreamento, do pisoteio do gado, de roçadas frequentes e de uma possível alelopatia, o estrato inferior é bastante ralo. Poucas espécies são observadas no interior dos agrupamentos de aroeira, destaca-se o angico canjiquinha (*Pelthophorum dubium*), a ganassaia (*SeQUIERIA guaraníTICA*), a maria-pobre (*Ramisia brasiliensis*) e a vareteira (*Sebastiania* sp.). Há manejo frequente dessa espécie, a fim de se abrir espaço para a regeneração de outras espécies vegetais.

Embora a área necessite ainda de intervenções no sentido de acelerar a restauração florestal, as ações até agora adotadas permitiram um grande ganho ecológico, através da cobertura do solo, da formação de dossel e do aumento da diversidade vegetal. A área tem sido palco de um dos mais bem-sucedidos esforços de restauração ecológica em toda a região, servindo de exemplo para futuras iniciativas.

Foi visitado também o viveiro de mudas da RPPN mantido pelo Instituto Terra, responsável pela manutenção do reflorestamento da área.

A RPPN encontra-se ilhada em meio a propriedades sem cobertura vegetal, na sua maioria pastagens degradadas, necessitando de APPs para a ligação dos poucos fragmentos ainda existentes na região.

Por equidistar 1,3 km da calha do Rio Doce, não foram observadas alterações na vegetação por conta da lama de rejeitos advinda do rompimento da Barragem de Fundão.

Figura 15: Vista da área revegetada da RPPN Fazenda Bulcão.

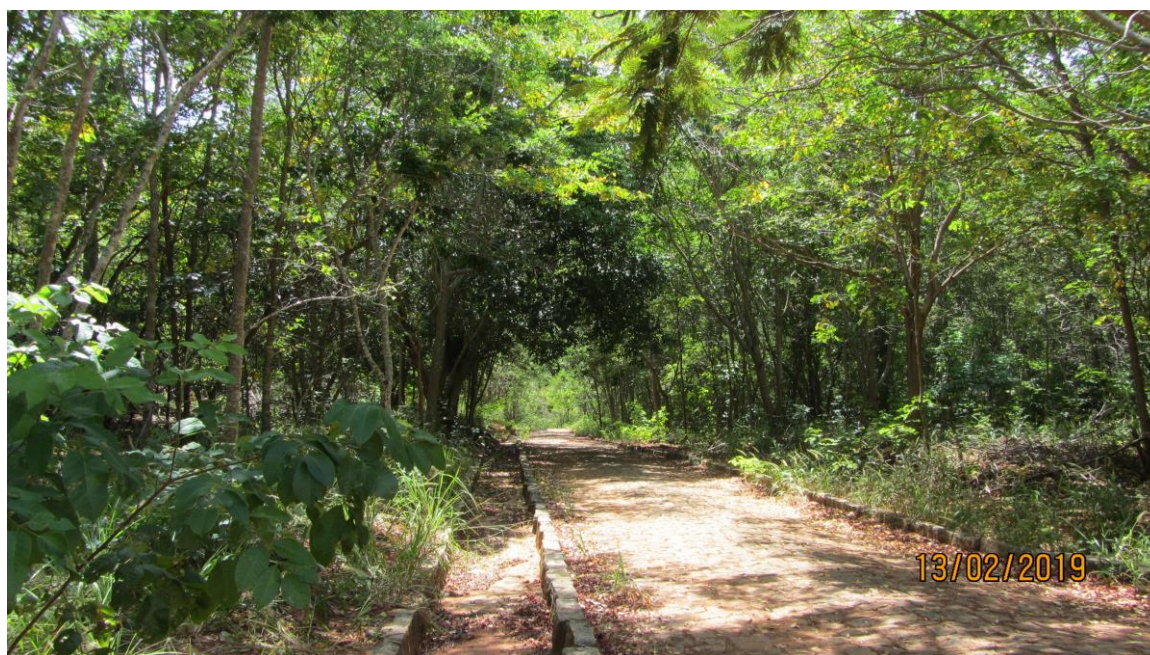




Figura 16: Indivíduo de peroba do campo na RPPN Fazenda Bulcão.



## Mastofauna

Durante a oficina, a visita de campo e a conversa com funcionários da RPPN 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 oportunidades e problemas.

Aos dados obtidos em campo foram acrescentados os resultados da primeira campanha realizada pela empresa Bicho do Mato durante a estação seca, que representa uma adição importante ao conhecimento da mastofauna da região.

As tabelas abaixo (Tabela 48, Tabela 49, Tabela 50) resumizam estas informações, para pequenos mamíferos não-voadores, quirópteros e mamíferos de médio e grande porte.

Tabela 48: Lista de espécies de pequenos mamíferos de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão, verificados durante a campanha de campo e registrados através do monitoramento realizado pela empresa Bicho do Mato.

Táxon	Nome vulgar	IUCN	BR	MG
<b>Didelphimorphia</b>				
<b>Didelphidae</b>				
<i>Caluromys philander</i>	cuíca-lanosa	LC		
<i>Chironectes minimus</i>	cuíca-d'água	LC		VU
<i>Didelphis aurita</i> **	gambá-de-orelha-preta	LC		
<i>Philander frenatus</i> **	cuíca de quatro olhos	LC		
<i>Marmosops incanus</i> ***	cuíca	LC		
<b>Rodentia</b>				
<b>Cricetidae</b>				
<i>Abrawayaomys ruschii</i>	rato-do-mato	LC		VU
<i>Akodon cursor</i>	rato-do-campo	LC		
<i>Blarinomys breviceps</i>	rato	LC		
<i>Calomys</i> sp.***	rato do mato	LC		
<i>Cerradomys subflavus</i> ***	rato-da-árvore	LC		
<i>Euryoryzomys russatus</i>	rato	LC		
<i>Hylaeamys laticeps</i>	rato	NT		
<i>Necomys lasiurus</i>	rato-pixuna	LC		
<i>Nectomys squamipes</i>	rato-d'água	LC		
<i>Oecomys catherinae</i>	rato	LC		
<i>Oligoryzomys nigripes</i>	rato-do-arroz	LC		
<i>Oxymycterus dasythrichus</i>	rato	LC		
<i>Rhipidomys mastacalis</i>	rato-da-árvore	LC		
<i>Thaptomys nigrita</i>	rato-do-mato	LC		
<b>Echymyidae</b>				
<i>Kannabateomys amblyonyx</i>	rato-da-taquara	LC		
<i>Phyllomys pattoni</i>	rato-de-espinho	LC		

<i>Trinomys gratusus</i>	rato-de-espinho	LC		
<i>Trinomys setosus</i>	rato-de-espinho	LC		
<b>Sciuridae</b>				
<i>Guerlinguetus ingrami</i> ** e ***	caxinguelê			

Legenda:\*\* - espécie confirmada no campo através de entrevistas; \*\*\* espécie registrada através de monitoramento pela empresa Bicho do Mato.

Os ambientes presentes e o estado de conservação atual das áreas florestadas, conforme observado em campo, sugerem que as espécies de pequenos mamíferos listadas como de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão podem de fato estar presentes. Sendo assim, não foram retiradas espécies da lista.

Os resultados preliminares da campanha seca realizada pela empresa Bicho do Mato acrescentaram duas espécies de pequenos mamíferos à lista de provável ocorrência elaborada para o diagnóstico: a cuíca-de-quatro-olhos cinza, *Philander opossum*, e um rato do mato cuja espécie ainda não foi identificada (*Calomys* sp.). Estas duas ocorrências não representam novidade para a região, por se tratarem de pequenos mamíferos comuns e de ampla distribuição.

Tabela 49: Lista de quirópteros de provável ocorrência na RPPN fazenda Bulcão.

Táxon	Nome vulgar	IUCN	BR	MG
<b>Ordem Chiroptera</b>				
<b>Emballonuridae</b>				
<i>Pteropteryx macrotis</i>	morcego	LC		
<i>Rhynchonycteris naso</i>	morcego	LC		
<i>Saccopteryx leptura</i>	morcego	LC		
<b>Furipteridae</b>				
<i>Furipterus horrens</i>	morcego	LC	VU	
<b>Molossidae</b>				
<i>Cynomops planirostris</i>	morcego	LC		
<i>Eumops auripendulus</i>	morcego	LC		
<i>Molossus molossus</i>	morcego	LC		
<i>Molossus rufus</i>	morcego	LC		
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	morcego	LC		



<i>Promops nasutus</i>	morcego	LC		
<b>Noctilionidae</b>				
<i>Noctilio leporinus</i>	morcego	LC		
<b>Phyllostomidae</b>				
<i>Anoura caudifer</i>	morcego-beija-flor	LC		
<i>Anoura geoffroyi</i>	morcego	LC		
<i>Artibeus cinereus</i>	morcego	LC		
<i>Artibeus fimbriatus</i>	morcego	LC		
<i>Artibeus lituratus</i>	morcego	LC		
<i>Artibeus obscurus</i>	morcego	LC		
<i>Artibeus planirostris</i>	morcego	LC		
<i>Carollia brevicauda</i>	morcego	LC		
<i>Carollia perspicillata</i> ***	morcego	LC		
<i>Chiroderma villosum</i>	morcego	LC		
<i>Chrotopterus auritus</i>	morcego	LC		
<i>Desmodus rotundus</i> ***	morcego-vampiro	LC		
<i>Diphylla eucadata</i>	morcego	LC		
<i>Glossophaga soricina</i> ***	morcego	LC		
<i>Lonchorhina aurita</i>	morcego	LC	VU	
<i>Lophostoma brasiliensis</i> ***	morcego	LC		
<i>Micronycteris minuta</i>	morcego	LC		
<i>Mimon bennetii</i>	morcego	LC		
<i>Mimon crenulatum</i>	morcego	LC		
<i>Phyllostomus discolor</i>	morcego	LC		
<i>Phyllostomus hastatus</i>	morcego	LC		
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	morcego	LC		
<i>Platyrrhinus recifinus</i>	morcego	LC		
<i>Pygoderma bilabiatum</i>	morcego	LC		

<i>Sturnira lilium</i>	morcego	LC		
<i>Sturnira tildae</i>	morcego	LC		
<i>Trachops cirrhosus</i>	morcego	LC		
<i>Uroderma magnirostrum</i>	morcego	LC		
<i>Vampiressa pusilla</i>	morcego	DD		
<b>Vespertilionidae</b>				
<i>Eptesicus diminutus</i>	morcego	DD		
<i>Lasiurus blossevilli</i>	morcego	LC		
<i>Lasiurus ega</i>	morcego	LC		
<i>Myotis nigricans</i> ***	morcego	LC		

Legenda: \*\*\* - espécie registrada através de monitoramento pela empresa Bicho do Mato

Os dados fornecidos pela Renova, relativos à amostragem da campanha de seca da empresa Bicho do Mato, permitiram conformar a presença de cinco espécies de quirópteros que já haviam sido listadas como de provável ocorrência (marcados com \*\*\*\* na tabela acima). São espécies comuns, e entre elas destaca-se o morcego vampiro, *Desmodus rotundus*.

Tabela 50: Lista de mamíferos de médio e grande porte de provável ocorrência na RPPN Fazenda Bulcão.

Táxon	Nome vulgar	IUCN	BR	MG
<b>Ordem Rodentia</b>				
<b>Caviidae</b>				
<i>Cavia aperea</i>	preá	LC		
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> ** e ***	capivara	LC		
<b>Cuniculidae</b>				
<i>Cuniculus paca</i> **	paca	LC		
<b>Dasyproctidae</b>				
<b>Erethizontidae</b>				
<i>Coendou spinosus</i> **	ouriço	LC		
<b>Ordem Lagomorpha</b>				
<b>Leporidae</b>				

<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	tapiti	LC		
<b>Ordem Cingulata</b>				
<b>Dasypodidae</b>				
<i>Dasypus novemcinctus</i> **	tatu-galinha	LC		
<i>Dasypus septemcinctus</i> **	tatu-galinha-pequeno	LC		
<i>Euphractus sexcinctus</i> **	tatu-peba	LC		
<b>Ordem Pilosa</b>				
<b>Bradypodidae</b>				
<b>Myrmecophagidae</b>				
<i>Tamandua tetradactyla</i> **	tamanduá-mirim	LC		
<b>Ordem Carnivora</b>				
<b>Canidae</b>				
<i>Cerdocyon thous</i> **	cachorro-do-mato	LC		
<i>Chrysocyon brachyurus</i> ***	lobo guará	NT	VU	VU
<b>Felidae</b>				
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> **	jaguarundi	LC	VU	
<i>Leopardus pardalis</i> **	jaguaritica	LC		VU
<i>Leopardus guttulus</i> **	gato-do-mato-pequeno	LC	VU	VU
<b>Mustelidae</b>				
<i>Lontra longicaudis</i> **	lontra	NT		VU
<b>Procyonidae</b>				
<i>Nasua nasua</i> ** e ***	quati	LC		
<i>Procyon cancrivorus</i> ** e ***	mão-pelada	LC		
<b>Ordem Primates</b>				
<b>Atelidae</b>				
<i>Alouatta guariba</i> **	bugio	CR		CR
<b>Cebidae</b>				

<i>Callithris geoffroyi</i> **	sagui-de-cara-branca	LC		
<i>Sapajus nigritus</i> **	macaco-prego	NT		

Legenda: \*\* - espécie confirmada no campo através de entrevistas; \*\*\* - espécie registrada através de monitoramento pela empresa Bicho do Mato.

A lista de mamíferos de médio e grande porte de provável ocorrência foi bastante alterada após a campanha de campo. As entrevistas realizadas e a observação dos ambientes disponíveis resultaram na diminuição do número de espécies que atualmente ocorrem na RPPN Fazenda Bulcão. É importante notar que a ausência de tais espécies não está relacionada ao rompimento da barragem. Como a lista (Anexo III Lista de provável ocorrência de mamíferos de médio e grande porte) 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 RPPN possivelmente por causa de sua proximidade com áreas urbanas e o histórico da Fazenda.

Não estão presentes, segundo as entrevistas realizadas, embora fossem esperados com base na distribuição, a cutia (*Dasyprocta leporina*), duas espécies de preguiça (*Bradypus torquatus* e *B. variegatus*), espécies de grande porte como a anta, *Tapirus terrestris*, o cateto (*Pecari tajacu*), o veado (*Mazama guazoubira*) e as onças parda e pintada (*Panthera onca* e *Puma concolor*). Quatro das espécies de primatas aparentemente não ocorrem na RPPN, segundo as entrevistas realizadas: o miqui do norte ou mono-carvoeiro, *Brachyteles hypoxanthus*, duas das espécies de sagui passíveis de ocorrer na área (*Callithrix aurita* e *C. flaviceps*), e o guigó (*Callicebus personatus*). Confirma-se, no entanto a presença do bugio (*Alouatta guariba*), macaco prego (*Sapajus nigritus*), e o sagui da cara-branca (*C. geoffroyi*). Nenhuma das fontes apontou a ocorrência do cachorro do mato vinagre (*Speothos venaticus*) na região. Três espécies de tatus foram mencionadas nas entrevistas, e assume-se que o tatu-canastra *Priodontes maximus* está de fato ausente na UC.

Um registro adicional à lista é o lobo-guará, registrado através de câmera trap pela empresa Bicho do Mato.

A lista de espécies de mamíferos de médio e grande porte para a RPPN Fazenda Bulcão contém 20 espécies, algumas delas de interesse para a conservação. Ressalta-se que a RPPN consiste um excelente local para a reintrodução de espécies como a preguiça de coleira e o mono carvoeiro, devido à sua excelente estrutura de fiscalização e apropriada para pesquisas.

Durante a visita a campo não foram detectados problemas de gestão ou de fiscalização. A caça na região foi reportada, mas não relacionada ao rompimento da barragem.

## Avifauna

Foi realizada uma breve visita de reconhecimento à RPPN Fazenda Bulcão na manhã do dia 13 de fevereiro de 2019, quando se percorreu a pé a principal trilha da UC durante as duas primeiras horas da manhã. No meio do dia foi realizada uma visita de carro para reconhecimento da área como um todo. Durante a visita aproveitou-se para coletar alguns dados primários de maneira oportunista, sendo registradas todas as espécies de aves que foram escutadas vocalizando e/ou observadas com o auxílio de binóculos. Durante os trabalhos de campo foram registradas 43 espécies de aves (Anexo III), sendo que apenas a choca-listrada *Thamnophilus palliatus* não possuía registro anterior para a área de estudos. De uma maneira geral a

avifauna da RPPN é constituída por espécies típicas de áreas abertas, semi-abertas ou de bordas e capoeiras. Algumas poucas espécies apenas são típicas de florestas altas e em melhor estado de conservação (e.g. pica-pau-rei *Campephilus robustus*, arapaçu-de-bico-torto *Campylorhamphus falcularius*, araponga *Procnia nudicollis* e capitão-de-saíra *Attila rufus*). Isso se deve ao fato da área da RPPN se encontrar recoberta por jovens florestas secundárias, ainda sem a estratificação típica de florestas maduras. As árvores são em sua maioria de pequeno porte e o sub-bosque ainda se encontra aberto, com a presença marcante de gramíneas em seu interior.

## 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, a pé, as principais estradas da UC afim de se observar os ambientes e paisagem locais. Durante a expedição foi confirmado, assim como apontado no diagnóstico, que a vegetação, de forma geral, encontra-se dominada por florestas revegetadas em estágio inicial a médio de regeneração. 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 e frequentemente associadas a ambientes alterados e ecologicamente pouco relevantes, além de táxons que apresentam dependência de ambientes florestais e ocorreriam apenas em ambientes de floresta ou em sua borda. Sobre os impactos, confirmou-se que nesse trecho do rio não houve o extravasamento de lama para fora da calha do rio. Portanto, os impactos diretos relacionados ao rompimento da barragem, mantiveram-se restritos à calha e margem imediata do rio e não alcançaram a UC.

Os dados fornecidos pela Fundação Renova, relativos à amostragem da campanha de seca da empresa Bicho do Mato, registraram, para Aimorés, incluindo áreas dentro da UC, apenas seis espécies da herpetofauna, todas elas comuns e de distribuição geográfica relativamente ampla (i.e. *Hypsiboas crepitans*, *Leptodactylus latrans*, *Scinax alter*, *Hemidactylus mabouia*, *Tropidurus torquatus* e *Phrynos geoffroanus*). A maior parte delas já havia sido registrada 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 RPPN Fazenda Bulcão, foi encontrar, caracterizar e analisar a estrutura dos corpos d'água presentes dentro da Unidade, no entorno da mesma (Zona de Amortecimento) e sua confluência com o 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. Além disso, o levantamento visual das características desses corpos d'água, possibilitou algumas especulações direcionadas, com relação às funções ecológicas presentes nos mesmos e, em alguns casos, aos grupos que poderiam estar presentes desempenhando essas funções.

O que chama a atenção, é o fato de que o Rio Doce não faz mais parte da paisagem de Aimorés. Em 2005 o mesmo foi desviado para a construção da Usina Hidrelétrica Eliezer Batista, ou Usina de Aimorés, restando apenas o trecho de vazão reduzida, abastecido parcialmente pelas águas do Rio Manhuaçu e pouca água



do Rio Doce, que aparentemente não são o suficiente para encher toda a calha, deixando um longo trecho de rocha seca entre o que seriam as confluências de 2 riachos que passam pela Unidade e o que restou do Rio Doce. Antes de chegar nesse ponto, os 2 riachos atravessam a área urbana, onde já se encontravam completamente secos. Portanto os poucos corpos d'água encontrados na RPPN e sua Zona de Amortecimento, pertencentes a duas microbacias, estavam isolados de qualquer outro corpo d'água, no momento da expedição.

Soma-se também o fato de que o córrego do Bulcão (Figura 17), que drena a área da RPPN é fragmentado por uma série de pequenos barramentos, que no passado possuíam a função de armazenamento de água para uso na Fazenda, e os que restaram atualmente possuem função estética para o paisagismo da área de visitação da RPPN (

Figura 18). No passado essa foi a via de entrada de um conjunto de espécies exóticas, como a tilápia e o barrigudinho (*Poecilia reticulata*), que sobrepõem o nicho e competem diretamente com algumas espécies nativas comuns em pequenos riachos, como o cará (*Geophagus brasiliensis*) e de espécies nativas de barrigudinhos (pertencentes ao gênero *Phalloceros*).

Figura 17: Córrego do Bulcão, localizado dentro da RPPN Fazenda Bulcão





Figura 18: Represamento do Córrego do Bulcão



Como esperado, por conta da dificuldade de identificação taxonômica precisa apenas através de observação e o uso de nomes populares generalistas (que abrangem muitas espécies, muitas vezes de gêneros e famílias diferentes), não foram acrescentadas novas espécies a listagem e a maior parte das informações levantadas por entrevistas, precisaram ser tratadas de forma superficial, não gerando novas ocorrência, ou confirmando as potenciais. Vale salientar que não constam no plano de monitoramento da ictiofauna, fornecido pela Fundação Renova, pontos de amostragem que abranjam tributários do Rio Doce, suas desembocaduras e pequenos riachos presentes na Unidade Conservação, sendo assim, a informação precisa com relação a espécies, grupos taxonômicos e guildas tróficas, presentes nesses ambientes, não está sendo levantada atualmente.

### 5.2.3 Meio Socioeconômico

A expedição à RPPN Fazenda Bulcão (Figura 19) ocorreu no dia 13 de fevereiro de 2019. Na ocasião foram entrevistadas as seguintes pessoas:

- Isabella Salton, Diretora Executiva;
- Paulo Henrique Ribeiro, Gerente de Meio Ambiente;
- Gladys Nunes Pinto, Analista de Educação Sênior (entrevista gravada)

Figura 19: Sede da RPPN Fazenda Bulcão, em Aimorés



Figura 20: Sra. Gladis, Analista de Educação da RPPN.



Nas conversas foram abordadas questões vinculadas à gestão da área, aos projetos de iniciativa do Instituto Terra para a RPPN, para o município de Aimorés e para a Bacia do Rio Doce. Foi possível obter informações mais detalhadas sobre os projetos desenvolvidos, o que contribui para a complementação do diagnóstico inicial. Também foi abordada a visão dos profissionais acerca dos impactos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na área da RPPN ou no seu entorno. A leitura dos entrevistados é de que a degradação na Bacia é bastante antiga, tendo ocorrido impacto direto substancial em razão da construção da UHE de Aimorés e o desvio do Rio Doce nos municípios de Resplendor, Itueta e Aimorés. O impacto do rompimento da Barragem de Fundão agravou, então, uma situação já bastante degradada.

A estrutura da RPPN foi apresentada à equipe que, posteriormente, foi acompanhada para reconhecimento da área da UC pela estrada interna da RPPN até o mirante, de onde foi possível obter uma visão geral da região, contemplando a cidade de Aimorés, a represa da UHE de Aimorés, o leito do Rio Doce, e a casa de máquinas da UHE, além da cadeia de montanhas que encobre o leito desviado do Rio Doce.

Também se visitou o viveiro de mudas e as áreas com plantio e restauração mais antigas, as mais próximas à sede do Instituto (do ano de 1999).

Foi feito ainda o reconhecimento dos municípios de Aimorés e Baixo Guandu de forma expedita, transitando por suas ruas.



Na expedição ao campo, em conversa com profissionais do Instituto, foram detalhadas as informações acerca das ações do Instituto Terra e da RPPN.

O projeto educativo do NERE– Núcleo de Estudos em Restauração Ecológicas – teve início no ano de 2005. O NERE organiza um curso para 20 alunos bolsistas na faixa dos 20 anos de idade, selecionados na região. Trata-se de um curso com 2.000 horas no decorrer de um ano, de fevereiro a dezembro, com aulas teóricas (20% da grade) e práticas (80% da grade) que, segundo a Senhora Gladys Nunes, coordenadora da RPPN, têm o objetivo de oferecer a vivência prática de todo o processo de restauração ecológica. Há seleção prévia dos estudantes, que são formados em escolas técnicas agrícolas de nível médio dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Durante o ano de curso, os estudantes moram no Instituto e se envolvem nas várias atividades ali praticadas, inclusive nas de visita, com atendimento de visitantes e monitoramento de trilhas. Em 2019 teve início a décima quarta turma; foram 72 candidatos concorrendo a 20 vagas. O Instituto realiza um processo de acompanhamento das turmas pós-formatura: todo ano é feito um levantamento de onde os estudantes estão inseridos e, como resultado, tem-se que 70% dos formados trabalham na área ambiental e de recuperação florestal. Ainda segundo a Senhora Gladys, a turma de 2019 apresenta uma mistura maior de estudantes de diferentes locais da Bacia do Rio Doce e pela primeira vez há mais mulheres que homens na turma.

São 20 alunos que são selecionados e apreendem atividades restauração ecológica na prática. São oriundos de escolas técnicas, já vem com teoria, e aqui aprendem a partir da vivência e saem especialistas em recuperação ecológica (Gladys Nunes, Instituto Terra).

O papel da RPPN como ator de desenvolvimento regional já é sentido nos municípios envoltórios a ela, como Aimorés e Baixo Guandu e outros da Bacia do Rio Doce.

Quanto à visita, são oferecidos quatro distintos pacotes para visita pública que contemplam trilhas (trilha institucional, trilha do viveiro, trilha dos quatis), exposições, cinema, atividades lúdicas, brincadeiras. Existe a possibilidade de se chegar de trem ou de ônibus; o pacote pode incluir o pernoite. Em geral, os pacotes – que são agendados quando se tem monitoria – são mais utilizados por grupos de escolares ou de terceira idade. O serviço é cobrado e o valor é utilizado na manutenção das instalações e demais despesas.

As visitas espontâneas acontecem sobretudo nos finais de semanas e feriados e o público familiar é bastante presente nessas ocasiões. Nos finais de semana as dependências chegam a lotar, principalmente no período de calor.

As trilhas são autoguiadas, mas quando solicitado pelo visitante, são monitoradas por duas monitoras ou pelos alunos do curso, que fazem revezamento nos finais de semana para atendimento da demanda de visitantes. Há, inclusive, uma disciplina do curso, ministrada pela Senhora Gladys, sobre educação e interpretação ambiental. As visitas técnicas são acompanhadas por formandos na área ambiental, mestrandos ou doutorandos e profissionais formados que atuam na RPPN.

Os projetos de educação ambiental estão sob a Gerência de educação, inclusive o NERE, anteriormente comentado. São vários os projetos de educação ambiental, principalmente com o público juvenil:

- *Terrinhas* acontece desde 2005 com escolas de Aimorés e atualmente abrange cinco municípios (Resplendor, Itueta, Baixo Guandu e Itapina, distrito de Colatina). É realizado no Instituto Terra e busca o aperfeiçoamento metodológico: teve início com a metodologia do MMA; posteriormente seguiu com a Agenda 21; e depois com os 8 Objetivos do Milênio. Atualmente iniciou o trabalho com a Agenda 2030, com 17 objetivos: com as escolas são escolhidos os objetivos que se quer trabalhar. O projeto atua com professores, diretores e depois com alunos do sexto ao nono ano, até os 14

anos. São oito encontros ao ano. Por meio da parceria, a prefeitura arca com transporte, refeição e lanche. São 375 crianças na semana, sendo por dia 75 alunos, que são selecionados pelas escolas. Eles reproduzem na escola o que aprendem, com o apoio dos professores e dos diretores, atuam como multiplicadores. O projeto trabalha com várias escolas, sendo formados grupos diversificados. Também produz manuais do professor e dos alunos. Conta com patrocínio da Vale.

- *Exodus*, desenvolvido em Resplendor – com posters de fotos de Sebastião Salgado.
- *Genesis*, desenvolvido em Serra (região metropolitana de Vitória) – material próprio de educação ambiental. Cadernos desenvolvidos a partir de viagens de Sebastião Salgado – cada viagem gerou uma série de fotos e as fotos são utilizadas nos trabalhos. Conta com material do professor.
- *Últimos refúgios*, projeto desenvolvido com crianças de sete anos com fotógrafo do Espírito Santo. Trabalha-se com desenhos da fauna local.

A diferença que existe entre o que é feito no Instituto Terra – que é uma instituição sem fins lucrativos – é que tudo é feito com recurso que entra por meio de projeto, tem começo meio e fim. A gente finaliza, a gente entrega o produto. Há resultado. E a qualidade de tudo que é feito, eles [Sebastião e Lélia] são exigentes e tudo tem de ser perfeito (Gladys Nunes, Instituto Terra).

O esforço de captar recursos para manutenção da estrutura e dos vários projetos é contínuo. Nesse sentido, o Instituto tem contado com o apoio da Renova, que já perdura por dois anos, para cumprimento das metas de recuperação. A Renova forneceu veículos 4x4 para monitoramento da área da RPPN. Além da parceria com a Renova, há projetos financiados pelo Banco do Brasil e pela rede de lojistas locais.

Como visto, a RPPN Fazenda Bulcão é a mais bem equipada UC da região em estudo, comportando um conjunto bastante adequado de atividades e com boa infraestrutura disponível.

A expedição ao campo permitiu, também, observar *in loco* os usos da terra na região onde se insere a RPPN. Segundo relatos da Sra. Isabela, gestora da RPPN, a produção pecuária na região de Aimorés é baixíssima com menos de uma cabeça de gado por hectare, tendo chegado a ser de cerca de quatro cabeças de gado por hectare no início do século XX. Ocorreu um empobrecimento da região devido à perda de produtividade das fazendas, o que não quer dizer que os proprietários sejam pobres. Segundo a Sra. Isabela, eles mantêm a terra especulando, mas já converteram suas atividades para outros fins, notadamente ligados ao mundo urbano. Não há confirmação se a refuncionalização das áreas segue em direção ao turismo ou a outra atividade econômica, não havendo elementos, nesse momento, para a geração de cenários futuros de ocupação das áreas.

O processo de restauração da floresta na RPPN está em andamento. No início, os primeiros mutirões de plantio enfrentaram diversos desafios e experimentação de diversas técnicas, até que a taxa de mortalidade das mudas foi diminuindo. A experiência de recuperar está sendo exitosa (Figura 21), pois atualmente já há uma jovem floresta no local e a presença de animais, inclusive mamíferos topo de cadeia como a jaguatirica. Atualmente o Instituto não conta com trabalho de manejo de fauna. Os animais que ocupam a área vieram por conta própria e eventualmente pode acontecer alguma soltura de animais, mas não é conduzida. No processo de recuperação da área o Instituto implantou um viveiro de mudas, que produz um milhão de mudas por ano para fins de recuperação da RPPN e da região, vide Figura 22. Atualmente os técnicos vêm trabalhando com cerca de 80 espécies nativas que se demonstraram mais adequadas para a região. Na recuperação das áreas é utilizado NPK e formicida. Atualmente não é mais utilizado herbicida.

Figura 21: Encostas recuperadas junto a Sede da RPPN Fazenda Bulcão, com a represa de um dos ribeirões em primeiro plano



Figura 22: Viveiro de mudas da RPPN.



Segundo a Senhora Isabela, ocorreu uma seca severa durante três anos, antes de 2015, e as únicas nascentes d'água da região eram as da RPPN, o que permitiu a ampliação da sensibilização para recuperação de habitat na região. O córrego Bulcão, que passa por dentro da RPPN, está mais cheio e bem perenizado. Mas o trabalho de recuperação na Bacia ainda exige forte empenho e ativismo, pois a população local não está conectada às florestas, devido ao histórico de perturbação com as pastagens dominando a paisagem desde o início do século XX.

Com vistas à alteração da paisagem regional, o Instituto Terra oferece gratuitamente mudas e cursos sobre recuperação de áreas degradadas aos produtores do entorno, sendo a contrapartida dos participantes o engajamento na recuperação ambiental de suas propriedades.



O Programa Olhos D'água tem o objetivo de recuperação das nascentes da Bacia do Rio Doce e envolve os produtores rurais que podem se cadastrar e receber um kit com material e mudas para recuperação das áreas de nascente da propriedade. Atualmente há 2.000 nascentes em processo de recuperação. O Programa parte do pressuposto que a RPPN não pode ser um oásis isolado, por isso o desafio de formação de corredores ecológicos por meio da recuperação de nascentes. A meta do Instituto Terra é recuperar 300 mil nascentes na Bacia do Rio Doce. O projeto, conjunto com a Fundação Renova, tem a meta de recuperar 5 mil nascentes.

Como desafios para a recuperação florestal interna à RPPN está o manejo das aroeiras e do bambuzinho e a preservação das estradas internas da RPPN, cujo manejo é realizado com canaletas e caixas secas.

Uma das ações da RPPN é aumentar a velocidade de recuperação das áreas degradadas, contando com equipe composta por cerca de 20 pessoas. Para 2019 a meta de recuperação de áreas degradadas é de 50 hectares, Figura 23. O custo de recuperação de uma área degradada fica entre 25 e 30 mil reais por hectare.

Figura 23: Peroba remanescente em área recuperada da RPPN.



O município de Aimorés, onde se localiza a RPPN Fazenda Bulcão, apresenta uma característica distinta em sua relação com o Rio Doce, quando analisada com outras cidades visitadas durante a expedição de campo. Em 2005 foi finalizada a represa de produção de energia (UHE Eliezer Batista), hoje pertencente à empresa Aliança Energia, que desviou o Rio Doce para fora dos limites da área urbana, vide Figura 24. O antigo leito do Rio Doce (leito de vazão reduzida) se apresenta praticamente seco, ou com baixíssima vazão,

descobrimos toda a área de rochas do rio. De acordo com relatos, em alguns momentos a água se mantém apenas no antigo “canalão”, ou seja, no trecho mais profundo onde corria o rio. “O canalão era lindo, mas perigoso”, segundo a Sra. Gladis, da RPPN. Segundo ela, ainda, a alteração do curso do Rio Doce para fora da cidade tratou-se do maior desvio de rio em área urbana do mundo.

Figura 24: Represa da Aliança Energia ao fundo, vista da RPPN. A barragem desviou o curso do Rio Doce para fora da cidade de Aimorés.



Do mirante da RPPN é possível avistar a represa da UHE de Aimorés, o leito de vazão reduzida do Rio Doce, a cidade de Aimorés e a casa de máquinas da UHE. Atrás da cadeia de montanhas está o leito desviado do Rio Doce, conforme Figura 25.

Figura 25: Visão panorâmica do mirante da RPPN



A relação que a população urbana de Aimorés mantinha com o Rio Doce já havia sido modificada, portanto, desde 2005, quando da instalação da UHE. A represa hidrelétrica não proveu uma vazão mínima para o leito antigo do Rio Doce, o que resultou em uma total descaracterização natural e, por conseguinte, na alteração

das relações toponímicas, vide Figura 26. A partir de 2005, as atividades de lazer náutico foram direcionadas para o Rio Manhuaçu, afluente do Doce que nele deságua próximo a cidade. Ou ainda, para uso no grande lago da represa que se formou a montante da cidade. Em ambos os casos, no Manhuaçu e no lago da represa, há uma intensa prática de lazer, com as margens da represa apresentando bares e restaurantes onde se praticam vários esportes náuticos, inclusive *Jet Sky*. Porém todas distantes da área urbana de Aimorés.

Figura 26: Belvederes para observação do Rio Doce. Mas sem usos de contemplação, pois o leito encontra-se seco desde o desvio do Rio em 2005.



A Avenida Florivaldo Dias de Oliveira acompanha o leito de vazão reduzida do Rio Doce (Figura 27). Nesse trecho as residências ocupam um lado da avenida, no outro lado está o Rio. Os mirantes de madeira voltados para o Rio foram construídos após a instalação da UHE de Aimorés. Porém, os mirantes estão abandonados, já que o leito do Rio aparenta estar praticamente vazio e o cenário é de pedras expostas e de presença de algumas árvores de estrutura média. Pôde-se observar 4 mirantes ao longo da Avenida, sendo que 1 deles estava ocupado, se transformando em um bar. Vide

Figura 28, Figura 29 e Figura 30.



Figura 27: Av. Florivaldo Dias de Oliveira



Figura 28: Mirante abandonado



Figura 29: Vista do mirante



Figura 30: Leito de vazão reduzida do Rio Doce



A cidade de Aimorés é uma cidade pobre em atividades de lazer. Tal qual outras cidades menores da região visitada, Aimorés não possui teatros ou cinemas. Os lugares mais conhecidos e frequentados são a Lira e o Bar do Zé.



Uma das compensações ambientais da construção da barragem da UHE foi a criação de um parque botânico (Figura 31). Este fica na saída da cidade às margens do Rio e da estrada, sentido Vitória e há, ao longo das ruas das cidades de Aimorés e Baixo Guandu, placas de sinalização do caminho até o Parque Botânico. Contudo, não é um parque, à primeira vista, hospitaleiro, pois para acessá-lo é necessário agendar visita e há controle de entrada, o que acaba dificultando ou afastando as pessoas para práticas de lazer. Ao que indicou a senhora Gladys, da RPPN Fazenda Bulcão, o parque, localizado na Fazenda Viçosa, faz um importante trabalho de educação ambiental, mais dirigido ao público escolar e têm também parcerias com o Instituto Terra.

Figura 31: Setor do Parque Botânico, cujas visitas precisam ser agendadas.





## **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 socioeconômicas da área de estudo no período anterior ao rompimento conforme relatórios, publicações científicas, bases de dados, imagens e demais fontes de informação (capítulo 4 deste documento). Num segundo momento, esta linha de base foi comparada com as características físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas 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 (capítulos 5 e 6).

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 IX 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 17 impactos na área de estudo, dos quais 9 no Meio Físico, 7 no Meio Biótico e 1 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.

(F9) Alteração na dinâmica fluvial.

(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.

(B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

## **Impacto no Meio Socioeconômico e Cultural**

(S13) Aumento do tráfego de caminhões na BR 259 para transporte de 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 51.

Tabela 51: Critérios para a Caracterização e Atribuição de Significância aos Impactos componentes da Matriz de Avaliação.

Critérios para 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: Atenta-se 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>

### Critérios para Atribuição de Significância

Reversibilidade	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>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	Espaço geográfico de ocorrência do impacto dentro da área de estudos, considerando-se toda a sua área de incidência.	<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.</p> <p>M - Média - o efeito pode resultar em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos.</p>

		A - Alta - o efeito resulta em alterações na integridade dos sistemas ecológicos ou sistemas socioeconômicos.
Significância	Mede a intensidade do impacto a partir das interações dos critérios de reversibilidade, extensão geográfica, importância e magnitude.	B – Baixa.  M – Média.  A – Alta.  MA - Muito Alta.

A classificação de cada impacto conforme os critérios da Tabela 51 foi organizada numa Matriz de Avaliação de Impactos, apresentada na Tabela 52. 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 53. Esta Matriz de Significância do Impacto também seguiu orientações do Termo de Referência.

Tabela 52: Modelo de Matriz de Avaliação de Impacto adotada no presente projeto

IMPACTO		EXAME				SIGNIFICÂNCIA			
Impacto		Ocorrência	Incidência	Natureza	Duração	Reversibilidade	Extensão	Importância	Magnitude

Tabela 53: 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 13/02/2019, foi possível agregar ao Diagnóstico de Linha Base informações sobre os seguintes componentes da paisagem: hidrogeologia, geomorfologia fluvial, hidrossedimentologia, e qualidade da água.

Para a geologia e pedologia, 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 trabalho 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).

### **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, no trecho do Rio Doce a montante da RPPN Fazenda Bulcão, a água ocupou todo o leito médio do rio e se apresentou homogeneamente turva, com viscosidade elevada e de coloração avermelhada (divergindo dos sedimentos de coloração alaranjada, frequentes no período chuvoso), indicando altos teores de sedimentos em suspensão. No trecho visitado, foram encontradas apenas pequenas ilhas estáveis e florestadas, mas nenhum resquício de barra fluvial emersa. As áreas de brejo foram recobertas por água, mostrando que

houve elevação da cota do rio em virtude da passagem da onda de cheia e de elevada turbidez (CPRM/ANA, 2015a; 2015b; FELIPPE ET AL., 2016a).

Figura 32: Fotos tiradas entre os dias 17 a 20/11/2015 do Rio Doce em Resplendor, trecho a montante da área de estudo.



Fonte: Felipe et al. (2016a).

No município de Baixo Guandu (ES), pouco a jusante da área de estudo, devido ao impacto do fluxo de rejeito no Rio Doce, o abastecimento da cidade teve que ser deslocado para o Rio Guandu, mas este apresentava alta turbidez (devido a época de chuvas) e forte odor de esgoto devido ao lançamento *in natura* logo a jusante do ponto de captação (FELIPPE *et al.*, 2016a). Felipe *et al.* (2016a)) relataram que a população local ficou apreensiva com as alterações causadas na aparência do rio que, “até poucos dias antes da chegada dos sedimentos: estava com aspecto bom, embora com pouca água. Apesar de reconhecerem que há lançamento de esgoto no rio, asseguram que é comum sua utilização para a pesca e para banho” (FELIPPE *et al.*, 2016a, p. 13). Após a chegada da onda de elevada turbidez, carregada de rejeito e sedimentos suspensos, as atividades no rio foram interrompidas e a população passou a ter medo de tocar na água pois não se tinha certeza sobre sua contaminação. A pesca e o uso da água para abastecimento foram as atividades mais prejudicadas, principalmente no distrito de Mascarenhas (FELIPPE *et al.*, 2016a), localizado mais a jusante do trecho do Rio Doce de onde está situada a Unidade de Conservação RPPN Fazenda Bulcão.

Figura 33: Fotos do Rio Doce e rio Guandu no município de Baixo guandu (ES) entre os dias 17 a 20/11/2015.



Aspecto do rio Guandu, com água bastante turva, nas proximidades de seu encontro com o rio Doce.



Estação de tratamento do rio Doce, desativada no momento da visita.

Fonte: Felipe et al. (2016a).

A partir da bibliografia consultada e dos dados obtidos durante a expedição realizada no dia 13/02/2019 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 1:20.000, como apresentam as Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37 e Figura 38.



Figura 34: Trecho 1

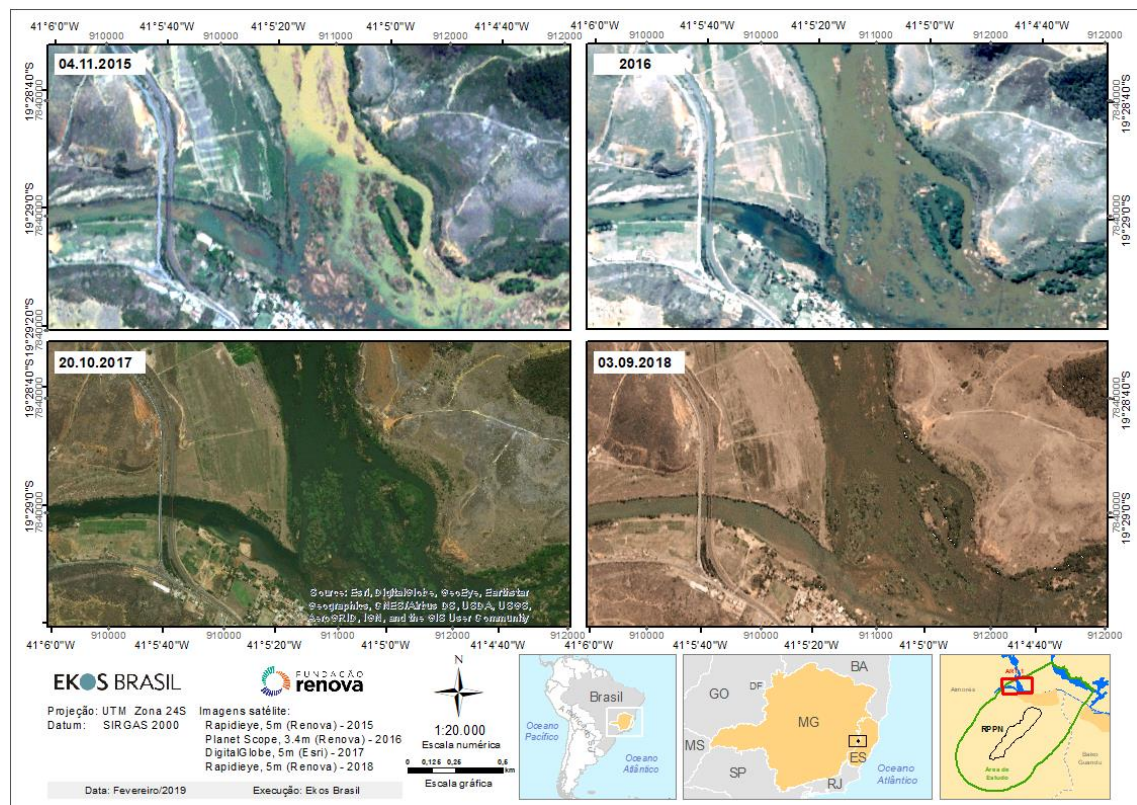


Figura 35: Trecho 2

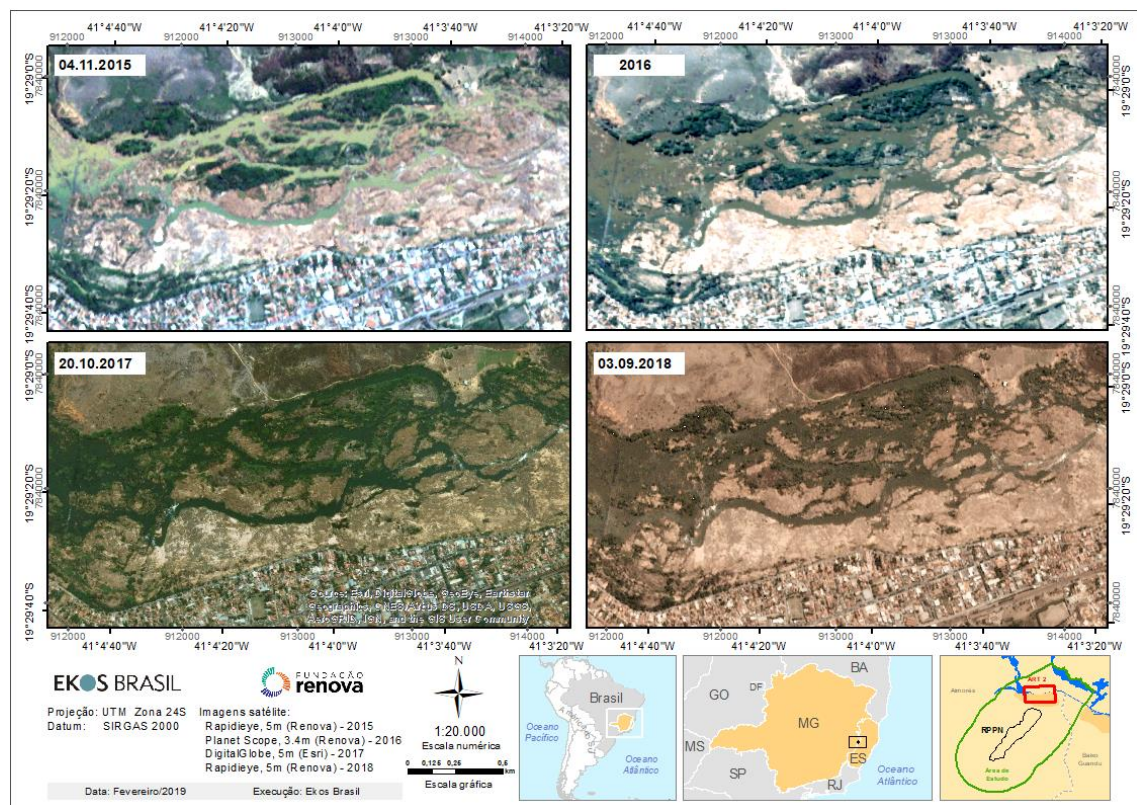




Figura 36: Trecho 3

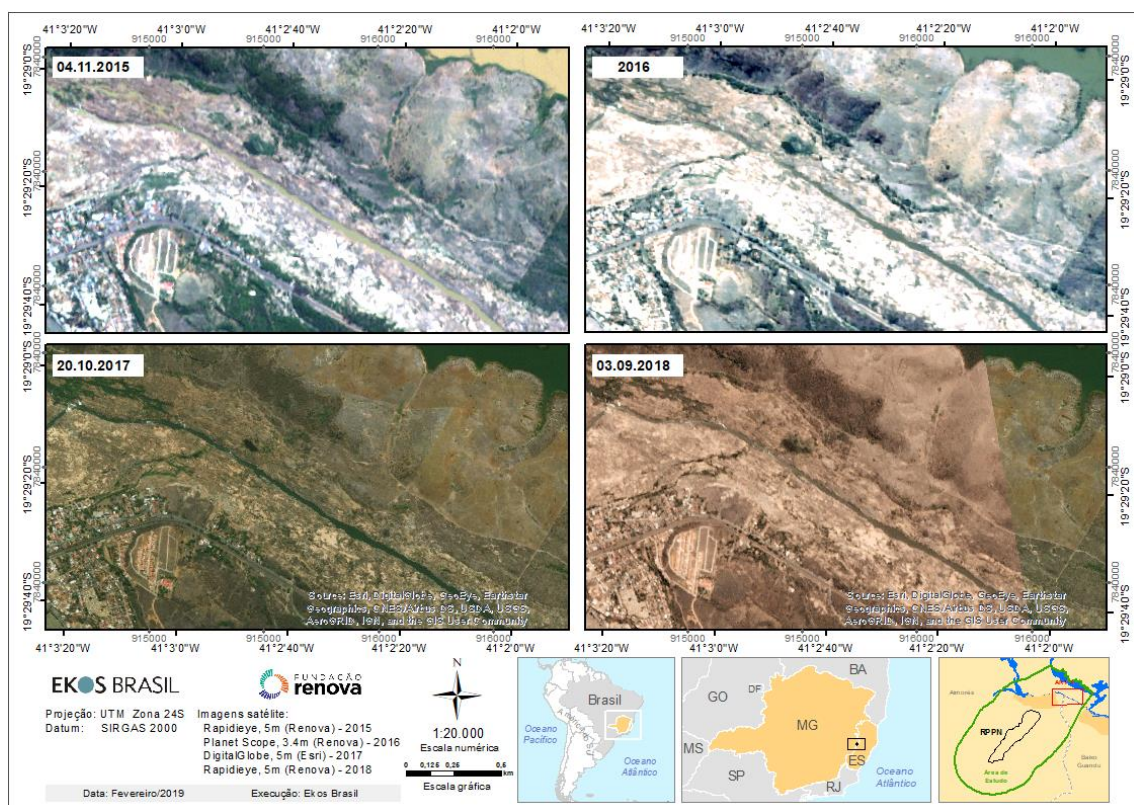


Figura 37: Trecho 4

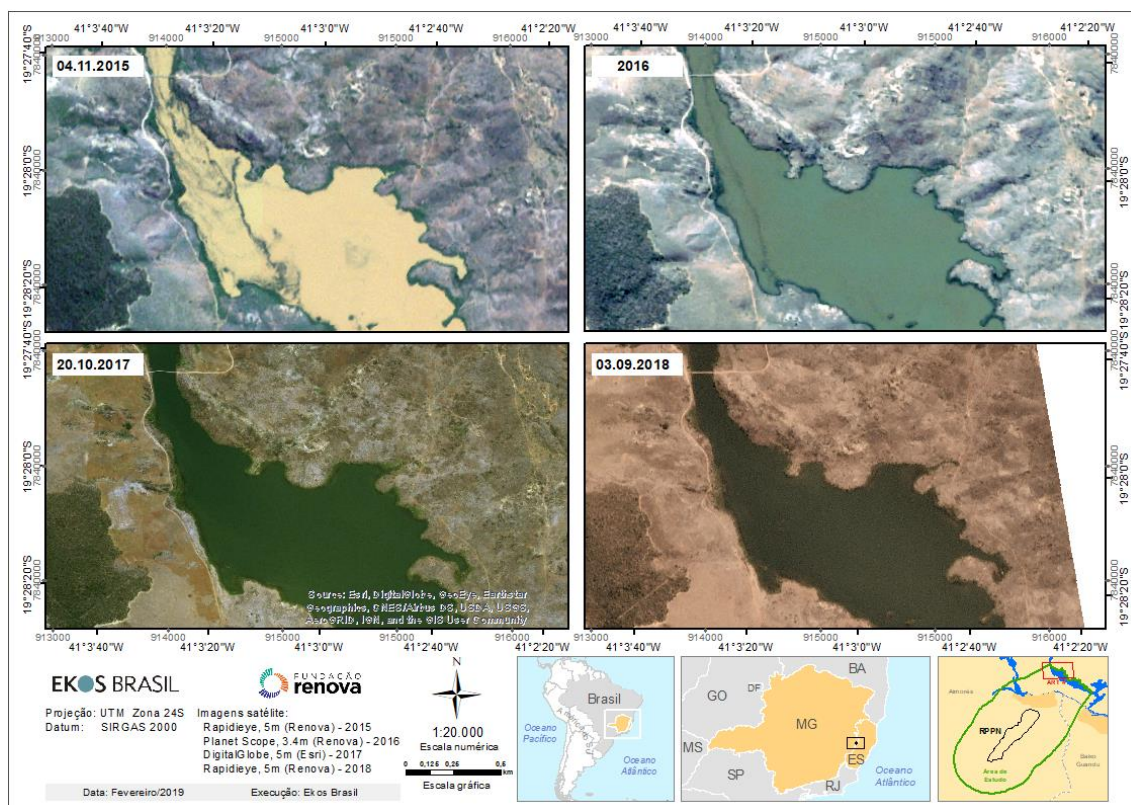
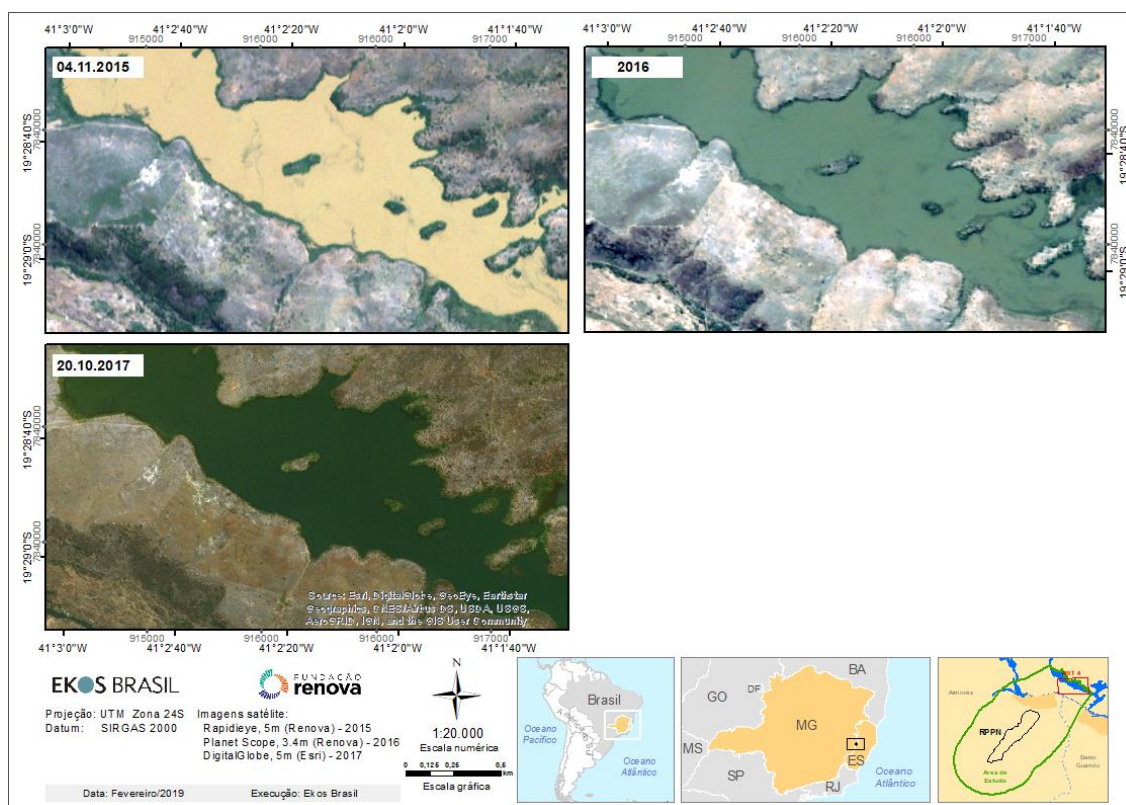


Figura 38: Trecho 5



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 obteve-se 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 2016 e 03/09/2018. Na imagem de 04/11/2015 essas formações podem ser observadas pela coloração mais clara (branca nos trechos rochosos e de sedimentos emersos) no leito e nas margens. Na imagem de 20/10/2017 essas formações ocupam áreas menores, pois estas imagens se referem ao período de chuvas e, portanto, com a elevação do volume de água no trecho, várias feições fluviais intra-canal ficaram submersas.

Com relação às 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 (anterior ao rompimento) e as imagens de 2016, 2017 e 2018 (posteriores ao rompimento), apenas maior afloramento das rochas no leito do rio nos períodos de seca. A mesma observação é pertinente para as ilhas vegetadas que permaneceram com a mesma forma e rugosidade, e margens deposicionais (margens convexas). Importante destacar que para o Trecho 5 não foram identificadas imagens de 2018.



### **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 Unidade de Conservação em estudo. 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 Unidade de Conservação, foram analisados relatórios institucionais e dados relativos a 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 hidrossedimentológica 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 a expedição no mês de fevereiro de 2019, e são apresentadas no último item deste tópico, “Dinâmica Fluvial”.

#### **6.1.3.1 Vazão**

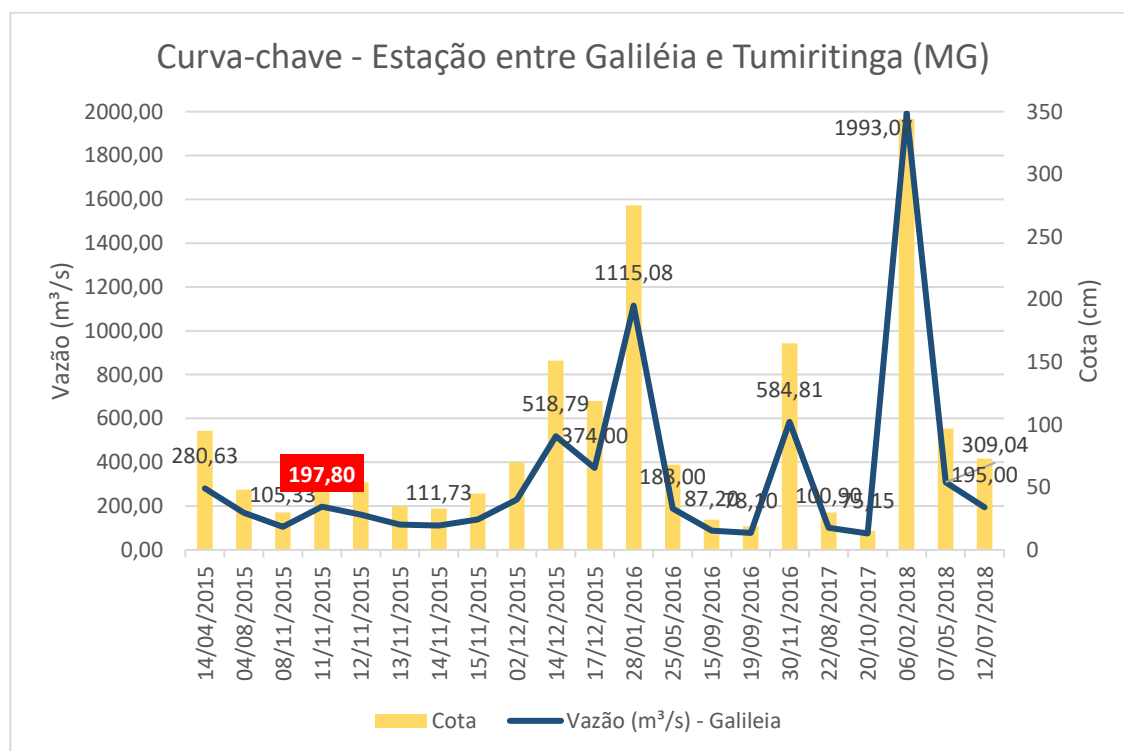
Tomando por base registros históricos sobre a vazão do Rio Doce próximo a área de estudo, foi realizada a análise do comportamento mais atual da vazão, entre abril de 2015 e julho de 2018, considerando um breve período anterior e posterior ao rompimento da Barragem de Fundão (Anexo I, MPF, 2017a). De acordo com os relatórios do CPRM/ANA (2015a; 2015b), a onda de cheia atingiu os municípios de Galiléia e Tumiritinga (localizados a montante da área de estudo) entre a noite de 08/11/15 e madrugada de 09/11/2015. Os dados utilizados no

Gráfico 43 são referentes às 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

entre os municípios de Galiléia e Tumiritinga (MG). Maiores detalhes sobre os valores de vazão e cota durante o período constam no Anexo VII deste documento.

Gráfico 43: Comportamento da vazão e cota (curva-chave) na Estação fluviométrica localizada entre os municípios de Galiléia e Tumiritinga, incluindo o monitoramento especial realizado na bacia do Rio Roce em dezembro de 2015.

Em destaque vermelho: vazão diária registrada um dia depois da passagem da onda de cheia, na madrugada do dia 08/11/2015.



Vazão acima do limiar para alerta de cheia: de 3320 e 3881 m³/s, segundo o CPRM/ANA. Fonte: CPRM/ANA (2015a; 2015b), ANA (2018).

Em abril/2015 a vazão apresentou valores de 280,631 m<sup>3</sup>/s e reduziu para 169,358 m<sup>3</sup>/s no início de agosto/2015. Mesmo sendo baixo, os valores registrados foram maiores do que os valores de vazão em 08/11/2015 (105,33 m<sup>3</sup>/s), um dia antes da passagem da onda de cheia pela estação. As máximas de vazão registradas durante a passagem da onda de cheia decorrente da ruptura da barragem, foram inferiores aos limiares de inundação de 3320 e 3881 m<sup>3</sup>/s, estabelecidos pelo CPRM/ANA para esse trecho do Rio Doce (2015a; 2015b). Portanto, não foram geradas inundações em decorrência rompimento da Barragem de Fundão.

No dia 11/11/2015, após a passagem da onda de cheia no local, foi registrada uma vazão de 197,8 m<sup>3</sup>/s, indicando que houve a subida no nível da água, mas nos dias posteriores a vazão voltou a reduzir, com um leve aumento no dia 15/11/2015. No mês de dezembro a vazão começa a apresentar aumentos mais significativos, em especial no dia 14/12/2015, registrando vazões de 518,791 m<sup>3</sup>/s. No mês de janeiro a vazão atinge o ápice de 1115,082 m<sup>3</sup>/s, ficando acima da média histórica de vazões máximas diárias (MPF, 2017). Tais índices tem 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). Tais processos devem ter ocorrido com o material que já estava assentado ao longo da rede fluvial do Rio Doce e suas sub-bacias, 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. Essa tendência ganha destaque a partir de maio de 2016, quando a vazão é reduzida para 188 m<sup>3</sup>/s. Porém, em novembro/2016, com a chegada das chuvas, a vazão novamente aumenta para 584,813 m<sup>3</sup>/s e com ela a tendência de remobilização dos materiais assentados ao longo do rio, da mesma forma que, posteriormente, entre o período chuvoso de 2017 e 2018, são registradas vazões de 1993,07m<sup>3</sup>/s para o mês de fevereiro de 2018.

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 Unidade de Conservação 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) a partir do dia 17/11/2015, dia após a passagem da onda de elevada turbidez no município de Baixo Guandu (ES), município localizado pouco a jusante da RPPN Fazenda Bulcão, indicaram que nesse trecho o diâmetro mediano (D50%) dos sedimentos em suspensão foi de aproximadamente 3 a 6µm, com uma média de 4,15 µm (silte muito fino). A média granulométrica de sedimentos mais finos (D10%) foi de 1,13 µm (Argila média), e de sedimentos mais

grosseiros (D90%) de 13,85  $\mu\text{m}$  (Silte médio), conforme pode ser observado na Tabela 54 e na Tabela 55, a seguir.

Tabela 54: Granulometria dos sedimentos suspensos em Baixo Guandu (ES).

Data	Hora	Cota (cm)	D10% ( $\mu\text{m}$ )*	D50% ( $\mu\text{m}$ )*	D90% ( $\mu\text{m}$ )*
17/11/2015	08:20	-	1,385	4,962	17,43
17/11/2015	10:30	-	1,143	4,172	12,822
17/11/2015	11:30	-	1,051	3,94	12,893
17/11/2015	13:00	-	1,036	3,866	13,786
17/11/2015	14:00	-	1,223	4,597	15,996
17/11/2015	15:00	-	1,108	4,145	14,673
18/11/2015	09:00	-	0,931	3,383	9,364
Média granulométrica das amostras			1,13	4,15	13,85

\*Amostras em micrometro. Fonte: Adaptado do CPRM/ANA (2015a; 2015b).

Tabela 55: Classificação granulométrica da American Geophysical Union

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

\*Amostras em milímetros. Fonte: CPRM/ANA (2015a; 2015b).

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.

De acordo com o relatório do CPRM/ANA (2015a), no município de Baixo Guandu (ES) a jusante da RPPN Fazenda Bulcão, durante o período crítico alguns dias após o rompimento da Barragem de Fundão (entre os dias 17/11 e 18/11/2015) foram registradas concentrações de sedimentos em suspensão na ordem de 3.500mg/L (CPRM/ANA, 2015a). A título de comparação, em Resplendor (município localizado a montante da área de estudo), os valores característicos de concentração de sedimentos suspensos são de 13 a 188mg/L

Mais informações a respeito das concentrações de sedimentos suspensos têm sido geradas pelo IGAM/MG desde novembro de 2015, quando a Instituição iniciou o monitoramento sistemático de SST no Rio Doce. No Encarte Especial sobre a qualidade da água da bacia entre o período de 2015-2017, o IGAM avaliou as concentrações de sedimentos suspensos em dois períodos mais recentes: (i) 1º período pós-rompimento da Barragem de Fundão, entre 05/11/2015 a 04/11/2016 e; (ii) 2º período pós-rompimento da Barragem de Fundão, entre 05/11/2016 a 10/08/2017. Os dois períodos foram comparados com as séries históricas do IGAM/MG antes do rompimento da barragem, entre janeiro de 2000 a outubro de 2015. A estação do IGAM/MG mais próxima da área de estudo é a RD067, localizada no trecho do Rio Doce entre os municípios de Aimorés (MG) e Baixo Gandu (ES). Os dados de SST dessa estação levantados pelo IGAM/MG podem ser observados na Tabela 56 e Gráfico 44, a seguir.

Tabela 56: Sólidos em Suspensão Totais

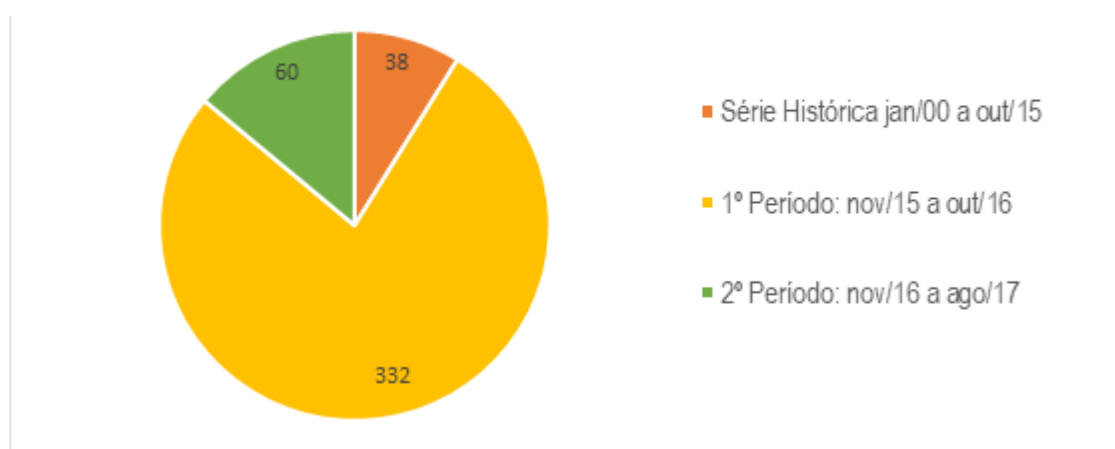
<b>Sólidos em Suspensão Totais (mg/L) - Limite DN 01/08 = 100</b>		
RD067 – Aimorés (MG)/Baixo Guandu (ES)		
<b>MÁXIMOS</b>	Série Histórica jan/00 a out/15	379
	1º Período: nov/15 a out/16	2470
	2º Período: nov/16 a ago/17	188
<b>MÉDIA</b>	Série Histórica jan/00 a out/15	38
	1º Período: nov/15 a out/16	332

	2º Período: nov/16 a ago/17	60
<b>MÍNIMO</b>	Série Histórica jan/00 a out/15	1
	1º Período: nov/15 a out/16	4
	2º Período: nov/16 a ago/17	6

Fonte: Adaptado do IGAM/MG (2017).

LEGENDA	
Valor em desconformidade, acima de 4x o limite	
Valor em desconformidade, até 4x o limite	
Valor em desconformidade, até 2x o limite	
Valor menor que o limite para SST	

Gráfico 44: Média de concentrações de Sólidos em Suspensão Totais (mg/l) – Aimorés Estação RD067



Fonte: Adaptado do IGAM/MG (2017).

A partir dos dados do IGAM/MG, constata-se que os valores máximos e medianos de concentrações de SST se apresentaram bastante elevados durante o primeiro período (nov/2015 a out/2016), indicando que existe uma relação de sobrecarga no total desses sedimentos no curso do rio, que provavelmente está relacionado ao fluxo de rejeito de minério de ferro ejetado na drenagem do Rio Doce em 05/11/2015.

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 na estação RDO11 (que equivale a estação RD067 do IGAM) foram observadas concentrações mais elevadas em dezembro/2017, com valores acima de 100 mg.L<sup>-1</sup>, variando entre <10 a 334 mg.L<sup>-1</sup>. 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, gerada pelo rompimento da Barragem de Fundão em novembro de 2015, no município de Tumiritinga (MG), a montante do trecho onde está situada a Unidade de Conservação em estudo.

Para realização desse cálculo, o CPRM/ANA (2015a) utilizou: (i) dados de vazão do Rio Doce coletados na estação fluviométrica local; (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; e (iii) dados de concentração de sedimentos em suspensão amostrados pelo IGAM/MG em 2015. 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).

Tabela 57: Estimativa da Descarga Sólida em Suspensão durante a passagem da massa de água com elevada turbidez em Tumiritinga (MG)

Estação	Data	Hora	Cota(cm)	Vazão(m³/s)	Css(mg/L)	Qst(t)
Tumiritinga	08/11/2015	20:00	30	105,33	100	29.828
	11/11/2015	10:00	68	197,8	1.298	1.361
	11/11/2015	11:00	66	192,26	2.598	1.997
	11/11/2015	12:00	66	192,26	3.174	2.266
	11/11/2015	13:00	66	192,26	3.374	2.608
	11/11/2015	14:00	66	192,26	4.162	3.133
	11/11/2015	15:00	67	195,03	4.822	3.989
	11/11/2015	16:00	66	192,26	6.636	7.079
	11/11/2015	17:00	65	189,49	14.022	12.037
	11/11/2015	18:00	65	189,49	21.270	275.660
	12/11/2015	11:00	54	160,3	31.056	289.783
	13/11/2015	12:00	35	115,99	12.600	72.354
	14/11/2015	12:00	33	111,73	1.910	13.403
	15/11/2015	12:00	45	138,36	700	-
	<b>Total</b>			<b>715.499</b>		

<sup>1</sup>Css (Concentração de sedimentos suspensos), <sup>2</sup>Qst (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 Tumiritinga caso não houvesse a ruptura da Barragem de Fundão (CPRM/ANA, 2015a). A comparação dos dados pode ser observada na Tabela 58, a seguir.

Tabela 58: 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)
Tumiritinga	5,6M	391	4.800	0,72M

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 Tumiritinga foi de 0,72Milhões. De acordo com o CPRM/ANA (2015a), considerando que a densidade específica aparente do rejeito de minério de ferro é na ordem de  $2t/m^3$ , o volume de sedimentos registrado no trecho em estudo durante a passagem da massa de água com elevada turbidez foi de  $0,36Mm^3$  (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 restringiram a seção de vazão reduzida do Rio Doce, na Zona de Amortecimento da RPPN Fazenda Bulcão.

Nesse trecho, a análise dos dados hidrossedimentológicos de vazão e concentrações de sólidos suspensos totais (SST) corroboram a afirmativa de que: após a passagem da onda de cheia (entre a noite de 08/11/15 e madrugada de 09/11/2015) e de elevada turbidez (na noite do dia 10/11/15) o fluxo do rio foi voltando a sua normalidade, sendo condicionada pela chegada das chuvas e, posteriormente, pela época de seca. O mesmo ocorreu no município de Baixo Guandu (ES), localizado imediatamente a jusante da RPPN Fazenda Bulcão, que, segundo os relatórios do CPRM/ANA, registrou a passagem da massa d'água de elevada turbidez na tarde do dia 16/11/15 (CPRM/ANA, 2015a; 2015b).

Nas imediações dos municípios de Galiléia (MG) e Tumiritinga (MG), o fluxo de rejeito já tinha perdido parte de sua competência (energia de transporte de sedimentos) para os trechos a montante, onde o gradiente do rio era mais elevado. No trecho analisado a granulometria dos sedimentos era basicamente composta por silte e argila (sedimentos finos), sendo carregado em suspensão na coluna d'água do rio (CPRM/ANA, 2015a; 2015b).

A capacidade do fluxo (quantidade máxima de sedimentos passíveis de serem transportados pelo rio em um determinado período de tempo) continuou elevada durante os primeiros dias pós a passagem da onda de elevada turbidez, o que pode ser verificado pela elevação da carga de sólidos suspensos totais na seção analisada pelo CPRM/ANA (2015a; 2015b) e por outras informações apresentadas neste relatório. Sob suspensão, a velocidade média das partículas fica próxima da velocidade do escoamento, com predomínio de partículas de argila e silte concentradas próximo ao leito.

Não foram constatadas inundações decorrentes do fluxo de rejeito, alguns depósitos pontuais nas rochas e nas margens alteraram momentaneamente a coloração das rochas mais próximas a calha do rio. Estes depósitos foram sendo gradualmente removidos com a chegada das chuvas no início de 2016.

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, principalmente

após o período crítico, monitorado pelo CPRM/ANA. Mesmo assim, no período chuvoso posterior ao desastre entre final de 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 (2017/2018), e posteriormente começa a apresentar 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.

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 e AGERH (fonte de informações para a construção da linha de base). Para este estudo são utilizados os dados relativos à localidade de Aimorés.

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 Aimorés.

A análise foi restrita aos parâmetros físicos, químicos e biológicos caracterizados na linha de base, isto é, aqueles que já vinham sendo regularmente monitorados pelo IGAM antes do rompimento da Barragem de Fundão. Desta forma, pôde-se avaliar o comportamento de 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.

## 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 59). 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 59). 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.

Este quadro regional é também observado em Aimorés, exceto que 12 dos parâmetros classificados regionalmente como 'de alterações de curto prazo' continuaram excedendo, ou voltaram a exceder localmente os limites superiores da linha de base na temporada seca de 2016 e/ou chuvosa de 2016/2017 (Tabela 59). Por sua vez, dois parâmetros classificados como 'de alteração persistente ou recorrente' na escala regional é mais apropriadamente descrito como 'de alteração de curto prazo' na escala local (Tabela 59).

Segue abaixo uma descrição dos padrões que emergem para o Rio Doce em Aimorés.

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. Coerentemente, estes parâmetros foram elevados em até uma ordem de grandeza (~10X) acima dos limites superiores da linha de base em Aimorés (Gráfico 45). Muito importante, estes parâmetros continuaram apresentando valores acima dos limites superiores da linha de base nas temporadas seca e/ou chuvosa subsequentes, um ano ou mais após o rompimento da Barragem (Tabela 59).

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).

Todas estas grandezas – alcalinidade, dureza e pH – foram elevadas em Aimorés após o rompimento da Barragem de Fundão. A alcalinidade de bicarbonatos e a alcalinidade total aumentaram de forma pronunciada nas semanas que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos. Valores acima dos limites superiores da linha de base continuaram sendo registrados, quase que continuamente, na temporada de seca de 2016 e na temporada chuvosa de 2016/2017 (Tabela 59). Cálcio total, magnésio total, dureza do cálcio, dureza do magnésio e dureza total aumentaram para além dos limites históricos no final da temporada de seca de 2015 e na temporada chuvosa de 2015/2016, e se mantiveram na temporada de seca de 2016 e/ou na temporada chuvosa de 2016/2017 (Tabela 59; ver Golder 2018 para gráficos individuais).

A tendência de médio e longo prazo no pH da água do Rio Doce em Aimorés foi de incremento. Observou-se uma alta frequência de registros acima do limite superior da linha de base nas semanas e meses que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos, que continuaram na temporada seca de 2016, na temporada chuvosa de 2016/2017, e na temporada seca de 2017 (Gráfico 46). Curiosamente, nas primeiras semanas e meses após o rompimento da Barragem de Fundão houve também um conjunto de valores bem abaixo do limite inferior da linha de base (Gráfico 46).

A alta concentração de íons dissolvidos na água, evidenciada pela elevação na alcalinidade, na dureza e no pH, e confirmada pelos registros abundantes de nitrato, nitrito, amônia, sulfato, cloreto, cálcio, e de mais de uma dúzia de metais (Tabela 59), parte dos quais decerto na forma iônica, explicam a consistente elevação em valores de condutividade elétrica na água do Rio Doce após a passagem da pluma de rejeitos. Esta importante variável de síntese atingiu valores mais de 10 vezes acima da linha de base nas semanas que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos, e se manteve acima dos valores históricos na temporada seca de 2016, na temporada chuvosa de 2016/2017, e na temporada seca de 2017 (Gráfico 46).

De todos os parâmetros registrados ao longo da série histórica pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, o oxigênio dissolvido é o único que apresentou decréscimo após o rompimento da Barragem de Fundão (Gráfico 47). Na verdade, dezenas de leituras abaixo dos limites mínimos da linha de base foram registrados nos primeiros seis meses após a chegada da pluma de rejeitos. Concentrações de oxigênio dissolvido abaixo dos valores históricos continuaram sendo registrados na temporada de seca de 2016, na temporada chuvosa de 2016/2017 e na temporada seca de 2017 (Tabela 59). Trata-se, portanto, de uma importante alteração de longo prazo na qualidade da água do Rio Doce em Aimorés.

Juntamente com as alterações nos sólidos suspensos e na turbidez, as notáveis elevações nas concentrações de ferro dissolvido, alumínio dissolvido e manganês total são testemunho inequívoco do rompimento da Barragem de Fundão. Trata-se, afinal, dos elementos dominantes na composição química do rejeito (Hydrobiology 2015). Estes elementos estiveram em concentrações uma ordem de grandeza acima

dos limites superiores da linha de base nos primeiros meses após a chegada da pluma de rejeitos, e continuaram apresentando valores elevados na temporada seca e chuvosa subsequentes (Tabela 59, Gráfico 48).

A maior parte dos outros metais e metalóides registrados pelo IGAM no período pré-rompimento na região de Aimorés também tiveram suas concentrações elevadas após o rompimento da Barragem de Fundão (Tabela 59). Cobre total e mercúrio total apresentaram evidentes alterações de curto prazo, enquanto arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, níquel total e zinco total apresentaram alterações persistentes ou recorrentes (Tabela 59, Gráfico 49, Gráfico 50). Arsênio e cádmio atingiram concentrações uma ordem de grandeza maiores do que os limites superiores da linha de base.

Também foram notáveis as elevações nas concentrações de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, na carga orgânica, e na contaminação microbiológica.

As concentrações de nitrito aumentaram até duas ordens de grandeza acima do limite superior da linha de base junto com a chegada da pluma de rejeitos. O nitrito continuou apresentando concentrações elevadas na temporada seca de 2016 e na temporada chuvosa de 2016/2017 (ver Golder 2018). O nitrato e o nitrogênio amoniacal apresentaram valores acima dos históricos nos primeiros meses após a chegada da pluma de rejeitos (Gráfico 51). Não há dados de nitrato além da temporada de chuvas de 2015/2016, mas ao menos no caso do nitrogênio amoniacal há uma sugestão de que se trata de uma alteração de curto prazo.

As concentrações de fósforo total aumentaram substancialmente ( $> 10X$  acima do limite superior da linha de base) com a chegada da pluma de rejeitos e ao longo de parte da temporada chuvosa subsequente. Um ano após o rompimento da Barragem de Fundão as concentrações de fósforo total atingiram, mas não extrapolaram, o limite superior da linha de base (Gráfico 51). Desta forma, em Aimorés a elevação no fósforo total aparenta ter sido uma alteração de curto prazo, ao contrário de outras localidades ao longo do Rio Doce onde manteve-se em valores relativamente altos ao longo dos dois anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

A carga orgânica foi substancialmente elevada na água do Rio Doce, conforme evidenciado pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO). Tanto uma quanto outra atingiram valores uma ordem de grandeza acima do limite superior da linha de base nos meses que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos (Gráfico 52). Valores elevados voltaram a ser registrados na temporada chuvosa de 2016/2017 para DQO (Tabela 59).

Coliformes totais, coliformes termotolerantes (‘fecais’) e estreptococos fecais apresentaram todos, contagens elevadas ( $> 10X$ ) após o rompimento da Barragem de Fundão, sendo que altos valores continuaram sendo registrados na temporada seca de 2016, na temporada chuvosa de 2016/2017, e na temporada seca de 2017 (Gráfico 52; Golder 2018). São, portanto, alterações recorrentes na qualidade da água do Rio Doce.

Não foram observadas alterações claras na biomassa de fitoplâncton, conforme evidenciado pela concentração de clorofila *a* (Gráfico 53) ou mesmo pela contagem de cianobactérias (Golder 2018).



Tabela 59: Resumo das alterações na qualidade de água do Rio Doce em geral, e no Rio Doce em Aimorés 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 Aimorés		
	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
<b>Parâmetros Básicos</b>											
Sólidos dissolvidos totais	↑				X	X		X	X	X	X
Sólidos em suspensão totais	↑				X	X		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	X
Oxigênio dissolvido	↓				X	X		X	X	X	X
pH	↑			X		X	X		X	X	X
Alcalinidade do bicarbonato	↑			X		X	ND		X	ND	X
Alcalinidade total	↑			X		X	ND		X	ND	X
Dureza de cálcio	↑			X		X	ND		X	ND	X
Dureza de magnésio	↑			X		X	ND		X	ND	X
Dureza total	↑			X		X	ND		X	ND	X
Cor verdadeira					X	X		X	X	X	0
<b>Inorgânicos</b>											
Alumínio dissolvido	↑				X	X		X	X	X	X
Alumínio total	↑				X	X	ND	°	X	ND	X
Arsênio total	↑				X	X		X	X	X	X
Bário total	↑				X	X		X	X	0	X
Boro dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
Boro total	↑				X	X		X	X	0	X
Cádmio total	↑				X	X		X	X	X	X
Cálcio total	↑			X		X	ND		X	ND	X
Chumbo total	↑			X		X	X		X	X	X
Cianeto livre	↑			X		X	X		X	X	0
Cloreto total	↑				X	X		X	X	X	X
Cobre dissolvido	↑				X	X		X	X	0	X
Cobre total	↑				X	X	ND	X	X	ND	0

Cromo hexavalente	↔	X					ND		0	ND	0
Cromo total	↑				X	X		X	X	X	X
Cromo trivalente	↑	X					ND		X	ND	?
Ferro dissolvido	↑				X	X		X	X	X	X
Magnésio total	↑				X	X	ND	X	X	ND	X
Manganês total	↑				X	X		X	X	X	X
Mercurio total	↑			X		X	X		X	X	0
Níquel total					X	X		°	0	X	X
Selênio total	↔		X						0	0	0
Sódio dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
Sulfato total	↑			X		X	X		X	0	X
Sulfeto	?			X		ND	X		?	X	?
Zinco total	↑				X	X		X	X	X	X
<b>Macronutrientes</b>											
Fósforo total	↑				X	X		X	X	X	X
Nitrato	↑			X		X	X		X	0	0
Nitrito	↑				X	X		X	X	X	X
Nitrogênio amoniacal total	↑			X		ND	X		X	0	0
Nitrogênio orgânico					X	X	ND	X	?	ND	?
Potássio dissolvido	?	X					ND		?	ND	?
<b>Microbiológicos</b>											
Coliformes termotolerantes	↑			X		X	X		X	X	X
Coliformes totais	↑			X		ND	ND		X	ND	X
<i>Escherichia coli</i>		X					ND		X	ND	0
Estreptococos fecais	↔		X				ND		X	ND	X
<b>Orgânicos</b>											
Demanda Bioquímica de Oxigênio	↑			X		X	X		X	X	0
Demanda Química de Oxigênio	↑				X	X	ND	X	X	ND	X
Fenóis totais	↔		X						0	X	0
<b>Fitoplâncton</b>											
Clorofila a	?			X		X	X		?	0	?
Feofitina a			X				ND		0	ND	0
Densidade de cianobactérias	↑		X				ND		X	ND	X

Gráfico 45: Sólidos em suspensão totais (acima) e turbidez (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de 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).

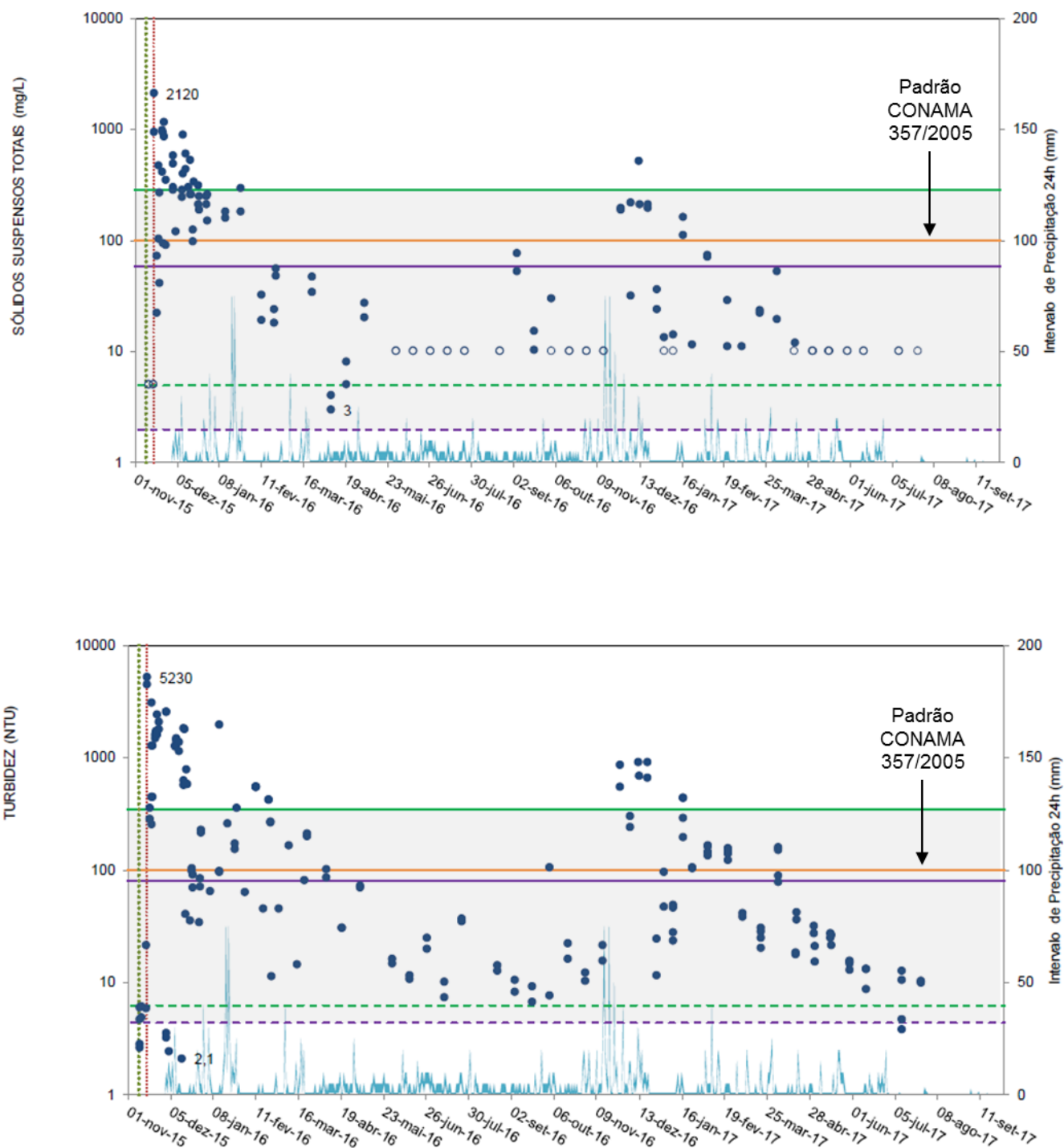


Gráfico 46: pH (acima) e condutividade (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

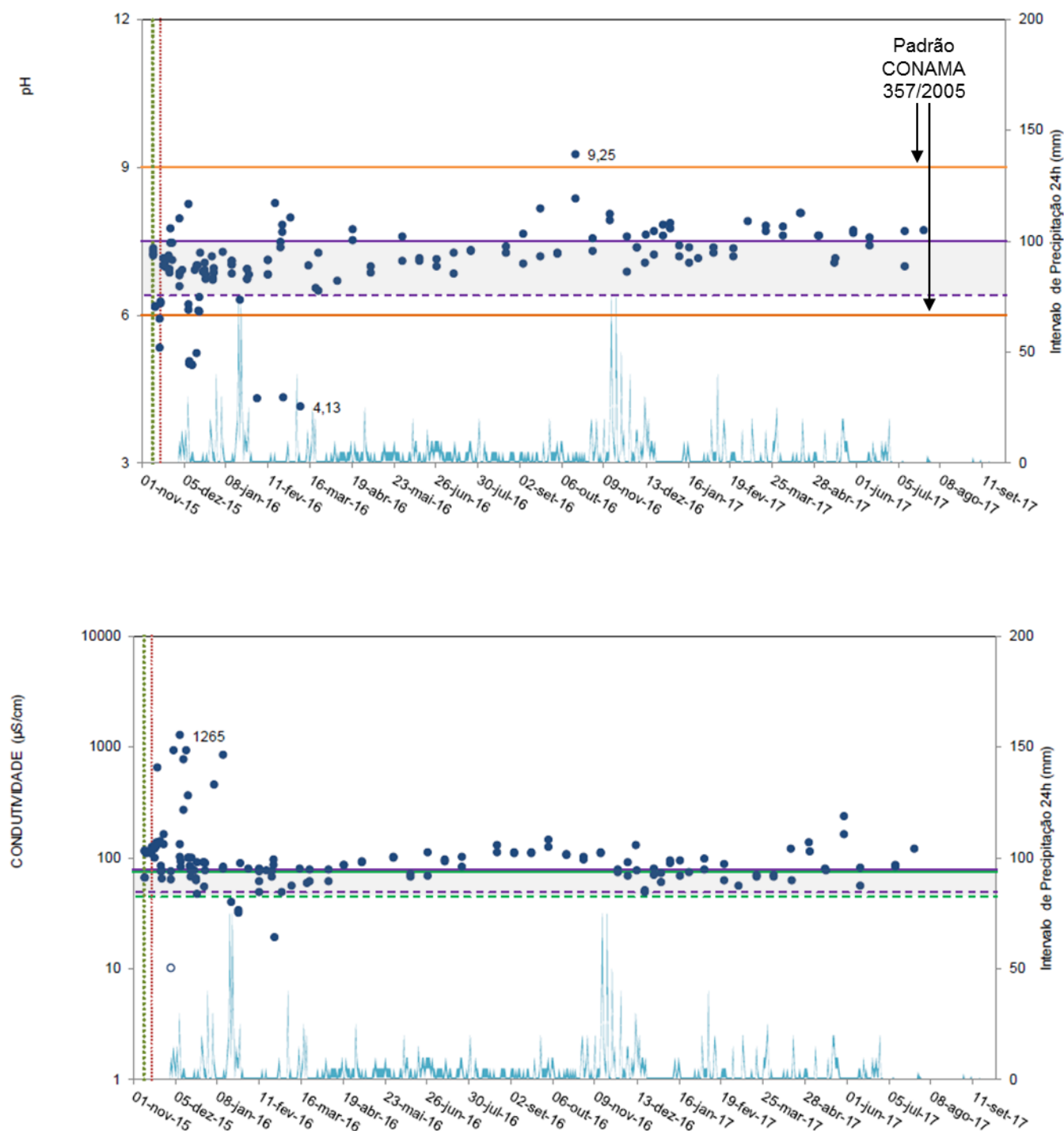


Gráfico 47: Oxigênio dissolvido na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

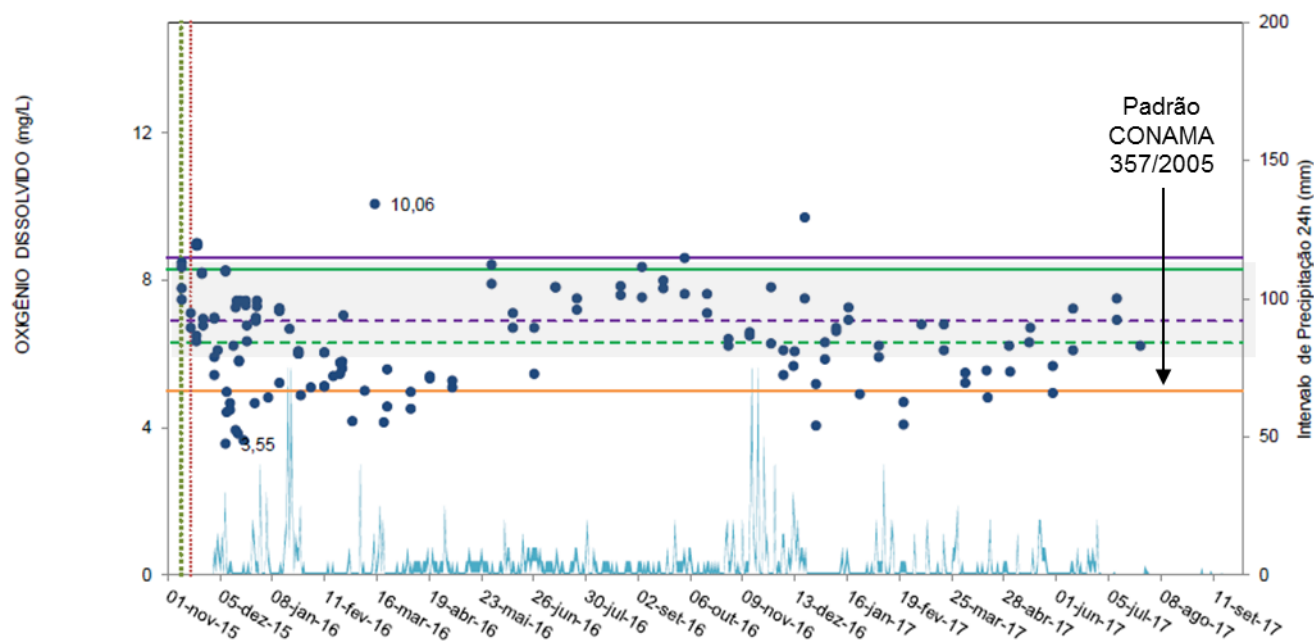


Gráfico 48: Ferro Dissolvido (acima) e Manganês Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

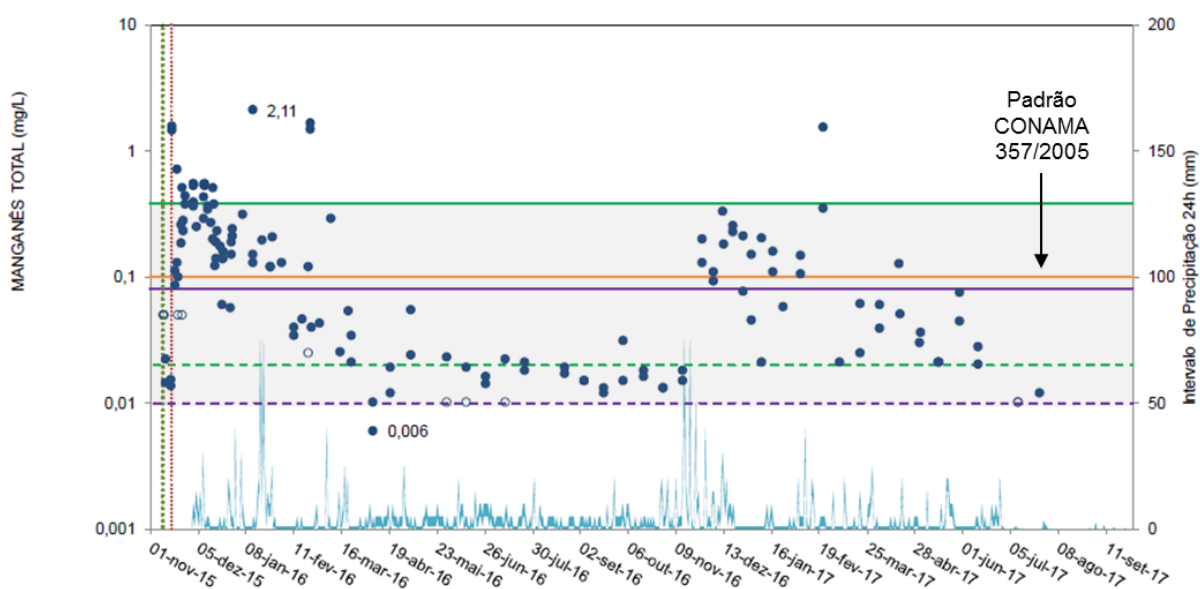
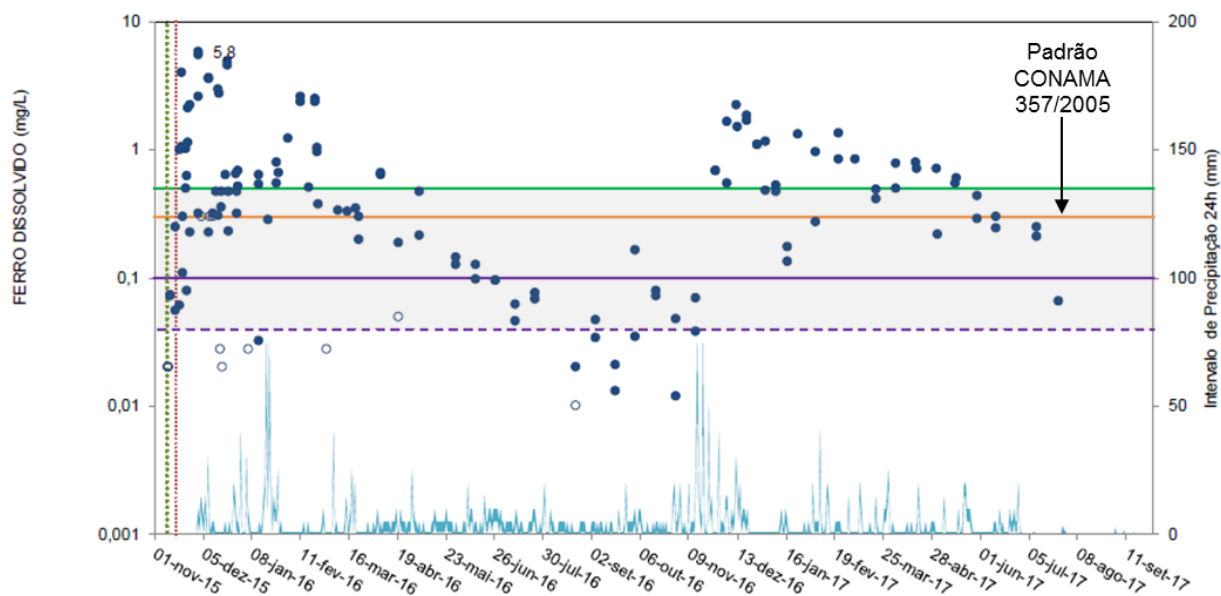




Gráfico 49: Arsênio Total (acima) e Cádmio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

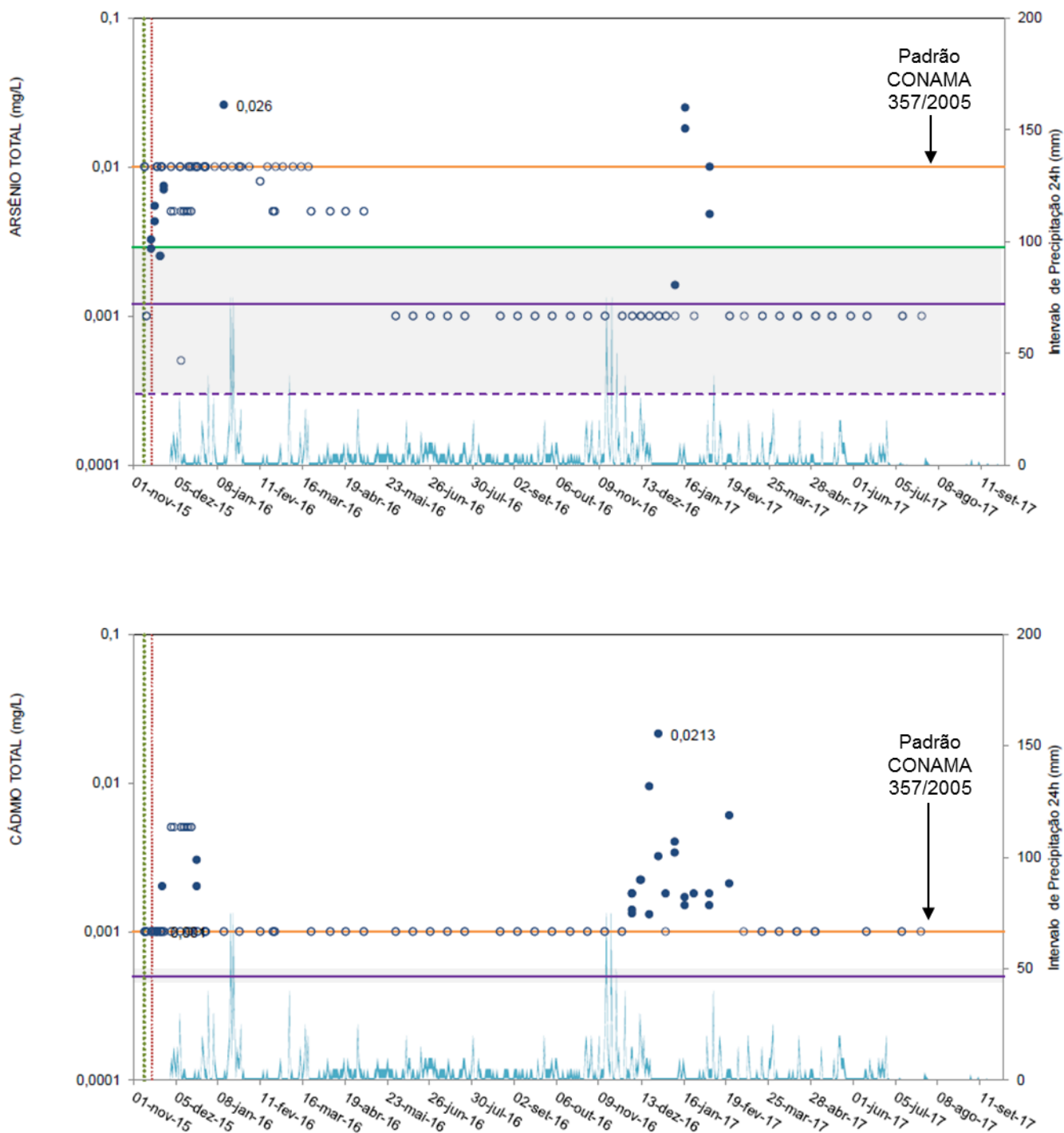


Gráfico 50: Chumbo Total (acima) e Mercúrio Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

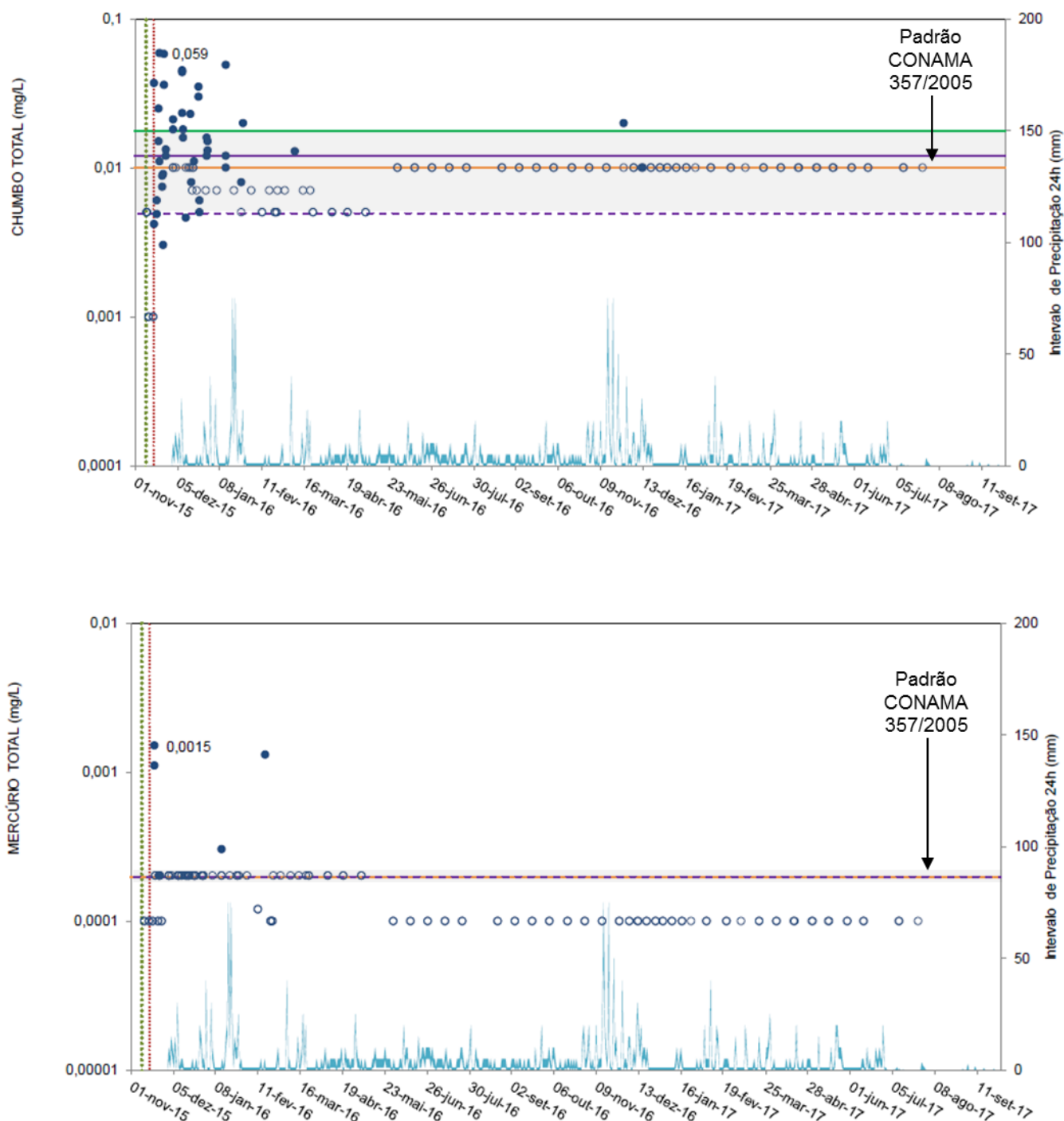


Gráfico 51: Nitrato (acima) e Fósforo Total (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

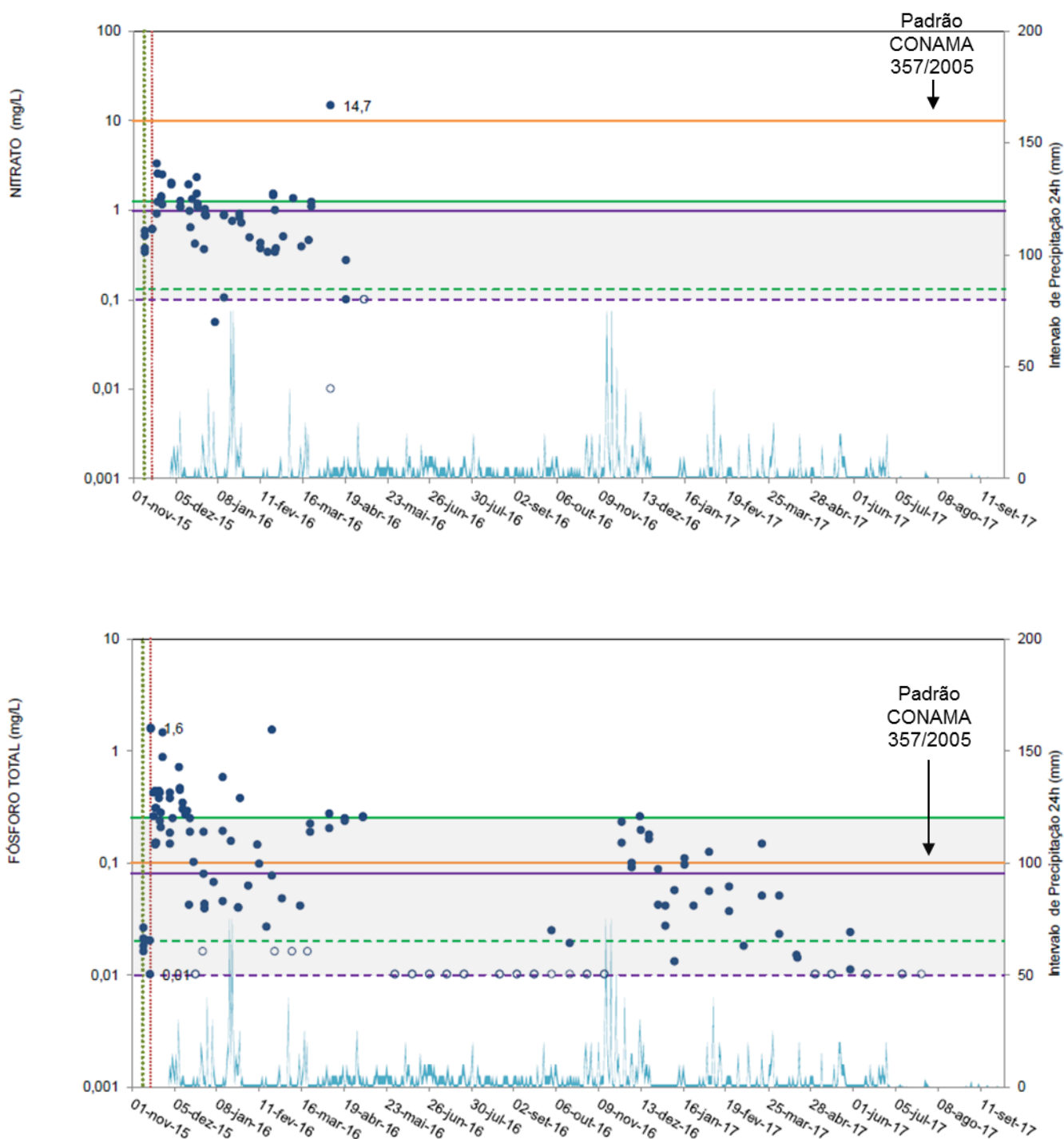


Gráfico 52: Demanda Bioquímica de Oxigênio (acima) e Coliformes Termotolerantes ('fecais') (abaixo) na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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).

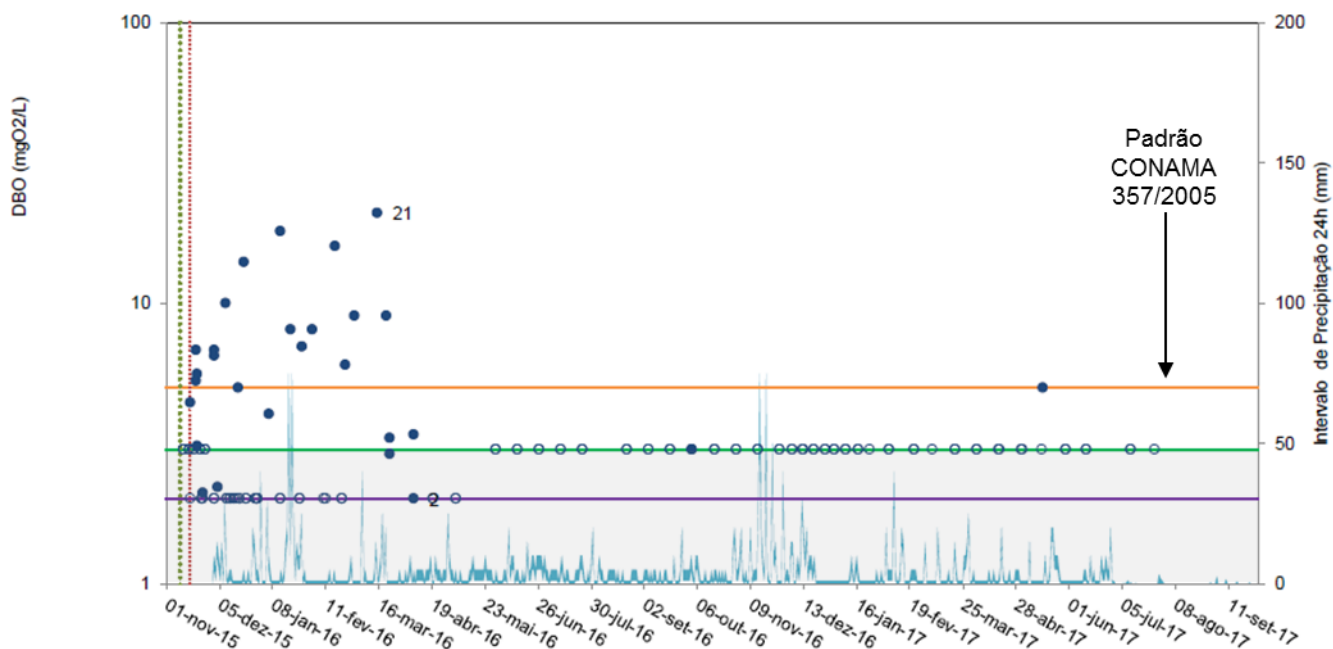
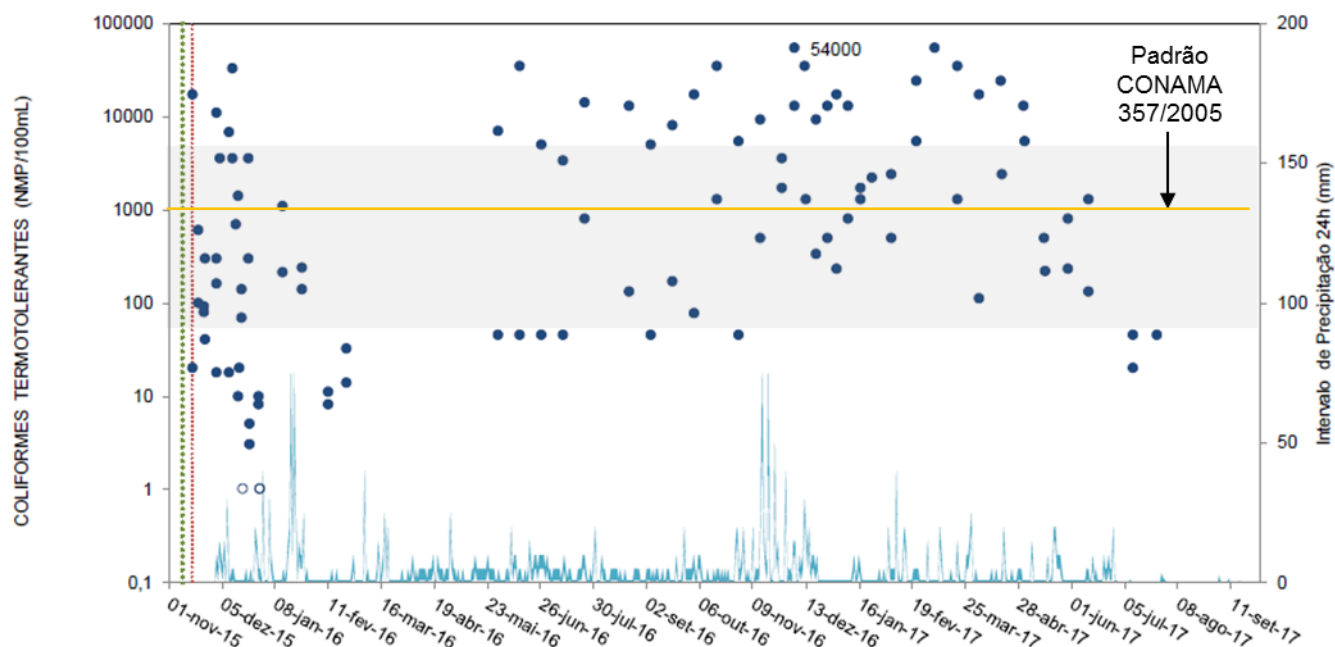
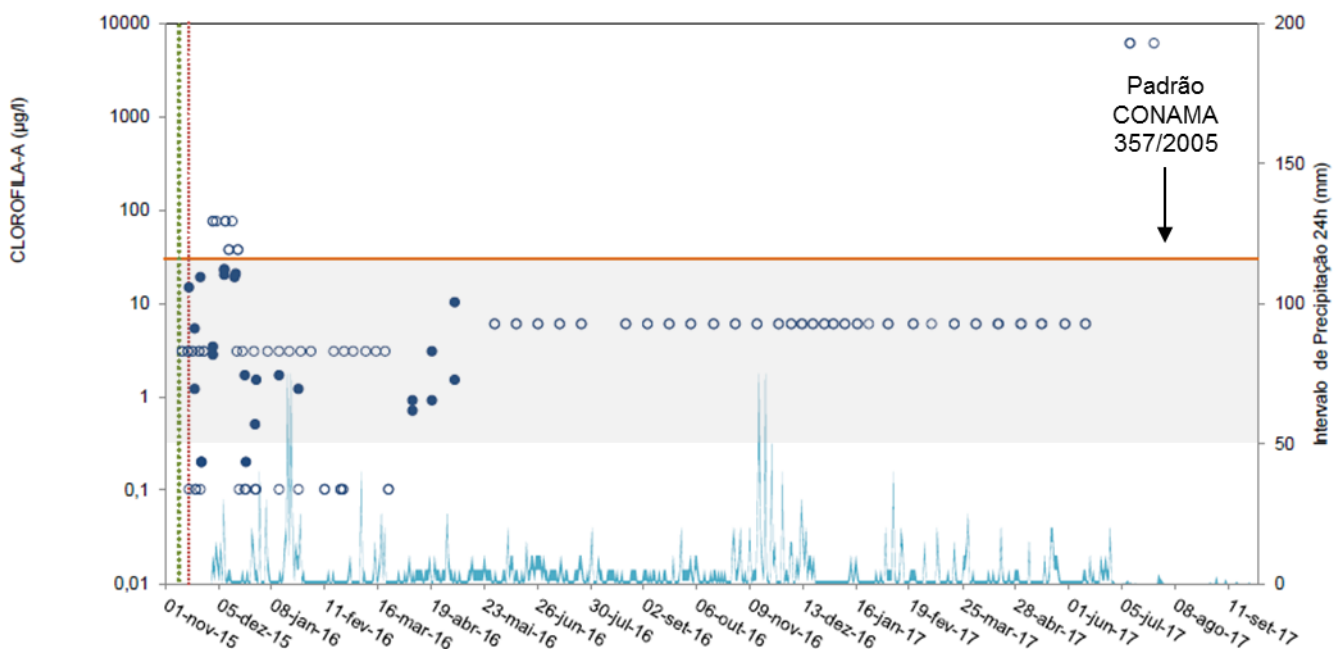


Gráfico 53: Concentração de clorofila a na água do Rio Doce em Aimorés nos 2 anos que se seguiram ao rompimento da Barragem de Fundão.

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 51).

A seguir, os impactos identificados ao longo desse Relatório são apresentados numericamente e dentro da perspectiva dos critérios utilizados para sua avaliação. A Matriz de Avaliação dos Impactos no Meio Físico consta na Tabela 60.



Tabela 60: Matriz 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	ZA	A	M	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	ZA	A	M	Alta
F3	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	R	I	Neg	Tm	Rev	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	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

F9	Alteração na dinâmica fluvial	P	I	Neg	Per	Rev	ZA	A	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 cerca de 39 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 milhões de metros cúbicos de rejeitos, cerca de 20 milhões chegaram ao Médio Rio Doce na forma de siltes médios, siltes finos e argilas grossas carregados em meio ao fluxo de água.

O aumento pronunciado da carga suspensa do Rio Doce em Aimorés foi abundantemente registrado através de métricas como sólidos suspensos totais, 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 Aimorés (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 de **ocorrência real (R)**, **incidência direta (D)** e **natureza negativa (Neg)** do rompimento da Barragem de Fundão sobre a qualidade da água do Rio Doce em Aimorés. O impacto é categorizado como **temporário de longo prazo (TL)** uma vez que o lodo de rejeitos poderá continuar sendo ressuspensionado e carregado 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 **(ZA)**, uma vez que ocorre apenas na **Zona de Amortecimento** da 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)**.

**(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 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 Aimorés 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 cobre total apresentaram alterações de curto prazo. Ferro, alumínio, manganês, arsênio, cádmio, cobre dissolvido, 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 da 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 parece adequado descrever este impacto como **permanente (Per)**, ao se considerar o enorme volume de lodo de rejeitos depositado ao longo do curso dos Rios Gualaxo, Carmo e Doce a montante de Aimorés. Este rejeito contaminado por metais poderá ser ressuspenso, redepositado e ressuspenso por décadas.. Nota-se 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 apresentado no Tópico 8.

O impacto tem **extensão** classificada como **(ZA)**, uma vez que ocorre apenas na **Zona de Amortecimento** da 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)**.

### **(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 recorrentes 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)** do rompimento, porém **reversível (Rev)**. A **duração** deste impacto se enquadra melhor como sendo de **temporário de 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 a restauração 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 **(ZA)**, uma vez que ocorre apenas na **Zona de Amortecimento** da 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 F1), na concentração de uma variedade de metais de interesse toxicológico e ecotoxicológico (Impacto F2) e na contagem de contaminantes microbiológicos (Impacto F3), 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 pode-se 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 Médio Rio Doce inclui trechos com dezenas de metros de profundidade (pescadores entrevistados mencionaram ter medido 40 m de profundidade, e relataram até 70 m de profundidade), é altamente provável que o Rio Doce tenha experienciado condições de hipoxia severa (baixa concentração de oxigênio) ou até mesmo anoxia (ausência de oxigênio) durante o primeiro período pós impacto, 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. Trata-se de um impacto com **extensão** classificada como **(ZA)**, uma vez que ocorre apenas na **Zona de Amortecimento** da 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. Nota-se que não se está recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas aponta-se 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 importância (A)** 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 a 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. Nota-se que não se está recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas aponta-se que há tecnologia disponível para tal (ver recomendações de estudos no Tópico 8). Sua atuação se estende apenas a **Zona de Amortecimento (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)**.

#### **(F9) Alteração na dinâmica fluvial**

Este é um impacto **negativo (Neg)** que provavelmente ocorreu, **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 a 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. Nota-se que não se está recomendando necessariamente a dragagem de todo o rejeito depositado no Rio Doce, apenas aponta-se que há tecnologia disponível para tal (ver recomendações de estudos no Tópico 8). A **extensão** do impacto atinge apenas a **Zona de Amortecimento (ZA)**, com possíveis alterações morfológicas na estrutura e granulometria de materiais no Rio Doce e confluência com rios tributários. Assume **alta importância (A)** uma vez que suas consequências são potencialmente sentidas pelos ecossistemas e tendem a não ser recuperadas. 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 F1, F2, F3 e F4). Da mesma forma, teve consequências pronunciadas para a composição e granulometria do sedimento (ver Impactos F5 e F6).

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 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 dos rios tributários 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 algumas 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 biomagnifiquem (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. Neste caso, destaca-se o aumento das captações de água na bacia do Rio Manhuaçu.

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 **direto/indireto (D/I)** 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)**.

#### **(F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce**

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, com destaque para a sub-bacia do Rio Manhuaçu, que passou a fornecer água para os municípios de Resplendor e Itueta, com o aumento do risco de desabastecimento de água após o desastre de Fundão.

Esse impacto foi classificado como **temporário médio ou longo prazo (TM/TL)**, assumindo que essa captação poderá se prolongar por anos ou décadas. 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 ecológico dentro da UC. É **reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de reparar a redução da quantidade de águas dos rios. 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 proporcionado pela Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, localizada a cerca de 300 km a montante da RPPN, impediu um extravasamento significativo do Rio Doce para fora de sua calha na região de Aimorés. A RPPN Fazenda Bulcão encontra-se já no trecho final do Rio Doce, próximo à sua foz, e logo abaixo da UHE Aimorés, 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, atingindo uma pequena parcela da ZA. Na área da UC não ocorreu destruição ou degradação do habitat 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 RPPN Fazenda Bulcão e de seu entorno imediato, bem como as impressões colhidas em campo, revelam uma impressionante recuperação da cobertura vegetal desta UC ao longo das duas últimas décadas, fruto dos esforços do Instituto Terra. Atualmente a área da RPPN Fazenda Bulcão, que se encontrava anteriormente muito degradada, contrasta fortemente com a matriz urbana e de pastagens degradadas do seu entorno. Por isso o grau de conexão entre o fragmento florestal desta RPPN e das áreas florestadas adjacentes é mínimo, e a quase total supressão das florestas ciliares ao longo do Rio Doce e de seus tributários revela a inexistência de corredores ecológicos efetivos para a dispersão da biota florestal pela paisagem.

A distância entre a UC e as áreas de deposição de resíduos, de cerca de 1,3 km, levam a crer que não houve impactos relacionados à alteração da comunidade florística ou de fauna terrestre, tendo em vista a distância que separa os limites desta UC e a calha do Rio Doce. Para a calha do rio, pode ter havido impactos pontuais 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.

A RPPN Fazenda Bulcão está em uma posição privilegiada para promover atividades de educação ambiental e formação de monitores, capacitação de pessoal, programas de voluntariado e de ciência cidadã, e dar suporte a projetos de pesquisa em recomposição florestal, manejo e de reintrodução de espécies.

São poucas as ameaças à fauna da RPPN Fazenda Bulcão. A gestão desta área protegida é bem estruturada, com número suficiente de vigilantes e de funcionários administrativos. A UC apoia atividades de pesquisa e desenvolve parcerias com outras instituições, como universidades e ONG's, que resultam no aumento do conhecimento sobre a fauna. A caça, se existente, ocorre de forma bastante pontual, não representando uma fonte de impacto expressiva. Foram reportados durante a visita de campo problemas relacionados ao grande número de quatis e de capivaras, espécies conhecidas por necessitarem de manejo em áreas urbanas, peri-urbanas e isoladas.

Não foram detectados impactos diretos ou indiretos sobre a comunidade de mamíferos da RPPN Fazenda Bulcão. Não houve aumento da fragmentação, aumento de caça, contaminação ou outra consequência proveniente da deposição da lama de rejeitos. Cabe ressaltar a presença da área urbana e da linha férrea entre um trecho de vazão reduzida do Rio Doce e a RPPN, e ainda os impactos anteriores da Barragem de Aimorés.

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.

Todos os impactos sofridos pelas aves e que puderam ser identificados foram restritos à Zona de Amortecimento, exclusivamente em ambientes aquáticos e transicionais (e.g. praias de rio, brejos marginais e bancos de macrófitas). Não foram identificados impactos significativos em ambientes terrestres da Zona de Amortecimento. Já no interior da UC os impactos foram desprezíveis tanto nos ambientes aquáticos quanto nos terrestres.

A ictiofauna da RPPN Fazenda Bulcão não foi diretamente afetada pelo impacto causado pelo rompimento da Barragem de Fundão, pois o Rio Doce não faz mais parte da paisagem de Aimorés desde a construção da UHE Eliezer Batista, ou Usina de Aimorés, que desviou seu curso principal restando apenas o trecho de vazão reduzida, abastecido parcialmente pelas águas do Rio Manhuaçu e pouca água do Rio Doce.

Os dois riachos avaliados na área de estudo atravessam a área urbana, onde já se encontravam completamente secos. Assim, os corpos d'água encontrados na RPPN e sua Zona de Amortecimento, pertencentes a duas microbacias, estavam isolados de qualquer outro corpo d'água, no momento da expedição em fevereiro de 2019.

Houve, como consequência do rompimento da barragem, o aumento do conhecimento sobre a fauna de vertebrados da RPPN, já que estão sendo desenvolvidas na área atividades de monitoramento da mastofauna, avifauna e herpetofauna nas estações seca e chuvosa, o que pode ser considerado um aspecto positivo.

Todos os impactos verificados para o meio biótico estão associados a ambientes aquáticos ou transicionais (zonas ripárias, alagadas, praias e bancos de areia), estando portanto situados na Zona de Amortecimento (especialmente quando relacionados à calha do Rio Doce).

A Matriz de Avaliação dos Impactos no Meio Biótico consta na Tabela 61.

Tabela 61: Matriz 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	TL	Rev	ZA	B	B	Baixa
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	Média
B2 avifauna	Ambiente aquático - perda de habitat 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 habitat 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 habitat por degradação: degradação de micro-habitats 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 habitat 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	B	B	Baixa
B3 ictiofauna	Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes	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 assembleias de aves	P	I	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	I	Neg	TM	Rev	UC+ZA	B	B	Baixa
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	P	I	Neg	Per	Ire	ZA	A	B	Muito Alta
B11	Contaminação e bioamplificação 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 RPPN Fazenda Bulcão engloba a calha do Rio Doce, em uma região onde se encontra o trecho de vazão reduzida da Barragem de Aimorés. Ainda que este trecho do rio seja bastante modificado, 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 de banco de macrófitas 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 de extensão restrita à Zona de Amortecimento (ZA) da UC (i.e. apenas na calha e margem do Rio Doce), não atingindo 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 no que diz respeito a esta UC.

### Avifauna

Para a avifauna, a mortalidade de indivíduos no Rio Doce ou suas margens, 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*, ananaí *Amazonetta brasiliensis* e biguá *Nannopterum brasiliense*). 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** foi restrita à **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 na 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)**, 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)** da RPPN Fazenda Bulcão (i.e. apenas na calha e margem do Rio Doce) e 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. Dessa maneira, não houve aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais em ambientes terrestres ou mesmo aquáticos, que não possuem conexão direta com o rio (brejos, poças, lagoas, açudes, riachos).

A maioria das espécies da herpetofauna 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 à condição prévia do rio, já bastante alterado, o impacto em questão causou a morte e consequente diminuição das populações apenas de espécies comuns, menos importantes para a conservação da herpetofauna. Portanto, esse impacto deve ser considerado de **baixa importância (B)**. O aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais das espécies da herpetofauna possui **magnitude baixa (B)**, já que apesar de ter resultado em alterações da integridade da população, provavelmente já reduzida, do jacaré-do-papo-amarelo e das suas funções ecossistêmicas, visto que essa espécie é um predador de topo de cadeia, esse impacto não resultou em alterações na integridade dos sistemas ecológicos da UC propriamente dita. Dessa forma, o impacto aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais das espécies da herpetofauna possui **significância baixa (B)**.

### 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 atividades antrópicas. Essa ressuspensão foi 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 em seguida ao rompimento. Foi largamente documentada a mortandade 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 Doce tenha afetado sensivelmente a dinâmica e estrutura da ictiofauna local. Além disso, é provável que espécies de topo de cadeia (Ex. *Hoplias intermedius* – Trairão; *Hoplias malabaricus* – Traíra) continuem a ser afetadas por este impacto por anos, devido à bioacumulação de contaminantes (principalmente metais pesados) ao longo da cadeia trófica.

Para a ictiofauna, este impacto é de ocorrência **real (R)**; **incidência direta (D)**, pois foi decorrente 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 ictiofauna; **natureza negativa (N)**; **duração** de caráter **temporário de longo prazo (TL)**, grande parte das mortes ocorreu imediatamente, dias ou semanas após a chegada do rejeito, no entanto, novos eventos de mortalidade continuam a ser detectados após eventos de chuva, que ressuspendem o sedimento contaminado pelo rejeito de minério depositado no fundo do Rio; 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. Por ter se concentrado na calha do Rio Doce, o impacto tem **extensão** 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, porém de **baixa magnitude (B)**, pois não afeta a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **significância Média (M)**.

**(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).**

#### **Vegetação, Mastofauna e Herpetofauna**

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-habitats 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 carregados 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 hábitat utilizadas pela fauna aquática; com **duração** de caráter **temporário de longo prazo (TL)**; este 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 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**

#### **Vegetação e Mastofauna**

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, não havendo portanto impacto sobre suas populações através da perda de hábitat por degradação na Zona de Amortecimento.

#### **Avifauna**

Diferentes tipos de hábitat 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 (Rev)**, 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 hábitat foi restrita à calha do rio; tendo **importância baixa (B)** 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 de 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 às anteriores ao rompimento, nesse caso, podendo ser considerado **reversível (Rev)**. O impacto é considerado de **extensão** restrita à **Zona de Amortecimento (ZA)** já que esteve restrito à Zona de Amortecimento 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.

O Rio Doce e suas margens, nesse trecho, encontram-se bastante descaracterizados, em função da construção/operação da UHE Aimorés. Soma-se a este impacto a própria urbanização do município. Em alguns segmentos, construções avançam sobre a Área de Preservação Permanente do rio, onde praticamente não há vestígios de mata ciliar. Assim, as espécies da herpetofauna que ali ocorriam antes do rompimento são provavelmente táxons comuns e que toleram ambientes bastante alterados, devendo portanto, ter sido pouco afetadas pelas mudanças oriundas do rompimento. De qualquer forma, os habitats aquáticos e marginais nesse segmento do rio foram afetados pelos impactos do meio físico relacionados à degradação da qualidade da água e assoreamento do Rio Doce. Consequentemente, as poucas espécies da herpetofauna de habitats aquáticos diretamente associadas à calha do rio (i.e. jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*) ou que podem utilizar esse habitat para o desenvolvimento de ovos e girinos (e.g. *Rhinella diptycha* e *Rhinella granulosa*) foram provavelmente impactadas negativamente pelo rompimento. Entretanto, visto o acima exposto, é provável que os indivíduos que não morreram com a passagem da pluma tenham se adaptado e ainda persistam no local, mesmo após as modificações sofridas. Por esse motivo, esse impacto deve ser considerado de **baixa importância (B)** e **baixa magnitude (B)** já que não tende a resultar em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações dessas espécies da herpetofauna. Dessa forma, o impacto perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes possui **significância baixa (B)** para a herpetofauna.

### **Ictiofauna**

O aumento da turbidez, que ocorreu apenas na ZA (calha do Rio Doce) além de prejudicar espécies de peixes visualmente orientadas como a maior parte dos membros da família Characidae, também diminui a incidência de luz e por consequência a produtividade primária. Espécies que tem como parte importante da dieta, algas (Ex. *Serrapinnus heterodon* - Lambari), perifiton (boa parte dos loricarídeos) e invertebrados que dependem destes recursos (todas as espécies da família Trichomycteridae), são afetadas.

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 e podem retornar a condições similares às anteriores ao rompimento. Por 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**



## **Vegetação e Mastofauna**

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 RPPN Fazenda Bulcão constitui um pequeno fragmento de floresta revegetada cercada por uma matriz de áreas abertas degradadas. Nesse sentido, a cidade de Aimorés funciona como uma barreira de asfalto e concreto entre a UC e o Rio Doce. Dessa maneira, é esperado que a herpetofauna da Unidade de Conservação já não possuísse importantes relações ecológicas com o rio, especialmente no que tange as espécies de maior relevância para a conservação, que são na sua maioria espécies associadas aos ambientes florestais. Assim, o impacto potencial relacionado à alteração na cadeia trófica desencadeada a partir de ambientes aquáticos que poderia levar à redução da performance das espécies ou não existiu ou se ocorreu deve ter sido de baixa importância e magnitude.

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 a alteração na cadeia trófica desencadeada a partir de ambientes aquáticos que poderia levar à redução da performance das espécies possui 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 uma possível, mas improvável, conexão trófica. O impacto é considerado de **extensão** que poderia alcançar a **Unidade de Conservação e a Zona de Amortecimento (UC+ZA)** mas deve ser considerado de **baixa importância (B)** e de **baixa magnitude (B)** já que não tende a resultar em alterações das funções ecossistêmicas ou da integridade de populações das espécies e dos

sistemas ecológicos da UC. 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 baixa (B)**.

### **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 interespecífica 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 (B)**, 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.

Espécies dependentes dos recursos alimentares soterrados pela onda de rejeitos, como os detritívoros, *Leporinus copelandii* (Piau-vermelho) e *Megaleporinus conirostris* (Piau-branco), *Cyphocharax gilbert* (Saguirú), o invertívoro, *Pimelodus maculatus* (Mandi-amarelo) provavelmente foram severamente atingidas. Além disso, a introdução de predadores (ex. Dourados, Tucunarés, Piranhas, Bagre-Africano, Pescada) impacta profundamente a assembleia de peixes nativa, 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).

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**

Impactos como aumento de turbidez, diminuição da disponibilidade de recursos e contaminação, costumam forçar o deslocamento de indivíduos para porções não atingidas. No caso, estas espécies invasoras, como é o caso da maior parte das espécies introduzidas, costumam ser mais resistentes e atuarem como vetores parasitas ou doenças, que podem infectar as populações nativas. Estas espécies introduzidas também são favorecidas pela diminuição da disponibilidade de recursos ocasionada pela competição, seja ela inter, quanto intraespecífica. Além disso, espécies frequentes em pequenos tributários costumam ser de porte menor e podem sofrer com o aumento da predação, ocasionado pela chegada de novos predadores, provenientes do rio principal.

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)**, pois é muito improvável que a retirada de espécies exóticas em ambiente aquático tenha uma eficiência de 100%, porém pode ser feito um controle através da 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)**. Possui **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)**.

#### **(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 no Meio Físico), com a fauna aquática, e uma posterior transferência e contaminação do ambiente terrestre via cadeia trófica.

A transferência de contaminantes do Rio Doce para os tributários ocorreria 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, caso 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; o impacto pode ser considerado **reversível (Rev)**, pois existem tecnologias capazes de restabelecer as 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)**. Possui **alta importância (A)**, pois afeta 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 potenciais 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 onde está inserida a 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 são fonte de informação para a presente linha de base. Não é tarefa fácil mensurar tal impacto, pois, em muitos casos, passa pela percepção do grupo social, pela valorização do espaço protegido ou 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).

Impactos vinculados ao meio socioeconômico e cultural, em sua relação com Unidades de Conservação, ligam-se principalmente à oferta serviços ambientais ou ecossistêmicos i) Serviços de Provisão, como energia e matéria, alimentos, matéria-prima, água potável; ii) Serviços Culturais, como bem-estar não material, lazer, turismo, espiritualidade, inspiração, herança e transmissão cultural.

Na RPPN Fazenda Bulcão um único impacto vinculado ao meio socioeconômico e cultural foi identificado, já na Oficina de Avaliação, ocorrida em Belo Horizonte em 07 e 08 de maio de 2019. Observou-se que os impactos que ocorreram em outras UCs não tiveram rebatimento na RPPN Fazenda Bulcão, pois muitos deles ocorreram quando da construção da UHE Aimorés. O impacto relatado pelo grupo de trabalho na referida oficina é analisado e descrito a seguir (Tabela 62).

Tabela 62: Matriz de Avaliação de Impactos no meio socioeconômico

IDENTIFICAÇÃO		EXAME				SIGNIFICÂNCIA				
Nº do impacto	Impacto	Ocorrência	Incidência	Natureza	Duração	Reversibilidade	Extensão	Importância	Magnitude	Resultado
S13	Aumento do tráfego de caminhões	R	I	Neg	TM	Rev	ZA	M	B	Baixa



O aumento do tráfego de caminhões na BR 259 para transporte de água é um impacto com **ocorrência real (R)** e se deve ao transporte de água para abastecimento de localidades que utilizavam a água do Rio Doce e ficaram impossibilitadas de fazê-lo após o rompimento da Barragem do Fundão. A **incidência é indireta (I)**, pois o impacto decorre da falta de acesso ao abastecimento de água pela população regional e local, impacto este, por sua vez, originado no rompimento da Barragem do Fundão. A **natureza do impacto é negativa (Neg)**, dado que o aumento do tráfego em vias inadequadas ao fluxo de caminhões aumenta o desconforto dos moradores, pois provoca ruído, poeira, risco de acidente, deterioração das estradas e prejuízo a estruturas das casas. O impacto tem **duração de médio prazo (TM)** e sua cessação está vinculada à regularização do abastecimento das localidades para as quais atualmente é fornecida água potável ou para dessedentação de animais e irrigação por meio de garrações ou de caminhões-pipa. É **reversível (Rev)**, pois a regularização do fornecimento de água diminuirá a necessidade de circulação de caminhões. O impacto ocorre no entorno da RPPN Fazenda Bulcão, na **Zona de Amortecimento (ZA)**<sup>12</sup>, tem **importância média (M)** em razão do desconforto que causa à vizinhança. Tem **magnitude baixa (B)**, pois não compromete os objetivos da categoria de manejo RPPN ou a função da UC. A **significância** deste impacto é **baixa (B)**.

## 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 (Figura 40) que estabelece uma rede de hipóteses de ligações mecânicas 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. O Mapa Conceitual também está disponível no Anexo VIII.

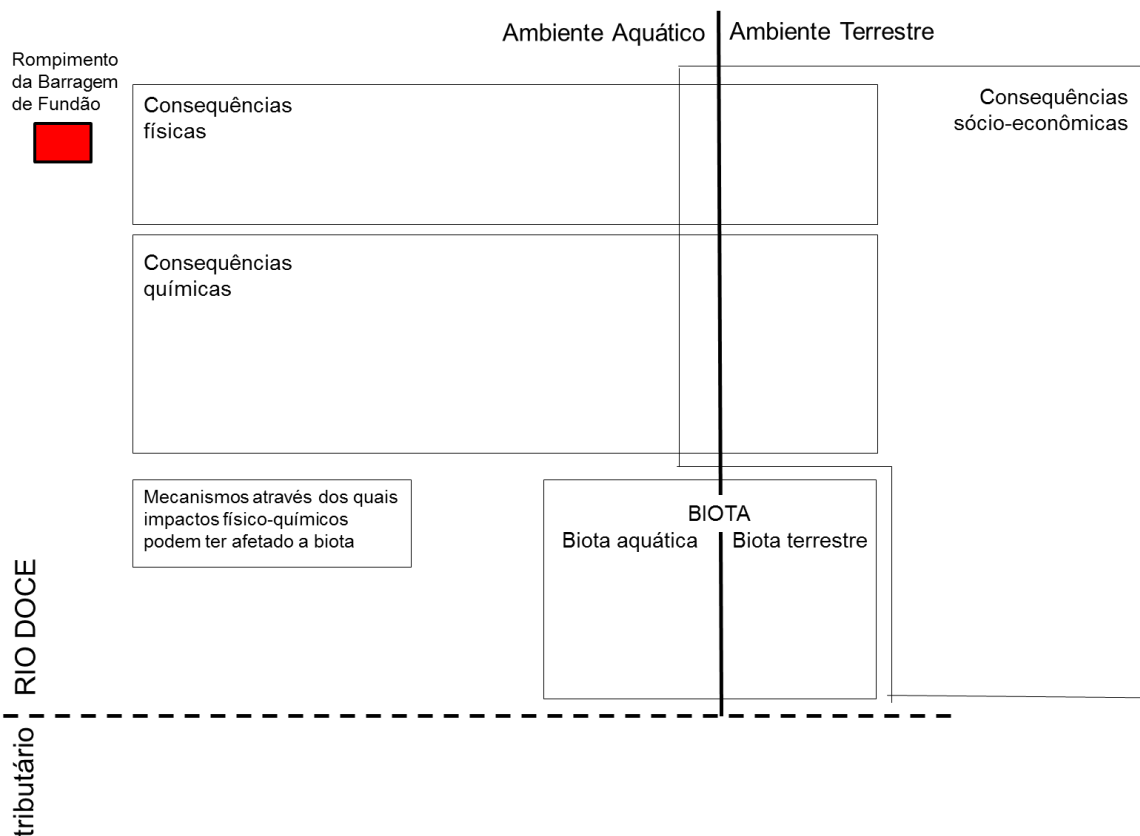
Este Mapa Conceitual foi concebido levando em consideração o conjunto das Unidades de Conservação às margens do Médio e Baixo Rio Doce analisadas por esta equipe, quais sejam: Área de Proteção Especial Pico do Ibituruna, Monumento Natural Pico do Ibituruna (Governador Valadares, MG), Reserva Particular 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 RPPN Fazenda Bulcão. Fatores (caixas) e impactos (círculos) sem ocorrência real ou potencial na RPPN Fazenda Bulcão 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 RPPN são realçadas (apresentadas em linhas e fontes pretas) no Mapa Conceitual.

<sup>12</sup> RPPNs não possuem Zona de Amortecimento. A expressão é utilizada aqui para referir-se ao entorno da UC, raio de 3 km de seus limites.

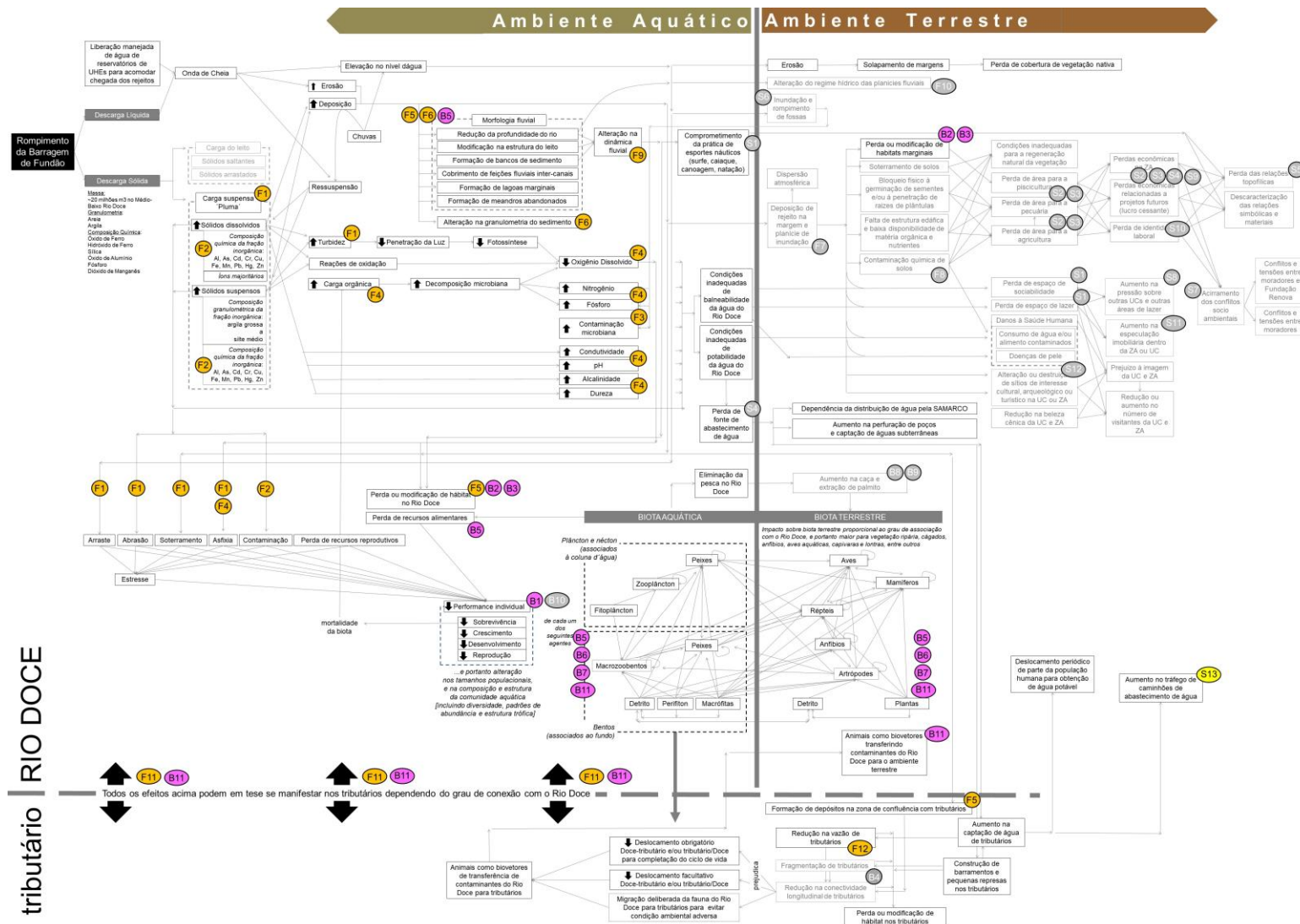
O Mapa Conceitual descreve hipóteses de relação de causa-e-efeito entre o rompimento da Barragem de Fundão (canto superior esquerdo) e atributos físicos, químicos, biológicos, sociais e econômicos de ambientes aquáticos (esquerda) e terrestres (direita) nas Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce. Parte das alterações foram consideradas 'impactos', que estão numerados sequencialmente para o meio físico-químico (F), biótico (B) e socioeconômico (S). A Figura 39 representa a estrutura do Mapa Conceitual.

Figura 39 - Estrutura do Mapa Conceitual



A Figura 40 apresenta o Mapa Conceitual.

Figura 40 - 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).

A chegada da pluma de rejeitos levou à contaminação de águas do Rio Doce. O rejeito, de minério de ferro, era composto predominantemente por óxido de ferro, hidróxido de ferro, óxido de alumínio e dióxido de manganês (Impacto F2). 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 S6), 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).

Apesar dos impactos físicos acima descritos terem sido documentados no Rio Doce de forma geral, é importante notar a situação geográfica especial da RPPN Fazenda Bulcão. A RPPN está relativamente distante do Rio Doce por conta do desvio do Rio pela Barragem de Aimorés; os cursos d'água mais próximos são o trecho de vazão reduzida do Rio Doce, que passa por dentro da cidade de Aimorés, e o tributário Manhuaçu.

Assim, alguns impactos ligando Rio Doce e sistema terrestre, documentados em outras Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce, não se aplicam à área de estudo da RPPN Fazenda Bulcão. Entre eles estão a deposição de rejeito na margem e planície de inundação do Rio Doce, que em pontos localizados em outras regiões 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; a perda ou degradação de habitats marginais (Impacto F7); bem como a contaminação dos solos (Impacto F8).

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 hão 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. 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.

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 RPPN Fazenda Bulcão.

Em outras Unidades de Conservação 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). No entanto, estes impactos não foram identificados na RPPN Fazenda Bulcão.

Mais uma vez por conta da situação geográfica particular da RPPN Fazenda Bulcão, a maior parte dos impactos socioeconômicos encontrados em outras Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce está ausente da RPPN Fazenda Bulcão. Na verdade, o único impacto socioeconômico claro do rompimento da Barragem de Fundão foi o aumento no tráfego de caminhões-pipa responsáveis pela distribuição de água (Impacto S13).

Outros doze impactos socioeconômicos encontrados nas demais Unidades de Conservação do Médio e Baixo Rio Doce são apresentados a seguir, para completar um panorama geral da região.

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). Tal impacto pode ter levado indiretamente a um aumento da frequência e visitação sobre outras áreas de lazer, incluindo Unidades de Conservação (Impacto S8), bem como a um aumento na especulação imobiliária nas Áreas de Estudo (Impacto S11). Um aumento na frequência e visitação de Unidades de Conservação e um aumento na especulação imobiliária nas Áreas de Estudo poderiam causar a alteração ou destruição de sítios de interesse cultural, arqueológico ou turístico (Impacto S12).

A degradação da qualidade da água do Rio Doce também 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. Indiretamente, então, o rompimento da Barragem de Fundão promoveu a fragmentação e segmentação de tributários, a diminuição na descarga e a formação de habitats semi-lênticos nos tributários (Impactos F12, B4).

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 prazos (por exemplo, por soterramento e contaminação de solos e formação de crostas; Impacto S3). Outras perdas econômicas indiretas na Zona de Amortecimento resultaram do esvaziamento da área por pescadores e frequentadores (Impacto S9).

O trabalho é importante definidor de identidades e de alteridades, e isso é particularmente verdadeiro para pescadores e agricultores. Pescadores e agricultores que deixam de realizar suas atividades passam 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 topofilicas 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, IGAM/MG 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 Tumiritinga (MG). Mesmo assim, após selecionar a estação de Tumiritinga, 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 Unidade de Conservação. 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 de Água** - Não foi localizado na literatura científica pesquisas sobre ecossistemas aquáticos na RPPN Fazenda Bulcão. Tal lacuna prejudica a avaliação de impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão sobre ecossistemas aquáticos e terrestres da Reserva. É essencial o mapeamento e caracterização físico-químico-biológica dos corpos d'água da RPPN, bem como suas relações diretas e indiretas com o Rio Doce e com o uso da terra no entorno.

**Pedologia** - Não foram identificados estudos suficientes sobre a concentração de metais pesados nos solos da Unidade de Conservação, 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 elaborados pela FEAM (2013), Souza et. al. (2015). No entanto, as informações são generalizadas para as classes de solos do estado de Minas Gerais, e por isso o valor das concentrações de metais na área de estudo exigem estudos mais específicos, com coleta de amostras *in situ*, especialmente nas planícies fluviais do Rio Doce e próximo aos canais tributários abrangidos dentro dos limites da Zona de Amortecimento da UC.

## 7.2 MEIO BIÓTICO

Com relação ao meio biótico, cabe ressaltar que está em curso pela Fundação Renova o inventário das espécies em toda a bacia utilizando a metodologia RAPELD. Um dos transectos está localizado na Fazenda Bulcão, e deverá contribuir para o preenchimento de parte das lacunas de conhecimento mencionadas abaixo.

**Vegetação** - Apesar de a RPPN Fazenda Bulcão possuir um estudo florístico realizado por Bastos (2010), ela não possui uma listagem de espécies da flora completa e abrangente recente. Por isso, o levantamento atual das espécies teve de ser realizado extrapolando-se listas gerais de espécies coletadas na região da área de estudo.

**Mastofauna** - A principal lacuna de conhecimento sobre a RPPN Fazenda Bulcão 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. A determinação da presença destas espécies na região é importante para direcionar as estratégias de reestabelecimento da conectividade. Além disso, muitas espécies de mamíferos têm sua biologia ainda pouco conhecida, o que compromete a capacidade de estabelecer programas mais efetivos visando aumentar suas populações ou reintroduzir espécies extintas localmente ou na região. É importante ainda avaliar a importância da caça como fator de pressão sobre algumas das espécies listadas, e se esta pode ter sofrido aumento como consequência do rompimento da barragem e das mudanças resultantes sobre o modo de vida das populações humanas na área.

Persistem, como lacunas de conhecimento, as espécies de mamíferos de ocorrência na região, especialmente de quirópteros e pequenos mamíferos. 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 UC.

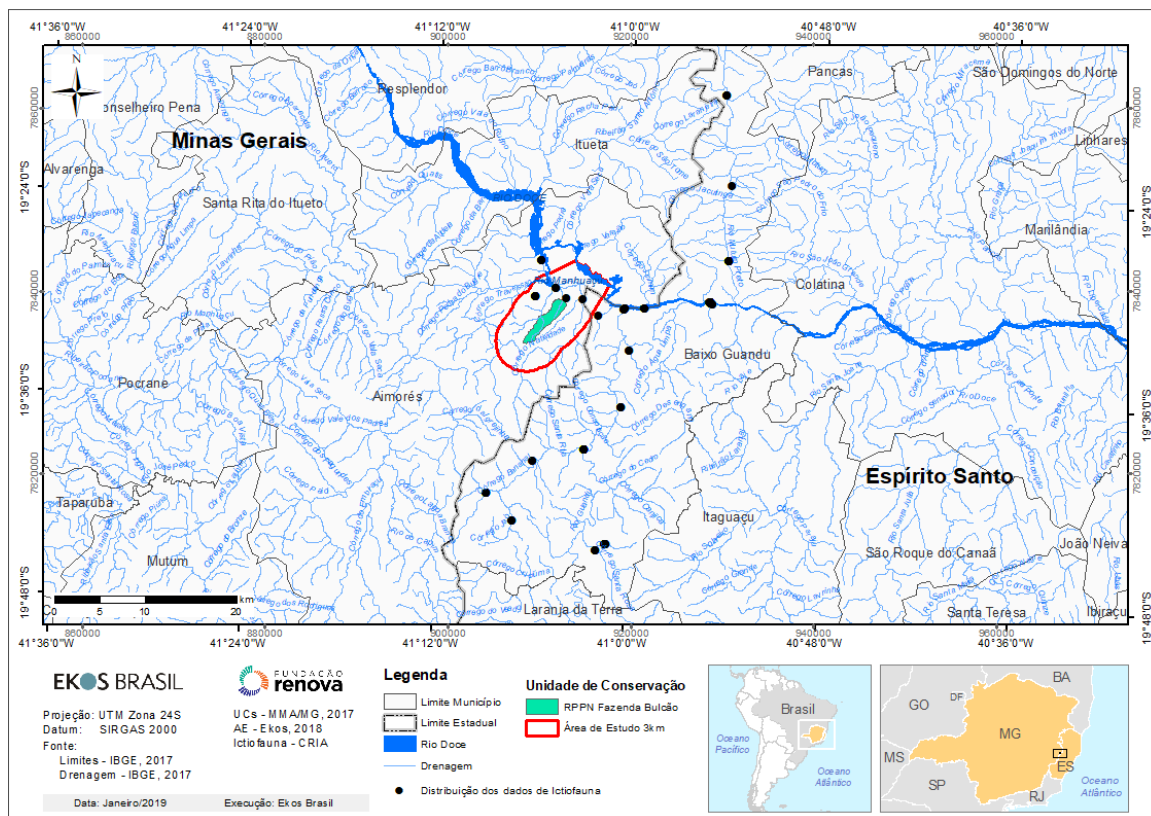
Alguns pontos importantes que poderiam ser foco destes estudos além de inventários de espécies de grandes mamíferos, pequenos mamíferos terrestres e quirópteros, são: as espécies de primatas da UC, a ocorrência e tamanho populacional de espécies de carnívoros, com foco no lobo-guará, e a reintrodução de espécies ameaçadas ou de distribuição restrita, como a preguiça de coleira e o miqui do norte.

**Avifauna** - Os inventários sumariados por Souza (2009), juntamente com os conduzidos por Volpato & Martins (2013), para a RPPN Fazenda Bulcão podem ser considerados um retrato da comunidade de aves encontrada na área de estudos imediatamente antes do rompimento da Barragem de Fundão em 2015. Este retrato, no entanto, é bastante limitado, pois não conta com 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 dificulta a avaliação dos 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 permitirem a elaboração de uma lista de espécies de ocorrência potencial na RPPN Fazenda Bulcão, lista essa assumida como a linha de base da composição da herpetofauna da UC em um momento pré-rompimento, esse conhecimento é limitado, já que, além de impreciso, não traz consigo informações acerca de parâmetros da estrutura da comunidade relacionados à abundância e distribuição espacial das espécies. A inexistência dessa informação (lacuna de conhecimento) dificulta a identificação e avaliação adequadas de impactos eventuais que se manifestem por meio de alterações nesses parâmetros. Por exemplo, não se sabe em quais riachos da UC e entorno, ocorreriam populações da espécie *Hydromedusa maximiliani*, considerada vulnerável (VU) pela IUCN e pela lista de Minas Gerais. Qual o tamanho/tendência das populações da rã *Leptodactylus* aff. *spixi* na reserva? Sua população encontra-se estável ou em declínio? Ela é mesmo uma espécie nova? Qual a distribuição e status de ameaça desse táxon na bacia do Rio Doce? As respostas para essas perguntas ainda não existem e, por esse motivo, constituem lacunas do conhecimento no que diz respeito à identificação e avaliação dos impactos do evento sobre as espécies da herpetofauna da RPPN Fazenda Bulcão.

**Ictiofauna** - O levantamento de dados secundários permitiu a elaboração de uma lista de espécies com potencial de ocorrência nas proximidades da RPPN Fazenda Bulcão. Levando em consideração que o Plano de Manejo da UC não contemplou a ictiofauna e que as informações obtidas a partir do levantamento de dados secundários não contempla a área da UC (Mapa 20), a caracterização acurada da ictiofauna do local é comprometida. No entanto essa região sofreu um impacto muito grande e anterior ao rompimento da Barragem de Fundão, que foi o desvio do curso principal do Rio Doce para a construção da Usina Hidrelétrica Eliezer Batista, ou Usina de Aimorés, restando apenas o trecho de vazão reduzida, abastecido parcialmente pelas águas do Rio Manhuaçu e pouca água do Rio Doce. Ainda assim, conhecer essas assembleias é um ponto extremamente importante, especialmente ao considerar que toda a paisagem da RPPN passou por um processo de intensa modificação, com o estabelecimento de um projeto de restauração florestal de longa duração e seria extremamente interessante a comparação da complexidade de habitat dos riachos dentro da UC com os que se encontram na Zona de Amortecimento. O que dependeria de inventário associado a um posterior 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 ou até de novos táxons para a ciência. 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 20: Distribuição espacial das localidades utilizadas para o levantamento de dados secundários



## **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 reestabelecer 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 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 leve 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 63 apresenta a relação dos impactos identificados e avaliados na Unidade de Conservação com as medidas e projetos propostos.

Tabela 63: Relação dos Impactos com as Medidas e Projetos Propostos

<b>Impacto Avaliado</b>	<b>Medida Proposta</b>	<b>Classificação da Medida</b>	<b>Projeto</b>
-------------------------	------------------------	--------------------------------	----------------

(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 de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência 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
	Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F2) Degradação da qualidade da água e sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais	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
(F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	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 de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência 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 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
(F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas	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 de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência 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
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Monitoramento de parâmetros qualitativos 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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F5) Assoreamento do leito do Rio Doce, zonas de confluência com tributários e corpos d'água marginais	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
	Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento da estabilidade das encostas, vales e margens fluviais, assim como da regeneração natural da vegetação	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
(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	Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População
	Monitoramento da estabilidade das encostas, vales e margens fluviais, assim como da regeneração natural da vegetação	Reparação/Mitigação	Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População

	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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(F9) Alteração na dinâmica fluvial do Rio Doce	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
	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
(F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce	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
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(F12) Redução da quantidade da água dos tributários ao Rio Doce	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (vegetação)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (avifauna)	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (herpetofauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas

(B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (ictiofauna)	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na UC e ZA, através de programa de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	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
(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Monitoramento de parâmetros qualitativos 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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna)	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
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	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	Manejo de Fauna e Vegetação
	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
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (avifauna)	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação

	Monitoramento de parâmetros qualitativos 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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (herpetofauna)	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
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Monitoramento de parâmetros qualitativos 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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica
(B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna)	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
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	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	Manejo de Fauna e Vegetação
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e

			Conectividade das Florestas
(B5) Alteração na cadeia trófica (herpetofauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Pesquisa sobre status taxonômico e distribuição de espécies de anfíbios potencialmente novas para a ciência	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Plano de recuperação de APPs, com plantio de espécies chave como o palmito juçara	Compensação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
(B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna)	Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais	Reparação/Mitigação	Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas
	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na UC e ZA, através de programa de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/Mitigação	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	Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na UC e ZA, através de programa de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
(B6) Alteração na composição da assembleia (ictiofauna)	Pesquisas para avaliar a necessidade e viabilidade de programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na UC e ZA, através de programa de conscientização, incentivo de pesca direcionada e fiscalização	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
(B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas (ictiofauna)	Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	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	Reparação/Mitigação	Melhoria da Qualidade e Quantidade da Água pela Segurança Hídrica

(B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas	Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Pesquisa sobre status taxonômico e distribuição de espécies de anfíbios potencialmente novas para a ciência	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
	Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce	Reparação/Mitigação	Manejo de Fauna e Vegetação
(S13) Aumento do tráfego de caminhões na BR 259 para transporte de água	Ações junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e à Prefeitura Municipal de Aimorés.	Reparação/Mitigação	Programa 10 – Recuperação das Comunidades e Infraestruturas Impactadas*

\* Trata-se do Programa da Fundação Renova, responsável por executar as atividades de recuperação e reconstrução das infraestruturas danificadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Por se tratar do único impacto no meio socioeconômico ocorrido no entorno da RPPN Fazenda Bulcão e por guardar relação com infraestrutura urbana, não há um projeto previsto para tal no âmbito deste trabalho.

## 8.1 PROJETO DE MELHORIA DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA PELA SEGURANÇA HÍDRICA

### Objetivos do Projeto

Os objetivos do projeto são: 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 de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência 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.

## **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.

### **Objetivo da Medida**

Fomentar e apoiar tecnicamente os municípios onde se insere a UC na 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**

Na Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento. ETAs poderiam ser instaladas na UC, mais próximo às nascentes. ETEs poderiam ser instaladas na 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.

A medida atende o impacto (F11) Degradação da qualidade da água e dos sedimentos de tributários ao Rio Doce.

### **Objetivo da Medida**

Construir e operacionalizar sistemas de captação de água mais eficientes e alternativos próximo às 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**

Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento, 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 no usos da água, liberação de outorgas de captação de mananciais, barramentos, irrigação e outras atividades abrangidas pela Zona de Amortecimento da UC.

A medida atende aos seguintes impactos: (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.

#### **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: 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: projeto de Escalonamento de áreas prioritárias para restauração de APP e ARH.

- 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 de rios tributários do Rio Doce e zonas de confluência na UC e ZA através das metodologias e critérios já estabelecidos pelo PMQQS**

#### **Importância da Medida**

A execução desta medida 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.

Propõem-se a execução desta medida por um período de cinco anos, dividido em duas fases e sob dois recortes de abrangência espacial.

#### **Primeira fase**

A primeira fase, que durará um ano, será uma caracterização detalhada de cada tributário conectando UC e Rio Doce. Este monitoramento deve ser feito a cada dois meses, no mínimo, em múltiplos pontos de amostragem ao longo do curso d'água. Sugere-se que estes pontos incluam (i) a nascente e ao menos mais dois pontos de amostragem dentro da UC, sendo uma delas imediatamente rio acima do limite da UC; (ii) ao menos 4 pontos próximos à confluência com o Rio Doce (a 0, 50, 100 e 200 m de distância do Rio Doce) para avaliar o grau de interferência da qualidade da água e sedimento do Rio Doce na qualidade da água e sedimento do tributário; (iii) ao menos mais 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.

#### **Variáveis amostradas**

Em todos os pontos e em todas as amostragens devem ser quantificados turbidez, temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido. Outras variáveis a serem monitoradas (i) no ponto de amostragem imediatamente rio acima do limite da UC e (ii) nos 4 pontos próximos à confluência com o Rio Doce (a 0, 50, 100 e 200 m de distância do Rio Doce) incluem: descarga líquida, descargas sólida, 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 e Potássio dissolvido. Além destes, composição e estrutura de assembleias de macrozoobentos. Recomenda-se também a avaliação da estratigrafia dos sedimentos, uma vez que esta contribuirá com a identificação dos tipos e volume dos materiais que têm sido depositados no trecho do Rio Doce analisado.

## Segunda fase

A segunda fase, que durará quatro anos, será uma caracterização de cada tributário conectando UC e Rio Doce, mas apenas nos pontos da amostragem de ictiofauna, quatro vezes ao ano.

Com o tempo, a sistematização dos dados coletados contribuirá para o planejamento e gestão do uso das águas na UC e sua ZA.

A medida atende aos seguintes impactos: (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; (B2) Perda de habitat através de destruição na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (ictiofauna, avifauna); (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes (herpeto, avifauna, ictiofauna); (B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

## Objetivo da Medida

A medida tem os seguintes objetivos: expandir o levantamento e análise de alguns parâmetros de qualidade e quantidade de água e sedimentos do PMQQS para rios tributários e trechos de confluência com o Rio Doce na UC e ZA; conhecer e acompanhar as condições limnológicas dos rios tributários da UC e dos trechos de confluência com o Rio Doce na ZA da UC; e identificar tipos, qualidade e volume de sedimentos que pode ter se acumulado, ou ainda estar se acumulando, nos trechos de confluência do Rio Doce com tributários na 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

Córregos tributários do Rio Doce e zonas de confluência localizadas 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 rompimento da barragem, 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 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).

Feitas 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.

A medida atende aos seguintes impactos: (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, a 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.

## 8.2 PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS VALES E PLANÍCIES FLUVIAIS PARA A POPULAÇÃO

### Objetivos do Projeto

O Projeto tem como objetivo avaliar as características e comportamento dos solos nas planícies fluviais do trecho do Rio Doce localizado na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação, identificando possíveis tendências a contaminação por metais pesados.

Além disso, o Projeto visa promover e monitorar a estabilização das margens fluviais de trechos do Rio Doce e dos córregos tributários que drenam a Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento.

## Medidas do Projeto

- Diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial.
- Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia.
- Monitoramento da estabilidade das encostas, vales e margens fluviais, assim como da regeneração natural da vegetação.

### 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.

#### 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 **média**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em 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 - Estabilização das margens (Rio Doce e tributários) utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia**

### **Importância da Medida**

A implementação desta medida atua tanto na contenção quanto na prevenção de processos erosivos e de solapamento das margens e vales fluviais. Reduzindo a produção de sedimentos, que são transportados pelos fluxos pluviais e fluviais e depositados a jusante, a tendência é que também se reduza as concentrações de sólidos (suspensos ou de fundo) na água, contribuindo com outros parâmetros de qualidade para manutenção da ecologia dos sistemas aquáticos.

A importância de se optar pelas técnicas de bioengenharia ocorre por estas utilizarem materiais naturais, vivos (vegetação, sementes) ou inertes (rochas, palhas, folhas, troncos), o que corrobora com a sua integração ao ambiente e possibilita uma regeneração mais rápida e efetiva da mata ciliar.

A medida atende aos seguintes impactos: (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.

### **Objetivo da Medida**

Implementar técnicas de estabilização das margens fluviais nos vales do Rio Doce, tributários e zonas de confluência localizados na Zona de Amortecimento da UC, utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia atreladas a espécies da vegetação nativa.

### **Prioridade**

A medida tem prioridade **média**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em curto prazo.

## **Extensão**

Margens do Rio Doce, vales de córregos tributários e zonas de confluência desses córregos com o Rio Doce localizadas dentro da Zona de Amortecimento da UC.

## **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 26 - Recuperação de Áreas de Preservação Permanente: projeto de Escalonamento de áreas prioritárias para restauração de APP e ARH.

- Objetivo: Recuperação de APPs degradadas do Rio Doce definidas como fontes de abastecimento.

Programa 27 - Recuperação de nascentes: projeto de Escalonamento de áreas prioritárias para restauração de APP e ARH.

- Objetivo: Recuperação de cinco mil nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

### **8.2.3 Medida 3 - Monitoramento da estabilidade das encostas, vales e margens fluviais, assim como da regeneração natural da vegetação**

## **Importância da Medida**

Esta ação deve ser desenvolvida em decorrência da execução da medida de "estabilização das margens", e contribui para o acompanhamento dos processos erosivos e hidrológicos e sua evolução no sistema na medida em que efetua o gerenciamento da incorporação das técnicas de bioengenharia implementadas (com a medida de estabilização das margens) no ambiente. Os resultados dessa medida são de médio a longo prazo.

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.

## **Objetivo da Medida**

Gerenciar e avaliar a integração das medidas de estabilização das margens do Rio Doce e tributários, implementadas nos trechos fluviais localizados na Zona de Amortecimento da UC, ao sistema físico-ambiental local.

## **Prioridade**

A medida tem prioridade **média**, pois tem baixa relação com a integridade da Unidade, mitiga impactos de alta significância, e deve ser implementada em médio prazo.

## **Extensão**

Margens do Rio Doce, vales de córregos tributários e zonas de confluência desses córregos com o Rio Doce localizadas dentro da Zona de Amortecimento da UC.

## **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 26 - Recuperação de Áreas de Preservação Permanente: 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: 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.

## **8.3 PROJETO DE RECUPERAÇÃO, MANEJO E CONECTIVIDADE DAS FLORESTAS**

### **Objetivos do Projeto**

Apesar da bem sucedida recomposição da vegetação da RPPN Fazenda Bulcão que se encontra em curso há mais de 20 anos, ainda há a necessidade de recompor a cobertura vegetal de APPs de corredores que reconectem os fragmentos florestais da região para que tanto os elementos físicos que compõem as margens do Rio e a qualidade de sua água como os elementos bióticos retornem gradativamente à área. Assim, tanto as perdas biológicas, de acesso e qualidade de água e perdas sociais (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.
- Indicação de áreas prioritárias e implantação de conectividade entre fragmentos florestais.

#### **8.3.1 Medida 1 - Plano 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).

No caso específico da região, onde a conectividade e a continuidade das florestas foi há muito comprometida pela urbanização e atividades econômicas, a recuperação das APPs tem o benefício adicional de resultar na formação de corredores ao longo das margens dos corpos d'água que podem facilitar a circulação da fauna. Além disso, o palmito é uma espécie chave, servindo de fonte de recursos alimentares para um grande número de espécies de aves e mamíferos.

Trata-se de uma medida bastante abrangente que, além de mitigar 7 impactos identificados pelos grupos de estudo de dois meios (físico e biótico), ainda tem o potencial de recuperar características e qualidade ambiental há muito perdidas, por conta do histórico de degradação local.

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; (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; (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).

## **Objetivo da Medida**

Recuperar áreas de nascentes e APPs, as quais se encontram degradadas, a fim de melhorar a qualidade da água dos afluentes do Rio Doce e recuperar a biodiversidade local. Dentre as espécies de plantas nativas que serão utilizadas nesse projeto, destaca-se o palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.), o qual servirá como importante fonte de alimento e atrativo para diversas espécies de aves e mamíferos, algumas das quais ameaçadas de extinção, que dispersam sementes através e entre os fragmentos florestais, aumentando a diversidade local.

## **Prioridade**



Esta é uma medida que se relaciona com sete impactos identificados para os dois dos três meios analisados (físico e biótico), dos quais cinco possuem alta significância. Foi classificada como de **alta** prioridade e implementação imediata.

## **Extensão**

O projeto será aplicado na UC e na sua ZA.

## **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 26: Recuperação de APPs

- Objetivo do Programa: 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 do Programa: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

## **8.3.2 Medida 2 - 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, herpetofauna e ictiofauna); (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).

Um modelo de conservação bastante defendido no meio científico, é o modelo de Unidades de Conservação conectado por corredores ecológicos, os quais formariam uma rede de habitats que possibilitariam 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 considerando a sobrevivência a longo prazo (LEFKOVITCH & FAHRIG, 1985).

### **Objetivo da Medida**

Indicar áreas prioritárias para reflorestamento e locais para que se restabeleça a conectividade entre fragmentos florestais ao redor da UC.

### **Prioridade**

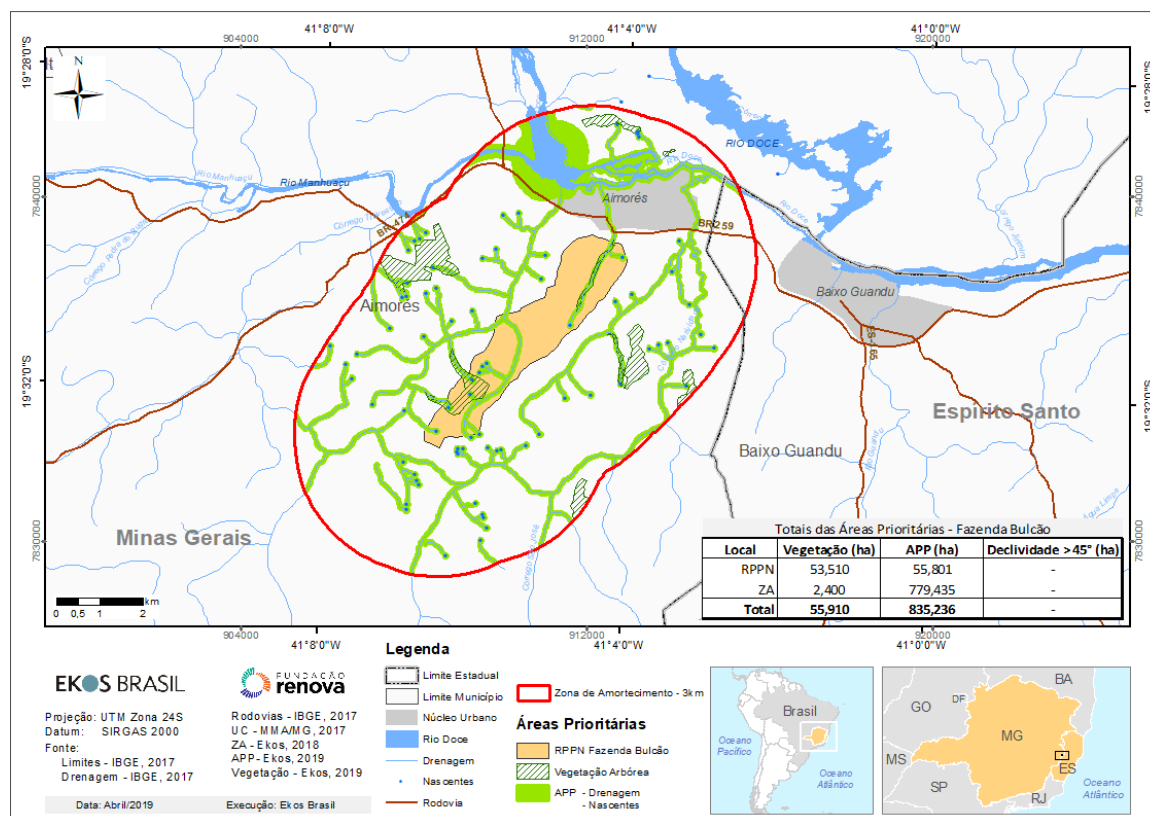
A medida atende a dois impactos no meio físico e quatro impactos relacionados ao meio biótico, que apresentam diferentes níveis de significância dependendo do grupo considerado (de baixa a alta), no entanto seus resultados podem interferir diretamente na melhoria da qualidade ambiental da UC e do seu entorno, atuando como um ponto chave para o restabelecimento do trânsito de espécies animais entre os fragmentos florestais da região, o que também proporcionará o aumento da diversidade da flora, tem-se como uma medida de **alta** prioridade com implementação imediata.

## Extensão

Zona de Amortecimento e região da Unidade de Conservação indicada pelo levantamento, conforme Mapa 21.

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 21: Mapa de Áreas Prioritárias



## Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

### Programa 26: Recuperação de APPs

- Objetivo do Programa: 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 do Programa: 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 da introdução de algumas espécies chave, 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 e tributários na UC e ZA, através de programa 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 programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes;
- Pesquisa e reintrodução de mamíferos e aves;
- Pesquisa sobre status taxonômico e distribuição de espécies de anfíbios potencialmente novas para a ciência;
- Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce.

#### **8.4.1 Medida 1 - Controle da introdução de espécies exóticas de peixes no Rio Doce e tributários na UC e ZA, através de programa 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 resiliência das populações residentes.

## **Objetivo da Medida**

Evitar a introdução de novas espécies exóticas e alóctones nos ambientes aquáticos da Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento, 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 4 impactos de significância alta, mas por não ocorrer dentro da UC foi considerada de prioridade **média**.

## **Extensão**

Na Zona de Amortecimento da UC.

## **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 28: Conservação da Biodiversidade

- Objetivo do Programa: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

### **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**

Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento.

## **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 23: Projeto piloto de renaturalização, inserido no Programa 23 (Manejo de Rejeitos)

Programa 26: Recuperação de APPs

- Objetivo do Programa: 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 do Programa: Recuperar cinco mil nascentes, sendo 500 por ano.

Programa 28: Conservação da Biodiversidade

- Objetivo do Programa: 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 programas de reintrodução de espécies sensíveis e endêmicas de peixes**

#### **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); e (B6) Alteração na composição da assembleia de peixes.

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 programas de reintrodução de espécies de peixes sensíveis e endêmicas da bacia do Rio Doce.

#### **Prioridade**

A expansão proposta para o programa 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 3 impactos de significância alta.

#### **Extensão**

Zona de Amortecimento da UC.

#### **Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova**

Programa 28: Conservação da Biodiversidade

- Objetivo do Programa: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

### **8.4.4 Medida 4 - Pesquisas prévias para avaliar a viabilidade e reintrodução de mamíferos e aves**

#### **Importância da Medida**



Essa medida se refere aos impactos: (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais (avifauna); (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); (B5) Alteração na cadeia trófica (avifauna); (B11) Contaminação por vias secundárias e bioacumulação.

Esta medida deve ser planejada em conjunto com as medidas de outros programas, especialmente as do Projeto de Recuperação, Manejo e Conectividade das Florestas, pois o enriquecimento florístico da jovem floresta secundária da RPPN será fundamental para o sucesso da reintrodução de aves e mamíferos. 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 *Odontophorus capueira*. Dentre os mamíferos, a preguiça-de-coleira, *Bradypus torquatus*, presente na UC, 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.

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.

## Prioridade

A medida possui **alta** prioridade. 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 (MG).

## Extensão

Na UC, pois as espécies a serem introduzidas, além de requerem extensas áreas de mata em bom estado de conservação, possuem interesse cinegético. Por esse motivo, a área de introdução precisa ser protegida e vigiada contra caçadores. A gestão exemplar da área da RPPN será, portanto, fundamental para garantir o sucesso dessa medida.

## Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

### Programa 30: Fauna e Flora Terrestre

- Objetivo do Programa: 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.

#### **8.4.5 Medida 5 - Pesquisa sobre status taxonômico e distribuição de espécies de anfíbios potencialmente novas para a ciência**

##### **Importância da Medida**

No diagnóstico da herpetofauna foi registrada a ocorrência potencial, na UC ou em sua Zona de Amortecimento, de uma espécie de anfíbio (*Leptodactylus* aff. *spixii*) que não pôde ser identificada até o nível específico sendo, portanto, potencialmente nova para a ciência. Por ser um táxon potencialmente novo para a ciência não se tem informações sobre o seu habitat e distribuição geográfica e, portanto, não é possível acessar o seu status de conservação o que dificulta a avaliação dos impactos sobre suas populações.

Os impactos (B1) Aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais e (B3) Perda de habitat por degradação na calha do Rio Doce e áreas adjacentes provavelmente não afetaram essa espécie devido à sua extensão. Entretanto, os impactos potenciais (B5) Alteração na cadeia trófica e (B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes, se constatados reais, poderiam vir a afetar essa espécie. Portanto, essa medida visa suprir uma importante lacuna do conhecimento que está diretamente ligada à conservação dessa espécie.

##### **Objetivo da Medida**

O objetivo dessa medida é viabilizar a realização de estudos que investiguem, primeiro, se essa espécie realmente ocorre na UC e em sua Zona de Amortecimento, já que seu registro é apenas potencial. Caso confirmado, informações sobre a sua distribuição geográfica, habitats de ocorrência, o status taxonômico e, por fim, o status de ameaça deveriam ser levantados. A realização desses estudos permitirá avaliar a necessidade de monitorar suas populações frente à nova condição ambiental imposta pelo rompimento e a necessidade de implantação de medidas de manejo propriamente ditas.

Por ser um trabalho que envolve pesquisa científica essa medida deve ser realizada por meio do estabelecimento de uma parceria com universidades e pesquisadores de notório saber e que trabalham com taxonomia de anfíbios, na região do médio-baixo Rio Doce.

##### **Prioridade**

A medida possui **baixa** prioridade.

##### **Extensão**

A medida deverá se valer de espécimes provenientes da Unidade de Conservação, Zona de Amortecimento e entorno.

## Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

### Programa 30: Conservação da Biodiversidade

- Objetivo do Programa: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

### 8.4.6 Medida 6 - Expansão do programa de monitoramento da ictiofauna para os tributários do Rio Doce

#### Importância da Medida

Essa medida se refere aos impactos: (B5) Alteração na cadeia trófica (ictiofauna); (B6) Alteração na composição da assembleia de peixes; (B7) Aumento na riqueza e abundância relativa de espécies introduzidas (ictiofauna); e (B11) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

Uma das principais limitações 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 8.1.4 (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 4 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 Amortecimento, não contempladas no programa de monitoramento em andamento. Tendo isso em vista, esta medida foi considerada de **alta** prioridade e de implantação imediata.

#### Extensão

A medida deverá abranger a Unidade de Conservação, Zona de Amortecimento e entorno.

## Possíveis sinergias com Programas da Fundação Renova

### Programa 28: Conservação da Biodiversidade

- Objetivo do Programa: Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Jean Luiz Neves; Espindola, Haruf Salmen. Território, sociedade e modernidade. Organizadores. Governador Valadares: Ed. Univale, 2010.

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](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html)>. Acesso 11 de novembro de 2018.

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., ABE, A.S., ARGÔLO, A.J.S., BAPTISTOTTE, C., FERNANDES, R., ROCHA, C.F.D., VAN SLUYS, M. 2007. Os Répteis Ameaçados de Extinção no Estado do Espírito Santo. In: M. Passamani and S. L. Mendes (Eds), Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado do Espírito Santo. IPEMA - Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, Vitória, pp. 65–74.

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.

ARAUJO-VIEIRA, K., NASCIMENTO, F.A., ROBERTO, I.J., TIBURCIO, I.C.S., LISBOA, B.S., ÁVILA, R.W. 2016. A REVIEW OF THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF SPHAENORHYNCHUS PRASINUS BOKERMANN, 1973 (Anura: Hylidae) in the state of Alagoas, northeastern Brazil. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, Nova Série, Zoologia 38: 265–274.

ARTAXO, Paulo; NAGY, L; FORSBERG, B. Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin. 1. ed. Berlin: Springer Verlag, 2016. v. 1. 478p.

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.

BARTHOLO, Roberto. Sobre o sentido da proximidade: implicações para um turismo situado de base comunitária. In: Bartholo, Roberto; Sansolo, Davis; Bursztyn, Ivan (orgs.). Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Brasília: Letra e Imagem, 2009, p. 52.

BASTOS, S. 2010. Aplicações de indicadores de avaliação e monitoramento em um projeto de restauração florestal, Reserva particular do Patrimônio Natural – RPNN Fazenda Bulcão, Aimorés, MG. 2010. Dissertação (Pós-Graduação em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BELA, G.; PELTOLA, T.; YOUNG, J.C.; BALÁZS, B.; ARPIN, I.; PATAKI, G.; HAUCK, J.; KELEMEN, E.; KOPPEROINEN, L.; HERZELE, A.; VAN; KEUNE, H.; HECKER, S.; SUSKEVICS, M.; ROY, H.E.; ITKONEN, P.; KÜLVIK, M.; LÁSZLÓ, M.; BASNOU, C.; PINO, J. & BONN, A. 2016. Learning and the transformative potential of citizen science. *Conservation Biology*, 30:990-999.

BENFICA, C.E.R.T.; CANUTO, M.; ZORZIN, G. & CARVALHO, C.E.A. 2009. Novos registros de falconiformes ameaçados de extinção para o estado de Minas Gerais. In: Simon, J.E.; Raposo, M.A.; Stopiglia, R. & Peres, J. (Eds.), XVII Congresso Brasileiro de Ornitologia - Resumos. Sociedade Brasileira de Ornitologia, São Paulo, Brazil, p.79.

BÉRNILS R.S. 2009. Composição e padrões de distribuição de Caenophidia (Squamata, Serpentes) das serras atlânticas e planaltos do sudeste da América do Sul. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro,

BIODIVERSITAS 2007. Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais. Relatório final. Volume 3. Belo Horizonte, junho de 2007. Disponível em <http://www.biodiversitas.org.br>.

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: 2008, 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.

BOTELHO, Eloisa; MACIEL, Gláucio; GONÇALVES, Rafael; IRVING, Marta. Reflexões sobre educação ambiental e turismo nos parques nacionais brasileiros. In: Marta Irving; Camila Rodrigues; Andrea Rabinovici; Helena Costa (orgs.). Turismo, áreas protegidas e inclusão social: diálogos entre saberes e fazeres. Rio de Janeiro: Folio Digital, 2015, p 193.

BRANDON, Katrina. Etapas básicas para incentivar a participação local em projetos de turismo na natureza. IN: Lindberg, K.; Hawkins, D. (editores) *Ecoturismo: um guia de planejamento e gestão*, São Paulo: Ed. Senac, 1995, pp. 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, Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm). Acesso em 20 nov 2018.

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](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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Roteiro metodológico de planejamento: parque nacional, reserva biológica, estação ecológica. Brasília: MMA/IBAMA, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Manual do chefe. Brasília: MMA/IBAMA, 1999.

BRASIL. Ministério do Turismo. Coordenação Geral de Regionalização. Programa de Regionalização do Turismo - Roteiros do Brasil: Módulo Operacional 7 - Roteirização Turística. Ministério do Turismo. Secretaria Nacional de Políticas de Turismo. Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico. Coordenação Geral de Regionalização. – Brasília, 2007. 51 p.

BRASIL. Ministério do Turismo. Ecoturismo: orientações básicas. / Ministério do Turismo, Secretaria Nacional de Políticas de Turismo, Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico, Coordenação Geral de Segmentação. 2. ed. – Brasília: Ministério do Turismo, 2010. 90p.

BROOKS, T.M.; TOBIAS, J.A. & BALMFORD, A. 1999. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic forest. *Animal Conservation*, 2:211-222.

BRUSQUETTI, F., JANSEN, M., BARRIO-AMORÓS, C.L., SEGALLA, M.V., HADDAD, C.F.B. 2014. Taxonomic review of *Scinax fuscomarginatus* (Lutz, 1925) and related species (Anura, Hylidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 171: 783–821.

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 Geraës 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/CEPARegistry/subs\\_list/Priority.cfm](http://www.ec.gc.ca/CEPARegistry/subs_list/Priority.cfm)  
[http://www.ec.gc.ca/CEPARegistry/subs\\_list/Toxicupdate.cfm](http://www.ec.gc.ca/CEPARegistry/subs_list/Toxicupdate.cfm)

CANELAS, M.A.S., FILOGONIO, R. 2010. Geographic distribution: *Physalaemus aguirrei*. Herpetological Review 41: 376.

CARMO, Roberto Luiz. MARQUES, César. MIRANDA, Zoraide Amarante Itapura. Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo. Campinas: Núcleo de Estudos de População / Unicamp, 2012.

CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia prática. 2 ed rev. Atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

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>.

CASSIMIRO J., MARTINS W.P. 2011. *Polychrus marmoratus* Common Monkey Lizard, Bicho-preguiça). Predation. Herpetological Review, 42: 432–433.

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.

CAZELLI, H., MOURA, M.R. 2012. First record of *Itapotihyla langsdorffii* (Duméril and Bibron, 1841) (Amphibia: Hylidae) from a Cerrado region in Minas Gerais state, Brazil. Check List 8: 510–512.

CERVANTES, A. L.; BERGAMASCO, A.; CARDOSO, C. Diretrizes para o programa de uso público do Instituto Florestal do Estado de São Paulo – SMA. In: Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Revista do Instituto Florestal, Parte 4, Ed. Especial, março de 1992, p.1076-1080.

CHIESURA, A, The role of urban parks for the sustainable city. Landscape and Urban Planning 68 (2004) 129–138, p. 179-180.

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.

COLE, David N.; STANKEY, George H. Historical Development of Limits of Acceptable Change: Conceptual Clarifications and Possible Extensions. In: McCool, Stephen F.; Cole, David N., comps. Proceedings—Limits of Acceptable Change and related planning processes: progress and future directions; Missoula, MT; Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, May 20-22, 1998.

COMINI, Indira Bifano. Unidades de Conservação como subcritério determinante para a distribuição do ICMS ecológico no estado de Minas Gerais. Dissertação Magister Scientiae. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2017.

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](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em 05 de novembro de 2018.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. /Resolução nº 013 de 06 de dezembro de 1990 Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res1390.html>. Acesso em: 28 out. 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](http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PIRH_Doce_Volume_I.pdf)>. Acesso em: 2 novembro de 2018.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, MINAS GERAIS. 2010. Deliberação Normativa COPAM no 147, de 30 de abril de 2010: Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais.

COPAM, 2008 - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, MINAS GERAIS. Deliberação COPAM nº 367, de 15 de dezembro de 2008. Aprova a Lista das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora do Estado de Minas Gerais. (Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 17/12/2008).

CORIOLOANO, Luzia Neide M.T. O turismo comunitário no nordeste brasileiro. IN: Bartholo, Roberto; Sansolo, Davis; Bursztyn, Ivan (orgs.). Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Brasília: Letra e Imagem, 2009 pp. 277-288

COSTA H.C., PINTO R.R., SANTANA D.J. 2009 Reptilia, Leptotyphlopidae, Leptotyphlops salgueiroi Amaral, 1954: Distribution extension and geographic variation. Check List, 5: 783–786.

COSTA JÚNIOR, José Edimar Vieira. Potencialidades Ecoturísticas dos Parques Estaduais de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014

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, H.C., DE REZENDE, D.T., MOLINA, F.B., NASCIMENTO, L.B., LEITE, F.S.F., FERNANDES, A.P.B. 2015. New distribution records and potentially suitable areas for the threatened snake-necked turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology* 14: 88–94.

COSTA, H.C., MOURA, M.R., FEIO, R.N. 2013. Taxonomic revision of *Drymoluber* Amaral, 1930 (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa* 3716: 349–394.

COSTA, H.C., SÃO-PEDRO, V.A., SILVA, D.P. 2016. Climatically suitable habitats under current and future scenarios for a potentially threatened snake. *Neotropical Biology and Conservation* 11: 13–23.

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](http://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](http://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).

CUNHA, Carlos Eugênio Coelho; BERNARDES, Aline Tristão. Projeto para criação do Parque Estadual de Sete Salões. IEF/SEMAD. Governador Valadares. 1998.

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.

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.

DEUS, José Antônio Souza de. Identidade, Etnicidade E Paisagens Culturais Alternativas No Vale Do Rio Doce/ Minas Gerais- Brasil. *Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL*, 2011- Costa Rica II Semestre 2011 pp. 1-14

DIAS, Carlos Alberto. O Rio Doce como espaço de esporte e lazer. 3º Congresso de Ciências da Saúde, 12ª Semana de Iniciação Científica e 3ª Semana de Extensão - UnilesteMG "Inovação a serviço da vida e ambientes saudáveis." Coronel Fabriciano-MG - 12/09/2011 a 14/09/2011.

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.

DIEGUES, Antônio Carlos. O mito moderno da natureza intocada. São Paulo: HUCITEC, 1996.

DRUMMOND, G. M.; A. B. M. MACHADO; C. S. MARTINS; M. P. MENDONÇA & J. R. STEHMANN. 2008. Lista vermelha das espécies de fauna e flora ameaçadas de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.

DUMAZEDIER, Jofre. Sociologia empírica do lazer. São Paulo: Perspectiva, 1979.

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.

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.

ENCARNAÇÃO, L.C. 2010. Reavaliação do status taxonômico de *Dendropsophus elegans* (Wied-Neuwied, 1824) (Amphibia: Anura: Hylidae). Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia para a obtenção do Título de Mestre em Zoologia pelo Programa de Pós-Graduação em Diversidade Animal. 103 pp.

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.

FAMELLI, S., ADRIANO, L.R., PINHEIRO, S.C.P., SOUZA, F.L., BERTOLUCI, J. 2014. Reproductive Biology of the Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) from Southeastern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 13: 81–88.

FAMELLI, S., PIACENTINI PINHEIRO, S.C., SOUZA, F.L., CHIARAVALLLOTI, R.M., BERTOLUCI, J. 2012. Population Viability Analysis of a Long-Lived Freshwater Turtle, *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology* 11: 162–169.

FAMELLI, S., BERTOLUCI, J., MOLINA, FLÁVIO DE BARROS, MATARAZZO-NEUBERGER, W. M. 2011. Structure of a Population of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae) from Parque Estadual da Serra do Mar, an Atlantic Rainforest Preserve in Southeastern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 10: 132-137.

FAMELLI, SHIRLEY, FRANCO L. SOUZA, ARTHUR GEORGES AND JAIME BERTOLUCI. 2016. Movement patterns and activity of the Brazilian snake-necked turtle *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 37: 215-228.

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, Lucia da C. A floresta intransitiva: conflitos e negociações na mata atlântica, SP. (Tese de doutorado). IFCH-Unicamp, Campinas, 1996, 196p.

FILOGONIO, R., CANELAS, M.A.S. 2015. Geographic distribution: *Leptodactylus thomei*. Herpetological Review 46: 213.

FLETCHER, John. Capacidade de Carga. In Cooper, Chris et al. (orgs.). Turismo: Princípios e práticas. São Paulo: Bookman, 2001, pp. 222-232

FRANÇA, F.G.R., ARAÚJO, A.F.B. 2006. The conservation status of snakes in central Brazil. South American Journal of Herpetology 1: 25–36.

FRANCO, B.P. 2003. Anfíbios anuros da Apa do Pico do Ibituruna e entorno de Governador Valadares: composição da comunidade em diferentes habitats e altitudes. Monografia apresentada à Universidade Vale do Rio Doce, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para obtenção parcial do título de Bacharel em Ciências Biológicas. 25pp.

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.

FREIXÊDAS-VIEIRA, V.M.; PASSOLD, A.J.; MAGRO, T.C. Impactos do Uso Público: um guia de campo para utilização do método VIM. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2., campo grande, 2000. Anais do... Campo Grande: Rede Nacional Pró Unidade de Conservação E Fundação O Boticário De Proteção À Natureza, 2000. p. 296-305.

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 JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. Economia do Turismo de Minas Gerais 2010-2014. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: < <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos/1/3802-economia-do-turismo-de-minas-gerais>>. Acesso 08 nov. 2018.

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO. Portal. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas>. Acesso: 08 Out. 2018.

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.

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., 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.

GIESSMAN, S. R. 2000. Agroecologia - Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre: Editora: UFRGS, 658 p.

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.

\_\_\_\_\_. 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.

\_\_\_\_\_. 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, 2016A, 2016b.

\_\_\_\_\_. 2017. Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Relatório Técnico.

\_\_\_\_\_. 2019. 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.

Doce – Atualização de

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.

GOUNELLE, E. 1909. Contribution à l'étude de la distribution géographique des trochilidés dans le Brésil central et oriental. Ornis 13: 173–183.

GRABOSKI R., PEREIRA FILHO G.A., SILVA A.A.A., PRUDENTE A.L.C., ZAHER H. 2015. A new species of Amerotyphlops from Northeastern Brazil, with comments on distribution of related species. Zootaxa, 3920: 443–452.

GRAEFE, A. R., F.R. KUSS, and J.J. VASKE. "Visitor Impact Management: The Planning Framework" Washington, DC: National Parks and Conservation Association, 1990, 105p, (Vol. 2).

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*, 2<sup>nd</sup> edition. Pensacola, Florida, USA. SETAC Press (Society for Environmental Toxicology and Chemistry).

GROSSI SAD, J. H. Geoquímica e origem da formação Ferrífera do Grupo Guanhões, distrito de Guanhões, MG, Brasil. In: CONG. BRAS. GEOL., 36, 1990. Natal. Anais... Natal: SBGNE, 1990, v. 3, p. 1241-1253.

GUEDES T.B., NUNES G.S.S., PRUDENTE A.L.C., MARQUES O.A.V. (2011) New records and geographical distribution of the Tropical Banded Treesnake *Siphlophis compressus* (Dipsadidae) in Brazil. *Herpetology Notes* 4: 341–346.

GUIMARÃES, CRISTIANA MARIA DE OLIVEIRA. O patrimônio cultural de Governador Valadares (MG): algumas reflexões. *Revista CPC*, São Paulo, n.5, p. 37-52, nov. 2007/abril 2008. Disponível em: [www.revistas.usp.br/cpc/article/download/15615/17189/](http://www.revistas.usp.br/cpc/article/download/15615/17189/). Acesso em: 01 nov. 2018.

HAESBAERT, R. O Mito da Desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 71.

HALL, C.M.; PAGE S. J. *Managing Urban Tourism*. Pearson Education: Harlow. 2009.

HAM, S. H. *Interpretacion ambiental: uma guia practica para gente com grandes ideas y presupuestos pequeños*. Colorado, USA: North America Press, 1992. 473p.

HENRIQUES, DIRLEY JOAQUIM. *Uso e Ocupação na Área de Proteção Ambiental Ibituruna e Políticas Públicas de Defesa do Meio Ambiente*. Monografia de conclusão do curso de pós-graduação Lato Sensu em Gestão Integrada do Território e do Patrimônio Cultural. Faculdade de Ciências Educação e Letras - FACE. Governador Valadares, 2009.

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.

HONORA, ANA CAROLINA DE CAMPOS. Territórios tradicionais, unidades de conservação e conflitos socioambientais: estudo de caso do Mosaico da Juréia-Itatins – SP. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Mudança Social e Participação Política, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

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.

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.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes: Resumo Executivo. Vitória (ES): RHEA Estudos e Projetos, 2013, 49p. \_\_\_\_\_. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes: Volume I, Diagnóstico. Vitória (ES): RHEA Estudos e Projetos, 2013a, 223p.

INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. RJ.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Portal. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/mg/pagina/detalhes/1319>. Acesso em: 16 de out 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). Portaria IEF n. 081, de 07 de outubro de 1998. Reconhece como Reserva Particular do Patrimônio Natural a RPPN Fazenda Bulcão. Belo Horizonte, 1998.

INSTITUTO TERRA. O que fazemos: restauração ecossistêmica. RPPN Fazenda Bulcão. Instituto Terra, 2013.

INSTITUTO TERRA. Plano de Manejo: RPPN Fazenda Bulcão. Aimorés, 2010

INSTITUTOS LACTEC. Relatório de Linha-Base: Volume II – Meio Biótico e Bens Arqueológicos e Culturais. 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.

IRVING, Marta de Azevedo (org.). Áreas Protegidas e Inclusão Social: Construindo Novos Significados. Rio de Janeiro, Aquarius, 2006.

IUCN 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 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](http://www.birdlife.net/datazone/downloads/red_list.txt)>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001.

KOSKI D.A., MERÇON L. (2015) Predation on *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) by the Guira Cuckoo *Guira guira* (Aves: Cuculiformes) in the state of Espírito Santo, Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 8: 35–37.

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.

LEFKOVITCH L.P., FAHRIG L. 1985. Spatial characteristics of habitat patches and population survival. *Ecological Modelling* 30: 297–308.

LIMA A.C. (2012) Revisão Taxonômica da Serpente Neotropical *Liophis miliaris* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Colubridae). Universidade Federal do Rio de Janeiro / Museu Nacional, Rio de Janeiro.

LOUREIRO, Wilson. Contribuição do ICMS Ecológico à Conservação da Biodiversidade no Estado do Paraná. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002, 164p.

LOWE-MCCONNELL, R.H. 1999. Estudos Ecológicos de Peixes Tropicais. Edusp.

MAFRA, G. A. Sinalização interpretativa como ferramenta de educação patrimonial em parques urbanos: o caso do Parque da Serra do Curral de Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v.3, n.2, 2010, pp.315-330, p. 218.

MAGRO, T. C. Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia. 133 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.

MALDONADO, Wanda T. P. V.; HONORA, Ana Carolina Campos; MARCONDES, Daniella. Comunidades Tradicionais em Unidades de Conservação de Proteção Integral: o Plano de Manejo traz Soluções para os Conflitos? In: Colóquio Internacional Povos e Comunidades Tradicionais. Estado, Capital e Territórios Tradicionais: dinâmicas territoriais em disputa (Anais), IV, 2016, Montes Claros.

MANCUSO, T.C. N. Análise da evolução histórica das vazões e descargas de sedimentos do rio Uruguai no trecho entre Iraí e Uruguaiana. Trabalho de Conclusão do curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014, 82 f.

MARCELLINO, Nelson C. Lazer e cultura: algumas aproximações. In: MARCELLINO, N. C. Lazer e cultura. Campinas. Alínea, 2007. p. 9-30.

MATHEUS, Fabricio Scarpeta; RAIMUNDO, Sidnei. A Gestão e o Desenvolvimento do Ecoturismo nas Áreas Protegidas Estaduais de São Paulo, Brasil. Anais do Tourism & Management Studies (Tms) Algarve 2013 – International Conference 13-16 Novembro 2013, Algarve, Portugal

MATHIAS, Maíra. Depois da lama, a luta. O que se descobre conversando com as populações e comunidades atingidas seis meses depois do maior desastre socioambiental do país. 14 de abril de 2016. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/noticias/reportagem/depois-da-lama-a-luta>. Acesso: 12 nov. 2018.

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.

McCORMICK, John. Rumo ao Paraíso: A História do Movimento Ambientalista. Tradução de Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992, 214p.

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.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, Tereza Cristina de Miranda. Turismo socialmente responsável da Prainha do Canto Verde: uma solução em defesa do local herdado. IN: Bartholo, Roberto; Sansolo, Davis; Bursztyn, Ivan (orgs.). Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Brasília: Letra e Imagem, 2009 p.p. 289-301

MILANO, M. S. Unidades de Conservação. Conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e administração. In: Curso de Manejo de Áreas Naturais Protegidas. Curitiba: UNILIVRE. 1997, p.1-60.

MILANO, M. S. Unidades de conservação: técnica, lei e ética para a conservação da biodiversidade. In: BENJAMIM, A. H. (coord.). Direito ambiental das áreas protegidas: o regime jurídico das unidades de conservação. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

MINAS GERAIS (ESTADO). Lei nº 18.030, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da Arrecadação do ICMS pertencente aos municípios. Disponível em: [http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao\\_tributaria/leis/2009/18030\\_2009.htm](http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2009/18030_2009.htm). Acesso em: 28 dez. 2018.

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.

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, Jasmine C. Geoturismo e interpretação ambiental. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2014.

MOREIRA-LIMA, L. 2013. Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação (tese). Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

MOTTA, Júlia. Estação Cultural: Mapeamento de Baixo Guandu / Júlia Motta. - Rio de Janeiro: Movida Produções, 2017.

MOURA M.R., DAYRELL J.S., SÃO-PEDRO V. DE A. (2010) Reptilia, Gymnophthalmidae, *Micrablepharus maximiliani* (Reinhardt and Lutken, 1861): Distribution extension, new state record and geographic distribution map. *Check List*, 6: 419–426.

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.

MULLER, D. K. Second homes in Sweden: patterns and issues. In: Hall, C. M. & Muller, D. K. (ed.) *Tourism, Mobility, and Second Homes: Between Elite Landscape and Common Ground*. Chanel View Publ., 2004, 244-259.

NARVAES, P., RODRIGUES, M.T. 2009. Taxonomic revision of *Rhinella granulosa* species group (Amphibia, Anura, Bufonidae), with a description of a new species. *Arquivos de Zoologia* 40: 1–73.



NASCIMENTO, Elimar; ARAÚJO, Helena. O jogo da inclusão e exclusão na dinâmica da sociedade moderna. In: Marta Irving; Camila Rodrigues; Andrea Rabinovici; Helena Costa (orgs.). Turismo, áreas protegidas e inclusão social: diálogos entre saberes e fazeres. Rio de Janeiro: Folio Digital, 2015, pp. 81-112.

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.

NASCIMENTO, L.B, FEIO, R.N. 1999. *Hyla elegans*. Geopgraphic Distribution. *Herpetological Review* 30: 50.

NASCIMENTO, L.B, FEIO, R.N. 1999. *Hyla elegans*. Geopgraphic Distribution. *Herpetological Review* 30(1), 50.

NASCIMENTO, L.B, FEIO, R.N. 1999a. *Hyla anceps*. Geographic distribution. *Herpetological Review* 30(1), 49-50.

NAUMBURG, E.M.B. 1935. Gazetteer and maps showing collecting stations visited by Emil Kaempfer in eastern Brazil and Paraguay. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 58:449-469.

NAUMBURG, E.M.B. 1937. Studies of birds from eastern Brazil and Paraguay, based on a collection made by Emil Kaempfer - Conopophagidae, Rhinocryptidae, Formicariidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 74:139-205.

NAUMBURG, E.M.B. 1939. Studies of birds from eastern Brazil and Paraguay, based on a collection made by Emil Kaempfer - Formicariidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 76:231-276.

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

NEIMAN, Z. A educação ambiental através do contato com a natureza. Tese (Doutorado em psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 239 f.

OBSERVATÓRIO DE TURISMO. <https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/economia-do-turismo>. Acesso: 07.11.2018.

OLDEN, J.D. 2006. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, 33:2027-2039.

ONIKI, Y. & WILLIS, E.O. 2002. Bibliography of Brazilian birds: 1500-2002. Divisa Editora, Rio Claro, Brazil.

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.

PACHECO, R. ; RAIMUNDO, S. Parques urbanos e o campo dos estudos do lazer: propostas para uma agenda de pesquisa. *Revista Brasileira de Estudos do Lazer*, v. 1, p. 43-66, 2015.

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.

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.

PASSOLD, Anna Julia; MAGRO, Teresa. C.; COUTO, Hilton do. Comparing Indicator Effectiveness for Monitoring Visitor Impact at Intervales State Park, Brazil: Park Ranger-Measured Versus Specialist-Measured Experience. In: Second International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas, Rovaniemi. Policies, Methods and Tools for Visitor Management. Proceedings of the Second International Conference on Monitoring and Management of... Saari jarvi : Finnish Forest Research Institute, 2004, pp. 51-56

PASSOS P., CARAMASCHI U., PINTO R.R. (2005) REDISCOVERY AND REDESCRIPTION OF LEPTOTYPHLOPS SALGUEIROI AMARAL, 1954 (Squamata, Serpentes, Leptotyphlopidae). Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia, 520: 1–10.

PASSOS, P., U. CARAMASCHI AND R.R. PINTO. 2006. REDESCRIPTION OF LEPTOTYPHLOPS KOPPEI AMARAL, 1954, and description of a new species of the Leptotyphlops dulcis group from Central Brazil Notes on Geographic Distribution Check List, Campinas, 5(4): 783–786, December, 2009. 786 (Serpentes: Leptotyphlopidae). Amphibia-Reptilia 27: 347-357.

PATTON, J. L.; U. F. J. PARDIÑAS & G. D'ELIA. 2015. Mammals of South America, volume 2: Rodents. University of Chicago Press, 2015.

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).

PELLIN, A.; SCHEFFLER, S. M.; FERNANDES, H. M. Planejamento e implantação de trilha interpretativa autoguiada na RPPN Fazenda da Barra (Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil). Revista Nordestina de Ecoturismo, Aracaju, v.3, n.1, maio, 2010, p. 15.

PENHA, THALES VAZ. Manual de utilização de dados censitários em SIG. Semana de Monitoria - Agenda Acadêmica/UFF - 2014

PESS - PARQUE ESTADUAL SETE SALÕES. Relatório Anual de Atividades de 2017. Conselheiro Pena (MG): Instituto Estadual de Florestas, 2018, 71 p.

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 R.R., FERNANDES R. 2012. A New Blind Snake Species of the Genus *Tricheilostoma* from Espinhaço Range, Brazil and Taxonomic Status of *Rena dimidiata* (Jan, 1861) (Serpentes: Epictinae: Leptotyphlopidae). *Copeia* 2012: 37–48.

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.

PIRES, Paulo dos S. "Capacidade de Carga" como Paradigma de Gestão dos Impactos da Recreação e do Turismo em Áreas Naturais. *Turismo em Análise*, v. 16, n. 1, p. 5-28, maio 2005.

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 hidrossedimentologia e qualidade da água. de Anual\_validadores aplicados, 2018b

POSEY, D.A. (ed.). *Cultural and spiritual values of biodiversity*. Nairobi: UNEP and Intermediate Technology Publications. 1999.

PRETTY, J. *Agri-culture: Reconnecting people, land and nature*. London: Earthscan (14) *The Intersections of Biological Diversity and Cultural Diversity: Towards Integration*. 2002, disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/41025362\\_The\\_Intersections\\_of\\_Biological\\_Diversity\\_and\\_Cultural\\_Diversity\\_Towards\\_Integration](https://www.researchgate.net/publication/41025362_The_Intersections_of_Biological_Diversity_and_Cultural_Diversity_Towards_Integration), acesso em 18/04/2018.

PUMAIN, D. 2005. Transferring concepts for urban modelling: capture or exchange? IN: Portugali J. (ed) 2005, *Complex artificial environments*, Springer, pp. 71-84.

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.

RAIMUNDO, S.; PACHECO, R.; COSTA, B. M. Construindo um programa de uso público para unidades de conservação em áreas metropolitanas: a experiência dos Parques Naturais Municipais de Itapeverica da Serra e Embu das Artes - RMSP (SP). *Olam: Ciência & Tecnologia* (Rio Claro. Online), v. 11, p. 196-221, 2011.

REIS, N. R. 2013. Morcegos do Brasil: guia de campo. Rio de Janeiro: Technical Books.

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.

REZENDE, M.A. & VASCONCELOS, M.F. 2017. Catálogo dos exemplares da avifauna de Minas Gerais depositados no American Museum of Natural History (AMNH), destacando ocorrências históricas de algumas espécies raras e preenchendo lacunas de distribuição. *Atualidades Ornitológicas On-line*, 197:33-57.

RIBEIRO, C.D.L. 2009. Descrição espermática do sêmen de rã-pimenta (*Leptodactylus labyrinthicus*). Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de Magister Scientiae. 57pp.

ROBIM, M. de J. Análise das características do uso recreativo do Parque Estadual da Ilha Anchieta: uma contribuição ao manejo. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 1999, 161p.

ROCA, Zoran. Introduction. In: Roca, Zoran (ed.) *Second Home tourism in Europe: lifestyle issues and policy responses*. Surrey: Ashgate Publishing Limited. 2013, pp. XIX-XXV.

RODNEY, Evandro. IEF dá início à elaboração do plano de manejo do Parque Estadual Sete Salões. Portal Meio Ambiente.MG: publicação de 18 de Maio de 2018. Disponível em: [http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2461-ief-da-inicio-a-elaboracao-do-plano-de-manejo-do-parque-estadual-sete-saloes?fbclid=IwAR1SERQoeKgTjFyYx\\_1kH-JRLDg\\_pnMO7N98w9Om\\_71PLpovfs5gNj9BTWY](http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2461-ief-da-inicio-a-elaboracao-do-plano-de-manejo-do-parque-estadual-sete-saloes?fbclid=IwAR1SERQoeKgTjFyYx_1kH-JRLDg_pnMO7N98w9Om_71PLpovfs5gNj9BTWY). Acesso: 19 nov. 2018

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.

RODRIGUES, C.A.G., QUARTAROLI, C.F., CRIBB, A.Y., BELLUZZO, A.P. 2010. Áreas potenciais para a criação de rã-touro gigante *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) na região Sudeste do Brasil. *Embrapa: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 12: 1–38.

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

ROTAS CAPIXABAS. O turismo às margens do Rio Doce. Blog de notícias, por Tiago dos Reis. 15.dez.2015. Disponível em: <https://www.rotascapixabas.com/2015/12/15/o-turismo-as-margens-do-rio-doce/>. Acesso: 18 nov. 2018

RUSCHI, A. 1951. Trochilídeos no Museu Nacional. Bol. Mus. Biol. Mello-Leitão, Biol., no. 10.

RUSCHMANN, Doris V. M. Gestão da Capacidade de Carga Turístico-Recreativa como Fator de Sustentabilidade Ambiental - O caso da Ilha João da Cunha. In: Beatriz Helena Gelas Lage; Paulo Cesar Milone. (Org.). Turismo - Teoria e Prática. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2000, v. 1, p.

SAADI, A.; CAMPOS, J. C. F. Geomorfologia do caminho da lama: contexto e consequências da ruptura da Barragem de Fundão (novembro 2015-Mariana-MG). Revista Arquivos do MHNJB/UFMG, v. 24, p. 63-103, 2015.

SÁ-HUNGARO, I.J.B., LUZ, H.R., LOURENÇO, E.L., SILVA, H.R., FACCINI, J.L.H., FAMADAS K.M. Parasitism by *Ornithodoros faccিনি*(Ixodida: Argasidae) on *Thoropa miliaris* (Anura: Cycloramphidae) in Brazil. International Journal of Acarology 43: 194–198.

SAINT-HILAIRE, A. de. 1974. Viagem ao Espírito Santo e Rio Doce. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

SAINT-HILAIRE, A. F. C. 2011. Quadro geográfico da vegetação primitiva na província de Minas Gerais. Fino Trato, Belo Horizonte, Brazil.

SANSOLO, D. G.; RAIMUNDO, S; SIMOES, E. ; BUSSOLOTI, J. M.; CARVALHO, D. A.; ISSAGAWA, C. T.; ALARCON, J. A. F. O contexto territorial e ambiental do programa de uso público do Parque Estadual da Serra do Mar: a visão institucional. In: XI ENANPEGE - Encontro Nacional de Pós-Graduação em Geografia: A diversidade da geografia brasileira: escalas e dimensões da análise e da ação, 2015, Presidente Prudente (SP). Anais do XI ENANPEGE - Encontro Nacional de Pós-Graduação em Geografia: A diversidade da geografia brasileira: escalas e dimensões da análise e da ação. Presidente Prudente (SP): Ed. da UNESP, 2015. v. 1.

SANSOLO, Davis Gruber. Centralismo e participação na proteção da natureza e desenvolvimento do turismo no Brasil. IN: Bartholo, Roberto; Sansolo, Davis; Bursztyn, Ivan (orgs.). Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Brasília: Letra e Imagem, 2009 p.p. 122-141

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.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Manual: plano de monitoramento e gestão dos impactos da visitação. São Paulo; SMA, 2008.

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, E.T., FERNANDES, V.D., SANTANA, D.J., FEIO, R.N. 2010. Amphibia, Anura, Pipidae, *Pipa carvalhoi* (Miranda-Ribeiro, 1937): Distribution extension and geographic distribution map in the southeast of Brazil. Check List 6: 451–453.

SILVA, F. F. Incêndio florestal no Pico da Ibituruna na cidade de Governador Valadares - MG: Impactos ambientais e proposta de recuperação da área degradada. Governador Valadares: Instituto Federal de Ciências e Tecnologia - IFMG, MG, 2014, 20p.

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.

SILVA, L. D. R.. Pagamentos por Serviços Ambientais em Municípios do Estado de Minas Gerais: Potencial de disseminação de projetos e programas. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.

SOARES I.M., MORAIS B.S. 2005a. Padrões de uso do habitat pela fauna de Squamata na APA do Pico da Ibituruna, Governador Valadares. II Congresso Brasileiro de Herpetologia. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte.

SOARES I.M., MORAIS B.S. 2005b. Levantamento preliminar da fauna de Squamata da APA do Pico da Ibituruna, Governador Valadares, MG. II Congresso Brasileiro de Herpetologia. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte.

SOS Mata Atlântica, 2018. <https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>. 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. 2005. *Hydromedusa maximiliani* - The Brazilian Snake-Necked Turtle. Reptilia 40: 47-51.

SOUZA, F.L., ABE, A.S. 1995. Observations on feeding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae) in Southeastern Brazil. Chelonian Conservation and Biology 1: 320–322.

SOUZA, F.L., ABE, A.S. 1997. Seasonal variation in the feeding habits of *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae). Boletín de La Asociación Herpetológica Española 8: 17–20.

SOUZA, F.L., ABE, A.S. 1998. Resource Partitioning by the Neotropical Freshwater Turtle, *Hydromedusa maximiliani*. Journal of Herpetology 32, 106–112.

SOUZA, F.L., CUNHA, A.F., OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, G.A.G., REIS, S.F. 2002. Estimating dispersal and gene flow in the neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae) by combining ecological and genetic methods. Genetics and Molecular Biology 25: 151–155.

SOUZA, F.L., CUNHA, A.F., OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, G.A.G., REIS, S.F. 2003. Preliminary Phylogeographic Analysis of the Neotropical Freshwater Turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). Journal of Herpetology 37: 427–433.



SOUZA, F.L., MARTINS, F.I. 2009. *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) – Maximilian's snake-necked turtle, Brazilian snake-necked turtle. In: A. G. J. Rhodin, P. C. H. Pritchard, P. P. Van Dijk, R. A. Saumure, K. A. Buhlmann, J. B. Iverson, and R. A. Mittermeier (Eds), *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. pp. 026.1-026.6.

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.

SOUZA, L.M.I. 2009. Plano de Manejo da RPPN Fazenda Bulcão - Aimorés/MG. Instituto Terra, Aimorés, Brazil.

STENDER-OLIVEIRA F., MARTINS M., MARQUES O.A.V. 2016. Food Habits and Reproductive Biology of Tail-Luring Snakes of the Genus *Tropidodryas* (Dipsadidae, Xenodontinae) from Brazil. *Herpetologica* 72: 73–79.

STEVAUX, J. S.; LATRUBESSE, E. M. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo. Oficina de Textos, 2017.

TAKAHASHI, Leide Yassuco. Limite aceitável de câmbio (LAC): manejando e monitorando visitantes. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 1997, Curitiba. Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba: Instituto Ambiental do Parana (IAP) / UNILIVRE/ Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, v. 1. 1997, pp. 445-464

TEIXEIRA, Tamara Lopes; RIBEIRO, Nelson Pôrto. Patrimônio industrial: o valor do espaço na ferrovia vitória a minas, disponível em [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/VI\\_coloquio\\_t1\\_patrimonio\\_industrial\\_valor.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/VI_coloquio_t1_patrimonio_industrial_valor.pdf)

TFTSG - Tortoise, Freshwater Turtle Specialist Group 1996. *Hydromedusa maximiliani* (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

THOMÉ, M.T.C., ZAMUDIO, K.R., GIOVANELLI, J.G.R., HADDAD, C.F.B., BALDISSERA, F.A, ALEXANDRINO, J. 2010. Phylogeography of endemic toads and post-Pliocene persistence of the Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55: 1018–1031.

TILDEN, F. *Interpreting our heritage*. 40 ed. Carolina do Norte, USA: The University of North Carolina Press, 2007. (first edition, 1957), e também em HAM, S. H. *Interpretacion ambiental: uma guia practica para gente com grandes ideas y presupuestos pequenos*. Colorado, USA: North America Press, 1992. 473p.

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.

TUAN, Yi-fu. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*, tradução de Livia de Oliveira. São Paulo / Rio de Janeiro: Difel, 1980.

TURNHOUT, E.; LAWRENCE, A. & TURNHOUT, S. 2016. Citizen science networks in natural history and the collective validation of biodiversity data. *Conservation Biology*, 30:532-539.

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>.

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.

VASCONCELOS, M.F. 1998. First records of *Caprimulgus hirundinaceus vielliardi* for Minas Gerais state, Brazil. *Ararajuba*, 6:134-135.

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.

VILLEGAS VALLEJOS, M.A.; Padial, A.A. & Vitule, J.R.S. 2016. Human-induced landscape changes homogenize Atlantic Forest bird assemblages through nested species loss. *PLoS ONE*, 11:e0147058.

VOGT, R.C., FAGUNDES, C.K., BATAUS, Y.S.L., BALESTRA, R.A.M., BATISTA, F.R.W., UHLIG, V.M., SILVEIRA, A.L., BAGER, A., BATISTELLA, A.M., SOUZA, F.L., DRUMMOND, G.M., REIS, I.J., BERNHARD, R., MENDONÇA, S.H.S.T., LUZ, V.L.F. 2015. Avaliação do Risco de Extinção de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. Available from: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7403-repteis-hydromedusa-maximiliani-cagado-da-serra.html>. Acessado em 10 de novembro de 2018.

VOLPATO, G.H. & MARTINS, S.V. 2013. The bird community in naturally regenerating *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) forest in Southeastern Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 61:1585-1595.

WEARING, S.; NEIL, J. *Ecotourism: Impacts, Potential and Possibilities*. Butterworth Heinemann, Oxford and Melbourne, 2nd edition, 2009 (first edition, 1999), 256p.

WETZEL R.G., 2001. *Limnology*. Springer.

WETZEL, R.G., & G.E. Likens. 2000. *Limnological analyses*. Springer.

WILLIAMS, D.R.; KALTENBORN, B.P. Leisures places and modernity: the use and meaning of recreational cottages in Norway and USA. In: Crouch, D. (ed.) *Leisure Tourism Geographies: practices and geographical knowledge*. Routledge, London, 1999, pp.214-230 e em NEFEDONA, T.; PALLOT, J. The multiplicity of second home development in the Russian Federation: a case of seasonal suburbanization. In: Roca, Zoran (ed.) op. cit. 2013, pp 91-120.

WOITOVICZ-CARDOSO, M. 2013. Revisão sistemática do grupo de espécies de *Physalaemus signifer* (Girard, 1853) (Amphibia, Anura, Leiuperinae). Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia). 350pp.

ZAQUAL, Hassan. Do turismo de massa ao turismo situado. IN: Bartholo, Roberto; Sansolo, Davis; Bursztyn, Ivan (orgs.) op. cit., p. 57.

ZAQUAL, Hassan. Nova economia das iniciativas locais: uma introdução ao pensamento pós-global. Trad. Michel Thiollent. Rio de Janeiro: DP&A: Consulado Geral da França/COOPE/UFRJ, 2006. P. 32.

ZIMMERMANN, Andrea (coord.). Roteiro metodológico para manejo de impactos da visitação: com enfoque na experiência do visitante e na proteção dos recursos naturais e culturais. ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), Ministério do Meio Ambiente, 2011, 88p.