



Avaliação dos Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação

PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE

Setembro, 2021

CONTRATAÇÃO

Fundação Renova

Laila Medeiros Campos

Renata Stopiglia

Vanessa Lacerda de Queiroz

AUTORIA – EQUIPE RESPONSÁVEL

Equipe Ekos Brasil

Ana Cristina Moeri – Gestão Administrativa

Camila Dinat – Analista Ambiental

Jaime Ohata – Gerência Técnica

Jéssica Fernandes – Analista Ambiental

Marina Aponte de Sampaio Tiengo – Gestão da Informação

Especialista em Avaliação de Impacto Ambiental

Alberto Fonseca - Coordenação

Especialistas Meio Físico

Coordenação: Luis Schiesari

Hélvio Gregório – Oceanografia Física

Luis Schiesari – Limnologia e Qualidade da Água

Nilo Nascimento, Francisco E.O. e Silva e Tainá Ulhoa Mota – Clima, Hidrologia e Hidrosedimentologia

Paulo L. Lima e Daniel A. Klein – Geologia, Geomorfologia, Hidrogeologia e Pedologia

Especialistas Meio Biótico

Coordenação: Erika Hingst-Zaher

Alexander Turra – Biota Marinha

Erika Hingst-Zaher – Mastofauna

Felipe Leite - Herpetofauna

Gabriel Brejão – Ictiofauna Dulcícola

João Carlos Milanelli – Biota Marinha

Leonardo Esteves Lopes - Avifauna

Marcela Firens - Flora

Maurício Tassoni Filho – Ictiofauna Dulcícola

Especialistas Meio Socioeconômico

Coordenação: Wanda Maldonado

Mariana Clauzet – Recursos Pesqueiros

Sidnei Raimundo - Turismo em áreas protegidas

Valéria Lopes – Impactos Econômicos e Sociais

Wanda Maldonado – Impactos Econômicos e Sociais

Sistema de Informação Geográfica

Daiana Marques Costa - Banco de Dados Geoespaciais e Cartografia

LISTA DE SIGLAS

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ANA – Agência Nacional de Águas

AP – Área Prioritária

APP - áreas de preservação permanente

BDG - Base de Dados Geográficos

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe

CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

CR – Criticamente em perigo

CTC – Capacidade de troca de catiônica

DD – Dados insuficientes

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

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMCAPA – Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária

EN – Em perigo

EPA – Environmental Protection Agency

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

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IEPHA - Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das 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

PERD – Parque Estadual do Rio Doce

PIB – Produto Interno Bruto

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

PSA – Pagamento por serviços ambientais

RH – Recursos Humanos

SBS - Síndrome de Mudança de Linha de Base

SiBCs - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SST – Sólidos Suspensos Totais

TTAC - Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta

UC – Unidade de Conservação

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

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

VIM - Visitor Impact Management

VRQ – Valor de referência de qualidade

VRQ – Valores de Referência de Qualidade

VU – Vulnerável

ZA – Zona de Amortecimento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Equipe de especialistas do Instituto Ekos responsável pela realização dos estudos de avaliação de impacto ambiental nas UC.....	28
Figura 2. Principais etapas metodológicas da avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão na Unidade de Conservação PERD e sua zona de amortecimento e área de entorno.....	33
Figura 3. Acesso ao <i>Server</i> do Portal da Reparação da Fundação Renova	39
Figura 4. Principais elementos da cadeia causal dos impactos.....	42
Figura 5. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do PERD – estação climatológica de Timóteo/MG, INMET.....	59
Figura 6. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do alto rio Doce – Estação climatológica, Conceição do Mato Dentro/MG, INMET.....	60
Figura 7. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do alto rio Doce – Estação climatológica, Viçosa/MG, INMET.	61
Figura 8. Comportamento climatológico da bacia do rio Doce.	63
Figura 9. Poços tubulares (pontos) no do Parque Estadual do Rio Doce e Região.	69
Figura 10. Exemplo de perfis de poços encontrados no Entorno do PERD. Poços na localidade de Macuco (Timóteo-MG) explotando água do aquífero fissural (3100007072) e do aquífero poroso/fissural (Poço 3100007073). Fonte: SIAGAS/CPRM (Poço 2021).	70
Figura 11. Perfil longitudinal do canal do Rio Doce, características gerais e localização (relativa) da área de estudo.	76
Figura 12. Trecho do Rio Doce no extremo sul do PERD: Cachoeira dos Óculos e localização da seção de réguas da estação fluviométrica da CPRM, de mesmo nome	77
Figura 13. Trecho do Rio Doce: Cachoeira dos Óculos e controles hidráulicos situados logo a jusante.	78
Figura 14. Trecho do Rio Doce: meandros e ilhas consolidadas.....	78
Figura 15. Confluência entre os rios Doce e Piracicaba.	79
Figura 16. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos, localizada à montante do PERD. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, e 2014/2015.	84
Figura 17. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Mário de Carvalho, localizada no rio Piracicaba, cuja confluência com o rio Doce delimita o PERD ao norte. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, e 2014/2015.	85
Figura 18. Curva de permanência associada à estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD.	86
Figura 19. Curva de permanência associada à estação fluviométrica Mário de Carvalho no rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD.	87

Figura 20. Perfis transversais associados às estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD.	89
Figura 21. Perfis transversais associados às estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Estação Mário de Carvalho, rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD.....	89
Figura 22. Curvas cota-descarga para as estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD	90
Figura 23. Curvas cota-descarga para as estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Estação Mário de Carvalho, rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD.....	90
Figura 24. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.	92
Figura 25. Rio Piracicaba em Mário de Carvalho: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.	93
Figura 26. Concentração de fósforo total (mediana e intervalo percentílico de 95%) em 18 lagos do Médio Rio Doce, 8 dos quais no PERD (NA: Aníbal, CA: Carioca, CE: Central, DH: Dom Helvécio, GA: Gambá, GN: Gambazinho, PT: Patos, SH: Santa Helena). Retirado de Barbosa et al. (2014).....	98
Figura 27. Matriz para o estabelecimento do índice de nodalidade.....	134
Figura 28. Imagem da localidade denominada Macuco (Timóteo), no limite imediato do Parque Estadual do Rio Doce.	143
Figura 29. IDH-M e seus indicadores nos municípios da área de estudo (2010)	157
Figura 30. IVS e suas dimensões nos municípios da área de estudo, 2010	160
Figura 31. IFDM e suas áreas de observação nos municípios da área de estudo (2015).....	162
Figura 32. População residente, rural e urbana no total dos setores censitários, 2010.	185
Figura 33. Formas de abastecimento de água no total dos domicílios urbanos e rurais nos setores censitários, 2010.....	189
Figura 34. Distribuição do ICMS “meio ambiente” aos municípios de abrangência do PERD, 2015.....	204
Figura 35. Distribuição do ICMS "meio ambiente" aos municípios da ZA e do entorno do PERD, 2015.....	205
Figura 36. Distribuição do ICMS "Patrimônio Cultural" aos municípios da área de estudo, 2015.	208
Figura 37. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Dionísio, 2006-2014.	225
Figura 38. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Marliéria, 2006-2014	225
Figura 39. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Timóteo, 2006-2014.	226
Figura 40. Visitantes, Parque Estadual do Rio Doce, 2006-2014	230
Figura 41. Localização do Complexo da Alegria com relação ao subdistrito Bento Rodrigues antes do rompimento da barragem do Fundão. Fonte: Passos, 2017.....	244
Figura 42. Seção transversal do rio Doce na estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos durante o trânsito	

da onda de cheia decorrente da ruptura da barragem de Fundão (Fonte: LACTEC, 2020).....	254
Figura 43. Rio Doce em Ipatinga (fonte: FELIPPE et al, 2016).	255
Figura 44. Rio Doce na área do PERD em 08/11/2015 (Fonte: ANA, 2016).	255
Figura 45. Rio Doce na área do PERD a montante de Ponte Perdida, junto ao Centro de Pesquisa da Ponte Perdida, registro de depósitos de rejeitos na planície fluvial (Fonte: IEF, 2015)	256
Figura 46. Ribeirão Belém, junto à confluência com o rio Doce, na área do PERD (Fonte: IEF, 2015).	257
Figura 47. Rio Doce no trecho onde encontra-se instalada a estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos (Fonte: Google Earth).	258
Figura 48. Rio Doce em Corredeiras de Sant'Ana (Fonte: Google Earth).	259
Figura 49. Ilha fluvial no rio Doce (Fonte: Google Earth).	262
Figura 50. Barras aluvionares no Rio Doce (Fonte: Google Earth).....	263
Figura 51. Rio Doce em Ponte Perdida (Fonte: Google Earth).	263
Figura 52. Confluência entre os rios Doce e Paraopeba (Fonte: Google Earth).	264
Figura 53. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos, localizada à montante do PERD. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2014/2015 e 2015/2016.	266
Figura 54. Hidrogramas de vazões monitoradas nas estações operadas pela CNPRM entre Cachoeira dos Óculos e Linhares, acompanhando o trânsito da onda de cheia resultante da ruptura da barragem de Fundão, em 05/11/2015 (retirado de CPRM, 2015-a).	266
Figura 55. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Mário de Carvalho, localizada no rio Piracicaba, cuja confluência com o rio Doce delimita o PERD, ao norte, para o ano hidrológico de 2015/2016.	267
Figura 56. Simulação da concentração de sedimentos (mg/l) ao longo do rio Doce após a ruptura da barragem de Fundão (retirado de PALU e JULIEN, 2019).	268
Figura 57. Perfis transversais do rio Doce na estação Cachoeira dos Óculos, montante do PERD: A) Antes do rompimento da barragem de Fundão. B) Após o rompimento da barragem de Fundão.	270
Figura 58. Curvas cota-descarga para a estação Cachoeira dos Óculos, montante do PERD: A) curvas completas; B) detalhe dos pares cota-descarga oriundos das medições de descarga líquida.	271
Figura 59. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2015/2016 a 2019/2020.	273
Figura 60. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.	278
Figura 61. Rio Piracicaba em Mário de Carvalho: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.	279
Figura 62. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: concentrações de sedimento em suspensão monitoradas	

entre 1994 e 2020.....	280
Figura 63. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: descargas sólidas diárias em suspensão estimadas entre 2014 e 2020.....	280
Figura 64. Rio Doce em RDO-03: descargas sólidas de fundo (DSF), em suspensão (DSS) e total (DST), em t./dia estimados pelo método de Colby (Fonte: dados provenientes de https://portal-de-monitoramento-rio-doce-fundacaorenova.hub.arcgis.com/pages/pa-documentos , consultado em 05/03/2021).....	282
Figura 65. Série histórica dos sólidos totais na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020. No gráfico de dispersão (acima) note que (i) as séries pré- e pós-rompimento estão em escalas diferentes para melhor avaliação das consequências da passagem da pluma de rejeitos na qualidade da água, e que (ii) no período pós-rompimento estão indicadas a linha de base da temporada de cheias (caixas cinza-escuras) e de seca (caixas cinza-claras). No gráfico de caixas (boxplot; abaixo) são comparadas a distribuição das observações por temporada (seca versus cheias) e indicados o número de observações, o número de observações desviando da linha de base e o número de observações desviando do valor de referência do órgão regulatório.	288
Figura 66. Série histórica do oxigênio dissolvido na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020.....	290
Figura 67. Série histórica do ferro dissolvido na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce de 2000 a 2020. Alumínio e manganês, que junto com o ferro são os elementos dominantes na composição química do rejeito da Barragem de Fundão, apresentaram padrões similares (Tabela 1, Anexo 4).	291
Figura 68. Série histórica do chumbo total na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020. Alguns metais e semi-metais de relevância toxicológica e ecotoxicológica como o arsênio, o cádmio, o cromo e o níquel apresentaram um único pico de concentrações, concomitante com a passagem da pluma de rejeitos. O chumbo teve um comportamento semelhante, exceto que concentrações ligeiramente acima do limite superior da linha-de-base foram registradas em temporadas subsequentes.....	292
Figura 69. Série histórica da Demanda Química de Oxigênio na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce de 2000 a 2020. A DQO é uma medida da carga orgânica de uma amostra de água.....	293
Figura 70. Séries históricas de sólidos totais em suspensão, ferro dissolvido e manganês total na água do Rio Piracicaba, de 2000 a 2020. Note a ausência de um padrão temporal de alteração, nestes que são importantes marcadores da passagem da pluma de rejeito no rio Doce.....	296
Figura 71. Localização dos pontos de monitoramento de ictiofauna nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce e de sua Zona de Amortecimento. Pontos vermelhos: locais afetados pelo rejeito de minério proveniente do rompimento da Barragem de Fundão. Pontos brancos: locais não afetados pelo rejeito de minério proveniente do rompimento da Barragem de Fundão.....	302
Figura 72. Variação na sensibilidade a distúrbios antrópicos (acima), no status de endemismo em relação à Mata Atlântica (centro) e no status de ameaça de extinção (abaixo) da comunidade de aves registrada no Parque Estadual do Rio Doce em diferentes períodos. O número de espécies registradas varia grandemente entre período (n = 174, 38, 337, 321, respectivamente).....	308
Figura 73. Riqueza e abundância dos peixes amostrados durante os levantamentos do GIAIA (2016) e os	

monitoramentos da Econservation (2017 e 2019). A e B (respectivamente): Riqueza e Abundância de todas as espécies amostradas; C e D: (respectivamente): Riqueza e Abundância das espécies nativas; E e F (respectivamente): Riqueza e Abundância das espécies introduzidas. Caixas cinzas: Locais afetados; Caixas brancas: Locais não afetados 312

Figura 74 - Taxa de mortalidade infantil, Dionísio (2006-2019). 328

Figura 75 - Taxa de mortalidade infantil, Marliéria (2006-2019). 329

Figura 76 - Taxa de mortalidade infantil, Timóteo (2006-2019). 329

Figura 77 - Taxa de mortalidade infantil, Bom Jesus do Galho (2006-2019). 330

Figura 78 - Taxa de mortalidade infantil, Caratinga (2006-2019). 330

Figura 79 - Taxa de mortalidade infantil, Córrego Novo (2006-2019). 331

Figura 80 - Taxa de mortalidade infantil, Pingo D'Água (2006-2019). 331

Figura 81 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Dionísio (2005-2019). 336

Figura 82 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Marliéria (2005-2019). 336

Figura 83 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Timóteo (2005-2019). 337

Figura 84 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Bom Jesus do Galho (2005-2019) 337

Figura 85 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Caratinga (2005-2019) 338

Figura 86 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Córrego Novo (2005-2019) 338

Figura 87 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Pingo D'Água (2005-2019). 339

Figura 88. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Dionísio – 2015/2018 (em mil reais). 343

Figura 89. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Marliéria – 2015/2018 (em mil reais). 343

Figura 90. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Timóteo – 2015/2018 (em mil reais). 344

Figura 91. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Bom Jesus do Galho – 2015/2018 (em mil reais). 344

Figura 92. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Caratinga – 2015/2018 (em mil reais). 345

Figura 93. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Coronel Fabriciano – 2015/2018 (em mil reais). 345

Figura 94. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Córrego Novo – 2015/2018 (em mil reais). 346

Figura 95. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Ipatinga – 2015/2018 (em mil reais). 346

Figura 96. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Jaguaráçu – 2015/2018 (em mil reais). 347

Figura 97. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Pingo D'Água – 2015/2018 (em mil reais). 347

Figura 98. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Raul Soares – 2015/2018 (em mil reais). 348

Figura 99. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Santana do Paraíso – 2015/2018 (em mil reais). 348

Figura 100. Cachoeira Santana no rio Doce.....	365
Figura 101. Estrutura do Mapa Conceitual	404
Figura 102. Mapa Conceitual.....	405
Figura 103. Mata ripária da margem direita do Rio Doce visualizada a partir da Ponte Queimada, Parque Estadual do Rio Doce. Note como a vegetação se manteve aparentemente intacta, sem sinais claros de degradação causados pela onda de rejeitos. Outubro de 2016, menos de um ano após o desastre. Foto: Leonardo Lopes.....	429
Figura 104. Uma escada de madeira improvisada de modo a permitir o acesso a um ninho de maracanã-verdadeira <i>Primolius maracana</i> em uma cavidade no tronco da árvore, a mais de 25 m de altura. Esta espécie de Psittacidae é vítima comum do tráfico ilegal de animais de estimação. Parque Estadual do Rio Doce, trilha Campolina, fevereiro de 2012. Foto: Leonardo Lopes.....	435
Figura 105. Trecho de corredeiras do Rio Doce com banco de areia ao fundo, visualizado da Ponte Queimada, borda leste do Parque Estadual do Rio Doce. Note a elevada turbidez da água e as marcas deixadas pelos sedimentos nas rochas. Outubro de 2016, menos de um ano após o desastre. Foto: Leonardo Lopes.....	438
Figura 106. Significâncias dos impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico	482
Figura 107. Ilustração das soluções de abastecimento d'água no âmbito local	551
Figura 108. Perfil sismoestratigráfico na desembocadura do lago Dom Helvécio.	616

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais característica da UC:.....	31
Tabela 2. Dados shapefile para estruturação da Base de Dados Geoespacial.....	38
Tabela 3. Lista de verificação dos impactos	43
Tabela 4. Matriz de Significância dos Impactos.....	47
Tabela 5. Tabela de medidas de mitigação	48
Tabela 6. Estações climatológicas consideradas.	51
Tabela 7. Estações de monitoramento fluviométrico consideradas.....	53
Tabela 8. Dados de análise químicas disponíveis em poços próximos às margens do Rio Doce nas imediações da área de estudo Fonte: SIAGAS/CPRM (2021)	71
Tabela 9. Características físico-químicas de sete lagos do Médio Rio Doce (Lago Dom Helvécio e Carioca estão localizados no interior do Parque Estadual do Rio Doce).....	99
Tabela 10. Estatística descritiva (mediana/coeficiente de variação em %) de parâmetros em solos de Minas Gerais presentes na área de estudo.....	103
Tabela 11. Uso e ocupação do solo no PERD e Zona de amortecimento nos anos de 2010, 2015 e 2019.	116
Tabela 12. Síntese das espécies da herpetofauna com maior relevância para conservação registradas ou com ocorrência potencial no Parque Estadual do Rio Doce e sua zona de amortecimento antes do rompimento da barragem de Fundão.	125
Tabela 13. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010 e 2015.....	150
Tabela 14. População residente estimada e percentual de variação (crescimento e decrescimento), 2010-2015.....	152
Tabela 15. Área municipal e densidade (2010).	153
Tabela 16. Distribuição da população em áreas urbanas e rurais (2010).....	153
Tabela 17. IDH-M por município e variação (1991-2000-2010).....	156
Tabela 18. Índice de Vulnerabilidade Social e sua variação, por município, 2000-2010	159
Tabela 19. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal e sua variação, por município (2012-2015).....	161
Tabela 20. Matrículas nas diversas etapas de escolarização, por município de abrangência do PERD, 2015.	163
Tabela 21. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) – Resultados por município de abrangência do PERD, 2011-2015.	165
Tabela 22. Crianças e adolescentes fora da escola, por município de abrangência do PERD, 2010.	167

Tabela 23. Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) dos municípios de abrangência do PERD, 2010.....	168
Tabela 24. Taxa de mortalidade infantil, por município (2006 a 2015)	169
Tabela 25 – Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, por município (2005-2015).....	170
Tabela 26 – Proporção de internações por doenças de saneamento ambiental inadequado, por município (2005-2015)	171
Tabela 27 Número de estabelecimentos de saúde da administração pública e outros, por município, 2015	172
Tabela 28 – Número de médicos, assistente sociais e psicólogos no SUS e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2015	173
Tabela 29– Número de leitos no SUS e outras redes e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2015....	174
Tabela 30. Produto Interno Bruto a preços correntes dos municípios do PERD e Minas Gerais, 2015 (mil reais).....	176
Tabela 31. Produto Interno Bruto per capita em 2015 (em reais).....	177
Tabela 32. Valor Adicionado Bruto (por setor) dos municípios de abrangência do PERD em 2015 (em mil reais).....	178
Tabela 33. Pessoas ocupadas por setor nos municípios de abrangência do PERD em 2015	179
Tabela 34. Renda, Pobreza e Desigualdade nos municípios de abrangência do PERD, 2000 e 2010.....	180
Tabela 35. Índice de Gini, 2000 e 2010.	181
Tabela 36. Distribuição dos setores censitários nos municípios de abrangência do PERD (2010).....	183
Tabela 37. Domicílios Particulares Permanentes e População, setores censitários, 2010.....	184
Tabela 38. População residente em áreas urbanas e rurais, por sexo e grupos etários, 2010.	186
Tabela 39. Percentual da População Alfabetizada por faixa de idade, setores censitários, 2010 (%).	187
Tabela 40. Rendimento nominal mensal dos domicílios (não inclui improvisados), em salários-mínimos, setores censitários, 2010.	188
Tabela 41. Esgotamento sanitário por domicílio nos setores censitários, 2010.	190
Tabela 42. Destinação de lixo (coletado e não coletado) por domicílio nos setores censitários, 2010.	191
Tabela 43. Energia elétrica por domicílio, setor censitário da área de estudo, 2010.....	192
Tabela 44. Domicílios e População, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.....	194
Tabela 45. Domicílios e moradores nos setores censitários do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.	194
Tabela 46. População residente, sexo e idade por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com	

o rio Doce, 2010.	196
Tabela 47. Pessoas alfabetizadas por grupo etário, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.....	197
Tabela 48. Rendimento nominal mensal per capita dos domicílios (não inclui improvisados), em salários-mínimos, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.....	198
Tabela 49. Forma de abastecimento d'água por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.	199
Tabela 50. Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.	200
Tabela 51. Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.	201
Tabela 52. Energia elétrica por domicílio por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.	202
Tabela 53. Distribuição da parcela da receita do ICMS aos municípios abrangidos pelo PERD – Critério Meio Ambiente, 2015*.....	203
Tabela 54. Distribuição da parcela da receita do ICMS aos municípios da zona de amortecimento e do entorno do PERD, 2015.....	205
Tabela 55. Existência de legislação para Normas de Proteção, Criação de Conselho Municipal e de Fundo de Proteção ao Patrimônio Cultural, até o ano de 2015.	207
Tabela 56. Tombamento de bens culturais, por categoria e municípios, até 2015.....	209
Tabela 57. Autorização de pesquisa arqueológica, por município, 2006-2015.....	211
Tabela 58. Comunidades selecionadas, entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 1996.....	216
Tabela 59. Valor Adicionado em valores correntes do Turismo por Territórios de Desenvolvimento e municípios de Minas Gerais – 2010 -2014.....	220
Tabela 60. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Dionísio, 2006-2014	224
Tabela 61. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Marliéria, 2006-2014.....	224
Tabela 62. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Timóteo, 2006-2014.	224
Tabela 63. Principais características das trilhas abertas a visitação do PERD.	229
Tabela 64. Visitantes, Parque Estadual do Rio Doce, por mês, 2006-2014	230
Tabela 65. Produção de pescado (em toneladas) por modalidade no Brasil e estados do Sudeste no ano de 2011. Em negrito destaca-se o estado de Minas gerais. 2011.	233
Tabela 66. Informações sobre o impacto positivo da atividade pesqueira e limites do desenvolvimento do setor.....	234
Tabela 67. Análise granulométrica de sedimentos em suspensão nas estações Cachoeira dos Óculos e	

Belo Oriente (Fonte: CPRM, 2015-a).....	272
Tabela 68. Rio Doce em RDO-03: descargas sólidas de fundo (DSF), em suspensão (DSF) e total (DST), em t./dia (Fonte: ECOLOGY BRASIL e Fundação Renova, 2019).....	281
Tabela 69. Síntese das alterações na qualidade da água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015.....	285
Tabela 70. Variação estimada da população entre os anos 2010/15 e 2015/20 nos municípios da área de estudo.....	317
Tabela 71. Índice Mineiro de Responsabilidade Social: dimensões e indicadores.....	318
Tabela 72. Índice Mineiro de Responsabilidade Social (2014-2018).....	320
Tabela 73. Percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de saneamento básico, por município IMRS (2015-2019).....	321
Tabela 74. Pessoas cadastradas no PG001, por município de abrangência do PERD e sua Zona de Amortecimento, 2021.....	321
Tabela 75. Percentual da população pobre ou extremamente pobre no Cadastro Único em relação a população total do município (2015-2019).....	322
Tabela 76. Percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família (2015-2019).....	322
Tabela 77. Comparação entre os percentuais de variação (positiva ou negativa) da população pobre ou extremamente pobre e das pessoas pertencentes a famílias que acessam o programa Bolsa Família (2015/16 e 2016/19).....	323
Tabela 78. Aumento ou diminuição no número de estabelecimentos educacionais, segundo etapa da Educação Básica, por município – alterações entre 2015 e 2019.....	324
Tabela 79. Aumento ou diminuição nas matrículas, segundo etapa da Educação Básica, por município – alterações entre 2015 e 2019.....	325
Tabela 80. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) – Resultados por município de abrangência do PERD, 2011-2015.....	326
Tabela 81. Percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária no Cadastro Único.....	327
Tabela 82. Taxa de mortalidade infantil, por município (2015-2019).....	328
Tabela 83. Aumento ou diminuição no número de estabelecimentos de saúde da administração pública, por município – alterações entre 2015 e 2019.....	333
Tabela 84. Número de leitos no SUS e outras redes e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2020.....	334
Tabela 85. Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica.....	335
Tabela 86. Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (2015-2019).....	339
Tabela 87. Pessoas cadastradas no PG001, segundo problemas referentes ao abastecimento de água,	

2021.....	340
Tabela 88. Produto Interno Bruto a preços correntes dos municípios do PERD e Minas Gerais, 2015 e 2018 (mil reais).....	341
Tabela 89. Produto Interno Bruto per capita em 2015 e 2018 (em reais).....	341
Tabela 90. Pessoas cadastradas no PG001, segundo impactos na agropecuária e característica do estabelecimento, 2021.....	349
Tabela 91. Pessoas cadastradas no PG001 que declararam impactos na agropecuária, segundo a destinação da produção, 2021.....	349
Tabela 92. Soma de impactos em áreas de criação de animais, hortas e danos a animais, 2021.....	350
Tabela 93. Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica, por município (2017).	351
Tabela 94. Vínculos ativos e percentual em relação ao total de residentes, por município (2015-2019).	352
Tabela 95. Índice Mineiro de Responsabilidade Social – Vulnerabilidade, por município (2016-2018).....	353
Tabela 96. Tombamentos do patrimônio cultural nos municípios do PERD e sua Zona de Amortecimento (2016-2020).	354
Tabela 97. Valores do ICMS “patrimônio cultural” distribuídos aos municípios da área de estudo, 2015. ..	355
Tabela 98. Distribuição do ICMS relativo a Unidades de Conservação aos municípios de abrangência do PERD, 2015 e 2019.	355
Tabela 99. Distribuição do ICMS relativo ao “meio ambiente” nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD, 2019.	356
Tabela 100. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010, 2015 e 2019. Continua na Tabela 101.....	358
Tabela 101. Continuação da Tabela 100. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010, 2015 e 2019.....	359
Tabela 102. Número de visitantes do PERD.	367
Tabela 103. Valor da diária para o uso da infraestrutura.....	368
Tabela 104. Agrupamentos sociais no entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2018	380
Tabela 105. Acordos de indenização nos municípios da área de estudo, segundo a atividade econômica, 2021.....	386
Tabela 106. Quantitativo de empresas proponentes e beneficiadas pelo Fundo Desenvolve Rio Doce, na área de estudo, 2020.....	390
Tabela 107. Produtores rurais atingidos e produtos adquiridos pela Fundação Renova.....	391
Tabela 108. Cadastro Emergencial e Pagamento de Auxílio Financeiro Emergencial nos municípios da área de estudo.	391

Tabela 109. Número total de cadastros de pescadores em Minas Gerais incluídos em todas as categorias relativas aos impactos à atividade pesqueira estabelecidas pela Fundação Renova, por município da área de estudo em 2021.	394
Tabela 110. Quantitativo de acordos de indenização relacionado à atividade pesqueira, por municípios de Minas Gerais em 2021.....	394
Tabela 111. Acordos de indenização nos municípios da área de estudo, segundo a atividade, 2021.....	460
Tabela 112. Eleitores por município, 2015-2020.	469
Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos.....	471
Tabela 114. Relação de Medidas.	585
Tabela 115. Continuação da Tabela 114.....	586

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Mapa do PERD.....	30
Mapa 2. Localização da UC e de sua respectiva ZA.....	36
Mapa 3. Localização das estações de monitoramento fluviométrico e de qualidade de água consideradas para a definição da linha de base e dos aproveitamentos hidroelétricos na bacia do rio Doce.....	54
Mapa 4. Unidades Litoestratigráficas do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	65
Mapa 5. Unidades Hidrogeológicas do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	68
Mapa 6. Unidades Geomorfológicas do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	73
Mapa 7. Hipsometria do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	81
Mapa 8. Clinografia do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	82
Mapa 9. Tipos de Solos do Parque Estadual do Rio Doce e Região.....	101
Mapa 10. Mapa de vegetação da Bacia do Rio Doce indicando a localização do PERD.....	110
Mapa 11. Cobertura Vegetal do PERD e Zona de amortecimento.....	113
Mapa 12. Uso e ocupação do solo no PERD e Zona de Amortecimento (IEF, 2002).....	114
Mapa 13. Uso e ocupação do solo no PERD e região nos anos 2010, 2015, 2019.....	115
Mapa 14. Uso e ocupação no Parque Estadual do Rio Doce e região, 2010 e 2015.....	139
Mapa 15. Municípios da área de estudo – Parque Estadual do Rio Doce.....	141
Mapa 16. Nodalidade do Parque Estadual do Rio Doce.....	148
Mapa 17. Setores Censitários do Parque Estadual do Rio Doce.....	182
Mapa 18. Setores censitários em contato direto com o PERD e o rio Doce.....	193
Mapa 19. Rio Doce entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o ribeirão Turvo: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).....	275
Mapa 20. Rio Doce entre a confluência com o ribeirão Turvo e Bom Jesus do Galho: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).....	276
Mapa 21. Rio Doce entre Bom Jesus do Galho e a confluência com o rio Piracicaba: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).....	277
Mapa 22. Uso e ocupação da terra no PERD, em sua zona de amortecimento e seu entorno, 2010, 2015 e 2019.....	357
Mapa 23. Classes de uso do solo na zona de amortecimento do PERD – cenário 2030.....	362

RESUMO EXECUTIVO

O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão da Samarco, localizada no Complexo Industrial de Germano em Mariana, MG, ocorrido em 05 de novembro de 2015, desencadeou o despejo de cerca de 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos ao longo dos cursos d'água da bacia do rio Doce, avançando pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, até se dissiparem pela foz no oceano Atlântico. Nesse trajeto, diversas unidades de conservação (UC) foram afetadas, incluindo o Parque Estadual do Rio Doce (PERD), em Minas Gerais.

O Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), firmado em março de 2016 entre a União, Órgãos Ambientais de Minas Gerais e do Espírito Santo e as empresas responsáveis pelo Complexo Industrial de Germano, dentre outras instituições, exigiu, na cláusula 182, medidas compensatórias para o PERD, e, por meio da cláusula 181, a realização de estudos de impacto nas UCs para subsidiar as medidas de reparação. As diretrizes metodológicas para a elaboração de tais estudos de impacto foram formalizadas em um Plano de Trabalho (Fundação Renova, 2018) e em Notas Técnicas (NTs) aprovados no âmbito da Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade (CTBio) do Comitê Interfederativo (CIF).

O objetivo deste estudo, que se insere no contexto de atendimento à cláusula 181 do TTAC, foi identificar e avaliar os impactos do rompimento da barragem de Fundão no PERD e sua zona de amortecimento (ZA) e, à luz desse conhecimento, propor medidas de reparação. Para identificar e avaliar os impactos mais significativos do rompimento da barragem, adotou-se uma abordagem metodológica *ad hoc* inspirada nas boas práticas de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e alinhada às diretrizes do Plano de Trabalho e respectivas NTs. Tal abordagem objetivou comparar as condições da área de estudo antes (linha de base) e após o rompimento da barragem, com o auxílio de diagramas de interação e listas de verificação de atributos, de modo a identificar os impactos diretos e indiretos mais ou menos significativos nos componentes valorizados. Com base nos atributos dos impactos identificados, foram finalmente propostas medidas de reparação, ou seja, medidas de monitoramento, mitigação e recuperação, com sugestões de articulação com programas e planos públicos e privados de interesse para o PERD. Uma das principais limitações deste estudo é que ele se baseou apenas em dados secundários.

Foram identificados um total de 47 impactos, todos negativos, nos meios físico, biótico e socioeconômico. Dos 47 impactos identificados, 28 (~60%) tiveram significância ou alta (12) ou muito alta (16). Além disso, a maior parte dos impactos identificados, apesar de ter tempos de resposta ou imediato ou curto, deverá ter durações de médio ou longo prazo, podendo se manifestar por períodos que variam de poucos anos a mais de 10 anos, caso não sejam tratados. Detalhes adicionais dos impactos, tais como localização, magnitude, extensão geográfica, etc., são detalhados ao longo do documento.

De maneira geral, os impactos identificados (todos potencialmente reversíveis) justificaram a proposta de 6 programas e 26 respectivas medidas de monitoramento, mitigação e recuperação que objetivam aprimorar as condições biofísicas e socioeconômicas da área de estudo, de modo a atingir uma situação mínima de *no net loss* ou ausência de perda líquida em relação às condições de linha de base (pré-rompimento). A concretização desse cenário dependerá da efetividade das medidas de reparação propostas aqui, bem como da efetividade de outras ações e programas em andamento na bacia do rio Doce e no PERD. Ao final deste relatório, são apresentadas diretrizes metodológicas de implementação para cada medida de reparação proposta. Sugere-se, finalmente, que a CTBio e a Fundação Renova avaliem conjuntamente a pertinência e os meios de implementação de tais medidas. As diversas incertezas e lacunas de conhecimento foram detalhadas ao longo do estudo. Espera-se que as instituições responsáveis pela implementação das medidas propostas aqui adotem uma abordagem adaptativa e participativa de gestão, baseada no aprendizado e na melhoria contínua.

INSERIR FICHA CATALOGRÁFICA AQUI

Como citar esse documento:

Ekos Brasil. Avaliação dos Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão das Unidades de Conservação: Parque Estadual do Rio Doce. São Paulo: Instituto Ekos Brasil, 2021.

DOI: a ser criado depois do relatório aprovado via <https://www.researchgate.net>

SUMÁRIO

1. Introdução	26
2. Breve Descrição da Unidade de Conservação.....	29
3. Metodologia da Avaliação de Impacto na Unidade de Conservação	32
3.1. Justificativa da Abordagem Metodológica	32
3.2. Escopo Espacial e Principais Áreas de Estudo	35
3.3. Coleta de dados	37
3.3.1. Base de Dados Geoespaciais.....	37
3.3.2. Dados Secundários.....	40
3.4. Análise de Dados	40
3.4.1. Linha de Base e Diagnósticos Pós-rompimento	40
3.4.2. Diagramas de Interação e Mapa Conceitual.....	41
3.4.3. Lista de Verificação, Cadeia Causal e Matriz de Impactos	41
3.4.4. Análise Qualitativa de Significância	46
3.4.5. Critérios para Proposição de Medidas Reparatórias.....	47
3.5. Padronização Conceitual.....	48
4. Linha de Base (Diagnóstico Pré-rompimento).....	50
4.1. Linha de Base do Meio Físico	50
4.1.1. Aspectos Metodológicos	50
4.1.2. Clima.....	58
4.1.3. Geologia.....	64
4.1.4. Hidrogeologia.....	67
4.1.5. Geomorfologia	72
4.1.6. Geomorfologia fluvial	74
4.1.7. Hidrossedimentologia.....	83
4.1.8. Qualidade da Água Superficial (Entorno do PERD).....	93
4.1.9. Qualidade da Água Superficial (Interior do PERD)	96
4.1.10. Pedologia	100
4.2. Linha de Base do Meio Biótico	105
4.2.1. Aspectos Metodológicos	105
4.2.2. Vegetação.....	109
4.2.3. Composição florística	117
4.2.4. Mastofauna	118
4.2.5. Avifauna	121
4.2.6. Herpetofauna	124
4.2.7. Ictiofauna	129
4.3. Linha de Base do Meio Socioeconômico.....	131
4.3.1. Aspectos Metodológicos	131
4.3.2. Formas de Uso e Ocupação do Território.....	137
4.3.3. Perfil Socioeconômico.....	151
4.3.4. Os municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce	151
4.3.5. Condições sociais e qualidade de vida	154

4.3.6. Educação	162
4.3.7. Saúde.....	169
4.3.8. Economia	174
4.3.9. Setores Censitários da Área de Estudo	181
4.3.10. ICMS Ecológico	202
4.3.11. Patrimônio Cultural e Arqueológico.....	206
4.3.12. Comunidades Tradicionais, Quilombolas e Indígenas	212
4.3.13. Lazer e Turismo	219
4.3.14. Atividade Pesqueira	232
4.4. Lacunas de informação sobre as condições da UC e da área de entorno	240
5. Rompimento da Barragem de Fundão e Caracterização do Rejeito	244
5.1. Descrição do rompimento e da dispersão da lama.....	244
5.2. Caracterização físico-química do rejeito da barragem de Fundão	247
6. Diagnóstico Pós-rompimento	250
6.1. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Físico.....	250
6.1.1. Aspectos Metodológicos	250
6.1.2. Hidrogeologia.....	251
6.1.3. Geomorfologia fluvial	253
6.1.4. Hidrossedimentologia e dinâmica fluvial	265
6.1.5. Qualidade da água.....	283
6.1.6. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Físico.....	297
6.2. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Biótico	299
6.2.1. Aspectos Metodológicos	299
6.2.2. Caracterização das alterações pós-desastre no Meio Biótico	302
6.2.3. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Biótico.....	313
6.3. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Socioeconômico.....	315
6.3.1. Aspectos Metodológicos	315
6.3.2. Caracterização das alterações pós-rompimento no Meio Socioeconômico.....	316
6.3.3. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Socioeconômico	384
6.4. Lacunas de informação sobre o diagnóstico pós-rompimento	398
7. Exploração de interações e cadeia de causas-e-Efeitos.....	403
7.1. Interações entre Aspectos e Impactos Desencadeados pelo Rompimento da Barragem nas UCS	403
8. Avaliação dos Impactos	406
8.1. Impactos nos Componentes do Meio Físico.....	406
8.1.1. (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa.....	406
8.1.2. (F2) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais.	407
8.1.3. (F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	408
8.1.4. (F4) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas.....	409
8.1.5. (F5) Degradação da qualidade da água de tributários ao Rio Doce	410
8.1.6. (F6) Degradação da qualidade da água dos lagos do Médio rio Doce	411

8.1.7. (F7) Degradação da qualidade do sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais.....	412
8.1.8. (F8) Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce.....	414
8.1.9. (F9) Alteração da granulometria dos sedimentos.....	414
8.1.10. (F10) Alteração da morfologia do rio Doce.....	415
8.1.11. (F11) Obstrução das confluências de tributários ao rio Doce.....	416
8.1.12. (F12) Alteração da dinâmica fluvial.....	417
8.1.13. (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial.....	418
8.1.14. (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.....	419
8.1.15. (F15) Degradação da qualidade da água subterrânea do aquífero aluvionar.....	420
8.2. Impactos nos Componentes do Meio Biótico.....	421
8.2.1. (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.....	421
8.2.2. (B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre.....	424
8.2.3. (B3) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação aquática.....	424
8.2.4. (B4) Aumento de espécies vegetais exóticas/invasoras nas margens do Rio Doce.....	425
8.2.5. (B5) Abertura de trilhas e extração ilegal de palmito e epífitas.....	425
8.2.6. (B6) Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais.....	426
8.2.7. (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes.....	427
8.2.8. (B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais.....	427
8.2.9. (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes.....	428
8.2.10. (B10) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a avifauna.....	429
8.2.11. (B11) Alteração na composição das comunidades de aves aquáticas na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.....	430
8.2.12. (B12) Aumento da mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais.....	431
8.2.13. (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes.....	431
8.2.14. (B14) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre.....	432
8.2.15. (B15) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna aquática.....	433
8.2.16. (B16) Aumento da caça e captura de espécies da mastofauna, avifauna e herpetofauna.....	434
8.2.17. (B17) Aumento de mortalidade da ictiofauna e redução dos tamanhos populacionais.....	436
8.2.18. (B18) Destruição e degradação do habitat utilizado pela ictiofauna.....	437
8.2.19. (B19) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.....	438
8.2.20. (B20) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a ictiofauna.....	439
8.2.21. (B21) Ambiente aquático: Alteração na composição da assembleia ou comunidades de peixes na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.....	440
8.2.22. (B22) Aumento da pesca ilegal nos lagos do PERD.....	440
8.3. Impactos nos Componentes do Meio Socioeconômico.....	441
8.3.1. (S1) Esgarçamento das relações topofilicas.....	441
8.3.2. (S2) Fragilização da identidade laboral.....	443
8.3.3. (S3) Ampliação do sofrimento social.....	447
8.3.4. (S4) Acirramento dos conflitos socioambientais.....	452
8.3.5. (S5) Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água.....	455
8.3.6. (S6) Prejuízos às atividades econômicas.....	457
8.3.7. (S7) Redução da segurança alimentar.....	461
8.3.8. (S8) Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica.....	463
8.3.9. (S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce.....	466
8.3.10. (S10) Alteração da dinâmica demográfica na Zona de Amortecimento do PERD.....	468

8.4. Matriz Síntese dos Impactos	471
8.5. Avaliação de Significância e de Atributos Agregados.....	482
9. Propostas de Medidas de Reparação	484
9.1. Medidas no Meio Físico.....	484
9.1.1. MF 1: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão no trecho do rio Doce da zona de amortecimento do PERD	484
9.1.2. MF 2: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão dos tributários ao rio Doce que banham o PERD.....	487
9.1.3. MF 3: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos dos lagos do PERD e ZA	490
9.1.4. MF 4: Expansão das atividades de saneamento ambiental, relativas ao Programa 31 da Fundação Renova, para a área de estudo.....	492
9.1.5. MF 5: Monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial.....	494
9.1.6. MF 6: Monitoramento de depósitos e de rejeitos na planície fluvial.....	498
9.1.7. MF 7: Monitoramento de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e de seus tributários, nas áreas de confluência.....	502
9.1.8. MF 8: Estabilização das margens do rio Doce e de tributários com técnicas de bioengenharia	506
9.1.9. MF 9: Conservação de solos e controle de erosão, regeneração natural da vegetação	509
9.1.10. MF 10: Cadastramento de usuários de água subterrânea e Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos	513
9.1.11. MF 11: Projeto de pesquisa da hidrogeologia do sistema lacustre do PERD - recarga, fluxos subterrâneos e conexão com as águas superficiais	516
9.2. Medidas no Meio Biótico.....	519
9.2.1. MB 1: Medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica das condições do rio Doce a montante do PERD.	519
9.2.2. MB 2: Definição de áreas prioritárias para promover a conectividade entre fragmentos florestais	522
9.2.3. MB 3: Fiscalização e educação ambiental na estratégia de mitigação de impactos sobre a biodiversidade do PERD.....	524
9.2.4. MB 4: Avaliação e monitoramento de contaminantes em espécies da fauna e da flora	528
9.2.5. MB 5: Análise da viabilidade de reintrodução de aves ameaçadas de extinção e provedoras de importantes serviços ecossistêmicos.....	535
9.3. Medidas no Meio Socioeconômico	538
9.3.1. MS 1: Organização de iniciativas de formação comunitária	538
9.3.2. MS 2: Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores	544
9.3.3. MS 3: Segurança hídrica para territórios rurais.....	548
9.3.4. MS 4: Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce	555
9.3.5. MS 5: Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD	559
9.3.6. MS 6: Fortalecimento do Circuito Turístico no Interior e Entorno do Parque Estadual do Rio Doce.....	562
9.3.7. MS 7: Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce	568
9.3.8. MS 8: Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA	574
9.3.9. MS 9: Monitoramento da incidência de doenças de veiculação hídrica.....	577
9.3.10. MS 10: Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD.....	580
9.4. Correlação das medidas com os impactos identificados e com os atuais programas da Fundação	

Renova	584
9.5. Macro Projetos	587
9.6. Recomendações Finais	590
10. Respostas às Perguntas Orientadoras do Plano de Trabalho.....	592
10.1. Perguntas gerais (todas as UC)	592
10.2. Perguntas específicas PE Rio Doce.....	613
11. Referências	622

1. INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão da Samarco, localizada no Complexo Industrial de Germano em Mariana, MG, ocorrido em 05 de novembro de 2015, desencadeou o despejo de cerca de 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos ao longo dos cursos d'água da bacia do rio Doce, avançando pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, até desaguar em sua foz. (Folder Associates, 2016a). O arrasto dos rejeitos, ao longo de aproximadamente 650 quilômetros, destruiu vegetação nativa, áreas de atividade agropecuária, estruturas físicas, distritos e vilas, provocando a morte de 19 pessoas (IUCN, 2018). Grande parte do rejeito ficou depositado nas margens dos corpos d'água entre a barragem de Fundão e no reservatório da Usina Hidroelétrica Risoleta Neves e a pluma remanescente seguiu o leito do rio Doce até atingir sua foz e os ambientes costeiro e marinho.

Em março de 2016, foi firmado entre a União, Órgãos Ambientais de Minas Gerais e do Espírito Santo, empresas responsáveis pelo Complexo Industrial de Germano, dentre outras instituições, o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), com o objetivo de traçar planos em resposta aos impactos socioambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão. As 260 cláusulas tratam sobre ações de recuperação, mitigação e compensação dos impactos socioambientais decorrentes do rompimento. Tais ações, incluindo estudos de identificação e avaliação de impacto, deveriam ser implantadas e conduzidas por uma fundação privada sem fins lucrativos (posteriormente formalizada como Fundação Renova), sob o controle e validação de um Comitê Interfederativo (CIF) e suas respectivas Câmaras Técnicas (CT). As cláusulas 181 e 182 do TTAC trazem exigências especificamente direcionadas às Unidades de Conservação (UC) impactadas pelo rompimento da barragem, sendo que a execução das ações é realizada através do Programa 39 Unidades de Conservação da Fundação Renova.

O presente trabalho se insere no contexto de atendimento à cláusula 181 do 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 atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão. As diretrizes metodológicas para a elaboração de tais estudos foram formalizadas em um Plano de Trabalho (Fundação Renova, 2018) e em Notas Técnicas (NT 4/2016/APA Costa das Algas/ICMBio, NT 3/2017/APA Costa das Algas/ICMBio, NT 4/2017/CTBio/DIBIO/ICMBio, NT IEF 06/2017, NT 4/2018/CTBio/DIBIO/ICMBio) aprovados no âmbito da Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade (CTBio) do CIF. De acordo com a 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 de avaliação de impacto.

O presente estudo, intitulado “Avaliação dos Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação: Parque Estadual do Rio Doce”, tem como objetivo identificar e avaliar impactos e propor medidas de reparação, mitigação, monitoramento ou compensação para o Parque Estadual do Rio Doce (PERD), inserido nos municípios de Timóteo, Dionísio e Mariléia, no estado de Minas Gerais. O estudo foi desenvolvido pelo Instituto Ekos Brasil, no âmbito do Projeto de Assessoria Técnica à Gerência Socioambiental da Fundação Renova – Ordem de Serviço nº 31 Reelaboração dos Relatórios de Avaliação de Impactos e Proposição de Medidas Reparatórias para o PE do Rio Doce e para a REBIO Comboios (Contrato 4800018497). O Instituto Ekos Brasil é uma organização sem fins lucrativos da sociedade civil (OSCI) criada em 2001, com a missão de fortalecer ações socioambientais que contribuam para a conservação e valorização do meio ambiente. Atua junto ao setor público e privado, em projetos de conservação e planejamento de áreas naturais, capacitação técnica em recuperação ambiental, estruturação e operação de investimentos sustentáveis com impacto socioambiental, e intercâmbio técnico científico entre entidades brasileiras e internacionais; experiências estas organizadas em três principais áreas de atuação:

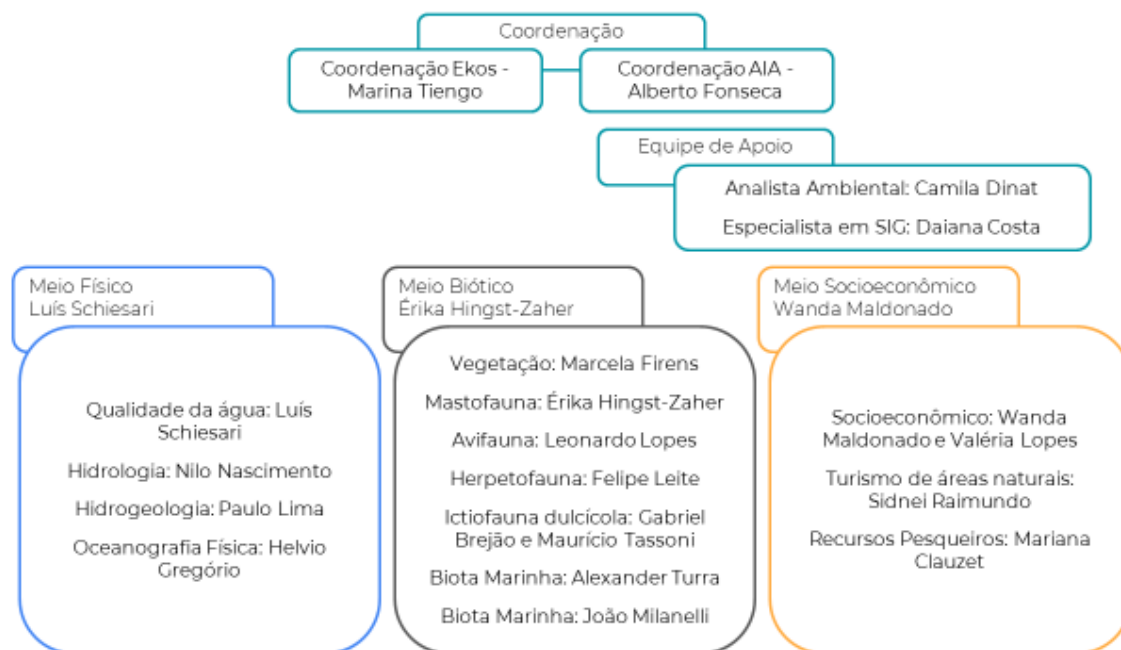
Remediação Ambiental, Investimento de Impacto e Conservação da Biodiversidade. Nos últimos 20 anos, o Instituto Ekos consolidou sua referência nacional em Plano de Manejo de Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, na facilitação de processos de gestão dessas unidades, bem como para ampliação do conhecimento acerca da biodiversidade nas áreas protegidas.

Para identificar e avaliar os impactos mais significativos do rompimento da barragem de Fundão no PERD, adotou-se uma abordagem metodológica ad hoc alinhada ao Plano de Trabalho e inspirada nas boas práticas de AIA. Tal abordagem objetivou comparar as condições da área de estudo antes e após o rompimento da barragem, com o auxílio de diagramas de interação e listas de verificação de atributos, de modo a gerar uma listagem final dos impactos diretos e indiretos mais ou menos significativos nos componentes valorizados. Com base nos atributos dos impactos, foram finalmente propostas medidas de reparação, ou seja, medidas de monitoramento, mitigação e recuperação dos impactos, com sugestões de articulação com programas e planos públicos e privados de interesse para o PERD. Uma das principais limitações deste trabalho é que ele não incluiu a obtenção de dados primários, realização de oficinas junto aos principais atores e visitas em campo pela equipe executora, conforme se explica mais adiante na seção de metodologia.

Entre os anos de 2018 e 2019 o Instituto Ekos foi responsável pela elaboração de estudos de avaliação de impactos e proposição de medidas reparatórias para seis unidades de conservação continentais do médio baixo rio Doce, são elas: Monumento Natural (MONA) Pico do Ibituruna, Área de Proteção Especial (APE) Pico do Ibituruna, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sete de Outubro, Parque Estadual (PE) Sete Salões, Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão, Floresta Nacional (FLONA) de Goytacazes. Os resultados foram avaliados e aprovados pela Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade, através da NT 18/2020/CTBio/DIBIO/ICMBio. Cabe salientar que a experiência dos trabalhos anteriores e as análises e recomendações da NT foram consideradas na elaboração do presente estudo.

Outros estudos foram contratados pela Fundação Renova para avaliação de impacto nas demais unidades de conservação definidas pelo TTAC e posteriores Notas Técnicas. Tais trabalhos não foram validados pelo sistema CTBio/CIF. Os dados brutos obtidos nas Oficinas e Expedições de campo realizadas no PERD foram analisados para o trabalho atual. Para elaborar o estudo, o Instituto Ekos reuniu profissionais com excelência técnica e comprovada expertise em avaliação e gestão de impactos biofísicos e socioeconômicos. Os papéis principais de cada membro da equipe estão descritos na Figura 1.

Figura 1. Equipe de especialistas do Instituto Ekos responsável pela realização dos estudos de avaliação de impacto ambiental nas UC



O relatório está organizado em diversos capítulos e subseções que tratam de três áreas do conhecimento: meio físico, meio biótico e meio socioeconômico. Além dessa introdução, o documento apresenta a UC e metodologia de trabalho. Em seguida, são apresentados os diagnósticos das condições pré (linha de base) e pós-desastre, bem como uma caracterização do rompimento da barragem de Fundão. Os diagramas de interação e o mapa conceitual resultante são descritos e, logo em seguida, a avaliação dos impactos em cada meio são detalhadas. Finalmente, à luz dos impactos identificados, são propostas medidas de mitigação e seus respectivos programas. O documento encerra com respostas para as perguntas orientadora do Plano de Trabalho e considerações finais.

2. BREVE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

A ideia de proteção da área hoje abrangida pelo Parque Estadual Florestal do Rio Doce (PERD) nasceu a partir da visão do arcebispo de Mariana, Dom Helvécio Gomes de Oliveira, conhecido como bispo das matas virgens, que em meados da década de 30, vislumbrou a proteção das matas circundantes da lagoa Nova, hoje lagoa do Bispo. Apenas em 1944, por meio do Decreto-Lei nº 1.119, de 14 de julho/44, o PERD foi criado pelo governador de Minas Gerais, Benedito Valadares Ribeiro, sendo o primeiro parque estadual criado em Minas Gerais e uma das primeiras unidades de conservação do país, com o objetivo específico de “Proteção da floresta estacional semidecidual (mata atlântica) e do sistema lacustre do médio rio Doce”.

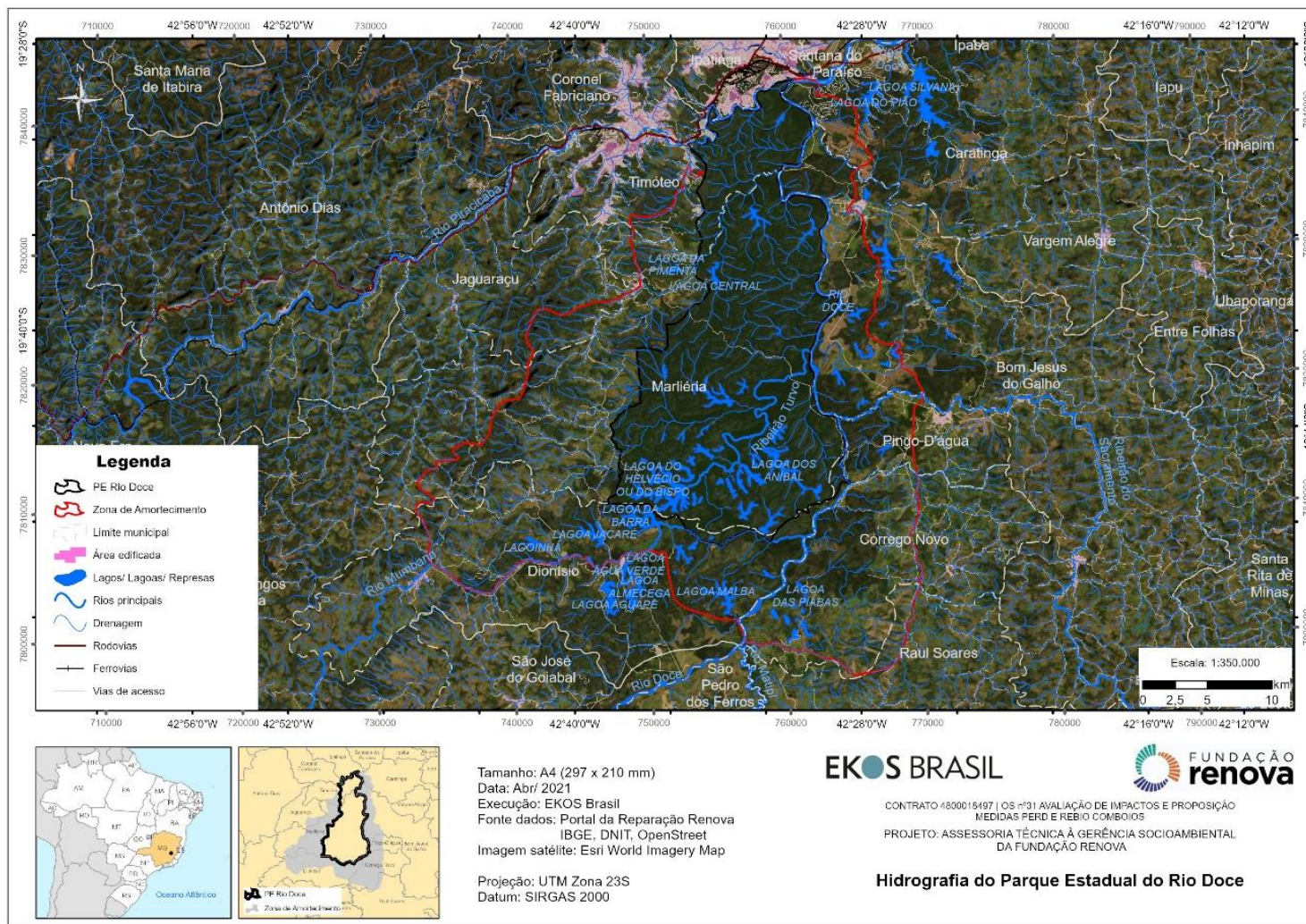
O Parque Estadual do Rio Doce é um dos maiores fragmentos de Mata Atlântica remanescente no estado de Minas Gerais, com predomínio de floresta estacional semidecidual, e um sistema lacustre formado por 42 lagoas naturais que ocupam 6% de sua área (Godinho, 1996; IEF, 2008). Desde sua criação até 1962, o parque esteve vinculado à Secretaria da Agricultura e sua fiscalização era feita pela Polícia Rural. Em 1962, com a criação do Instituto Estadual de Florestas (IEF) passou para a administração do órgão. Posteriormente, em 1993, foi equiparado a Escritório Regional, como unidade administrativa da estrutura orgânica do IEF, através da Lei 11.337/93.

O PERD possui uma superfície de 35.976,43 hectares e 120 quilômetros de perímetro e altitudes que variam entre 236 e 515 metros, clima tropical quente semiúmido, estação seca com duração de quatro ou cinco meses durante o inverno e chuvosa durante o verão entre os meses de outubro a abril (Nimer, 1989). Seu território abrange 3 municípios: Timóteo (14,1% da área do parque); Dionísio (2,6%); e Marliéria (83,3%). O Plano de Manejo da UC disponível no site do IEF é datado de 2002 (IEF, 2002).

Do ponto de vista biogeográfico, a importância do PERD é enorme, já que esta UC protege um dos poucos remanescentes de porte significativo da Floresta Estacional Semidecidual no estado de Minas Gerais (Fonseca, 2001). A área do parque abriga pelo menos 10 comunidades vegetais diferentes, cerca de 400 espécies de aves, e 77 de mamíferos. Árvores como o ameaçado jacarandá da bahia (*Dalbergia nigra*) pode ser encontrado no PERD, assim como outras espécies ameaçadas como: a onça-pintada (*Panthera onca*), o jacu-estalo (*Neomorphus geoffroy*) e o muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*), maior primata das américas e importante dispersor de sementes. O parque é uma área protegida na Categoria II da IUCN, e uma das áreas centrais da Reserva da Biosfera da Floresta Atlântica (UNESCO), além de um sítio RAMSAR (RAMSAR site no. 1900). Foi considerado uma área de Importância Biológica Especial durante o Workshop “Prioridades para Conservação da Biodiversidade do Estado de Minas Gerais” (Drummond et al. 2005).

Os rios Doce e Piracicaba são os principais corpos d’água da região. As lagoas abrigam uma grande diversidade de peixes, que servem de instrumento para pesquisas sobre a fauna aquática nativa, com espécies como bagre, cará, lambari, cumbaca, manjuba, piabinha, traíra, entre outras. Na Zona de Amortecimento, fora dos limites do Parque, predominam as plantações de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), e em pequena escala, áreas de pasto, agricultura e florestas naturais. A área da ZA ao norte da UC é delimitada principalmente por áreas urbanas onde se localizam plantas siderúrgicas, denominada região ‘Vale do Aço’. Além da cobertura vegetal, as lagoas e os corpos d’água constituem elementos significativos da identidade do PERD, tendo em vista sua relevância e extensão (veja Mapa 1).

Mapa 1. Mapa do PERD.



As áreas do PERD e sua ZA estão situadas na interseção das sub-bacias hidrográficas do rio Piranga e do rio Piracicaba, que são as Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) da bacia do rio Doce D01 e D02, respectivamente. As principais características da UC estão destacadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais característica da UC:

Características	Descrição
Nome	Parque Estadual do Rio Doce (PERD)
Categoria no sistema SNUC	Parque
Data de Criação	1944
Ato legal de Criação	Decreto-Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944
Data do Plano de Manejo	2002
Bacia Hidrográfica	Rio Doce
Sub-bacias Hidrográficas	Rio Piranga e rio Piracicaba
Área da UC	35.976,43 hectares
Áreas da ZA	61.235,83 hectares, aproximadamente
Municípios abrangidos pela UC	Timóteo (14,1% da área do parque); Dionísio (2,6%); e Marliéria (83,3%).

3. METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

3.1. Justificativa da Abordagem Metodológica

Na literatura técnica-científica, não existe qualquer padrão ou consenso metodológico para a realização de avaliações de impacto de desastres - seja no meio terrestre, aquático ou atmosférico. Nesse contexto, os profissionais geralmente adotam abordagens metodológicas *ad hoc* inspiradas nas boas práticas técnico-científicas relacionadas aos componentes afetados pelos desastres. O desafio não é adotar um ou outro método, mas saber combinar os diversos métodos existentes para que, dentro do contexto institucional e regulatório e das limitações de informação e tempo, a equipe de especialistas consiga identificar os impactos mais significativos que demandam medidas reparatórias e/ou de compensação.

O rompimento da barragem de Fundão, no dia 5 de novembro de 2015, desencadeou avaliações de impacto de diversos tipos e escopos. Parte dessas avaliações se deu de maneira emergencial nos primeiros meses após o rompimento (e.g. IBAMA, 2015; Golder Associates, 2016a; b); parte se deu de forma fragmentada, por meio de laudos técnicos relacionados a danos específicos em componentes biofísicos e socioambientais. Outras avaliações de impacto, como é o caso aqui, estão sendo gradativamente implementadas para atender cláusulas do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) firmado em março de 2016 entre a Samarco S.A., suas acionistas e diversos órgãos governamentais federais e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo.

O TTAC exigiu que as ações de reparação e compensação, incluindo estudos de avaliação de impacto, fossem centralizadas em uma fundação privada sem fins lucrativos (posteriormente formalizada como Fundação Renova), mas sob o controle e validação de um Comitê Interfederativo (CIF) e suas respectivas câmaras técnicas (CT). As cláusulas 181 e 182 do TTAC trazem exigências especificamente direcionadas às unidades de conservação (UC) impactadas pelo rompimento da barragem. A cláusula 182 previu diversas ações compensatórias para serem executadas no PERD. Tais ações compensatórias não constituem um 'produto' de uma avaliação de impacto como a apresentada aqui. Essas compensações nasceram de um acordo político/judicial que não é necessariamente proporcional aos impactos identificados na UC. Todavia, a implementação das medidas compensatórias da cláusula 182 deverá contribuir para a melhoria das condições socioambientais do PERD juntamente com diversos outros programas da Fundação Renova previstos e em andamento. A cláusula 181, em especial, exigiu estudos de impacto para diversas UCs da bacia do rio Doce, incluindo o PERD. As diretrizes metodológicas para a elaboração de tais estudos foram formalizadas em um Plano de Trabalho (Fundação Renova, 2018) e em Notas Técnicas (NTs) aprovados no âmbito da Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade (CTBio) do CIF.

A avaliação de impacto aqui apresentada baseou-se, portanto, nas diretrizes metodológicas do Plano de Trabalho e respectivas NTs. Essas diretrizes, de maneira geral, direcionam as avaliações para a identificação e mensuração dos impactos físicos, biológicos e socioeconômicos por meio de uma lista de verificação qualitativa de atributos com posterior juízo de significância, de modo a responder perguntas orientadoras e embasar propostas de medidas reparatórias e compensatórias. Todavia, diversas questões operacionais relacionadas a tais diretrizes não foram especificadas no Plano de Trabalho, cabendo à equipe de especialistas responsáveis pelos estudos adotar referências adicionais.

O estudo aqui apresentado, além de observar o Plano de Trabalho e respectivas NTs, adotou elementos metodológicos do referencial conceitual-teórico da área de avaliação de impacto ambiental (AIA), que há pelo menos cinco décadas embasa avaliações de impacto em diversos países (Morgan, 2012; Fischer; Noble, 2015; Yang, 2019). Apesar de a AIA ter emergido no início da década de 1970 nos Estados Unidos para

subsidiar decisões *ex-ante*¹ sobre propostas de desenvolvimento (Burdge, 1991), esse instrumento ao longo do tempo começou a ser implementado em diversos contextos *ex-post* para subsidiar decisões e programas relacionados a impactos já manifestados. No Brasil, a AIA foi formalmente incluída entre os instrumentos da política nacional do meio ambiente (PNMA) (Brasil, 1981), tendo sido regulamentado seu uso vinculado no licenciamento ambiental (CONAMA, 1986). O uso da AIA em contextos de desastres tecnológicos ou naturais, embora não tenha sido regulamentado no Brasil, tem sido comum nos casos de Fundão e de Brumadinho, tendo sido inclusive incentivado pelo Painel do Rio Doce, que é uma Assessoria Técnica e Científica convocada e gerida pela International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Sánchez et al., 2019).

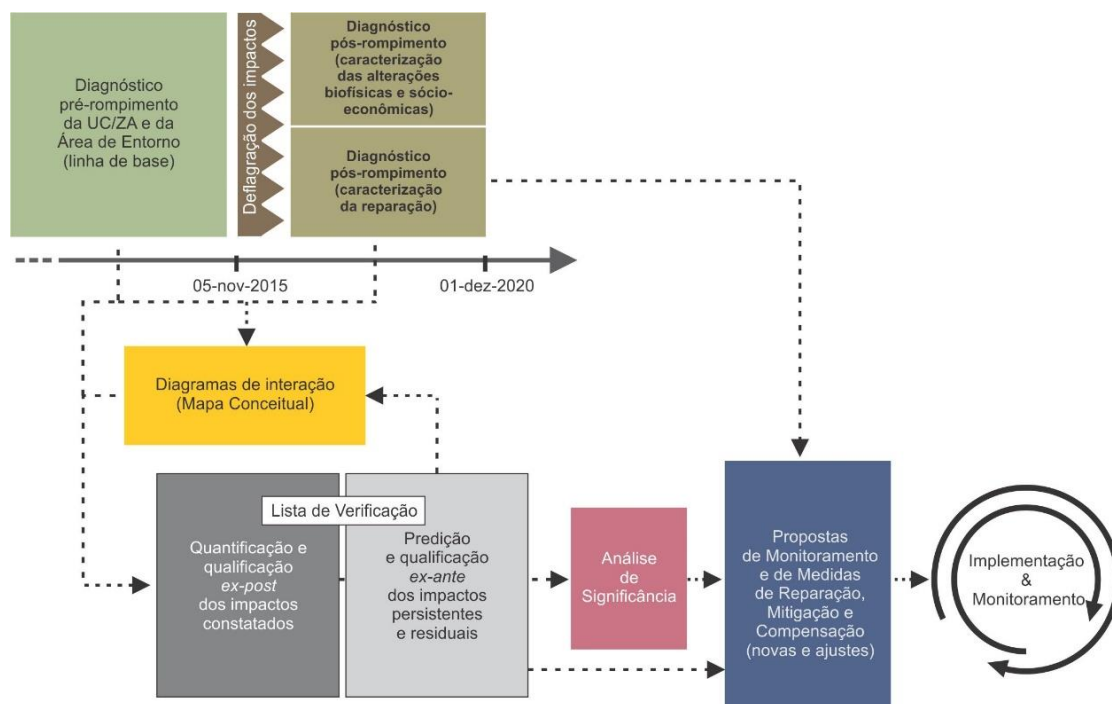
A avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão nas UCs demanda uma avaliação híbrida de identificação de impactos *ex-ante* e *ex-post*. Afinal, diversos impactos tiveram curta duração e não mais se manifestam; mas outros impactos biofísicos e socioeconômicos ainda estão se manifestando e contribuindo para alterações nas condições futuras no território, devido à presença de rejeitos e outros materiais nos leitos e nas margens dos rios e às persistentes alterações sociais e econômicas em comunidades.

Dito isso, para identificar e avaliar os impactos mais significativos do rompimento da barragem de Fundão no PERD, adotou-se uma abordagem metodológica *ad hoc* alinhada ao Plano de Trabalho e inspirada das boas práticas de AIA. Tal abordagem objetivou comparar as condições da área de estudo (UC, ZA e área de entorno) antes e após o rompimento da barragem, com o auxílio de diagramas de interação e listas de verificação de atributos, de modo a gerar uma listagem final dos impactos diretos e indiretos mais ou menos significativos nos componentes valorizados. Com base nos atributos dos impactos, foram finalmente propostas medidas de reparação, ou seja, medidas de monitoramento, mitigação e recuperação dos impactos, com sugestões de articulação com programas e planos públicos e privados de interesse para o PERD. Tais etapas metodológicas são ilustradas na Figura 2 e detalhadas nas seções seguinte.

Figura 2. Principais etapas metodológicas da avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão na

¹ A expressão latina *ex-ante* e *ex-post* são frequentemente utilizadas na literatura técnico-científica para qualificar estudos feitos antes e depois da manifestação dos impactos, respectivamente.

Unidade de Conservação PERD e sua zona de amortecimento e área de entorno.

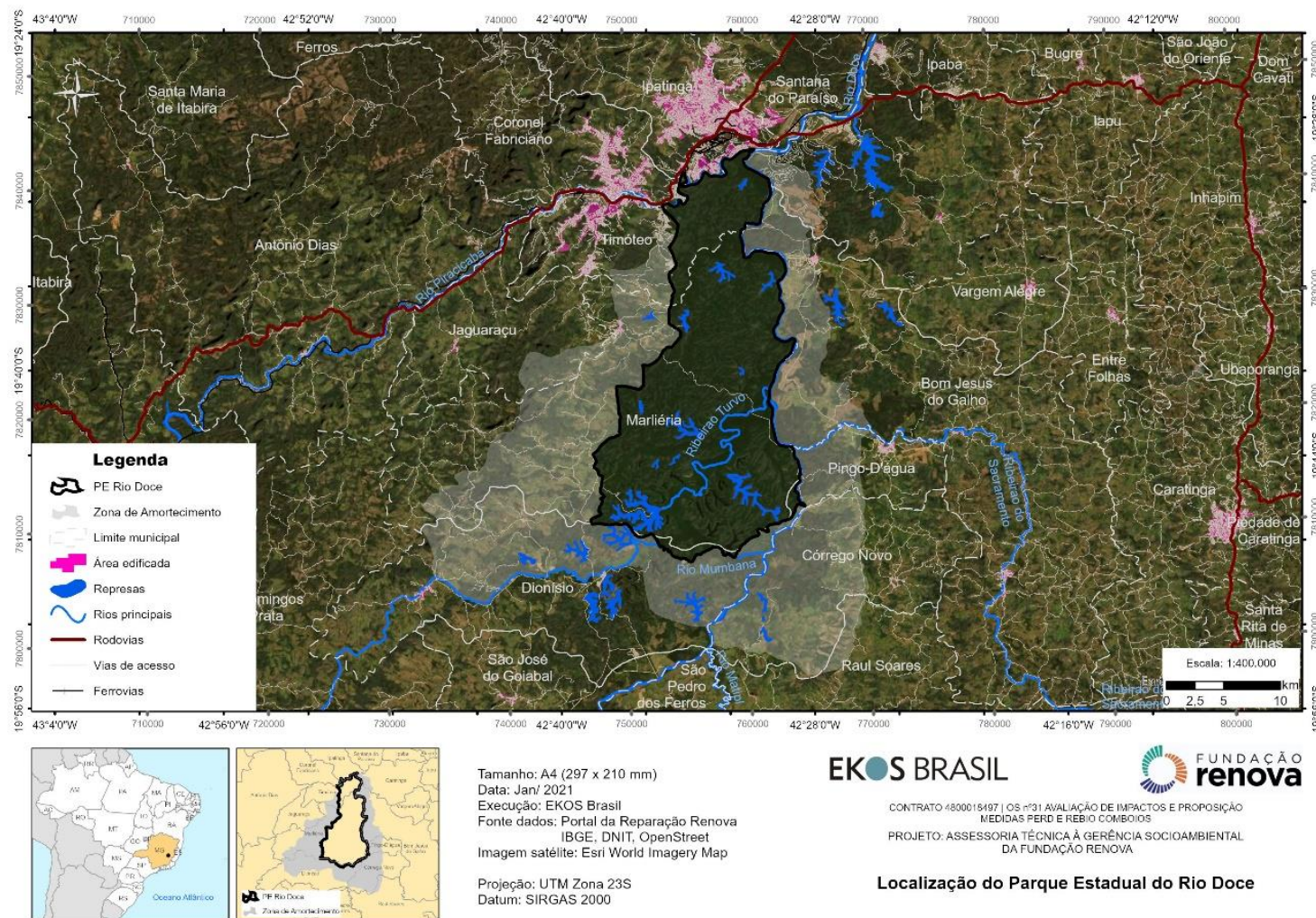


Fonte: Criado pelos autores.

3.2. Escopo Espacial e Principais Áreas de Estudo

Esta avaliação de impacto, conforme estabelecido no TTAC, objetiva identificar e avaliar os impactos sobre a UC. A principal área de estudo é a UC, conforme delimitação oficial estabelecida legalmente em seu plano de manejo. Adicionalmente, tendo em vista as orientações das NTs da CTBio/CIF, também foi incluída na área de estudo as ZAs que, conforme a Lei nº 9.985/2000, correspondem ao “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”. Os limites territoriais da UC e da ZA são apresentados no Mapa 2.

Mapa 2. Localização da UC e de sua respectiva ZA



A UC e a ZA estão em constante interação com sua área de entorno. O que acontece além da ZA pode influenciar as condições da UC. Nesse sentido, para melhor entender os impactos do rompimento da barragem na UC e ZA, este estudo coletou e analisou informações relacionadas às condições da área de entorno (AE). Para tal, não foram estabelecidos recortes espaciais específicos. Os recortes variaram de acordo com o componente analisado.

Cumprir destacar que a área diretamente afetada (ADA) pelo rompimento da barragem de Fundão, ou seja, as áreas da UC e da ZA que foram diretamente afetadas pelos rejeitos e demais materiais carreados pelo rompimento da barragem não tem limites claros, pois depende de confirmações de avaliações de campo sobre a presença ou não dos elementos químicos associados ao desastre. O quanto exatamente os rejeitos e demais materiais carreados afetaram o interior da UC, sua vegetação e tributários, não está devidamente documentado, conforme se explicará ao longo deste documento.

3.3. Coleta de dados

3.3.1. Base de Dados Geoespaciais

Para a composição da base de dados geoespacial, manipulação e compilação dos respectivos dados foi utilizado o software ArcGis Pro da empresa Environmental System Research Institute – ESRI, componente de uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a finalidade de organizar dados alfanuméricos, variáveis e atributos associados a uma base espacial com relações topológicas.

Os dados foram estruturados por meio do levantamento de informações secundárias disponíveis nas bases de dados espaciais de órgãos oficiais, como: Portal de Reparação Renova, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Agência Nacional de Águas (ANA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomás), OpenStreetMap (OSM) e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Todos os dados foram utilizados no formato shapefile (shp), conforme consta na Tabela 2, e 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 23 S.

Tabela 2. Dados shapefile para estruturação da Base de Dados Geoespacial

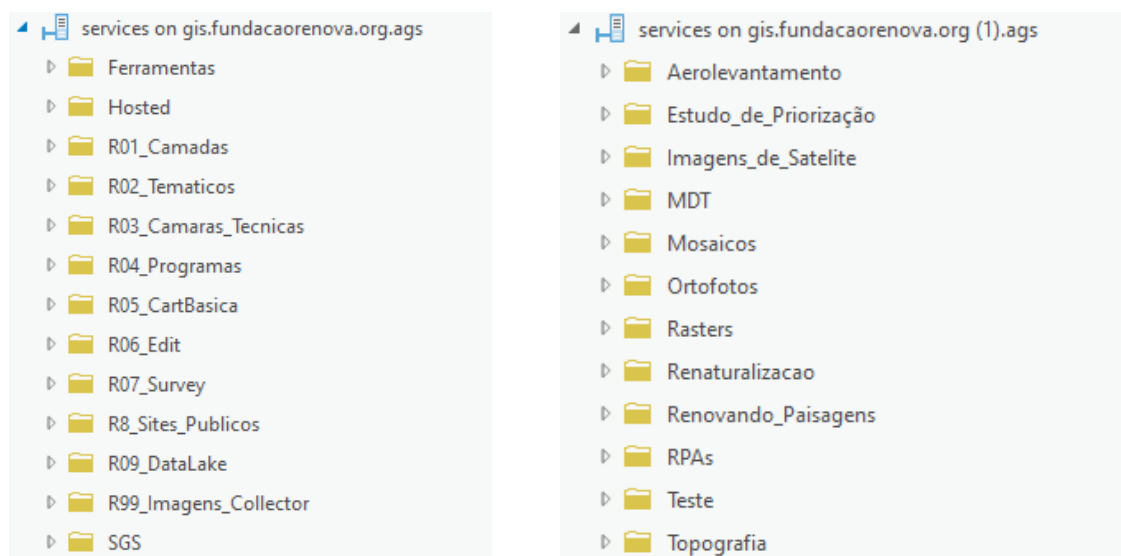
Tema	Formato	Fonte	Escala
América do Sul	Polígono	IBGE	1:250.000
Brasil	Polígono	IBGE	1:250.000
Estados	Polígono	IBGE	1:250.000
Municípios	Polígono	IBGE	1:250.000
Parque Estadual do Rio Doce	Polígono	Fundação Renova	N.I.
Zona de Amortecimento	Polígono	Fundação Renova	N.I.
Uso e ocupação do solo	Polígono	MapBiomas	1:100.000
Poços tubulares	Ponto	SIAGAS	N.I.
Subdomínios hidrogeológicos	Polígono	CPRM	1:100.000
Geomorfologia	Polígono	CPRM	1:100.000
Litotipo	Polígono	CPRM	1:100.000
Estrutura geológica	Linha	CPRM	1:100.000
Hidrografia	Linha	IBGE	1:100.000
Rios principais	Linha	IBGE	1:250.000
Represas	Polígono	IBGE	1:250.000
Vias de acesso	Linha	OpenStreetMaps	1:10.000
Rodovias	Linha	DNIT	1:100.000
Ferrovias	Linha	OpenStreetMaps	1:10.000
Solos	Polígono	UFV	1:500.000
Cobertura vegetal	Polígono	MapBiomas	1:100.000
Curvas de nível (30 m)	Linha	CPRM	1:100.000
Estações hidrometeorológicas	Ponto	CPRM, IGAM, PMQQS	N.I.
Setores censitários	Polígono	IBGE	1:250.000
Nodalidade	Ponto	Ekos	1:5.000

As curvas de nível disponibilizadas pela CPRM possibilitaram a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio da Grade Triangular Irregular (TIN), ferramenta 3D Analyst do software ArcGis Pro, para a extração dos dados de hipsometria (elevação) e clinografia (declividade).

As imagens de satélite utilizadas na representação dos Mapas são as disponibilizadas pela Esri World Imagery Map que são compostas por uma série de imageamentos da TerraColor, Maxar, GeoEye, Eartstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN e a comunidade de usuários SIG, apresentando diversas resoluções que variam de 15 a 0,3 m dependendo da escala de visualização utilizada.

Os dados do Portal de Reparação da Fundação Renova foram acessados pelo ArcGis Pro por meio do recurso ArcGis Server adicionando o endereço do Portal, que fora disponibilizado pela equipe SIG Renova. Dessa forma, a consulta e utilização dos *shapefiles* dos programas foi facilitada. A Figura 3, mostra as pastas que puderam ser acessadas.

Figura 3. Acesso ao Server do Portal da Reparação da Fundação Renova



A partir dos dados *shapefiles* citados foram produzidos mapas temáticos para o Parque Estadual do Rio Doce, Zona de Amortecimento e área de entorno de acordo com a demanda de cada equipe. Os mapas produzidos estão listados na apresentação deste documento e discutidos ao longo das seções seguintes.

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.

3.3.2. Dados Secundários

Todas as etapas metodológicas previstas aqui basearam-se em coletas de dados secundários, ou seja, dados que não foram gerados pelos autores desta avaliação, mas por terceiros. Foram consultadas diversas publicações acadêmicas (e.g. artigos de periódicos científicos e congressos, dissertações, teses etc.) bem como fontes cinzentas (e.g. relatórios governamentais, dados de brutos de redes de monitoramento, avaliações do terceiro setor, relatórios da Fundação Renova e de consultorias especializadas, etc.) que não passaram necessariamente por revisão de pares. Foram consideradas fontes qualitativas e quantitativas. Além disso, a qualidade da informação foi criteriosamente considerada pelos especialistas. Ou seja, as diversas informações quantitativas e qualitativas foram utilizadas com devida atenção à confiabilidade, representatividade e atualização. Sempre que possível, diferentes fontes de dado foram confrontadas para melhor interpretar os impactos.

Dentre as principais fontes de informação qualitativa utilizadas aqui estão os depoimentos coletados por meio de entrevistas no contexto de uma avaliação de impacto no PERD concluída recentemente por outra empresa de consultoria (CEPEMAR, 2020). O produto documental desta avaliação, apesar de não ter sido validado pelo sistema CTBio/CIF, trouxe informações importantes sobre a percepção dos gestores do parque e de outras partes interessadas sobre os impactos do rompimento da barragem de Fundão na área de estudo. Os dados brutos dessas entrevistas foram devidamente analisados pela equipe da Ekos Brasil. Além disso, por meio de uma reunião virtual realizada com os gestores da UC no dia 12 de abril de 2021, algumas questões pontuais que emergiram nessas entrevistas foram esclarecidas.

Apesar da falta de dados primários e das limitações das fontes secundárias, foi possível identificar diversos impactos prováveis e verificados. Todavia, conforme se explicará ao longo deste documento, as diversas lacunas de conhecimento, explicitadas em cada etapa metodológica, limitaram a capacidade de inferência e, principalmente, de mensuração dos impactos.

3.4. Análise de Dados

3.4.1. Linha de Base e Diagnósticos Pós-rompimento

Uma das primeiras etapas de qualquer avaliação de impacto é a caracterização das condições anteriores à incidência dos impactos, à qual se costuma dar o nome de 'linha de base'. Tais condições pretéritas (ou condições de base) constituem um dos principais balizadores para as avaliações dos impactos desencadeados pelo rompimento da barragem.

Para a construção da linha de base da UC, adotou-se o dia 5 de novembro de 2015 como o limite temporal máximo da caracterização, tendo em vista que foi a partir desse dia que os impactos começaram a se manifestar no rio Doce e áreas adjacentes. Não se adotou limite temporal mínimo. Ou seja, quaisquer informações relacionadas à condição da área de estudo antes de 2015 foram consideradas nas análises, mas, é claro, observando a relevância dessas informações para a interpretação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão. Nesse sentido, como de praxe em AIAs, os referenciais temporais das linhas de base variaram entre os diversos componentes biofísicos e socioambientais analisados aqui.

Já o diagnóstico das condições pós-rompimento adotou um recorte temporal homogêneo entre os meios, estendendo-se de 5 de dezembro de 2015 a 01 de dezembro de 2020, quando foi formalizada a contratação deste estudo. O diagnóstico das condições pós-rompimento, assim como a linha de base, considerou qualquer fonte de informação qualitativa ou quantitativa que fosse relevante para a identificação e avaliação

dos impactos. Além disso, foram identificadas diversas ações de reparação e políticas públicas e privadas em andamento que tenham o potencial de se articular com as medidas de reparação propostas aqui.

3.4.2. Diagramas de Interação e Mapa Conceitual

Os diversos impactos físicos, bióticos e socioeconômicos do desastre não se manifestam isoladamente. Esses impactos são ao mesmo tempo consequência e indutores de outros impactos que se interagem com os inúmeros componentes biofísicos e socioeconômicos da bacia do rio Doce. Nesse sentido, embora não tenha sido explicitado no referido Plano de Trabalho, a equipe de especialistas, conforme recomendam as boas práticas de AIA (Gibson, 2006), incorporou na avaliação de impacto uma análise integrada das interações das ações e impactos desencadeados pelo evento de rompimento. Para tal foi adotada a técnica de diagrama de interação, que resultou em um Mapa Conceitual.

Diagramas de interação são utilizados desde os primórdios da AIA (Sorensen, 1971; Gilliland; Risser, 1977). Também chamados de diagramas sistêmicos, redes de causa-e-efeito, cadeia causal, mapa conceitual etc. tais diagramas objetivam avaliar, geralmente de modo qualitativo, as interações entre ações e impactos, para posteriormente identificar efeitos indiretos de segunda, terceira e quarta ordem, bem como efeitos cumulativos e sinérgicos, que são significativos (Canter, 1983). Diagramas de interação são utilizados no Brasil há muito tempo, mas geralmente de modo tácito, como uma etapa intermediária das avaliações, embora, eventualmente, tais usos se deem de maneira explícita e sistemática (Ferraz et al., 2019).

Os diagramas de interação adotados aqui, conforme ilustra a Figura 2, basearam-se nos diagnósticos das condições pré- e pós-rompimento e na experiência da equipe de especialistas, seguindo uma lógica iterativa, ou seja, sendo amadurecido gradativamente ao longo das análises. Por meio de reuniões entre coordenadores de meio e suas respectivas equipes, os impactos e interações foram sendo refinadas, de modo a evidenciar os impactos diretos e indiretos de maior relevância para a área de estudo. Tais impactos foram, então, sistematicamente analisados na etapa da Lista de Verificação, evitando, assim, análise de impactos de muito baixa magnitude e ocorrência muito improvável, que poderiam gerar documentos longos e distrações para o processo decisório.

3.4.3. Lista de Verificação, Cadeia Causal e Matriz de Impactos

Dentre os métodos mais largamente utilizados em todo o mundo para a avaliação de impactos destaca-se a “lista de verificação” (Morris; Therivel, 2005; Skutsch; Flowerdew, 2009; Noble; Gunn; Martin, 2012; Maughan, 2014; Therivel; Wood, 2017). A lista de verificação, cujo uso foi preconizado no Plano de Trabalho, constitui uma técnica expedita de verificação, geralmente qualitativa, de uma série de atributos relacionados aos impactos. Não existe qualquer padrão para elaboração de tais listas, para escolha de atributos e respectivas escalas de medição. A ‘calibração’ da lista deve se dar no contexto de cada escopo de trabalho. A popularidade da lista de verificação é explicada pelo baixo custo e adaptação aos mais variados contextos avaliativos, sobretudo quando se trabalha com limitação de dados (Canter, 1983).

A lista de verificação adotada aqui baseou-se no Plano de Trabalho, mas foi fortalecida de modo a espelhar boas práticas frequentemente mencionadas na literatura técnico-científica. Um dos principais aprimoramentos foi a vinculação dos impactos avaliados aos seus respectivos aspectos (ações causadoras) e componentes biofísicos ou socioeconômicos, facilitando a compreensão da cadeia causal. Tal aprimoramento está sendo, inclusive, preconizado pelos principais órgãos ambientais brasileiros, como o IBAMA e o ICMBio (IBAMA, 2016; ICMBio, 2018b); afinal o entendimento da cadeia causal, dentre outros benefícios, ajuda na construção de medidas mitigadoras mais focadas e relevantes para as partes interessadas.

Qualquer desastre desencadeia inúmeros impactos. Nesse sentido, é importante ter clareza sobre os componentes bióticos e socioeconômicos mais valorizados, que demandam, portanto, atenção na avaliação. Nesse sentido, é com base nesses componentes que se investiga as ações e efeitos que podem alterar o ambiente e gerar impactos. Conforme ilustra a Figura 4, os impactos avaliados na lista de verificação foram devidamente relacionados aos seus respectivos aspectos e componentes valorizados. Além disso, as medidas de mitigação foram propostas com base nos impactos identificados, facilitando, portanto, a compreensão da cadeia-causal, desde o rompimento da barragem até a proposta de medidas específicas de mitigação, e como que tudo isso está relacionado aos componentes valorizados. Cumpre destacar que os aspectos e impactos mencionados na Figura 4 estão consistentes com o conteúdo dos diagramas de interação, pois os diagramas permitiram a identificação dos aspectos e impactos de maior relevância para a UC.

Figura 4. Principais elementos da cadeia causal dos impactos



Fonte: Criado pelos autores.

Uma vez identificados os principais impactos de interesse, foram feitas avaliações, embasadas, de uma série de atributos, utilizando para isso a Matriz apresentada na Tabela 3. Os atributos basearam-se nas definições do Plano de Trabalho, bem como na literatura técnico-científica.

Tabela 3. Lista de verificação dos impactos

Identificação			Qualificação de atributos										Análise de Significância
Componentes valorizados	Aspectos (ação desencadeadora)	Impactos	Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	
			UC, ZA e/ou AE	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente.	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta

Os conceitos, critérios e escalas de avaliação dos atributos adotados na Lista de Verificação (Tabela 3) são apresentados a seguir:

a) Áreas afetadas pelo impacto: refere-se aos principais tipos de áreas afetadas pelos impactos.

- UC: quando o impacto afetou a Unidade de Conservação.
- ZA: quando o impacto afetou a Zona de Amortecimento.
- AE: quando o impacto afetou a Área de Entorno.

b) Probabilidade de Ocorrência: refere-se ao grau de confiabilidade quanto à ocorrência do impacto, e pode ser classificado como:

- Verificado: quando o impacto foi documentado por meio de dados quantitativos ou qualitativos.
- Muito provável: quando o impacto não foi documentado, mas, com base nas informações disponíveis e/ou na expertise dos analistas, pode-se inferir que tenha alta probabilidade de ocorrência.
- Provável: quando o impacto não foi documentado, mas, com base nas informações disponíveis e/ou na expertise dos analistas, pode-se inferir que tenha probabilidade média de ocorrência.

c) Natureza: refere-se à melhoria (natureza positiva) ou deterioração (natureza negativa) da qualidade ambiental:

- Positivo: alteração de caráter benéfico.
- Negativo: alteração de caráter adverso.

d) Incidência: refere-se à relação do impacto com as ações desencadeadas pelo rompimento da barragem:

- Direta: o rompimento da barragem é a causa direta do impacto.
- Indireta: quando a causa do impacto não advém diretamente do rompimento da barragem, mas dos efeitos diretos ou indiretos advindos das ações desencadeadas pelo rompimento (ex.: impactos associados aos esforços de limpeza/remoção de rejeitos).

e) Tempo de resposta: refere-se ao tempo de manifestação do impacto:

- Imediato: impacto que se manifesta imediatamente após as ações (aspectos) desencadeadoras.
- Curto Prazo: impacto se manifesta em até 1 ano após as ações (aspectos) desencadeadoras.
- Médio Prazo: impacto que se manifesta entre 1 e 10 anos após as ações (aspectos) desencadeadoras.
- Longo Prazo: impacto que se manifesta 10 anos ou mais após as ações (aspectos) desencadeadoras.

g) Duração do impacto: refere-se ao período de tempo ao longo do qual um impacto vai exercer influência ativa sobre o compartimento estudado:

- Temporário – imediato: a influência do impacto foi de duração limitada.

- Temporário – curto prazo: o impacto influenciou fauna, flora, ambientes ou populações humanas pelo período de até 1 ano.
- Temporário – médio prazo: o impacto continua a influenciar a fauna, flora, ambientes ou populações humanas por mais de um 1 e até 10 anos.
- Temporário – longo prazo: impacto continua a influenciar ativamente a fauna, flora, ambientes ou populações humanas por mais de 10 anos, mas tem um fim claramente antecipável.
- Permanente: o impacto continua a influenciar a fauna, flora, ambientes ou populações humanas sem um fim claramente antecipável.

Obs.: 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'.

i) Reversibilidade: refere-se à capacidade de retorno a condições similares às da linha de base, seja por meio de processos naturais ou por meio de ações antrópicas.

- Reversível: mudanças resultantes de um impacto podem ser revertidas naturalmente ou utilizando-se tecnologias existentes e entendimento da ecologia e/ou dinâmicas das populações humanas, de forma que as condições para a fauna, flora, ambientes ou populações humanas retornem a condições similares às anteriores ao rompimento da barragem.
- Irreversível: mudanças resultantes de um impacto não podem ser revertidas naturalmente ou utilizando-se tecnologias existentes e entendimento da ecologia e/ou dinâmicas das populações humanas.

Obs.: 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.

j) Extensão geográfica: refere-se à abrangência espacial onde os impactos ocorreram ou podem ocorrer na área de estudo.

- Pontual: o impacto ocorre somente em pontos específicos no interior da área de estudo.
- Local: o impacto incide na forma de diversos pontos ou manchas ao longo da área de estudo.
- Regional: O impacto permeia toda a área de estudo.

h) Importância – relaciona-se com a relevância do componente atingido pelo impacto, no que se refere à sua vulnerabilidade e/ou relevância social ou ecossistêmica. A importância aumenta com o aumento da vulnerabilidade e insubstituíbilidade dos componentes.

- Irrelevante: o componente não tem relevância.
- Baixa importância: o componente tem baixa importância social ou ambiental.
- Média importância: o componente tem média importância social ou ambiental.

- Alta importância: o componente tem alta importância social ou ambiental.

i) **Magnitude:** reflete a escala/tamanho (quantitativa e/ou qualitativa) do impacto avaliado.

- Desprezível: o impacto é muito pequeno e de difícil detecção, não afetando a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais.
- Baixa: o impacto tem baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais.
- Média: o impacto tem capacidade mediana de afetar funções a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais
- Alta: o impacto tem alta capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais.

Os 11 atributos acima foram analisados à luz das informações coletadas nos diagnósticos pré e pós-rompimento, bem como à luz da experiência da equipe de especialistas. Os resultados de tais análises foram classificados em uma matriz, permitindo, assim, um senso qualitativo de como diversos componentes valorizados da UC, ZA e área de entorno foram impactados pelo rompimento da barragem de Fundão. Com base nesses atributos que se fez a análise de significância (apresentada a seguir) e que se propôs medidas de reparação.

3.4.4. Análise Qualitativa de Significância

A análise de significância é um dos elementos centrais da avaliação de impacto, pois é por meio dela que se possibilita um entendimento mais apurado dos impactos que devem ser prioritariamente considerados no processo decisório, especialmente no que se refere à pertinência e adequação das medidas de mitigação e compensação. Embora seu uso não seja regulado no Brasil, nem mesmo nas AIAs vinculadas a licenciamento ambiental que geralmente trabalham com o conceito de importância (CONAMA, 1986), na grande maioria dos países europeus e norte-americanos são feitas análises de significância depois que os impactos foram identificados e previstos (João, 1999; Marttunen et al., 2013; Jones; Morrison-Saunders, 2016). Todavia, não existe padrão tampouco consenso técnico sobre como calcular as significâncias de cada impacto e, muito menos, sobre como calcular uma significância agregada, geral do conjunto dos impactos (Thompson, 1990; Lawrence, 2007; Murray et al., 2018). Mais importante do que tentar adotar uma técnica 'correta' de análise de significância é tentar dar transparência e embasamento para as diversas escolhas metodológicas envolvidos nesse processo.

Nesta avaliação, adotou-se a técnica de análise de significância sugerida no Plano de Trabalho, a qual, conforme mostra a Tabela 4, conceitua significância como um produto de quatro atributos dos impactos: magnitude, extensão geográfica, reversibilidade e importância do respectivo componente valorizado. Os pesos de cada atributo utilizados aqui foram os mesmos pesos que já estavam 'embutidos' na matriz de significância do Plano de Trabalho apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Matriz de Significância dos Impactos

Critérios/Parâmetros		Baixa Importância		Média Importância		Alta Importância	
		Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível	Reversível	Irreversível
Baixa Magnitude	Pontual	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Alta
	Local	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
	Regional	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
Média Magnitude	Pontual	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Alta
	Local	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	Regional	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta
Alta Magnitude	Pontual	Média	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta
	Local	Média	Média	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta
	Regional	Alta	Alta	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Fundação Renova (2018).

No Plano de Trabalho não se preconiza a agregação de significâncias, ou seja, uma avaliação integrada da significância geral dos impactos sobre a UC. Portanto, isso não foi implementado aqui. Dezenas de significâncias relacionados a cada impacto da Lista de Verificação foram avaliadas, cabendo aos usuários deste relatório desenvolverem tal entendimento.

Embora a análise de significância baseie-se na mesma metodologia do Plano de Trabalho, os resultados apresentados aqui não são necessariamente comparáveis com os resultados de significância encontrados em avaliações de impacto de outras UCs que porventura tenham se baseado nesta mesma metodologia. Apesar de compatíveis, as metodologias trabalham com premissas distintas e utilizam informações biofísicas e socioeconômicas peculiares à cada UC e suas respectivas ZAs e áreas de entorno. Portanto, as significâncias apresentadas aqui têm significados contextuais, não devendo servir de base para comparar impactos de outras UCs.

3.4.5. Critérios para Proposição de Medidas Reparatórias

Todas as etapas anteriores de diagnósticos das situações pré e pós-rompimento, construção de diagramas de interação e qualificação e avaliação dos impactos culminou em uma caracterização dos impactos verificados e prováveis. Com base em tais informações, a equipe de especialistas pôde, finalmente, propor medidas de reparação. A proposição de tais medidas levou em consideração os atributos associados aos impactos. Dentre os princípios critérios adotados destacam-se os seguintes:

- Quando o atributo era 'Provável' → Atentar-se para a necessidade de medidas de Investigação e Monitoramento;
- Quando o atributo era 'Irreversível' → Atentar-se para a necessidade de medidas de Compensação;
- Quando o atributo era 'Reversível' → Atentar-se para a necessidade de medidas de Mitigação ou Recuperação;
- Quando a significância era 'Alta ou Muito Alta' → Medidas são necessárias; e
- Quando a significância era 'Média ou Baixa' → Medidas são potencialmente necessárias

Outros atributos, tais como o 'Duração dos Impactos', também foram observados no detalhamento das medidas de mitigação, dando subsídios por exemplo para as diretrizes de duração dos programas. De maneira geral, os critérios observados na proposição de medidas de mitigação tiveram estão alinhados ao princípio da 'hierarquia da mitigação' (BBOP, 2009; Villarroya; Barros; Kiesecker, 2014; de Witt et al., 2019), que incentivam a criação de medidas de mitigação que sejam proporcionais aos impactos, e que garantam condições de 'no net loss', ou seja, ausência de 'perda líquida' após os impactos.

As medidas foram finalmente agrupadas de acordo com seus temas principais de modo a formar programas temáticos. A Tabela 5 sintetiza os principais elementos utilizados para estruturar as medidas propostas.

Tabela 5. Tabela de medidas de mitigação

Impactos	Programa	Medidas	Descrição da Medida	Articulação com Programas da Fundação Renova

3.5. Padronização Conceitual

Para fortalecer a consistência conceitual por parte da equipe de especialistas que participaram deste estudo, esta avaliação de impacto estabeleceu conceitos claros, objetivos e compatíveis com o Plano de Trabalho e as boas práticas técnico-científicas. Os principais conceitos estão apresentados a seguir.

ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

Corresponde à área da Unidade de Conservação e/ou da sua zona de amortecimento que foi diretamente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão. A sua delimitação deve se dar em função do alcance da lama de rejeito e demais materiais carreados pelo rompimento da barragem.

ÁREA DE ESTUDO

Corresponde ao escopo territorial da avaliação de impacto, que inclui a Unidade de Conservação e sua respectiva zona de amortecimento.

ZONA DE AMORTECIMENTO

Corresponde ao entorno das unidades de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

ÁREA DE ENTORNO

Corresponde à área de entorno da zona de amortecimento da unidade de conservação. Sem limites específicos, é definida a partir de critérios estabelecidos em cada meio (físico, biótico ou socioeconômico), considerando, inclusive, o componente avaliado.

COMPONENTES VALORIZADOS

Atributos ambientais, sociais, econômicos e culturais da Unidade de Conservação e de sua respectiva zona de amortecimento considerados importantes na avaliação dos impactos. Os componentes podem ser agrupados por critérios territoriais ou temáticos, tais como ecossistemas, ambientes e processos.

ASPECTOS (CAUSAS DE IMPACTO)

Ações e efeitos desencadeados pelo rompimento da barragem de Fundão que interagem com o meio ambiente e causam impacto.

IMPACTO

Modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, ocorrida em determinado período de tempo e numa determinada área, que resulte, direta ou indiretamente, do rompimento da barragem de Fundão.

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Ações que visam evitar, mitigar e monitorar um impacto negativo ou potencializar os impactos positivos. O conceito de reparação do TTAC tem sobreposição com o conceito de medida de mitigação apresentado aqui.

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO

Ações que visam compensar um impacto negativo na UC ou ZA. O conceito de compensação do TTAC tem sobreposição com o conceito de medida de compensação apresentado aqui.

4. LINHA DE BASE (DIAGNÓSTICO PRÉ-ROMPIMENTO)

A seguir são caracterizadas as condições de bases, ou seja, pré-rompimento da barragem de Fundão na UC, ZA e área de entorno. A caracterização ateve-se aos componentes valorizados de maior relevância para a avaliação de impacto.

4.1. Linha de Base do Meio Físico

4.1.1. Aspectos Metodológicos

4.1.1.1. 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).

O sistema de classificação de clima mais utilizado é o de Köppen, proposto por Köppen e Geiger, em 1928, e posteriormente modificado por vários autores (Kottek et al, 2006; Rolim et al, 2007). A classificação climática de Köppen, baseada em relações empíricas entre variáveis climáticas e cobertura vegetal (Chen e Chen, 2013), utiliza dados de monitoramento de longo termo de precipitação anual e de temperatura do ar, com séries temporais com 30 anos ou mais, para calcular normais climatológicas. Para a classificação, são igualmente relevantes a distribuição de precipitações ao longo do ano, particularmente as alturas médias de precipitação na estação seca, e os extremos de temperatura.

Para classificar o clima das áreas em estudo, consultaram-se relatórios técnicos (e.g.: IEF, s/d) e analisaram-se séries temporais de estações climatológica próximas, operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

Informações de caráter climático igualmente relevantes para a caracterização ambiental e para a avaliação de impactos ambientais causados pela ruptura da barragem de Fundão na área de estudo são as características de precipitação na bacia hidrográfica em que essa encontra-se inserida. As alturas de chuva e sua distribuição temporal e espacial são fatores determinantes para a formação de escoamentos, os processos erosivos e o transporte de sedimentos, a poluição difusa de origem pluvial nos cursos d'água, o transporte e a diluição de poluentes lançados pontualmente nos corpos hídricos, e, por meio das variações de vazões, trânsito de cheias e vazões de período seco, da dinâmica fluvial (e.g.: processos de deposição e de erosão de leito e transporte de sedimentos na calha fluvial, dinâmica de escoamentos na calha principal e inundação da planície fluvial).

A análise das características das precipitações na bacia, em associação com as séries temporais de vazões, os dados sedimentométricos e a qualidade de água, é relevante para caracterização do transporte, deposição e ressuspensão de rejeitos, logo após a ruptura da barragem e nos anos posteriores.

As estações climatológicas que serviram de base para as análises de clima e da série temporal de precipitações encontram-se listadas na Tabela 6.

Tabela 6. Estações climatológicas consideradas.

Código	Nome da Estação	Localização		Altitude	Implantação
A511	Timóteo	-19,57	-42,62	493.42	21/02/2006
83589	Cons. do Mato Dentro-MG	-19.02	-43,43	625.00	30/06/1925
83642	Viçosa	-20.76	-42.86	712.20	01/10/1919

O clima na região do PERD foi classificado a partir de séries temporais provenientes da estação climatológica de Timóteo, para o período de disponibilidade de dados, de 2006 a 2021.

4.1.1.2. Geologia

O fator geológico é responsável pelo condicionamento estrutural da geomorfologia de uma bacia hidrográfica, 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 o PERD e sua ZA. Essa caracterização foi realizada com base no levantamento de informações de relatórios técnicos, diagnósticos sobre a geodiversidade regional e com base em mapeamentos realizados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. A escala de análise das unidades litoestratigráficas foi 1:100.000.

4.1.1.3. Hidrogeologia

O rompimento da Barragem de Fundão afetou a hidrologia da bacia do Rio Doce, especialmente as águas de superfície, com desdobramentos 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 o PERD e sua ZA.

A caracterização das águas subterrâneas da Unidade de Conservação e entorno, considerando sua localização em relação à bacia do Rio Doce, 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 1:250.000.

4.1.1.4. 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 caracterização geomorfológica foi realizada com base no levantamento de informações de relatórios técnicos, diagnósticos sobre a geomorfologia regional e mapeamentos realizados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. A escala de análise das unidades litoestratigráficas foi de 1:500.000

4.1.1.5. Geomorfologia fluvial

Stevaux e Latrubesse (2017), com base em trabalhos de Schumm, afirmam que os estudos de geomorfologia fluvial podem ser conduzidos segundo dois enfoques, o funcional e o histórico. O enfoque histórico busca avaliar as feições morfológicas atuais como derivadas de processos evolutivos em escala temporal de

centenas a milhares de anos, incluindo os processos atuais em curso. O enfoque funcional, mais característico do trabalho de engenheiros, enfatiza processos hidrológicos e hidráulicos e de dinâmica fluvial que agem no sistema fluvial por meio da análise de séries temporais de dados fluviométricos e sedimentométricos associados a levantamentos topobatimétricos, modelagem matemática de hidrologia da bacia hidrográfica e de hidráulica fluvial e transporte de sedimentos, análises estatísticas, modelos digitais de terreno e ferramentas semelhantes.

No presente estudo, adotam-se os dois enfoques. O enfoque histórico é tratado sobretudo a partir da revisão de literatura técnico-científica sobre o PERD, o rio Doce em seu trecho médio e a bacia do rio Doce como um todo. O enfoque histórico é tratado sobretudo por meio da análise de séries temporais de dados fluviométricos e sedimentométricos conforme detalhadamente descrito no item “Hidrossedimentologia”, a seguir. Também é considerada a cronologia de eventos pluviais, notadamente os de maior volume de chuvas, antes, durante e após a ruptura da barragem de Fundão.

A caracterização morfológica do trecho fluvial onde se enquadra a área em estudo foi complementada com a análise de feições morfológicas por meio de imagens da plataforma online Google Earth Pro. Foram destacadas imagens dos trechos fluviais próximos à UC, com ênfase nas confluências entre o rio Doce e os cursos d’água afluentes, notadamente o ribeirão Turvo, que drena parte da área do PERD, e o rio Piracicaba, seu limite ao norte.

No caso do PERD, as confluências ao longo do rio Doce nos limites do parque, assim como com o rio Piracicaba, podem resultar em efeitos de remanso sobre o escoamento em ambos os rios com implicações para o transporte e a deposição de sedimentos em seus limites. O rio Piracicaba pode ser igualmente utilizado como uma referência de curso d’água não diretamente afetado pela ruptura da barragem de Fundão em área junto ao PERD. O rio Piracicaba dispõe de pelo menos uma estação fluviométrica próximo à confluência com o rio Doce que, a confirmar por análises subsequentes, não foi impactada por efeitos de remanso da confluência como rio Doce durante e após o trânsito da pluma de rejeitos proveniente de Fundão.

4.1.1.6. Hidrossedimentologia

Os estudos hidrossedimentológicos foram realizados para caracterizar o transporte de sedimentos no rio Doce tendo por referência temporal o trânsito da pluma de rejeitos com a ruptura da barragem de Fundão, em 5 de novembro de 2015. Para caracterizar o transporte de sedimentos no rio Doce nas condições que precediam o evento de ruptura, as estações de monitoramento fluviométrico e sedimentométrico selecionadas foram aquelas que se encontram mais próximas à UC. Elas encontram-se listadas na Tabela 7. O Mapa 3 apresenta a localização dessas estações de monitoramento bem como dos principais aproveitamentos hidroelétricos na bacia do rio Doce. De fato, esses empreendimentos podem alterar a variação sazonal natural das vazões na bacia e influir sobre processos de deposição de sedimentos, embora em sua maioria sejam aproveitamentos a fio d’água.

Tabela 7. Estações de monitoramento fluviométrico consideradas.

Unidade de Conservação	Nome da estação	Código ANA	Período de dados	Curso de água	Município	Área de drenagem (km²)
PERD	Cachoeira dos Óculos Montante	56539000	10/1974 a 09/2015	Rio Doce	Córrego Novo - MG	15.900
	Mario de Carvalho	56696000	09/1986 a 09/2015	Rio Piracicaba	Coronel Fabriciano - MG	5270
	Belo Oriente (CENIBRA)	56719998	10/1986 a 09/2015	Rio Doce	Belo Oriente - MG	24.200



Foram analisadas as séries temporais dos seguintes dados hidrológicos e sedimentológicos:

- Descargas líquidas (vazões), em m^3/s ;
- Cronologias de medições de descarga líquida;
- Cronologias das medições de sedimentos em suspensão;
- Perfis transversais das seções de medição de descarga líquida;
- Concentrações de sedimentos suspensos totais (ou sólidos suspensos totais), em mg/l ;
- Turbidez, em UNT.

Foram realizados as seguintes estimativas e tratamentos gráficos:

- Curvas cota-descarga líquida, baseadas nas cronologias de medições de descarga líquida;
- Perfis longitudinais das seções de medição de descarga líquida;
- Hidrogramas de valores máximos e mínimos de descarga líquida média diária de longo prazo para o período antes do trânsito da pluma de rejeitos;
- Hidrogramas de descarga líquida média diária por ano a partir de outubro de 2015, com vistas a caracterizar essa variável no ano da ocorrência da ruptura e em todos os anos subsequentes;
- Curvas de permanência de descargas líquidas até setembro de 2015 e a partir de outubro de 2015;
- Curva de sedimentos suspensos totais versus descargas líquidas para estações fluviométricas que dispõem de dados sedimentométricos suficientes, para séries temporais de antes e de após a ruptura;
- Curva de sedimentos suspensos totais versus turbidez para estações fluviométricas que dispõem desses dados, considerando-se séries temporais de antes e de após a ruptura.

Foram igualmente consultados os relatórios técnicos de monitoramento e de avaliação preliminar de impactos elaborados pela Agência Nacional de Águas (ANA), a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM/MG). Conforme relatado, os dados produzidos pelo PMQQS foram igualmente considerados.

Ao longo do presente relatório, adotam-se os seguintes conceitos e definições:

- Descargas líquidas ou vazões: volume de água que transita por uma seção transversal de curso d'água ao longo do tempo. É obtido de forma indireta pelo registro de níveis d'água ou cotas fluviométricas na seção transversal associados à curva-chave ou curva cota-descarga estabelecida para a estação. A curva cota-descarga, por sua vez, é obtida pela medição simultânea de velocidades de escoamento, cota fluviométrica e área molhada na seção de medição, junto à estação fluviométrica;
- Carga suspensa: é constituída por material de granulometria mais fina, geralmente inferior à areia fina, e materiais particulados de origem orgânica, que são transportados pelo escoamento fluvial em suspensão, em velocidade próxima ao do fluxo turbulento do curso d'água. Em trechos em que a velocidade do escoamento é muito baixa, o que pode ocorrer em razão das características morfológicas do trecho fluvial (e.g.: redução de declividade do canal, aumento da área de seção

transversal, presença de ilhas e de soleiras naturais, confluências), presença e operação de estruturas hidráulicas, ou durante vazões baixas de recessão dos escoamentos, siltes, argilas e areias finas transportados em suspensão podem depositar-se. Com o aumento de vazões e durante o trânsito de cheias voltam a ser transportados em suspensão. Esses sedimentos têm origem na bacia hidrográfica, transportados pelo escoamento superficial, como também por erosão da calha fluvial. As características das precipitações, o tipo e o uso de solo da bacia, suas características geomorfológicas, a cobertura vegetal e a adoção ou não de práticas de conservação de solos têm grande influência sobre as cargas suspensas nos cursos d'água.

- Carga de fundo: é constituída por material particulado grosso, como areias e pedregulhos, que possuem velocidade de queda superior à velocidade dos fluxos associados a vórtices ascendentes característicos do escoamento turbulento. Os mecanismos de transporte no leito são a saltação, o rolamento e o arraste. Segundo Strevaux e Latrubesse (2017), a carga de fundo representa da ordem de 20% da carga total de sedimentos na maioria dos rios.
- Descarga sólida em suspensão: é a estimativa da massa de sedimentos que transita em uma seção transversal de curso d'água na unidade do tempo, geralmente expressa em t/dia. Estimativas simultâneas de descarga líquida, em m³/s, conforme descrito, e de concentração de sedimentos em suspensão por amostragem, em mg/l, permitem as estimativas de descarga sólida em suspensão. Com séries temporais de monitoramento mais longas e dados consistidos é possível construir curvas de concentração de sedimentos em suspensão em função da descarga líquida e curvas chave de sedimentos, relacionado descargas sólidas e descargas líquidas. Muitas vezes as correlações entre essas variáveis são fracas, dificultando ou impedindo o emprego das funções descritas. Quando os resultados são satisfatórios, é possível reconstituir a cronologia de descarga sólida em suspensão para uma estação fluviométrica com base no registro de cotas fluviométricas. Curvas que relacionam turbidez da água, em UNT, e concentração de sedimentos em suspensão, em mg/l, são também utilizadas dada a maior facilidade de monitoramento da turbidez, embora a qualidade da relação seja dependente da granulometria do material sólido, com correlação mais elevada para siltes e argilas (e.g.: Holiday et al, 2003; Teixeira et al, 2016, Palu e Julien, 2019).

No presente estudo, a linha de base e as avaliações de impacto serão realizadas com base nos estudos hidrológicos associados à sedimentometria e às estimativas de descarga sólida em suspensão.

4.1.1.7. Qualidade da Água

De forma a construir uma linha de base das condições físicas, químicas e microbiológicas das águas superficiais que prevaleciam no Parque Estadual do Rio Doce e zona de amortecimento antes do rompimento da Barragem de Fundão, foram levantados, organizados, compilados e sistematizados dados disponibilizados pela Fundação Renova (como Hydrobiology 2015, Hydrobiology 2016, Golder 2016a, Golder 2016b, Golder 2017, e Ecology e Environment 2018), por órgãos públicos (como o Instituto Estadual de Florestas – IEF e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM), e na literatura científica.

Este levantamento mostrou que os dados históricos mais completos para avaliar a qualidade da água na área de estudo são aqueles disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM; IGAM 2021). No rio Doce, dentro da zona de amortecimento na margem leste do Parque Estadual do Rio Doce se encontra a Estação de Monitoramento Fluviométrico de Marliéria (RD023 na notação do IGAM ou 56538000 da Agência Nacional das Águas) em Marliéria/Pingo D'Água. No rio Piracicaba, fora da zona de amortecimento, mas a apenas ~2 km a montante da margem norte do Parque Estadual do rio Doce está a Estação de Monitoramento Fluviométrico de Timóteo (RD034 ou ANA 56700100) em Coronel Fabriciano/Timóteo. Do ponto de vista de contexto da paisagem, a Estação RD023 está situada num trecho de rio margeado pela floresta preservada

do PERD a oeste e silvicultura a leste; já a Estação RD034 está inserida num contexto urbano a jusante de Coronel Fabriciano.

Nestas 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.

Estes dados foram registrados de forma contínua desde 16 de setembro de 1997. No rio Doce foram observações trimestrais entre 1997 e 2012 e aproximadamente mensais a partir de meados de 2013; no rio Piracicaba a periodicidade trimestral foi mantida ao longo de todo o período. Para a definição da linha de base foram utilizados todos os pontos de dados entre 17 de fevereiro de 2000 e 9 de outubro de 2015 (lembrando que o rompimento da Barragem de Fundão ocorreu em 5 de novembro de 2015) totalizando 83 amostragens no rio Doce e 64 no rio Piracicaba ao longo de 16 anos. Na prática o número de observações variou de 2 a 83, dependendo do parâmetro.

De forma a interpretar os valores numéricos observados, usamos 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 percentis como medidas de tendência central e também de dispersão. Percentis foram adotados porque 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 aqui a exclusão dos 5% dos valores mais baixos e 5% dos valores mais altos para assim definir a faixa de valores entre o 5º e o 95º percentis como a linha de base [o 5º percentil é o valor numérico abaixo do qual estão 5% das observações; o 50º. percentil (mediana) é o valor numérico abaixo do qual estão 50% das observações; e o 95º percentil é o valor numérico abaixo do qual estão 95% dos valores observados]. Dada a importância da sazonalidade na qualidade da água, a linha de base foi calculada separadamente para a época de cheias (isto é, de outubro a março) e de seca (de abril a setembro); para completar uma linha de base anual (seca + cheia) também foi estimada.

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 inferimos os limites de quantificação analisando os resultados reportados pelo IGAM em seu sítio. Valores apresentados como 'menores que' ('<') foram interpretados como sendo valores abaixo do limite de quantificação. Em alguns casos dois LQs puderam ser inferidos para uma mesma variável ao longo da série temporal; tal situação não seria descabida uma vez que ao longo dos anos métodos analíticos mais precisos podem vir a ser utilizados pelo órgão ambiental.

A forma de inclusão ou exclusão de valores <LQ em uma análise estatística depende de sua prevalência no universo amostral (EPA 2006). Optamos de forma conservadora a incluir os dados no limite (ou seja, qualquer amostra com concentração de alumínio dissolvido < 0,1 mg/L foi considerado como tendo exatamente 0,1

mg/L). Este valor, que poderia inflar o valor da média, tem efeito nulo sobre o valor da mediana ou de demais percentis desde que valores reportados como iguais ao limite de quantificação sejam interpretados como ' $<$ ' LQ.

Paralelamente ao emprego dos dados registrados pelo IGAM nos rios Doce e Piracicaba, buscamos informações sobre as condições físicas, químicas e microbiológicas dos corpos d'água situados no interior do Parque. Além da consulta a Plano de Manejo (IEF 2002) fizemos buscas bibliográficas complementares nas bases Web of Science e Scielo cruzando as palavras-chave "Rio Doce" OR "Parque Estadual do Rio Doce" OR "Lago Dom Helvécio" em todo o seu período de cobertura. Comparado com outras unidades de conservação, há um bom volume de artigos limnológicos conduzidos no PERD por conta da relevância ambiental de seu sistema lacustre.

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

4.1.1.8. Pedologia

A caracterização dos solos foi realizada visando 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 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.

Além do levantamento dos tipos de solos presentes na área de estudo, buscou-se uma caracterização geoquímica com base nos estudos regionais da FEAM (2013) e Souza *et al.* (2015).

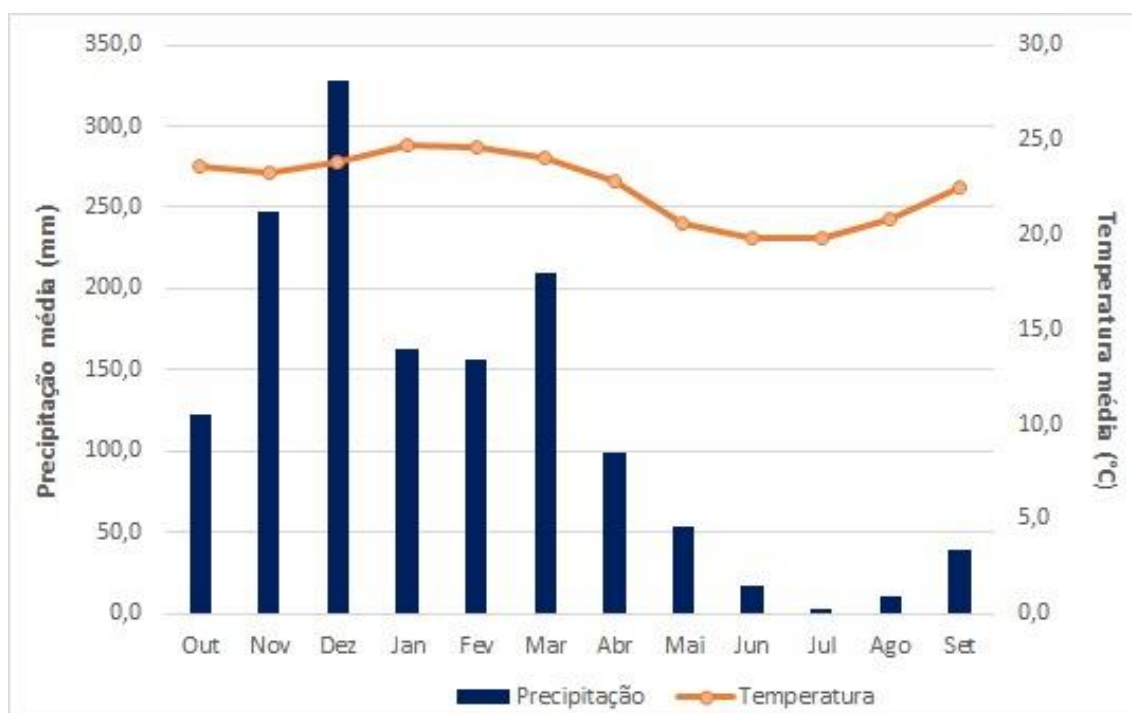
4.1.2. Clima

Na bacia do Rio Doce, o clima é influenciado, por um lado, pelas características topográficas da bacia, tais como as formas nos compartimentos mais elevados do relevo, a Serra do Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero, e as massas de ar Tropical Atlântica (MTA), Polar Atlântica (MPA) e Equatorial Continental (MEC), com influência sobre a temperatura e a umidade do ar na bacia (Consórcio Ecoplan-Lume, 2010; MPF, 2017). Atuam na bacia as Zonas de Convergência da América do Sul (ZCAS) e de Convergência de Umidade (ZCOU) com significativa influência sobre o regime de chuvas. A ZCAS, em associação com deslocamentos de grandes massas de ar frio e seco provenientes de altas latitudes sul (frentes frias), é o principal sistema responsável pela ocorrência de chuvas na região.

Segundo o Consórcio Ecolplan-Lume (2010), identificam-se três tipos climáticos pela classificação de Köppen na bacia do Rio Doce: (i) tropical de altitude, caracterizado por verões frescos e chuvosos, preponderante nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço, nas nascentes do Rio Doce; (ii) tropical de altitude com verões quentes e chuvosos, predominando 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.

Na Figura 5 estão apresentadas as variações sazonais médias da pluviosidade e da temperatura do ar atmosférico à superfície na região do Parque Estadual do Rio Doce. Os dados provêm da estação meteorológica de Timóteo, operada pelo INMET, para o período 2006 a 2020.

Figura 5. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do PERD – estação climatológica de Timóteo/MG, INMET.



A sazonalidade do regime pluvial na área do PERD, mas também uma característica climática em toda a bacia, é bem marcada, com um período chuvoso (de outubro a março) e um período de estiagem (de abril a setembro). Os meses de dezembro e julho apresentam o maior e o menor total acumulado médio mensal, os quais são da ordem de 330 e 10 mm/mês, respectivamente. O total acumulado médio anual é de cerca de 1.450 mm.

As temperaturas médias mensais apresentam um comportamento mais regular, quando comparadas aos totais precipitados. A flutuação média mensal é inferior a 10 °C. As máximas médias são coincidentes com o período chuvoso e concentram-se no trimestre compreendido entre os meses de dezembro e fevereiro. As temperaturas mínimas médias são pouco inferiores às máximas, e concentram-se no entre os meses de junho e agosto. A temperatura média anual é da ordem de 22,5 °C.

As características climáticas da região do PERD permitem classificar o clima local por Köppen como Awa, tropical com verões quentes e chuvosos e invernos secos.

O PERD localiza-se na região do curso médio do Rio Doce. Tendo em conta que as características do regime pluvial na bacia têm relevância para os escoamentos nos rios Doce e Piracicaba nos limites do PERD, consideraram-se, igualmente, as normais climatológicas construídas pelo INMET a partir de séries temporais de 30 anos (1981-2010), das estações localizadas a montante, em Conceição do Mato Dentro e Viçosa (Figuras 6 e 7), bem como distribuição espacial da precipitações anuais e temperaturas máximas médias diárias em uma área da região Sudeste que incorpora a bacia do rio Doce (Figura 6).

Figura 6. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do alto rio Doce – Estação climatológica, Conceição do Mato Dentro/MG, INMET.

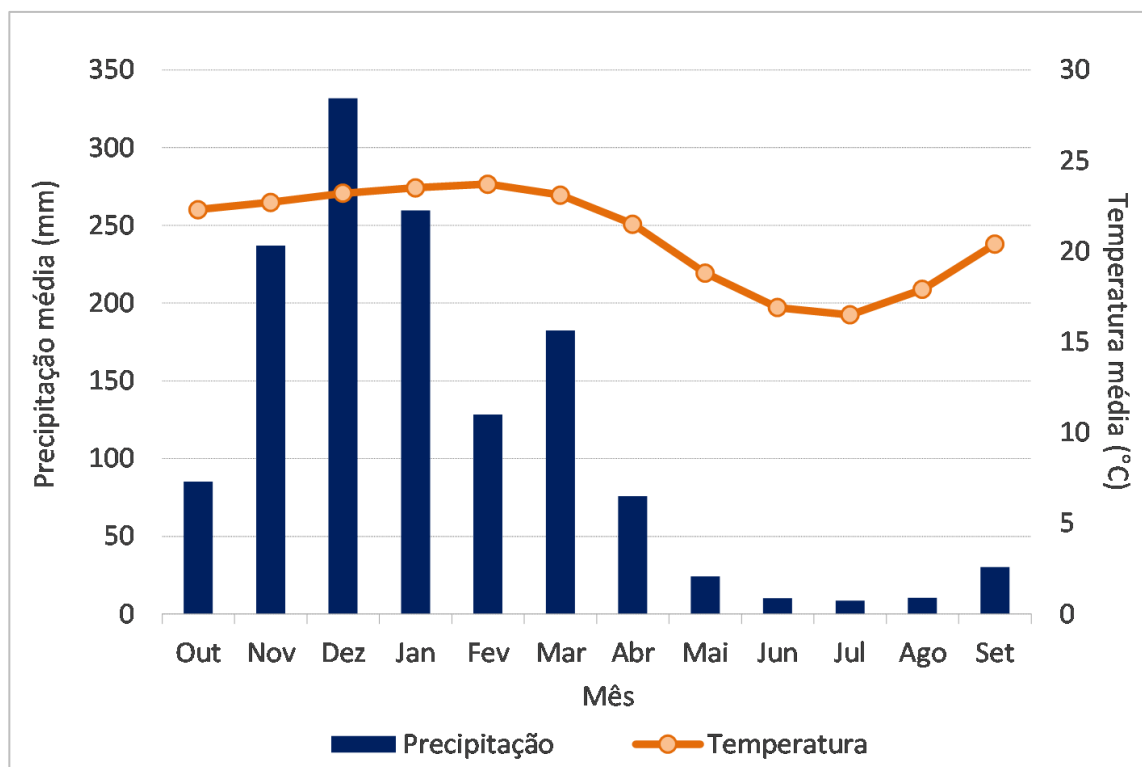
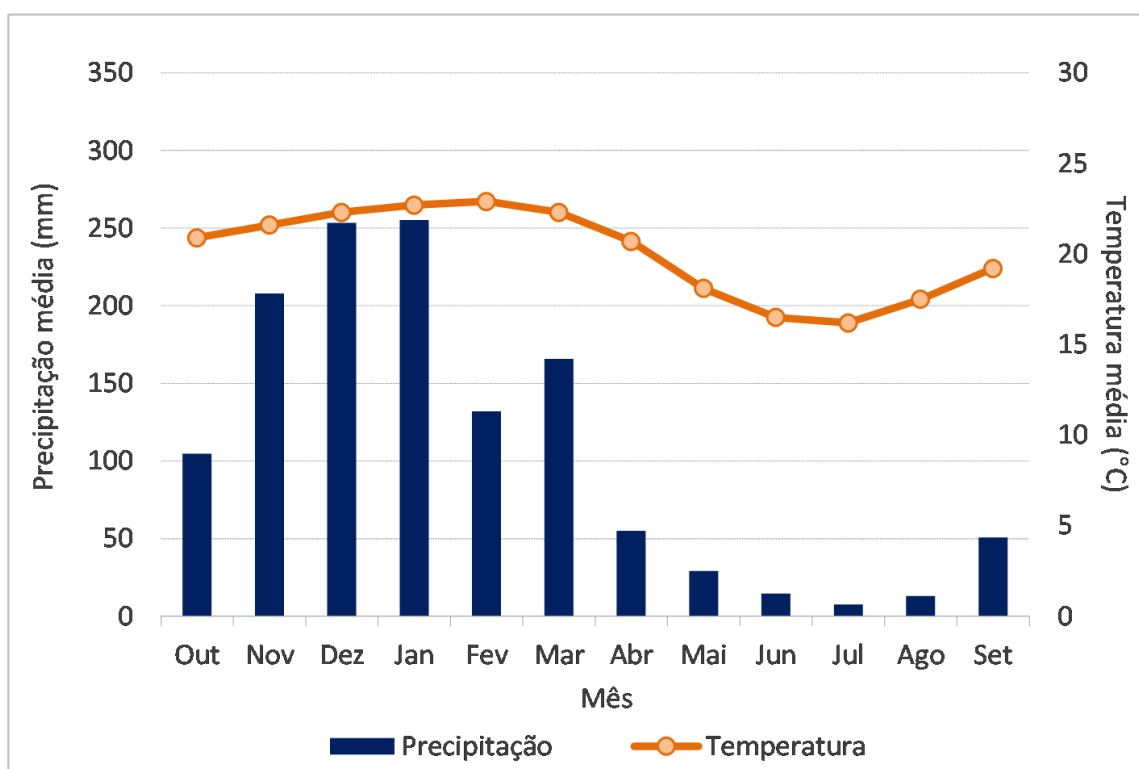


Figura 7. Variação sazonal média da chuva e temperatura na região do alto rio Doce – Estação climatológica, Viçosa/MG, INMET.



Há várias semelhanças nas figuras apresentados: (i) a marcante definição de duas estações no tocante ao regime de chuvas (estação chuvosa: outubro a março; estação seca: abril a setembro); (ii) os trimestres mais chuvosos (dezembro a janeiro) e secos (junho a agosto); (iii) uma flutuação anual média da temperatura mensal inferior a 10 °C; e (iv) a correspondência entre as maiores temperaturas médias mensais e a estação chuvosa.

As temperaturas médias em ambas as estações (Conceição do Mato Dentro e Viçosa) são ligeiramente inferiores à registrada em Timóteo, localizada próxima aos limites do PERD. De fato, ambas as estações se encontram em áreas mais próximas ao limite da bacia, em altitudes mais elevadas. A precipitação média anual é de 1.289 mm em Viçosa e de 1.384 mm em Conceição do Mato Dentro.

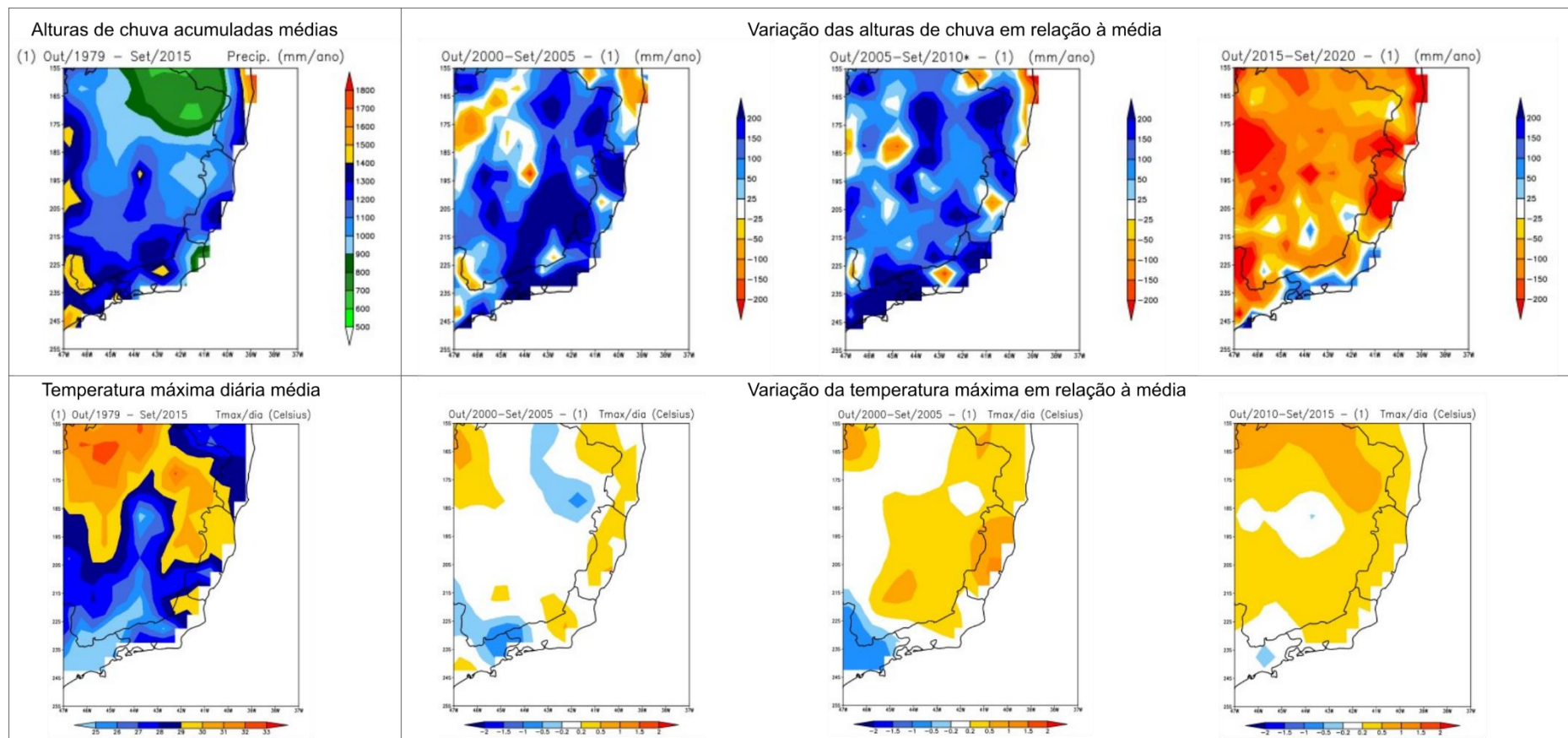
Na Figura 8, os dados de precipitação e temperatura são produtos de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/NCAR). Essas informações meteorológicas são interpoladas por pontos de grade (~ 50 km) e disponibilizadas para todo o globo. Nela estão destacadas: (i) as alturas de chuva acumulada anual média; (ii) as variações de chuva anual em relação à média para os anos 2000 a 2015; (iii) as temperaturas máximas médias e (iv) as variações de chuva anual em relação à média igualmente para os anos 2000 a 2015.

Ao se analisar o comportamento regional dessas precipitações, nota-se que os totais anuais acumulados são superiores em regiões próximas aos divisores de água de sua porção sudoeste, a montante da confluência dos rios Gualaxo do Norte e Piranga. De forma geral, há uma redução gradual de alturas de precipitação ao longo do curso do rio, sendo que em seu trecho médio, na região do PERD, os acumulados anuais médios alcançam alturas da ordem de 1.450 mm, similares às registradas na estação de Timóteo, como era de se esperar. Há uma evidente redução desses valores nas sub-bacias localizadas na região norte e nordeste da bacia. Os cursos d'água originados nessas regiões, afluentes pela margem esquerda, alcançam o rio Doce em trechos a jusante do PERD.

Ao se analisar a flutuação das chuvas em torno da média nos últimos 15 anos, nota-se que na década de 2000 (2000 a 2010) houve, em termos regionais, uma redução dos totais acumulados médios anuais. Contudo, essa tendência de redução é muito mais expressiva nos cinco anos que antecederam o rompimento (2010 a 2015), para o qual observa-se uma flutuação negativa em quase toda bacia. A maior redução ocorreu na parte baixa do curso do rio Doce, já no Estado do Espírito Santo.

Em termos regionais, as temperaturas máximas diárias apresentam um gradiente decrescente da foz do Rio Doce em direção a suas cabeceiras. As variações de temperatura ao longo do tempo mostram que entre os anos de 2000 e 2005 essas permanecem próximas aos valores médios. Já na década que antecedeu o rompimento, houve, em termos gerais, uma flutuação positiva da ordem de 0,5 °C.

Figura 8. Comportamento climatológico da bacia do rio Doce.



4.1.3. Geologia

No contexto da geologia da bacia hidrográfica do Rio Doce, cabe uma síntese das litologias encontradas na direção principal da calha do Rio Doce, baseada em MPF (2017a).

Em seu alto curso, nas proximidades da Barragem de Fundão, está a província geológica do Quadrilátero Ferrífero – uma clássica geoprovinha aurífera pré-cambriana, onde ocorrem rochas graníticas-gnáissicas, sobrepostas por sucessões metassedimentares e vulcanoclásticas paleoproterozoicas e grandes depósitos de Itabirito da Formação Cauê.

Na porção centro-oeste da bacia, onde está o PERD, ocorre uma ampla variação de rochas alcalinas, graníticas, migmatíticas, gnáissicas e vulcano-sedimentares, de idades que vão do arqueano ao neoproterozoico.

Por fim, a leste, as sequências proterozoicas dão lugar a domínios de rochas cenozoicas, formadas por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados resultantes dos processos intempéricos atuantes sobre essas sequências ao longo do tempo geológico.

O contexto geológico da área de estudo (Mapa 4) será explanado com base no levantamento executado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM nas folhas Coronel Fabriciano (Silva, 2000) e Caratinga (Signorelli, 2000).

A área de estudo situa-se integralmente na Província Geotectônica Mantiqueira, em domínio do Cinturão Arauaí (Brasiliano).

As rochas arqueanas compreendem o Complexo Mantiqueira (Am) e o Supergrupo Rio das Velhas (Arvi). O Complexo Mantiqueira ocorre na maior parte do PERD e de sua ZA e consiste em ortognaisses migmatizados, com intercalações de anfibolito, metagabro e norito. A sequência vulcanossedimentar do Supergrupo Rio das Velhas tem ocorrência restrita dentro da porção oeste da ZA e consiste em metamáficas e metaultramáficas, xisto máfico, formação ferrífera bandada, quartzito, rocha calcissilicática, mármore dolomítico e gnaiss pelítico.

As rochas paleoproterozoicas compreendem o Complexo Juiz de Fora (Pjf2), a Suíte São Sebastião do Soberbo (Pss), e a Suíte Borrachudos (Pa1 e Pa2). O Complexo Juiz de Fora ocorre na porção leste da área de estudo e consiste em enderbitos, noritos e opdalitos como litotipos predominantes. A Suíte São Sebastião do Soberbo tem ocorrência descontínua na porção central e sul da área de estudo e consiste em paragneisses bandados intercalados com quartzitos, anfibolitos e xistos. A Suíte Borrachudos ocorre no extremo oeste da ZA e compreende o Granito Açucena, que se diferencia em granito fino a médio foliado, raramente porfirítico (Pa1) e porfirítico foliado (Pa2).

As rochas neoproterozoicas compreendem o Grupo Rio Doce (Indiviso – Nrdi e Formação São Tomé – Nst1 e Nst2), Tonalito Entre Folhas (Ne), Tonalito Bom Jesus do Galho (Nbj), Tonalito Vermelho Novo (Nvn) e Suíte Metamórfica Santo Antônio da Grama (Nsaf e Nsgb). O Grupo Rio Doce indiviso ocorre de modo restrito na porção oeste da área de estudo e consiste em quartzitos e quartzitos intercalados com xistos e calcários. A Formação São Tomé ocorre em faixa contínua a oeste da ZA, em contato tectônico com rochas mais antigas e consiste em quartzitos finos a médios e raros xistos (Nst1) e xistos e quartzito muscovíticos (Nst2). O Tonalito Entre Folhas consiste em tonalito e subordinadamente granito, geralmente milonitizados. O Tonalito Bom Jesus do Galho ocorre numa faixa na porção leste da área de estudo, em contato tectônico com rochas arqueanas, consistem em tonalito e subordinadamente granito geralmente milonitizados. O Tonalito Vermelho Novo é caracterizado como tonalito geralmente milonitizados, subordinadamente granodiorito, granito metagabros e enderbrito. A Suíte Metamórfica Santo Antônio da Grama se apresenta em ocorrências isoladas na porção leste do PERD e da ZA. Se divide em corpos gabroicos foliados de cor cinza escuro (Nsgb) e corpos anfibolíticos foliados de granulação média e cor escura (Nsaf).

Por fim, no Cenozoico, ocorrem Terraço Aluvial (QPHT), Coluvião (QHC) e Aluvião (QHa). Os terraços aluvionares estão associados às planícies fluviais e fluviolacustres presente na área de estudo, e é formado por sedimentos arenosos com níveis de cascalho associados, parcialmente litificados e Intercalações de estratos argilosos e areias silticas subordinadas. Os coluviões têm ocorrência restrita e descontínua sobre rochas metamórficas na porção oeste da área de estudo, sendo formado por material inconsolidado de granulação variável. Os aluviões têm ocorrência mais restrita que os terraços aluviais, também bordeja os rios e lagos presentes na área de estudo. É formado por sedimentos inconsolidados arenosos, areno-argilosos com níveis de cascalho

São identificados dois eventos de deformacionais que afetaram a área. Um evento mais antigo de abrangência regional é atribuído ao Ciclo Orogenético Transamazônico e foi o responsável pela foliação do Complexo Mantiqueira e bandamento gnáissico do Supergrupo Rio das Velhas e posteriormente à intrusão dos granitos da Suíte Borrachudos. O segundo evento deformacional é atribuído ao Ciclo Brasileiro e resultou de deformação tangencial, compressional, afetando principalmente a parte leste da área, sendo melhor representado pela Zona de Cisalhamento Dom Silvério.

4.1.4. Hidrogeologia

As águas subterrâneas se encontram alojadas na porosidade intergranular de materiais inconsolidados e nas fraturas das rochas (porosidade secundária), a partir da infiltração (recarga) derivada das precipitações pluviais. Quando são passíveis de exploração, são denominados de aquíferos, e neste caso podem ser considerados uma unidade geológica ou parte de uma formação suficientemente permeável de modo a permitir a produção significativa de água a partir de poços. 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 natural dos elementos ferro, alumínio e manganês, cuja solubilidade é controlada pelas condições físico-químicas (pH e Eh) do aquífero. Vale ressaltar, que estes elementos também fazem parte da composição do rejeito da Barragem de Fundão (MDGEO, 2016).

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

Os Aquíferos Granulares ou Porosos são representados por uma sequência de sedimentos ou rochas sedimentares detríticas de idade Cenozóica, onde a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas ocorrem através da porosidade primária da rocha. Essa unidade apresenta uma composição litológica constituída de sedimentos arenosos, associados aos terraços fluviais, depósitos solucionares, de textura variada, e os depósitos aluvionares (sedimentos areno-argilosos), que ocorrem associados às margens do Rio Doce e seus afluentes. (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010).

Soma-se potencialmente a esta unidade a presença de rochas metamórficas e ígneas intemperizadas, que podem desenvolver características de porosidade intergranular, em seu manto de intemperismo.

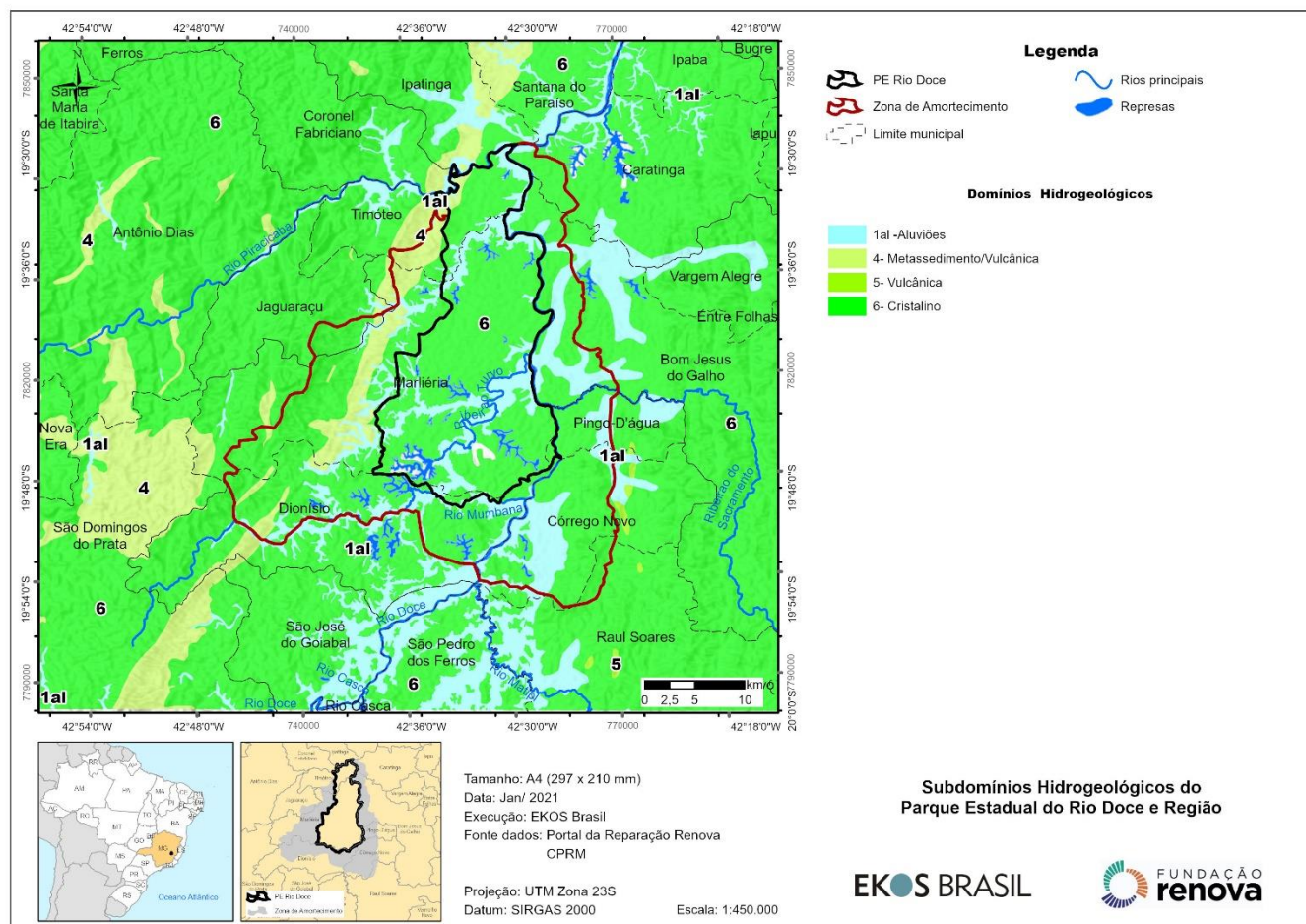
No Aquífero Granular, a permeabilidade dos sedimentos pode ser elevada, sendo reconhecidas vazões variando de 10 a 40m³/h.

Na região do PERD (Mapa 5), a unidade do Aquífero Granular assenta-se próximo às calhas do Rio Doce e rios tributários. Sugere-se, com base na topografia da área, um regime de fluxo subterrâneo predominantemente em direção aos Rio Doce e seus afluentes, caracterizando o nível de base local.

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 às unidades geológicas regionais (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010).

Esta unidade aflora ao longo de toda a área de estudo, nas zonas topograficamente mais elevadas. Nas áreas onde se observa a cobertura granular, não evidências de conexão hidráulica vertical existente entre as unidades aquíferas. No Aquífero Fissurado, são reconhecidas vazões de exploração variadas, controladas pela abertura hidráulica e conexão dos sistemas de fraturas.

Mapa 5. Unidades Hidrogeológicas do Parque Estadual do Rio Doce e Região.

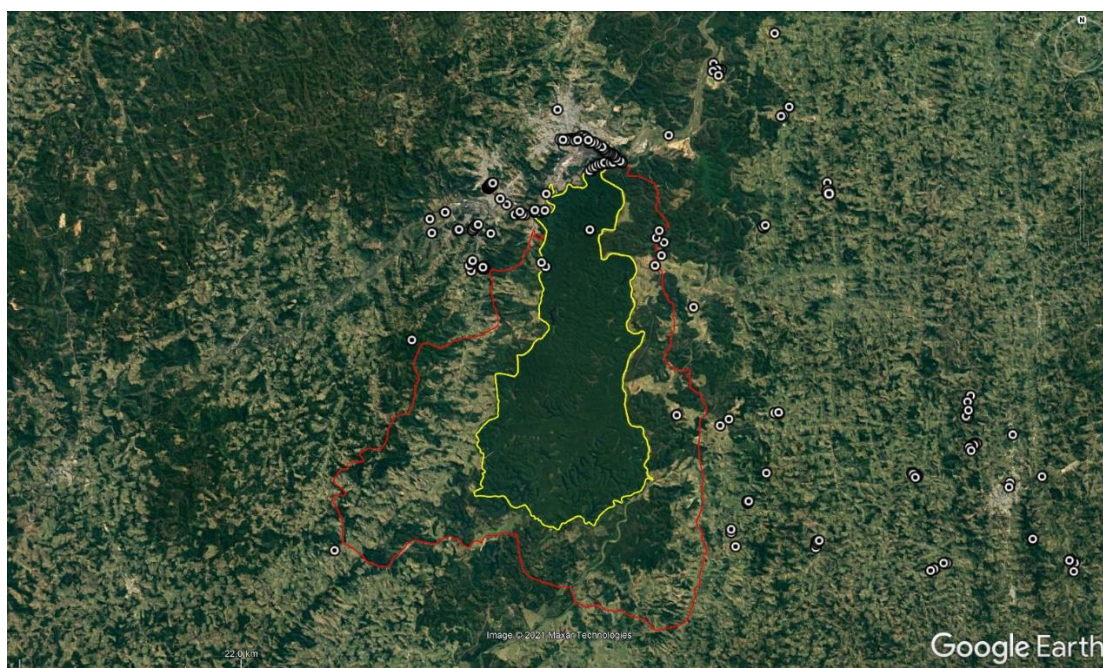


A partir de consulta na base de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), foram mapeados os poços tubulares presentes no entorno do PERD e sua ZA (Figura 9).

Nota-se a existência de três poços tubulares dentro dos limites do PERD e em locais sem nenhuma ocupação, indicando potenciais falhas nas coordenadas do cadastro. Na interface com a ZA, dos quatro poços existentes dois parecem existir e dois estão em locais duvidosos, sem ocupação.

Para uma análise detalhada dos dados do SIAGAS, foram selecionados poços tubulares com perfis litológicos/construtivos e resultados de análises químicas em água subterrânea (quando disponíveis). Os poços compilados somam 16 de um total de 204 mapeados no entorno do PERD (Anexo 1).

Figura 9. Poços tubulares (pontos) no do Parque Estadual do Rio Doce e Região.

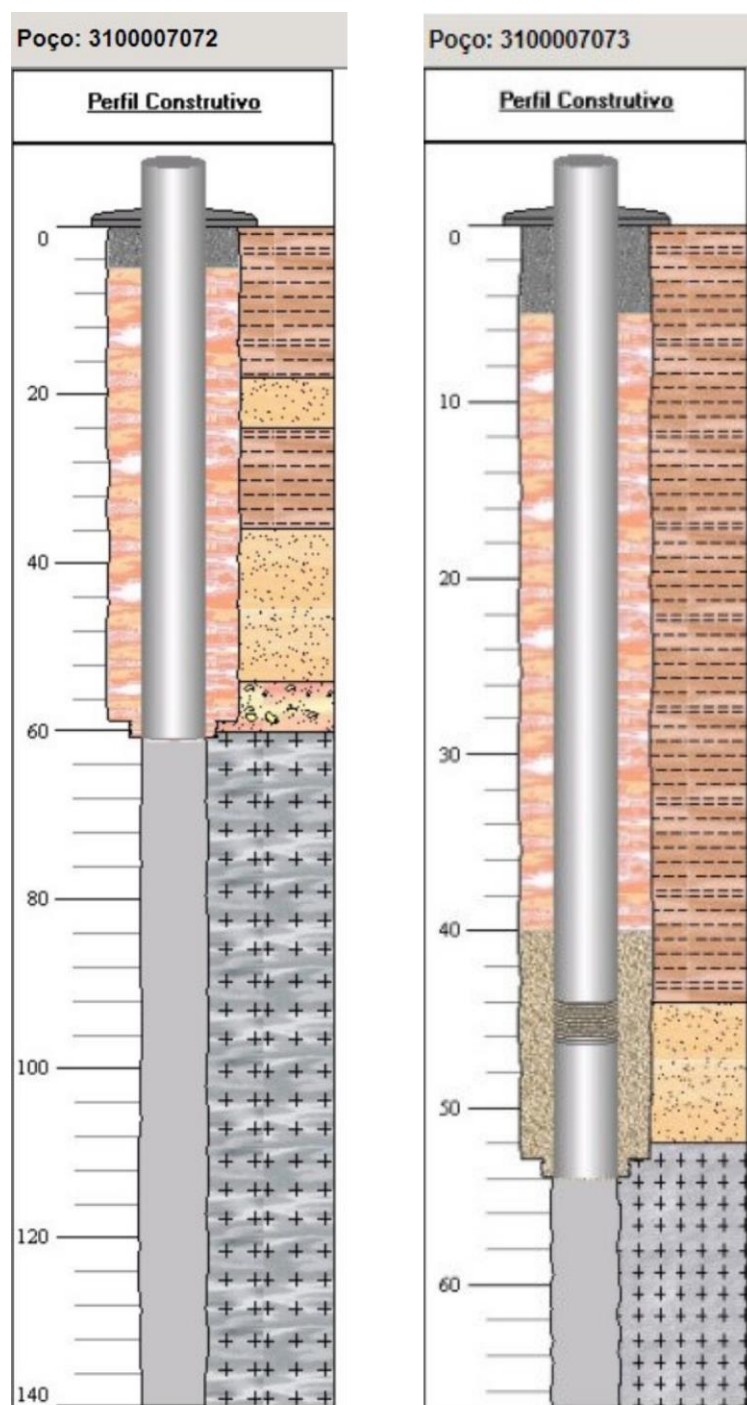


Fonte: SIAGAS/CPRM (2021), GOOGLE EARTH PRO (2021).

Os dados indicam uma maioria dos poços explotando o aquífero fissural, em especial gnaisses/granitos do Complexo Mantiqueira. Os poços apresentam profundidades médias de 120 m, com coberturas de alteração variáveis de 6 a 60 m. As produtividades dos poços são muito baixas, com mediana de capacidade específica de 0,3 m³/h/m.

No Município de Timóteo-MG, na localidade de Macuco, próximo do limite do PERD, há exemplo de poços que explotam o aquífero fissural em conjunto com o aquífero poroso (solo de cobertura), visando um aumento vazão no poço. A Figura 10 exemplifica perfis de poços encontrados nesta área.

Figura 10. Exemplo de perfis de poços encontrados no Entorno do PERD. Poços na localidade de Macuco (Timóteo-MG) explotando água do aquífero fissural (3100007072) e do aquífero poroso/fissural (Poço 3100007073). Fonte: SIAGAS/CPRM (Poço 2021).



O aquífero poroso é explotado geralmente nas coberturas aluvionares, como é o caso dos poços na margem do Rio Piracicaba em Coronel Fabriciano-MG. São comuns poços rasos (32-36 m) e com vazões elevadas, superando até 150 m³/h.

Na porção norte do PERD, nos municípios de Timóteo-MG, Coronel Fabriciano-MG e Ipatinga-MG estão cadastrados um grande número de poços em aquífero poroso. Destaca-se uma bateria de poços perfurados em aluvião no Rio Piracicaba próximo da confluência com o Rio Doce. No cadastro SIAGAS a grande maioria tem situação descrita como “não instalado”.

Na área avaliada, foram identificados no cadastro SIAGAS seis poços localizados próximos das margens do Rio Doce e que contém perfis geológicos e dados hidroquímicos (Tabela 8). São dois poços no município de Timóteo-MG, e quatro poços no Município de Ipaba-MG, distante cerca de 17 km a jusante do limite do PERD.

Tabela 8. Dados de análise químicas disponíveis em poços próximos às margens do Rio Doce nas imediações da área de estudo Fonte: SIAGAS/CPRM (2021)

Código SIAGAS	3100007072	3100007073	3100021463	3100022248	3100022249	3100022250
UTM N / UTM E	7836442/ 758815	7836380/ 758814	7852083/ 771705	7851511/ 771847	7852687/ 771368	7852061/ 772118
Município	Timóteo-MG	Timóteo-MG	Ipaba-MG	Ipaba-MG	Ipaba-MG	Ipaba-MG
Localidade	Macuco	Macuco	Sede	Sede	Sede	Sede
Data da coleta	10/10/1995	25/08/2004	25/04/2001	02/02/2015	04/03/2015	10/03/2015
Condutividade (µS/cm)	178,89	147	145	---	138	170
pH	7,56	7,20	7,50	7,30	7,8	7,1
Turbidez (NTU)	0,88	1	---	---	---	---
Alcalinidade (mg/l)	89,3	85,7	87	---	---	---
Dureza tot CaCO ₃ (mg/l)	79,24	84,7	76	38	42	42
Ferro tot (mg/l)	0,07	0,37	---	4,2	2,9	2,9
Manganês (mg/l)	---	---	---	---	---	---
Calcio (mg/l)	18,11	---	---	---	---	---
Magnésio (mg/l)	8,26	---	---	---	---	---
Sódio (mg/l)	---	---	---	---	---	---
Potássio (mg/l)	---	---	---	---	---	---
Cloreto (mg/l)	1,04	2,1	3	7,1	6,3	6,3
Sulfato (mg/l)	2	---	---	18,4	9,9	9,9
Nitrato (mg/l)	---	---	0,58	---	---	---
Nitrito (mg/l)	---	---	---	---	---	---
Fluoreto (mg/l)	---	---	0,66	0,14	0,47	0,47

Cale destacar um possível erro de posicionamento dos poços 3100007072 e 3100007073 de Timóteo-MG, uma vez que estão plotados sobre o PERD em área desabitada. A descrição da localidade Macuco indica a posição correta a oeste do limite do PERD e, portanto, longe da influência do Rio Doce.

O universo amostral dos parâmetros hidroquímicos disponíveis não permite a elaboração de estatística descritiva ou análise de tendência. Numa caracterização primária pode-se destacar o pH numa faixa próxima de neutro, dureza indicativa de águas brandas e concentrações de Ferro, mais elevadas nos poços de Ipaba-MG, provavelmente de origem natural.

Os poços apresentados na Tabela 8 já constam no levantamento elaborado por MPF (2017a), onde foram selecionados um total de 26 poços de interesse em Minas Gerais. Destes, apenas 13 poços apresentam informações completas e análise químicas. Os demais poços selecionados por MPF (2017a) estão distantes da área de estudo, localizados nos municípios mineiros de Barra Longa (± 90 km à montante); Santa Cruz do Escalvado (± 70 km à montante); Fernandes Tourinho (± 50 km à jusante), Tumiritinga (± 130 km à jusante) e Resplendor (± 189 km à jusante).

4.1.5. 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.

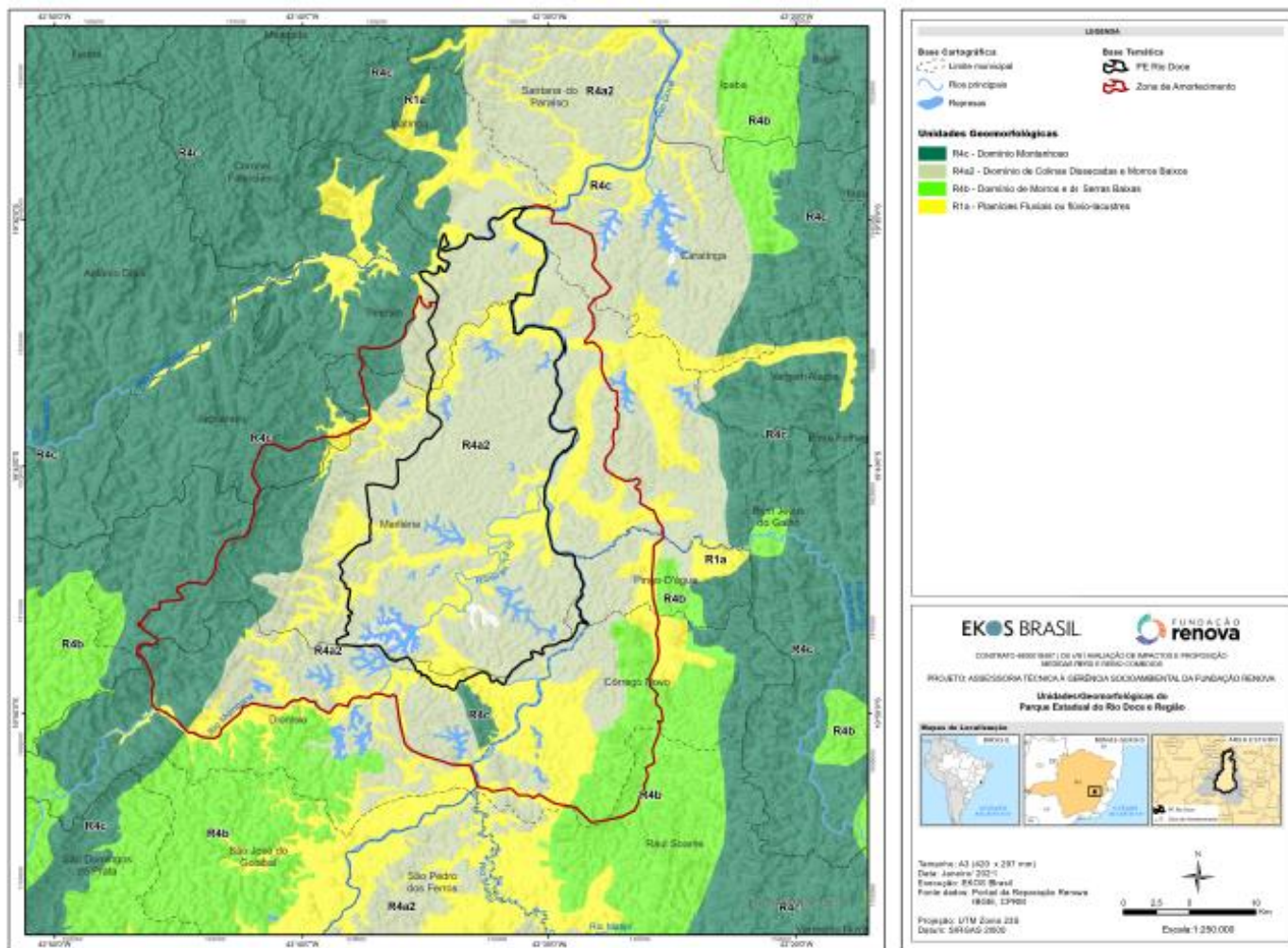
No contexto regional, a área de estudo insere-se no compartimento de relevo Depressão do Rio Doce, uma vasta área rebaixada, com altimetria média em torno de 450 a 1.000 m, situada ao longo do vale do Rio Doce e de seus tributários. Caracteriza-se por um relevo de colinas, interflúvios tabulares e vales colmatados, resultantes da dissecação fluvial de superfícies aplainadas em áreas de embasamento cristalino. Em seu trecho médio, a depressão apresenta um nítido condicionamento estrutural, resultante de movimentos epirogenéticos pós-cretácicos (IGA, 1984).

COELHO (2017), define a Depressão Interplanáltica Alto-Médio Doce como uma unidade extremamente alongada que abrange o vale central do rio Doce desde o município de Timóteo-MG, parte do vale do Itambacuri (MG), até Linhares-ES, cobrindo uma área próxima de 10% da bacia. Constitui-se, basicamente, de uma área rebaixada e dissecada muito bem marcada por desníveis altimétricos abruptos, resultantes do entalhamento da rede de drenagens nos segmentos aplainados que conformam os Planaltos do Sul e Leste de Minas. Junto ao canal principal, as altitudes são inferiores a 250 m, decrescendo, gradualmente, em direção a jusante, caracterizada por vales colmatados, rampas de colúvios e lagos de barragem natural a exemplo da região dos lagos do PERD. Há também a ocorrência de colinas niveladas com altitudes entre 300-450 m em ambos os lados do canal principal.

Em CPRM (Machado e Silva, 2010) o Estado de Minas Gerais é compartimentado em grandes domínios geomorfológicos, baseado no processo atuante (agração ou denudação) e nos litotipos presentes. A partir da interpretação de imagens, os domínios geomorfológicos definidos foram subdivididos em diferentes padrões de relevo.

Na área de estudo ocorre o domínio das unidades agradacionais e o das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares. No domínio agradacional, o padrão de relevo é de planícies fluviais ou fluvio-lacustres (R1a). No domínio das unidades denudacionais, estão presentes os padrões de relevo de colinas dissecadas e morros baixos (R4a2), morros e de serras baixas (R4b) e montanhoso (R4c) (Mapa 6).

Mapa 6. Unidades Geomorfológicas do Parque Estadual do Rio Doce e Região.



O PERD se insere integralmente no padrão de relevo de colinas dissecadas e morros baixos (R4a2), formado por colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Exibem amplitude de relevo que varia de 30 a 80 m e inclinação de vertentes de 5-20° e o sistema de drenagem principal tem deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

Na porção oeste (envolvendo o limite da ZA), e na porção leste, ocorre o padrão montanhoso (R4c), representado por formas muito acidentadas, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Em geral apresentam amplitude de relevo acima de 300 m, inclinações de vertentes variam entre 25-45°, com possível ocorrência de paredões rochosos subverticais. No relevo da porção oeste se destacam altitudes acima de 1.100 m. Com vistas para o PERD, o mirante do pico do Jacroá em Marliéria-MG está na cota aproximada de 880 m.

Na porção sul, à margem das planícies fluviais está o padrão de relevo de morros e de serras baixas (R4b) que correspondem a morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados ou aguçados. Também se inserem nessa unidade morros de topo tabular e de topos planos. Exibem amplitude de relevo que varia de 80 a 200 m e inclinação das vertentes entre 15-35°. Esse padrão de relevo apresenta sistema de drenagem principal com planícies aluviais restritas.

Associados aos rios principais da região, está o padrão de relevo de planícies fluviais ou fluviolacustres (R1a) formadas por planícies de inundação e baixadas inundáveis. São zonas de acumulação atual, sub-horizontais, compostas por depósitos areno argilosos a argilo arenosos. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. São terrenos periodicamente inundáveis, mal drenados nas planícies de inundação e bem drenados nos terraços. Exibem amplitude de relevo nula (zero) e inclinação das vertentes variando entre 0-3°.

Destaca-se na morfologia local a presença do chamado "sistema lagunar do médio Rio Doce", objeto de estudo de dezenas de trabalhos científicos envolvendo aspectos de origem e evolução ligado a processos morfoclimáticos e a atividades neotectônicas.

Em trabalho precursor sobre os lagos, PFLUG (1969) define dentre as unidades morfológicas, os terraços de acumulação 20 m acima do leito do Rio Doce e lagos encaixados nos antigos vales barrados pelos terraços de acumulação. Barbosa e Kohler (1981), estudando a tipologia dos lagos do PERD conclui que a maior parte dos lagos não está ligada ao leito ou regimes atuais do Rio Doce, não sendo classificáveis como lagos de planície aluvial. Os lagos localizados nas margens do Rio Doce, apresentam uma desembocadura (dreno) sendo submetidos as oscilações do regime do rio principal e assim menos suscetíveis a processos de colmatção.

4.1.6. Geomorfologia fluvial

Dois cursos d'água importantes delimitam o PERD a norte e a leste. São eles o rio Piracicaba a norte, com área de contribuição de 5.682 km² até a sua foz no rio Doce e este, a leste, com área de contribuição de 17.571 km² para o exutório da área de contribuição junto a sua confluência com o rio Piracicaba.

Sob a perspectiva da morfologia fluvial interessam ao presente estudo as características morfológicas da calha do rio Doce, canal principal e planície de inundação, bem como as áreas de confluência com seus tributários no trecho em que esse curso d'água margeia o PERD. Esse foco é justificado pelo fato de que o trânsito da pluma de rejeitos proveniente da barragem de Fundão, após ruptura, caracterizou-se por uma

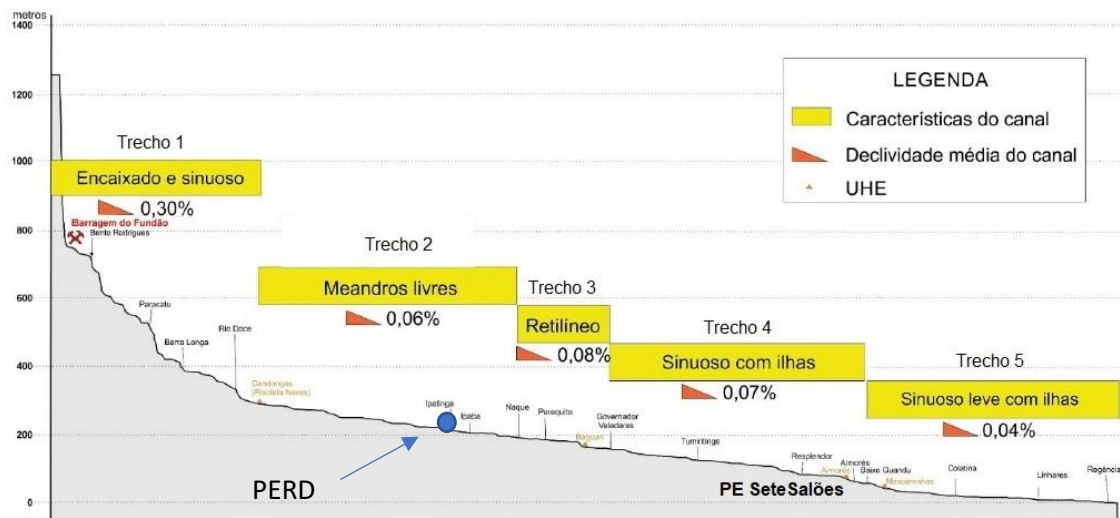
onda de cheia com elevada turbidez, conforme descrito em CPRM/ANA (2015a; 2015b), que atingiu as calhas e planícies fluviais do córrego Santarém, rios Gualaxo do Norte e Carmo e, em seguida, o rio Doce até sua foz no oceano Atlântico. O trânsito da pluma de rejeitos no rio Doce pode ter resultado em processos de deposição e ressuspensão de rejeitos bem como erosão da calha no trecho do rio Doce que margeia o PERD à leste.

Saadi e Campos (2015), em um estudo de base geomorfológica do contexto e das consequências da ruptura da barragem de Fundão, ao percorrerem a bacia do rio Doce de oeste para leste, distinguem 5 compartimentos geomorfo-estruturais a partir de relações entre unidades litoestruturais e a rede hidrográfica da bacia. O compartimento que contém o PERD é limitado, a montante, pela confluência entre os rios Carmo e Piranga, e a jusante, junto a Governador Valadares, onde a calha do rio Doce muda de uma orientação predominante sudoeste-nordeste para leste, em direção ao oceano Atlântico. Esse compartimento é caracterizado por altitudes entre 350 m, a montante, e 170 m, a jusante, em uma extensão de aproximadamente 50 km, com morfologia aplainada como resultado combinado de um abatimento tectônico cenozoico e dos processos de erosão e deposição de sedimentos casados pela dinâmica fluvial do rio Doce. Trata-se de uma depressão interplanáltica com substrato geológico constituído por granitos paleoproterozóicos do Complexo Piedade (Saadi e Campos, 2015).

Em sua análise morfológica local, os autores dividem o trecho percorrido pela pluma de rejeitos em 15 unidades geomorfopedológicas, sendo a unidade 7, denominada “Depressão dos Lagos do médio Rio Doce”, aquela onde localiza-se o PERD (Figura 11). Nessa unidade, predominam colinas baixas cercando lagos e planícies aluviais. Sua litologia é caracterizada por rochas ígneo-metamórficas sobrepostas sobre sedimentos fluviolacustres. Predominam os solos de tipo Latossolos Amarelos Distróficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroférricos e Cambissolos Hápticos Tb Distróficos.

A análise morfodinâmica do trecho do rio Doce delimitado a montante pela UHE Risoleta Neves e a jusante pela confluência com o rio Santo Antônio, com aproximadamente 147 km de extensão, e largura do canal principal entre 70 e 300 m, indica, como fato relevante para a dinâmica de sedimentos, a significativa redução da declividade média em relação ao trecho de montante, 0,30% contra 0,06% no trecho em foco. A morfodinâmica do canal desenvolve-se em meandros livres em partes do trajeto, em meio a um fundo de vale plano com planícies marginais largas e terraços baixos. Os autores ressaltam as características do trecho como de retenção sedimentar, com a ocorrência de barras frequentes de areia nas bordas do canal fluvial e ilhas consolidadas de origem sedimentar. O trecho é também caracterizado por barramentos naturais (soleiras) seguidos por cachoeiras e corredeiras tais como a Cachoeira dos Óculos, junto à qual há uma estação de monitoramento fluviométrico operada pela CPRM, e, ao longo dos limites do PERD, as corredeiras de Ponte Queimada, no município de Marliéria, e de Sant’Ana, no distrito de Bom Jesus do Galho (Saadi e Campos, 2015).

Figura 11. Perfil longitudinal do canal do Rio Doce, características gerais e localização (relativa) da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Saadi e Campos (2015).

Algumas das morfologias citadas (zonas de confluência e feições fluviais) podem ser observadas na área de estudo a partir de imagens de satélite obtidas pelo programa Google Earth (Figuras 12 a 15).

Figura 12. Trecho do Rio Doce no extremo sul do PERD: Cachoeira dos Óculos e localização da seção de réguas da estação fluviométrica da CPRM, de mesmo nome



Fonte: Google Earth (2020)

A Figura 12 ilustra um trecho com meandro hidráulico controlado por um afloramento de rocha que exerce sobre o escoamento efeitos de soleira e de estreitamento da seção do canal levando a uma transição de regime subcrítico, a montante, a supercrítico (corredeira), a jusante, a Cachoeira dos Óculos. O afloramento de rocha produz um efeito de remanso no escoamento e define com precisão a relação cota-descarga nesse trecho o que justifica a sua escolha para o monitoramento fluviométrico.

Logo a jusante de Cachoeira dos Óculos (Figura 13) nota-se uma sequência de dois outros afloramentos de rocha que exercem igualmente controle hidráulico sobre os escoamentos. Esses afloramentos de rocha e corredeiras são identificados por Saadi e Campos (2015) como falhas que segmentam a depressão neotectônica. Nota-se a formação de barras de areia predominantemente junto às margens que resultam do efeito de remanso causado pelos controles hidráulicos.

Na Figura 13, margem esquerda do rio Doce, observa-se uma pequena área do PERD podendo-se identificar as formações lacustres que se originam de antigas drenagens afogadas.

A Figura 14 ilustra um trecho meandrado do rio Doce junto ao PERD (margem esquerda) com formação de ilhas consolidadas. A Figura 15 mostra a confluência entre os rios Doce e Piracicaba onde igualmente nota-se a formação de barras de areia associadas à dinâmica da confluência.

Figura 13. Trecho do Rio Doce: Cachoeira dos Óculos e controles hidráulicos situados logo a jusante.



Fonte: Google Earth (2020)

Figura 14. Trecho do Rio Doce: meandros e ilhas consolidadas.



Fonte: Google Earth (2020)

Figura 15. Confluência entre os rios Doce e Piracicaba.



Fonte: Google Earth (2020)

As feições ilustradas pelas Figuras 12 a 15 indicam trechos fluviais onde controles hidráulicos e outras singularidades (ilhas, confluências, barras) podem levar à deposição de sedimentos e podem ter resultado também na deposição de rejeitos de minério provenientes da barragem de Fundão, após a sua ruptura.

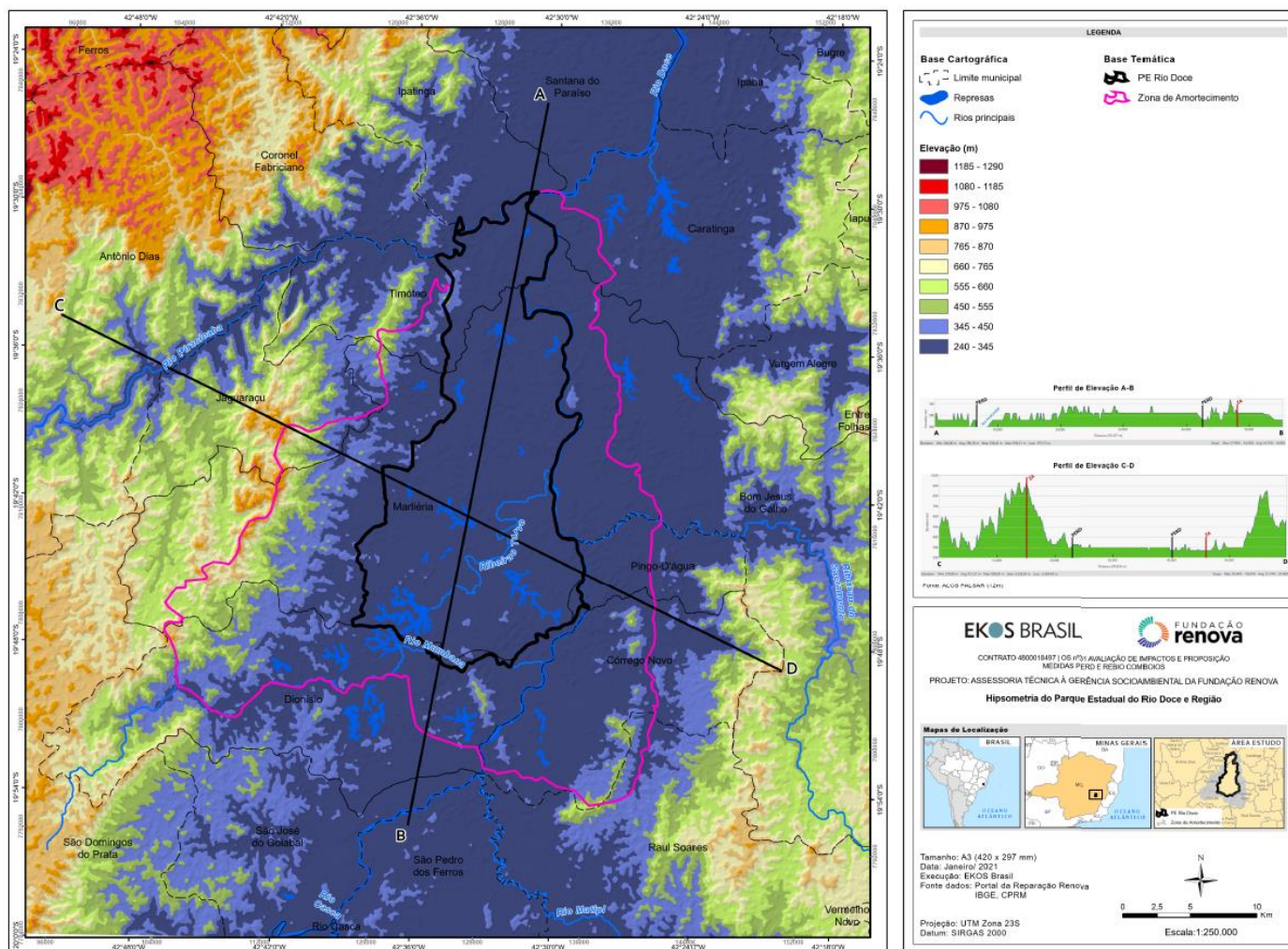
Relações empíricas de parâmetros morfológicos da calha do rio, tais como profundidade do escoamento e largura da seção transversal para a vazão de margens plenas e a declividade do canal, e hidráulicos, como o número de Froude, permitem prever as características morfológicas do curso d'água (e.g.: BRIDGE, 2003). Para o caso do rio Doce, considerando-se tais características tomadas junto à estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos, com vazão de margens plenas estimada em 1.000 m³/s, largura da superfície livre de 150 m, profundidade de 6,0 m, declividade de 0,06%, velocidade média do escoamento estimada em 1,10 m/s e número de Froude em 0,14 (escoamento subcrítico), conforme descrito no tópico sobre hidrossedimentologia, confirmam-se as feições de meandros livres identificadas por meio das imagens de satélite.

A análise dos Mapas 7 (hipsométrico) e 8 (clinográfico) permite, inicialmente, identificar com clareza a planície interplanáltica, conformação resultante de um abatimento tectônico e de processos de erosão e deposição de sedimentos oriundos da dinâmica fluvial do rio Doce, conforme discutido por Saadi e Campos, 2015. Tendo em conta a definição da base de dados para a elaboração dos dois Mapas, é possível observar que no trecho que se localiza o PERD, a planície apresenta uma largura de cerca de 25 km, com altitudes entre 240 e 345 m, sendo 240 m a altitude aproximada do leito maior do rio Doce junto à confluência com o rio Piracicaba. A área do PERD tem suas cotas mais baixas no entorno de 265 m, ao norte, próximo à confluência entre os dois rios, e 300 m ao sul, com um desnível para o leito maior do rio Doce da ordem de 25 m em toda a extensão do limite leste do parque. Essa informação sugere que eventuais extravasamentos

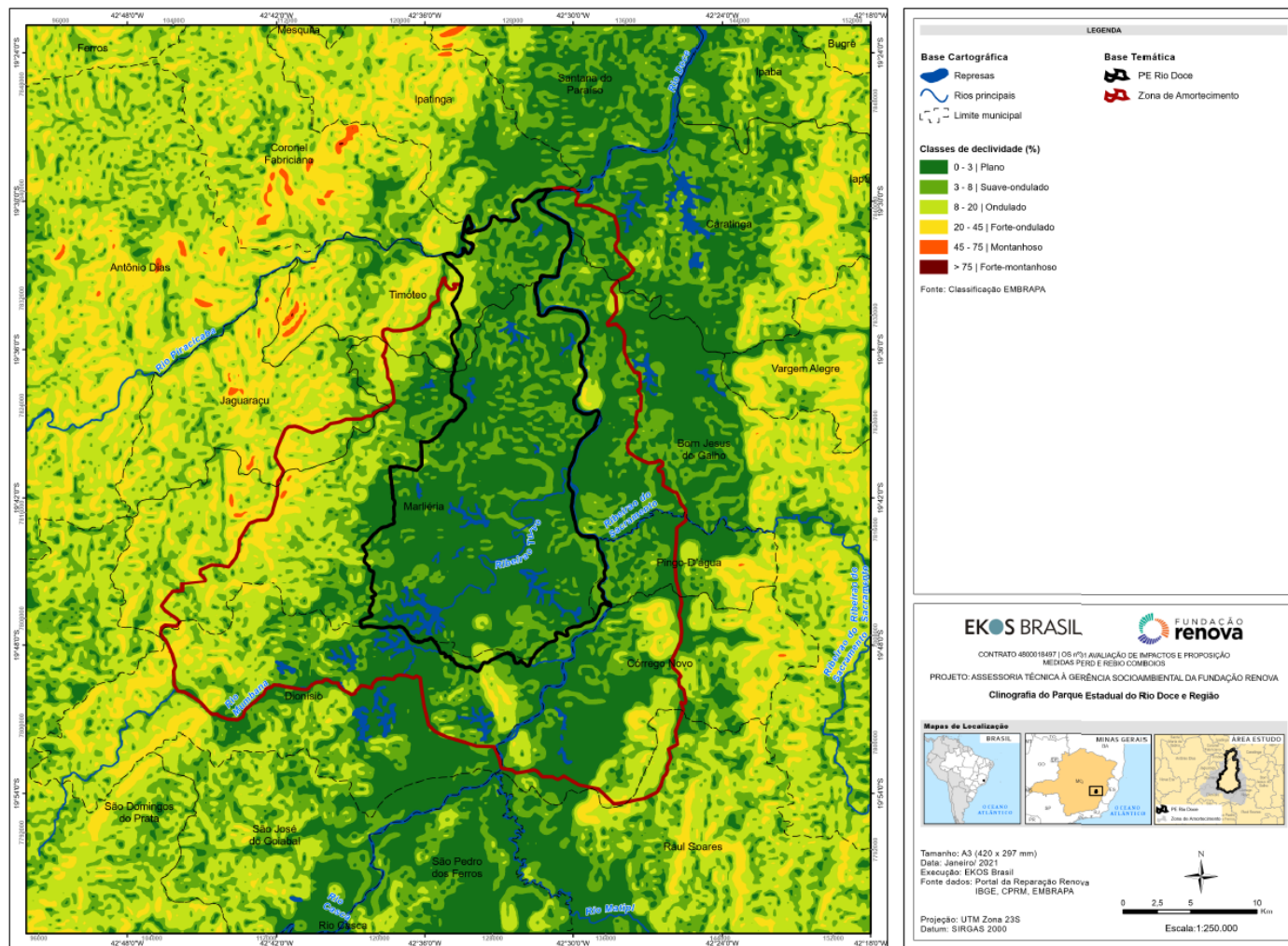
de escoamento no rio Doce não atingem os lagos do PERD por conexão superficial, uma das questões importantes para a avaliação de impactos do trânsito da pluma de rejeitos pelo vale do Rio Doce.

O Mapa 8, de declividades, confirma as características da planície interplanáltica mencionada. A área do PERD e grande parte da Zona de Amortecimento (ZA) encontram-se nessa planície, à exceção de parte da ZA, a sudoeste, que atinge, no seu limite, o divisor de águas entre os rios Doce e Piracicaba em altitudes da ordem de 900 m. O PERD é caracterizado por terrenos planos a suavemente ondulados, com declividades entre 0 e 8%, domínio de colinas dissecadas e morros baixos, na interpretação geomorfológica. Ao longo do rio Doce, nos limites do parque, notam-se igualmente terraços de baixa declividade. Como mencionado, áreas da ZA a sudoeste podem atingir declividades forte onduladas, entre 20% e 40%.

Mapa 7. Hipsometria do Parque Estadual do Rio Doce e Região.



Mapa 8. Clinografia do Parque Estadual do Rio Doce e Região.



4.1.7. Hidrossedimentologia

Para as análises hidrossedimentológicas utilizaram-se as informações monitoradas nas estações fluviométricas mais próximas à área em estudo, listadas previamente na Tabela 7. Na sequência, estão apresentadas as vazões diárias (mínimas, médias e máximas) calculadas a partir do histórico de monitoramento dessas estações. Destacam-se as séries temporais de vazões diárias nos cinco anos anteriores ao rompimento da Barragem de Fundão (Figuras 16 e 17).

Figura 16. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos, localizada à montante do PERD. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, e 2014/2015.

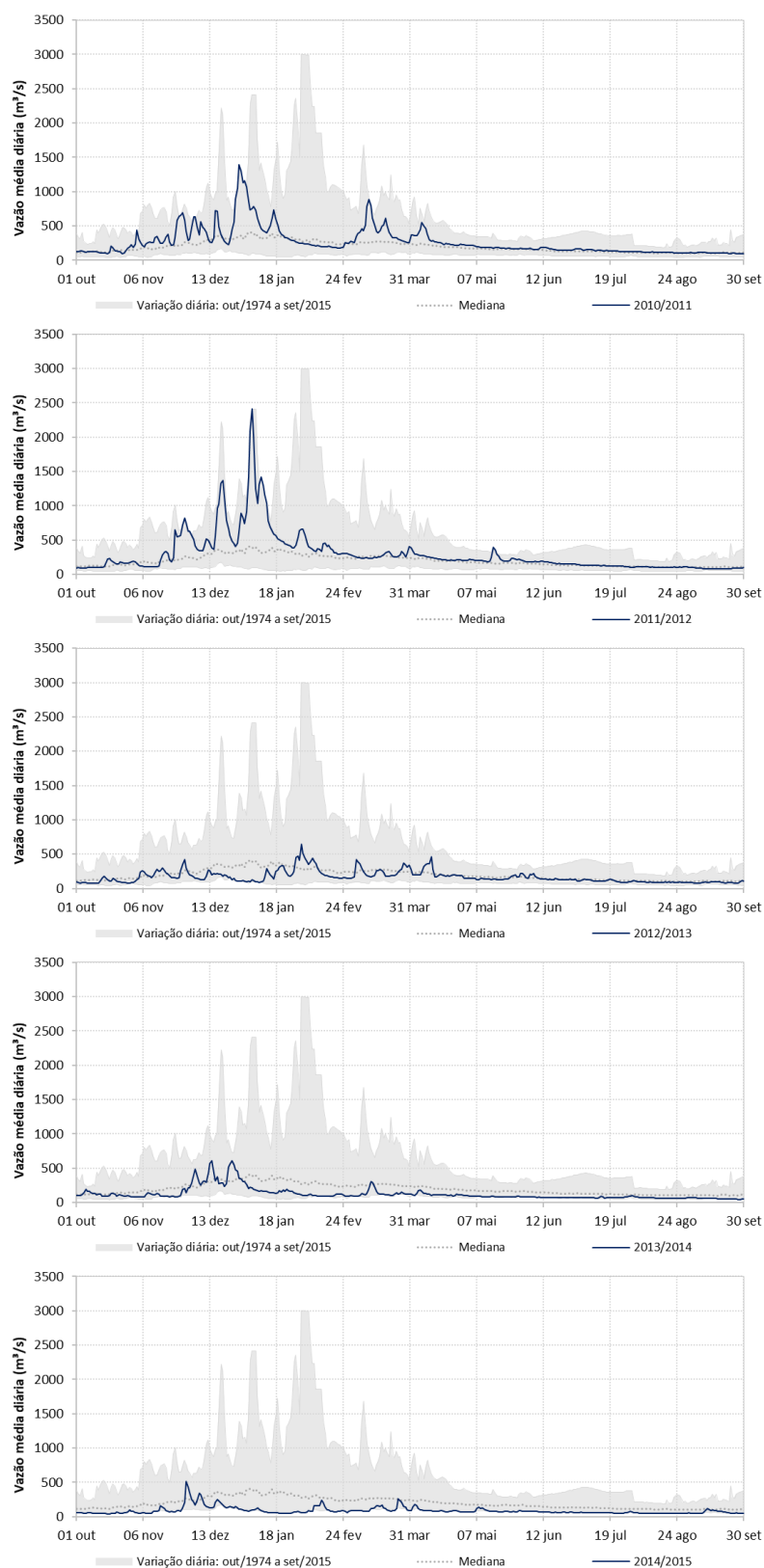
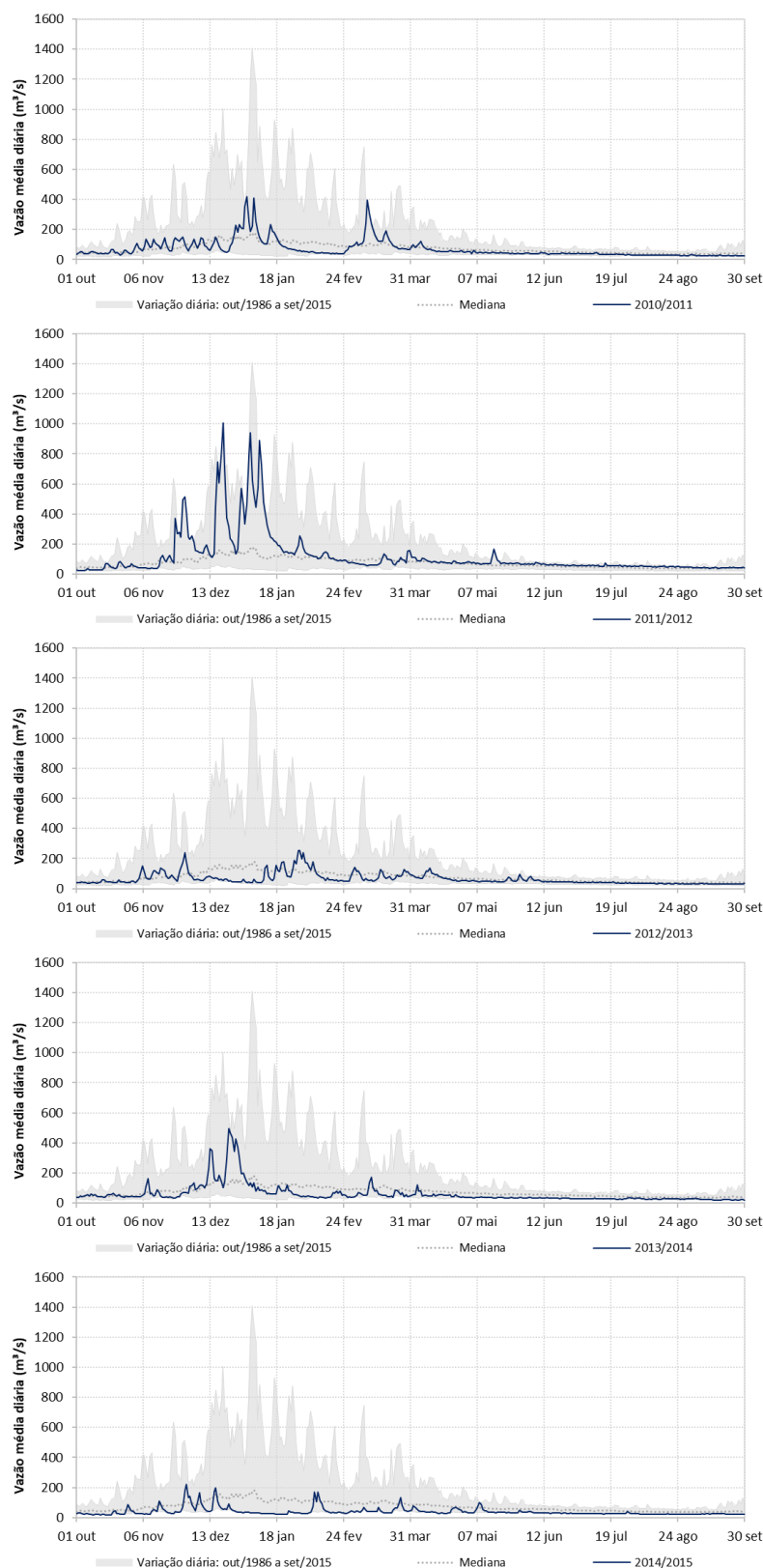


Figura 17. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Mário de Carvalho, localizada no rio Piracicaba, cuja confluência com o rio Doce delimita o PERD ao norte. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, e 2014/2015.



Os dados de monitoramento de longo prazo nos rios Doce e Piracicaba, nas estações fluviométricas em análise, mostram respostas semelhantes à cronologia de precipitações, com as maiores vazões ocorrendo entre início de dezembro e final de fevereiro, observando-se registros máximos da ordem de 3.000 m³/s em Cachoeira dos Óculos e 1400 m³/s em Mário de Carvalho. Da mesma forma, a partir de abril observa-se uma longa recessão que se prolonga até o final do ano hidrológico, em setembro. Esse comportamento dos hidrogramas observados nas estações de monitoramento justificam a identificação dos períodos úmido (outubro a março) e seco (abril a setembro) no presente estudo.

Por outro lado, à exceção do ano hidrológico 2011-2012 em que se observam vazões mais elevadas durante os meses de verão, os demais anos que precedem o evento de ruptura da barragem de Fundão são característicos de anos secos, com vazões máximas inferiores a 500 m³/s em Cachoeira dos Óculos e 400 m³/s em Mário de Carvalho. No caso de Cachoeira dos Óculos, as vazões permaneceram inferiores à vazão de margem plenas. Para o período posterior à 2ª quinzena de março de 2014, as vazões observadas são próximas às mínimas registradas nessas estações.

As Figuras 18 e 19 trazem as curvas de permanência de vazões para as duas estações fluviométricas em análise. As curvas de permanência informam sobre o percentual de tempo para a série temporal em análise durante o qual as vazões permanecem iguais ou superiores a uma vazão de referência. Além de caracterizarem a disponibilidade hídrica em uma dada estação elas são aqui utilizadas para indicar a permanência de vazões superiores às de margens plenas.

Figura 18. Curva de permanência associada à estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD.

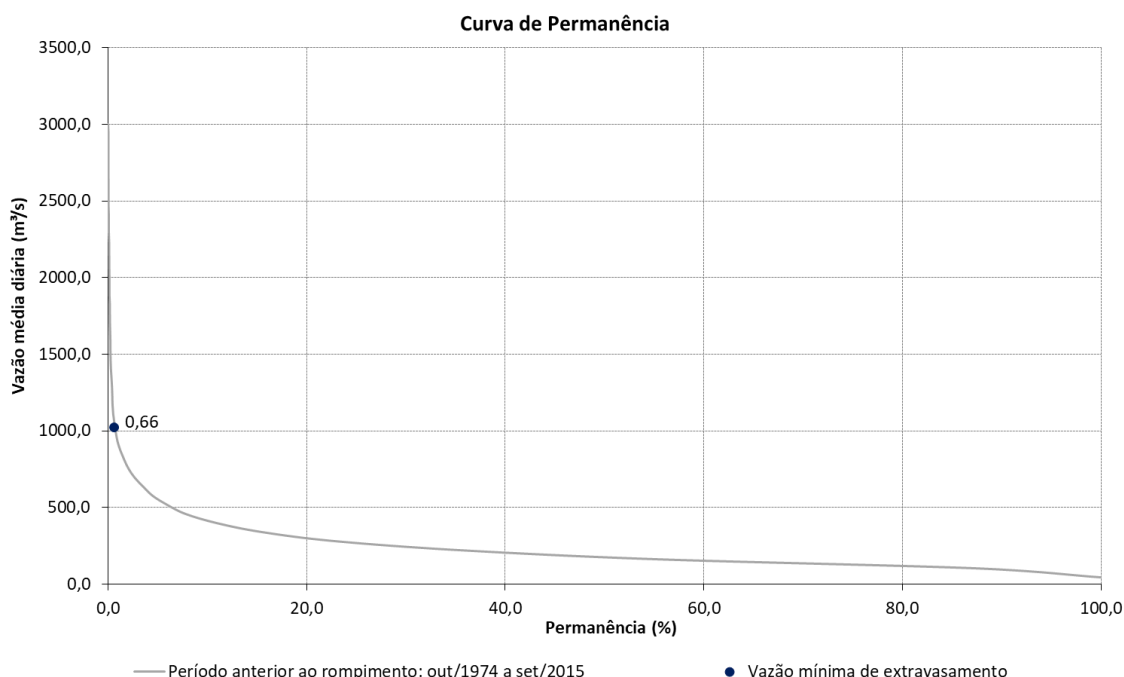
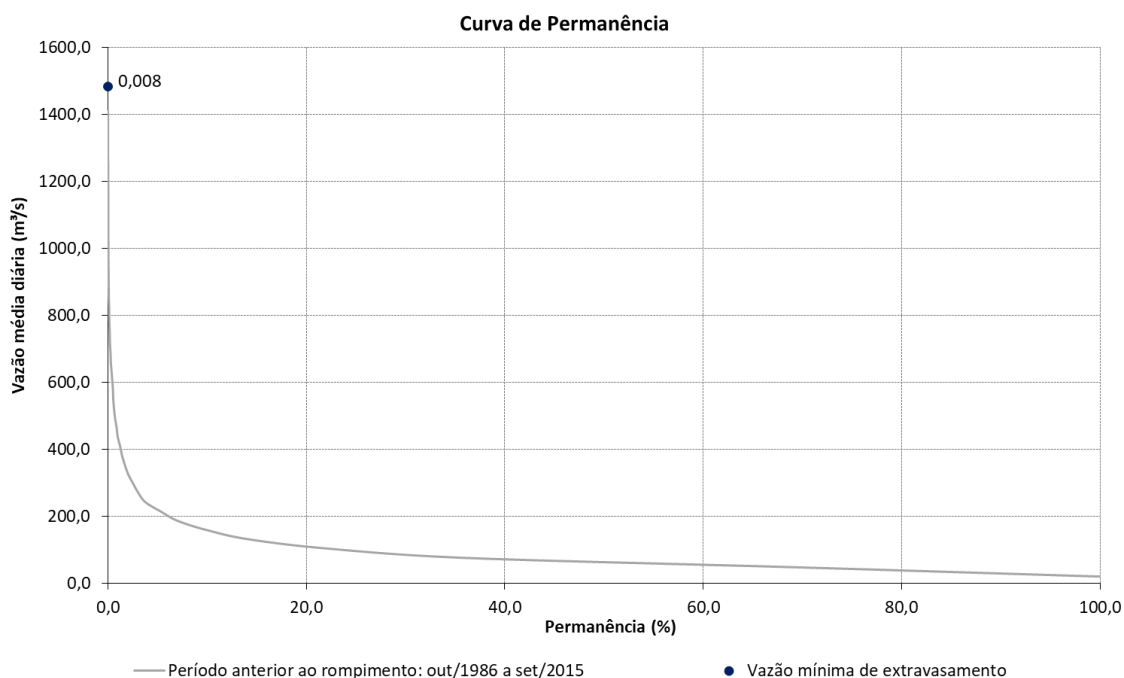


Figura 19. Curva de permanência associada à estação fluviométrica Mário de Carvalho no rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD.



Como esperado, as curvas de permanência no rio Doce em Cachoeira dos Óculos e no rio Piracicaba em Mário Campos mostram-se semelhantes, embora o período coberto por ambas não seja exatamente o mesmo. Para o ano hidrológico que precede o evento de ruptura da barragem de Fundão, a maior vazão observada em Cachoeira do Óculos tem permanência da ordem de 8%. No caso de Mário de Carvalho, ocorre o mesmo para a maior vazão observada no mesmo período.

As Figuras 20 e 21 trazem os perfis das seções transversais de medição de descarga líquida levantados nas duas estações fluviométricas com destaque para o perfil do leito levantado durante a última medição de descarga líquida que precede o trânsito da pluma de rejeitos proveniente da barragem de Fundão. Esses perfis são utilizados para auxiliar na avaliação dos seguintes aspectos do comportamento das calhas fluviais dos dois cursos d'água: (i) identificar processos de erosão e de deposição de sedimentos ao longo do tempo; (ii) estimar o valor da vazão de margens plenas e, com o auxílio das curvas de permanência, identificar a permanência de escoamentos que ocupam a planície de inundações e (iii) contribuir para interpretar flutuações na curva-chave das seções em análise.

De maneira geral, os perfis mostram flutuações no leito de ambos os cursos d'água e margens relativamente estáveis, ainda que no caso do rio Piracicaba notem-se variações maiores também em suas margens. Os perfis sugerem processos de erosão e deposição de sedimentos típicos de leitos de cursos d'água aluvionares causados pelas variações de vazão ao longo do tempo.

Deve-se ressaltar que esse tipo de análise é condicionado pela escolha da seção de medição pelos hidrometristas ao longo do tempo por razões ligadas à segurança da medição e eventuais ocorrências excepcionais como um desbarrancamento de margem, uma obstrução da seção, e outros. Nos casos em foco, sabe-se que:

- Cachoeira dos Óculos: Os levantamentos até junho de 2012 foram realizados na seção da medição; os levantamentos posteriores à essa data foram realizados na seção de régua.
- Mário de Carvalho: os levantamentos até julho de 2011 foram realizados na seção da medição. Os levantamentos posteriores à essa data foram realizados na seção de régua.

Nas Figuras 22 e 23, mostram-se as curvas cota-descarga para as estações fluviométricas aqui consideradas

Figura 20. Perfis transversais associados às estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD.

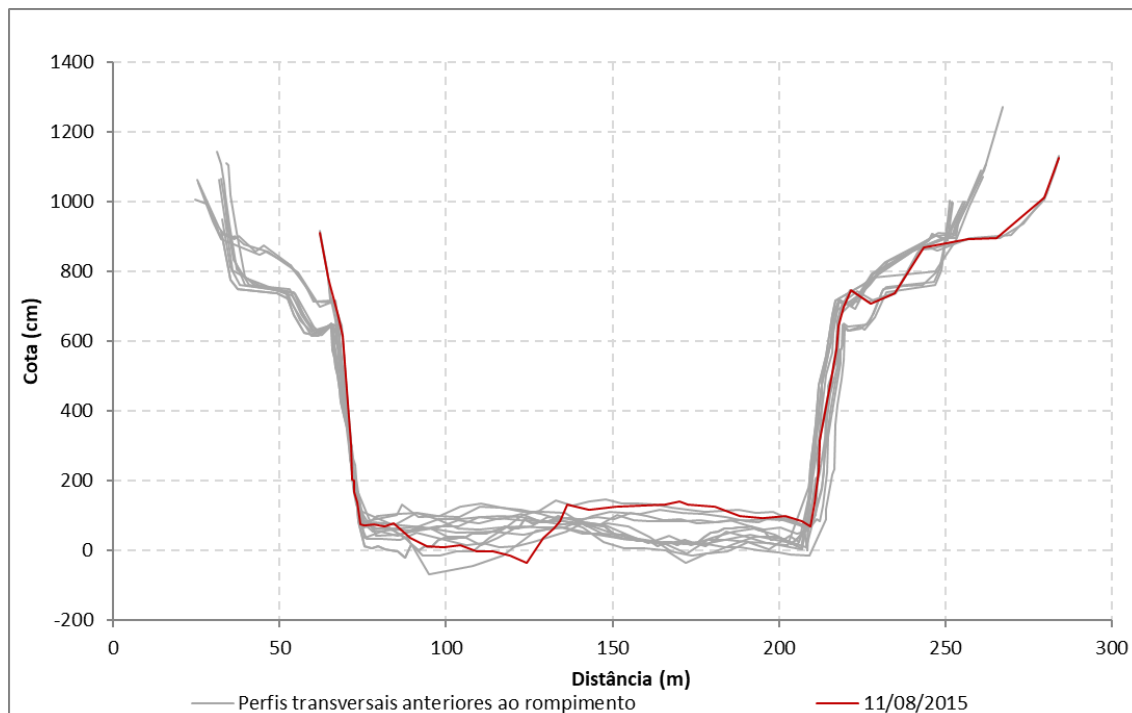


Figura 21. Perfis transversais associados às estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Estação Mário de Carvalho, rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD.

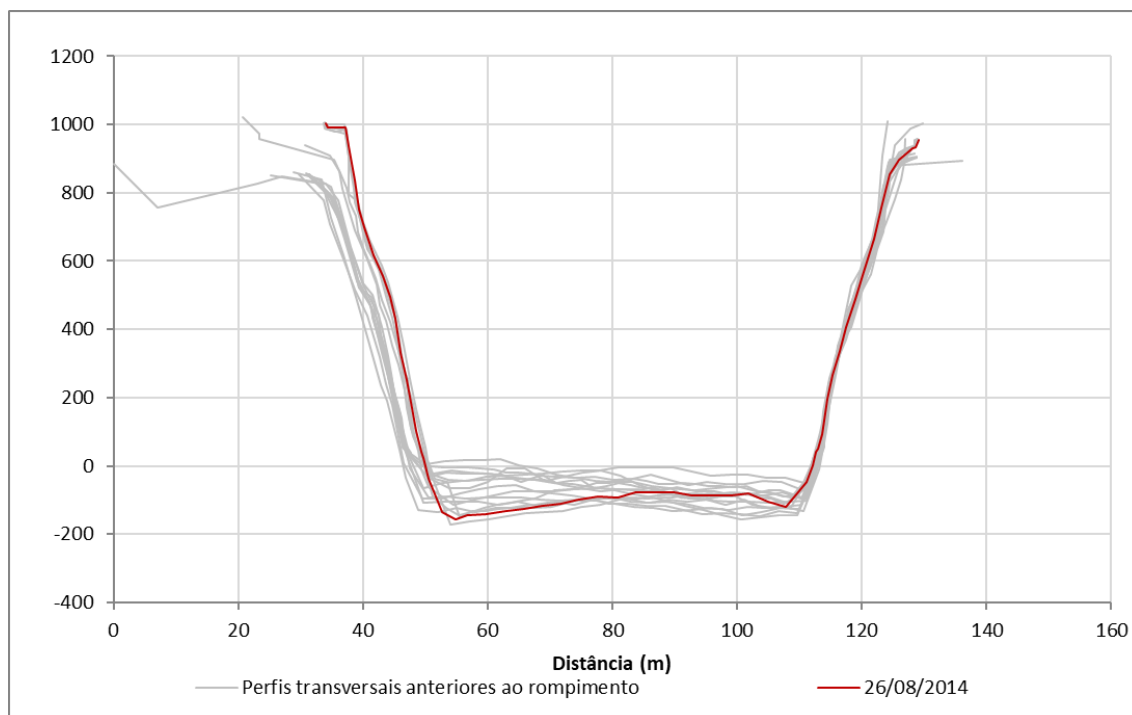


Figura 22. Curvas cota-descarga para as estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Cachoeira dos Óculos, Rio Doce, montante do PERD

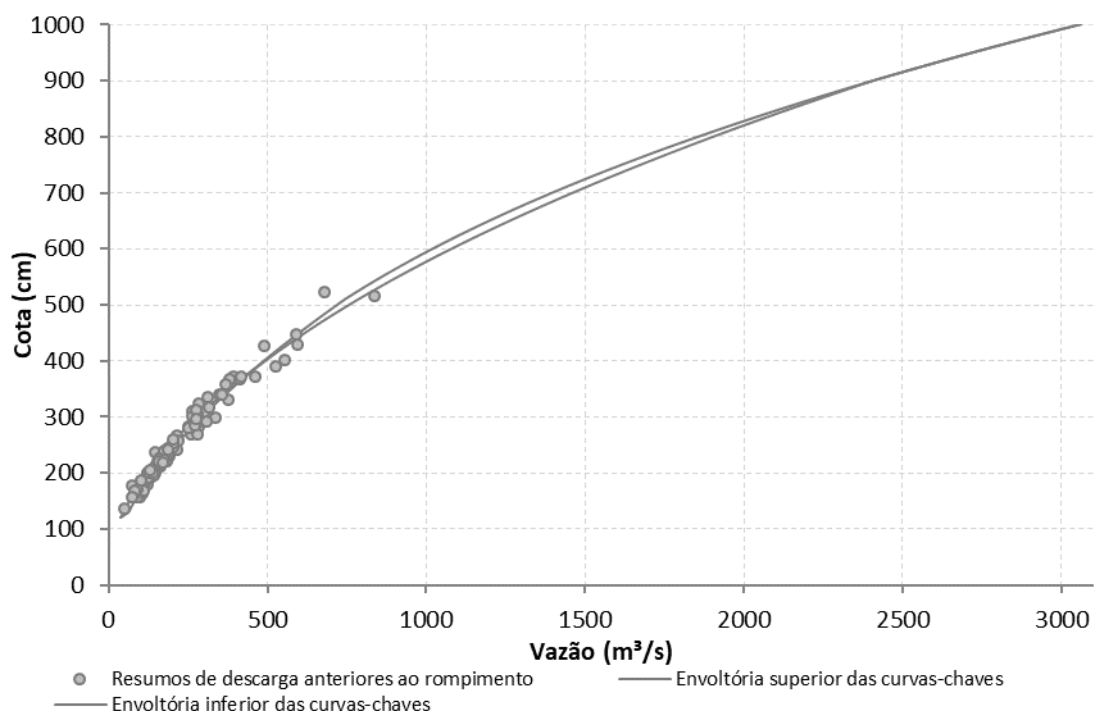
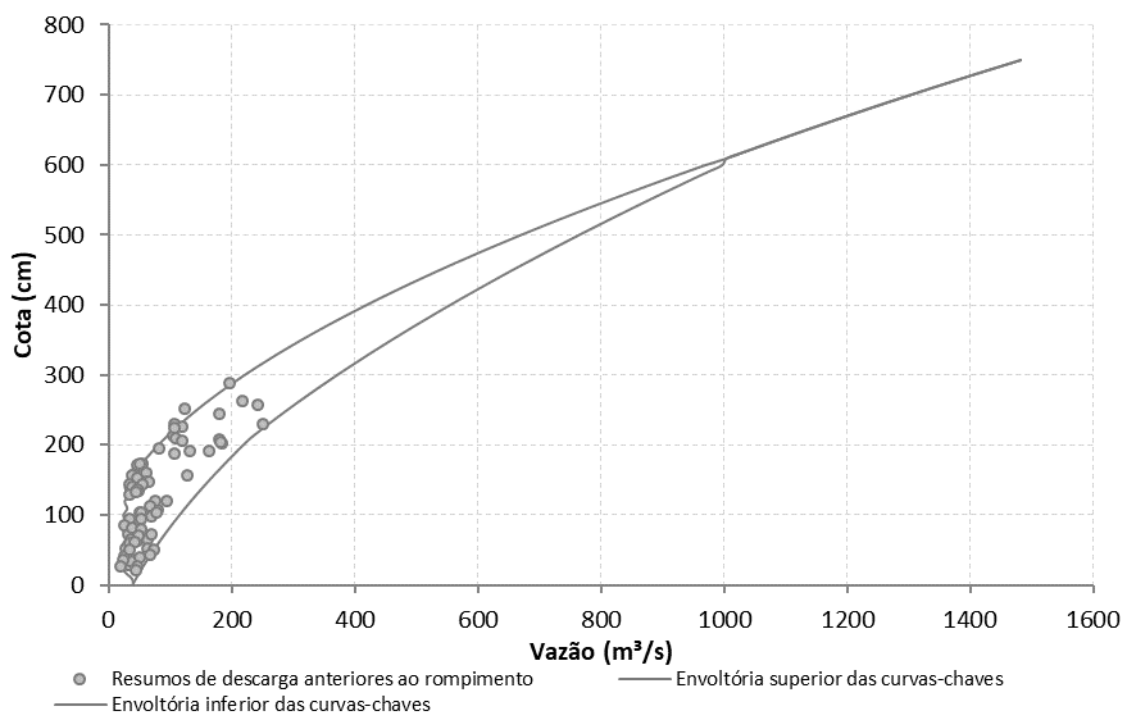


Figura 23. Curvas cota-descarga para as estações fluviométricas localizadas à vizinhança do PERD. Estação Mário de Carvalho, rio Piracicaba (afluente), limite noroeste do PERD



A curva cota-descarga em Cachoeira dos Óculos mostra-se bastante estável ao longo do tempo, resultado da estabilidade do controle hidráulico a jusante, materializado pelo afloramento rochoso no leito do rio Doce.

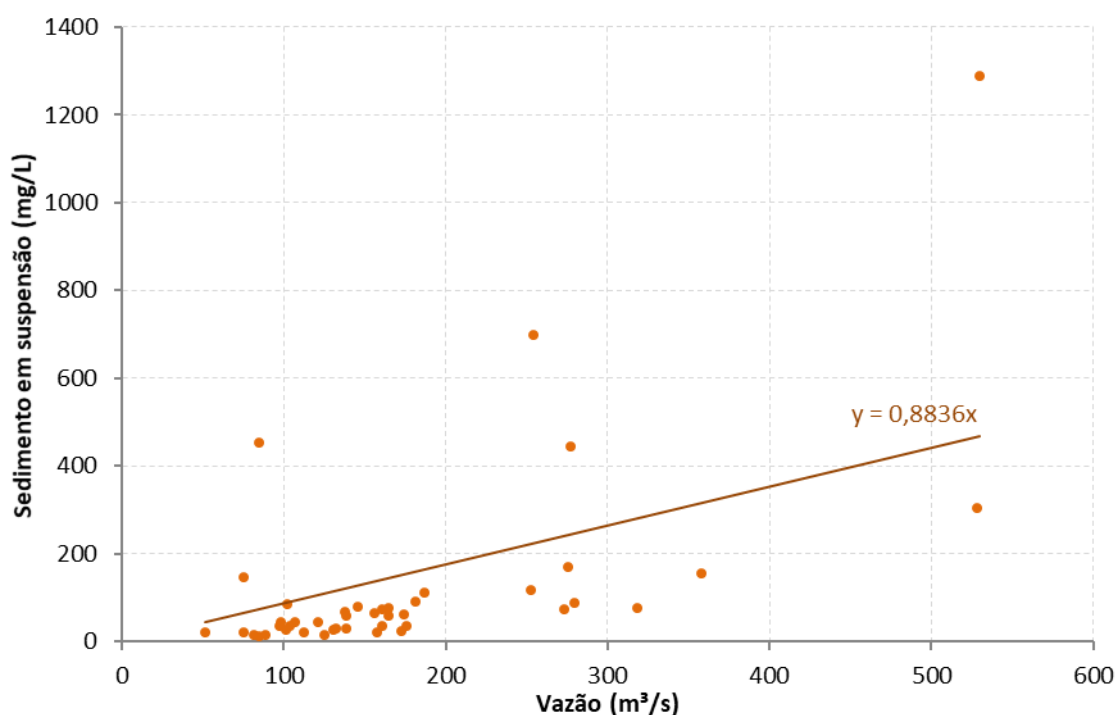
No caso do rio Piracicaba, há uma flutuação maior da curva cota-descarga o que sugere uma mudança de controle hidráulico possivelmente causado por processos de erosão e deposição de sedimentos. As flutuações nos perfis de seções de medição em ambas as estações são semelhantes, porém no rio Piracicaba em Mário de Carvalho não há um controle hidráulico tão bem definido como em Cachoeira dos Órgãos. Outro fator de influência pode ser um impacto sobre a estabilidade da seção causado por um aumento da frequência de variações locais de vazão em razão de áreas urbanas localizadas a montante e muito próximas à estação em foco.

Finalmente, é de se ressaltar sobre as curvas cota-descarga que há uma concentração de medições de descarga em cotas baixas, o que é corrente no monitoramento hidrológico.

Combinando-se os perfis das seções transversais com as curvas cota-descarga e as curvas de permanência, conclui-se que as vazões de margens plenas em Cachoeira dos Óculos e em Mário de Carvalho apresentam pequena permanência. Por meio de análise empírica de frequência das vazões máximas anuais observadas em Cachoeira dos Óculos para o período 1974-2020 estima-se que a vazão de margens plenas nessa estação é atingida ou superada em média uma vez a cada 2 anos (tempo de retorno de 2 anos), o que corresponde ao comportamento de cursos d'água aluvionares, de forma geral, com extravasamentos em média uma vez a cada 2 a 5 anos. A questão é relevante sob a perspectiva da eventual deposição de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão nas áreas ribeirinhas com a ocorrência de extravasamentos do escoamento para a planície de inundação.

As estações de Cachoeira dos Óculos e de Mário de Carvalho são também sedimentométricas. Entretanto, o número de medições de descarga sólida em suspensão é bastante inferior ao de descarga líquida. As Figuras 24 e 25 contêm as curvas de concentração de sedimentos em suspensão e de descarga líquida medidas simultaneamente nessas estações até o ano hidrológico 2014-2015, ou seja, não incluindo medições feitas após a ruptura da barragem de Fundão.

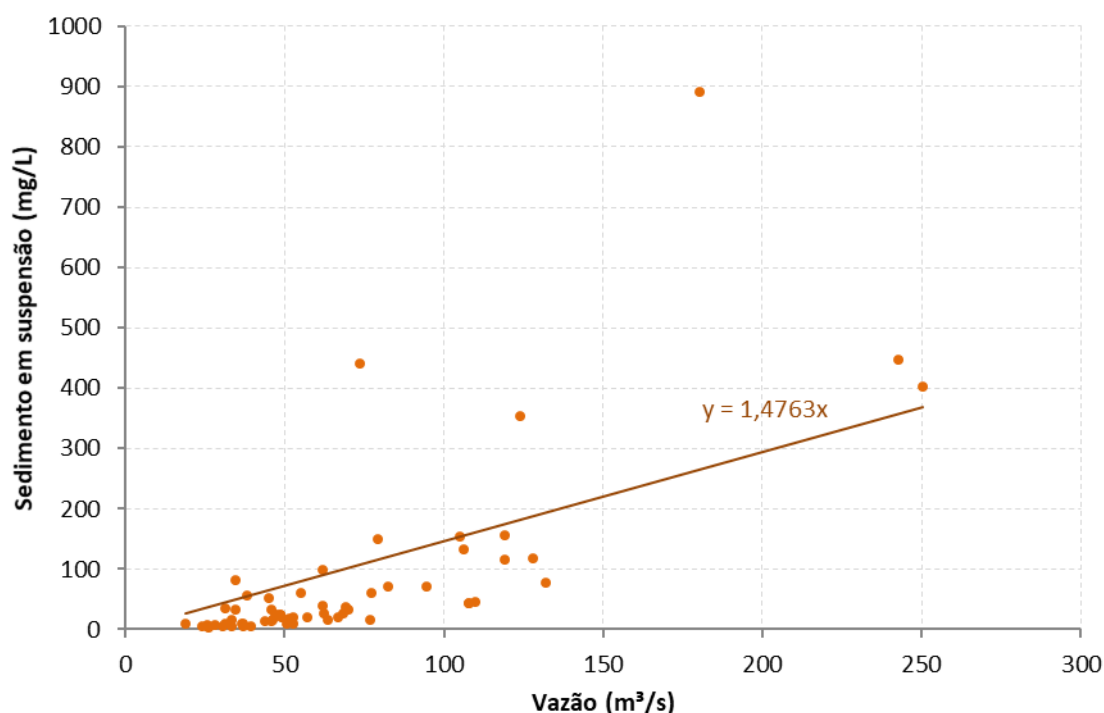
Figura 24. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.



A maior parte das medições, em ambas as estações, foi realizada para vazões baixas, de tempos de retorno da ordem de 1 ano ou inferiores. Isso é corrente no monitoramento sedimentométrico e sob a perspectiva de uma avaliação de longo prazo das cargas de sedimento produzidas por uma bacia em condições estacionárias de uso do solo não resulta em prejuízo significativo para a análise. Em Cachoeira dos Óculos, a maioria das medições resulta em concentrações de sedimento em suspensão inferiores a 200 mg/L para vazões entre 50 m³/s e 400 m³/s, com alguns valores atingindo mais de 600 mg/l. O maior valor da série de monitoramento é superior a 1.200 mg/l para uma vazão da ordem de 530 m³/s. Essa variabilidade de resultados torna fraco o ajuste da relação entre descarga líquida e concentração de sedimentos em suspensão; o valor do coeficiente de determinação para esse caso, considerando-se um ajuste linear cuja equação é apresentada também na Figura 24, é de $R^2 = 0,34$.

A variabilidade das concentrações de sedimento em suspensão monitoradas no rio Piracicaba, em Mário de Carvalho, é semelhante a Cachoeira dos Óculos. Nesse caso, a faixa de descargas líquidas medidas situa-se entre 50 m³/s e 250 m³/s, com valores mais frequentes de concentração de sedimentos em suspensão inferiores a 200 mg/l, porém com alguns valores no intervalo 400 mg/l a 900 mg/l. O coeficiente de determinação um ajuste linear entre concentração de sedimentos em suspensão e descarga líquida, mostrado na Figura 25, é de $R^2 = 0,43$.

Figura 25. Rio Piracicaba em Mário de Carvalho: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.



De fato, a medição de sedimentos em suspensão é mais complexa, demorada e sujeita a mais incertezas do que a medição de descargas líquidas. Em uma bacia com diversidade de usos do solo como é o caso do Doce, com atividades minerárias e agropecuárias com pouco emprego de técnicas de conservação de solo, a produção de sedimentos é elevada. A interpretação da variabilidade observada nas Figuras 22, 23 e 24, em particular dos valores extremos de concentração de sedimentos requer análises complexas, no espaço e no tempo, de precipitações e vazões e de evolução do uso do solo na bacia. Seria também conveniente avaliar com a equipe de hidrometristas as condições locais das medições que resultaram em concentrações significativamente mais elevadas de concentração de sedimentos em suspensão, um papel que cabe ao operador da rede de monitoramento. Por outro lado, o tratamento de dados sedimentométricos aqui adotado é suficiente para o objetivo de identificação de impactos ambientais causados pela ruptura da barragem de Funil no PERD.

No caso do rio Doce, em Cachoeira dos Óculos, a relação descrita pelas Figuras 24 e 25 entre concentrações de sedimentos em suspensão e descargas líquidas permite estimar a descarga sólida de sedimentos em suspensão específica média em 142,67 t/ano.km², para o período coberto pelos anos hidrológicos 2010-2015 (30/09/2015), ou seja, precedentes à ruptura da barragem de Fundão. Ressalta-se, entretanto, que esse é um valor a avaliar com prudência dada a qualidade do ajuste da relação concentração de sedimentos em suspensão e descarga líquida.

4.1.8. Qualidade da Água Superficial (Entorno do PERD)

Dezesseis anos (2000-2015) de monitoramento de qualidade de água nas Estações Fluviométricas de

Marliéria (RD023) e Timóteo (RD034) pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas permitem o estabelecimento de uma linha de base abrangente para a qualidade da água do Rio Doce e do Rio Piracicaba pré-rompimento da Barragem de Fundão. Esta linha de base pode ser encontrada na Tabela 1 a-f (Rio Doce) e na Tabela 2 a-f (Rio Piracicaba) do Anexo 2. Na apresentação abaixo, para efeitos de simplificação as conformidades ou não-conformidades aos padrões ambientais (CONAMA 2005, COPAM 2008) são reportadas para o conjunto dos valores medidos na estação seca e chuvosa. Figuras mostrando séries temporais completas (i.e., incluindo tanto o período pré- como pós-rompimento) estão incluídos na seção Diagnóstico Pós-Rompimento/ Caracterização das Alterações Pós-Desastre no Meio Físico.

Parâmetros básicos de qualidade de água (Anexo 2. Tabelas 1a e 2a). 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 e 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 do rio Doce. No rio Doce 87% dos valores observados para sólidos suspensos totais, 100% dos valores observados para sólidos dissolvidos totais e 88% dos valores observados para turbidez estiveram dentro dos padrões de qualidade de água para rios de Classe 2 ao longo destes 16 anos (CONAMA 2005, COPAM 2008).

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 e Likens 2000). Não há padrões de qualidade para esta métrica que, no entanto, apresentou valores absolutos moderados a moderadamente baixos no rio Doce.

O oxigênio dissolvido, parâmetro de grande relevância para a atividade biológica, mas também para as reações de oxido-redução, esteve em 100% das observações dentro do padrão CONAMA 357 (i.e., >5 mg/L); na verdade, o 5º. percentil esteve bem acima (=7.2 mg/L) deste valor. Faixas de valores de pH (acidez), alcalinidade (capacidade de neutralização de ácidos) e dureza (concentração de cátions polivalentes, especialmente Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺) são também apresentados. Destes, apenas pH é considerado na Resolução CONAMA; todos os 83 valores medidos estiveram dentro da faixa esperada de 6≤pH≤9.

Uma análise global da distribuição dos valores de parâmetros básicos de qualidade de água registrados no rio Piracicaba (Tabela 2a) indica um padrão similar ao observado no rio Doce (Tabela 1a).

Metais e outros elementos químicos (Anexo 2. Tabelas 1b e 2 b). Metais são elementos químicos de grande relevância para este estudo uma vez que 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 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 e 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 na Tabela 1b. 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). 91% e 81% das amostras de água do Rio Doce analisadas para ferro dissolvido e alumínio dissolvido, respectivamente estiveram dentro dos padrões CONAMA. Por sua vez, mais da metade das amostras de manganês total tomadas antes do rompimento da Barragem de Fundão (59%) violaram os padrões CONAMA.

Entre os metais de mais alta relevância toxicológica (presentes em 3 listas de preocupação prioritária: CEPA 1999, EC 2001 e USEPA 2006), o mercúrio e o cádmio estiveram abaixo do limite de quantificação em todas as 32 amostras. Já as concentrações de chumbo total de cinco das 64 amostras analisadas (8%) violaram os padrões de qualidade CONAMA. 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 estiveram dentro dos padrões CONAMA para cromo total, selênio total, e arsênio total usando o padrão CONAMA mais usual de 0,01 mg/L; não é possível avaliar se as amostras de água atendem aos padrões CONAMA para concentrações de arsênio total em áreas de pesca para consumo intensivo (0,14 ug/L), uma vez que este valor está abaixo do limite de quantificação empregado pelo IGAM (0,30 ug/L). Finalmente, apenas uma amostra em 61 violou os padrões CONAMA para cobre dissolvido (2%).

Uma análise global da distribuição dos valores de concentração de metais e outros elementos químicos registrados no rio Piracicaba (Tabela 2b) indica um padrão similar ao observado no rio Doce (Tabela 1b).

Macronutrientes: séries de nitrogênio, fósforo e potássio (Anexo 2. Tabelas 1c e 2c). 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 são 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 e Alonso 2006, Ilha e Schiesari 2014). Entre 2000 e 2015 nenhuma amostra de nitrito, nitrato ou nitrogênio amoniacal, mas 12 de 83 amostras de fósforo total (14%) violaram os padrões de qualidade de rios de Classe 2 na Estação de Monitoramento Fluviométrico de Marliéria. De acordo com a distribuição de valores de concentração de fósforo o Rio Doce em Marliéria já configurava um corpo d'água eutrófico entre 2000 e 2015 (75% das amostras tiveram concentração de fósforo total superior a 30ug/L, limiar para 'eutrófico' de acordo com Wetzel 2001).

Uma análise global da distribuição dos valores de macronutrientes registrados no rio Piracicaba (Tabela 2c) indica um padrão similar ao observado no rio Doce (Tabela 1c), exceto pelos maiores valores de nitrito e nitrogênio amoniacal (percentis selecionados atingindo valores 2X >) no tributário. O Rio Piracicaba também pode ser classificado como um rio eutrófico (75% das amostras tiveram concentração de fósforo total superior a 40ug/L).

Contaminantes microbiológicos (Anexo 2. Tabelas 1d e 2d). A linha de base para contaminação microbiológica do Rio Doce conforme indicada por coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e estreptococos fecais está disponibilizada na Tabela 1d. Entre 2000 e 2015 o Rio Doce em Marliéria se mostrou contaminado, com 37% das 52 amostras exibindo contagens de coliformes termotolerantes que violam os padrões de qualidade de água do CONAMA para rios de Classe 2. Neste mesmo período o Rio Piracicaba em Timóteo apresentou um quadro muito mais grave: não apenas 88% das amostras exibiram violações dos padrões de qualidade de água do CONAMA para coliformes termotolerantes, mas as medianas das contagens de microrganismos foram lá (Tabela 2d) uma (coliformes

termotolerantes, coliformes totais) ou mesmo duas ordens de grandeza (*E. coli*, estreptococos fecais) superiores às do rio Doce (Tabela 1d).

Contaminantes orgânicos (Anexo 2. Tabelas 1e e 2e). A linha de base para contaminantes orgânicos do Rio Doce conforme indicada por DBO, DQO, fenóis, óleos e substâncias tensoativas está disponibilizada na Tabela 1e. Nota-se que a carga orgânica em Marliéria é relativamente baixa; nenhuma das 83 amostras apresentaram valores de DBO acima do padrão CONAMA de 5 mg/L. O mesmo pode ser dito para o rio Piracicaba em Timóteo (Tabela 2e).

Fitoplâncton (Anexo 2. Tabelas 1f e 2f). Indicadores de biomassa de fitoplâncton (isto é, de algas microscópicas em suspensão), como a clorofila *a* e seu produto de degradação, a feofitina, bem como a contagem de cianobactérias, são apresentados na Tabela 1f para o rio Doce e na Tabela 2f para o rio Piracicaba. Há padrões CONAMA para a concentração de clorofila *a* apenas; nenhuma das 54 (rio Doce) e 37 (rio Piracicaba) amostras excederam este padrão.

Índices de Qualidade de Água. Para uma visão geral da qualidade da água, o IGAM calcula três índices. O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é construído a partir dos parâmetros sólidos totais, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, variação da temperatura, nitratos, fosfato, DBO, coliformes termotolerantes/*E. coli*. O Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) é construído a partir dos parâmetros arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total e zinco total; cianeto livre e fenóis totais; e nitrito, nitrato, e nitrogênio amoniacal total. Finalmente, o Índice de Estado Trófico (IET) é calculado a partir dos parâmetros fósforo total e clorofila *a*. Nos dois anos que precederam o rompimento da Barragem de Fundão (2013, 2014) a estação RD023 no rio Doce em Marliéria apresentava bons índices de IQA ('Bom'), CT ('Baixa') e IET ('ultraoligotrófica a oligotrófica') (IGAM 2015). Já a estação RD034 no rio Piracicaba em Timóteo apresentava índices regulares de IQA ('Médio'), CT ('Baixa') e IET ('oligotrófica a mesotrófica') (IGAM 2015). Note que esta última classificação destoa do critério descrito em Wetzel (2001) para corpos d'água eutróficos (≥ 30 ug/L). Mesmo restringindo nossa análise para 2013/2014 apenas, 8/10 amostras em Marliéria e 5/8 amostras em Timóteo tiveram concentrações de fósforo total ≥ 30 ug/L.

4.1.9. Qualidade da Água Superficial (Interior do PERD)

Ribeirão do Turvo, Ribeirão Mumbaça, Ribeirão Belém, Ribeirão Óculos e Ribeirão Sacramento são cursos d'água drenando o Parque Estadual do Rio Doce. Não encontramos informações sobre a qualidade física, química e microbiológica destes ribeirões, exceto a menção de que o Ribeirão do Turvo e o Ribeirão Belém tem parte de seus afluentes drenando áreas externas ao parque (Ribeirão do Turvo: Marliéria; Ribeirão Belém: bairro Macuco em Timóteo, onde recebe esgoto in natura) (IEF 2002).

Por sua vez, a região do Médio Rio Doce abriga um importante e comparativamente bem conhecido complexo de lagos interiores e brejos. Dos cerca de 300 lagos encontrados na região, 42 estão dentro do Parque Estadual do Rio Doce (Bezerra et al. 2017), totalizando 2.100 hectares ou nada menos que 6% da área da Unidade de Conservação. Uma subamostra destes lagos (~18) vem sendo estudada desde 1976, e estes estudos foram intensificados a partir de 1999 na forma de um Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (CNPq-MCT).

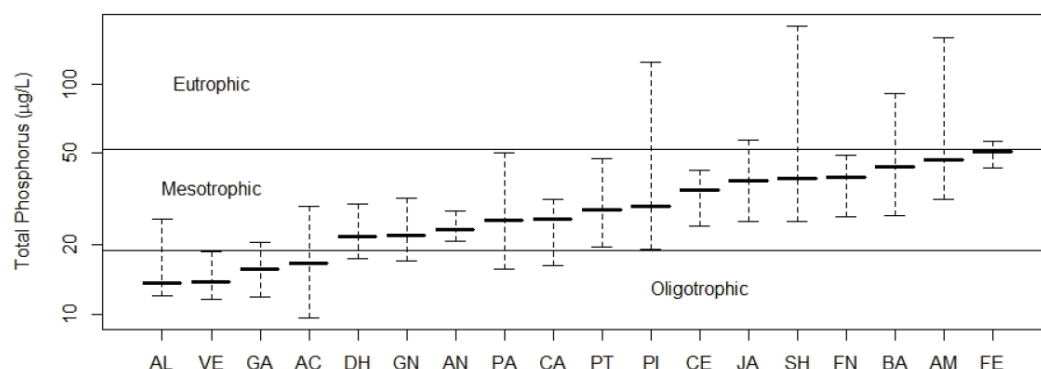
Os lagos do Médio Rio Doce são variados na forma (de elípticos a dendríticos, com índices de desenvolvimento de margem variando entre 1,13 e 4,93), profundidade (2 a 39 m) e área superficial (0,1 a 3,8 km²) (N=18; Barbosa et al. 2014). O lago Dom Helvécio, com 39 m de profundidade máxima, é o mais

profundo lago natural do Brasil.

Os lagos do Médio Rio Doce apresentam diversos padrões de circulação vertical. Vários deles seguem um padrão monomítico quente com estratificação térmica se estabelecendo gradualmente a partir de agosto e atingindo seu máximo em janeiro com a contribuição das chuvas para o resfriamento do hipolímnio (caso de Dom Helvécio, Carioca e Jacaré). Nos meses de estratificação o hipolímnio assume condições virtualmente anóxicas (Dom Helvécio, Carioca, Palmeirinha; Petrucio et al. 2006; Tundisi e Tundisi 2008). Outros lagos seguem um padrão meromítico, no qual a densidade elevada da água nas camadas mais profundas dificulta uma completa circulação vertical da coluna d'água. Esta densidade elevada, no caso dos lagos do rio Doce, ocorre por conta da matéria dissolvida originada da decomposição da matéria orgânica. Finalmente, outros ainda apresentam padrão polimítico quente com vários períodos de circulação durante o ano; são em geral rasos demais para desenvolver estratificação térmica (por exemplo, Gambazinho).

Concentrações de fósforo total (bem como de clorofila *a*) indicam variação entre lagos também no grau de trofia. Há vários sistemas de categorização do grau de trofia de ecossistemas de água doce. Petrucio et al. (2006) classificaram 7 lagos amostrados entre 1999 e 2001 como eutróficos (seguindo os critérios de Carlson) ou variando de oligotróficos a mesotróficos (seguindo os critérios de Salas e Martino); na verdade, usando esta última classificação Petrucio et al. (2006) identificaram determinados lagos como variando de oligotróficos na estação seca a mesotróficos na estação chuvosa. Barbosa et al. 2014 classificaram 18 lagos amostrados em 2007-2008 como variando de oligotróficos a eutróficos, com predominância de lagos mesotróficos (Figura 26). Independente do sistema de categorização, estas e outras fontes bibliográficas, e particularmente o Figura 26, mostram também esta importante fonte de variação (e portanto diversidade física, química e biológica) nos ecossistemas lacustres do Médio Rio Doce.

Figura 26. Concentração de fósforo total (mediana e intervalo percentílico de 95%) em 18 lagos do Médio Rio Doce, 8 dos quais no PERD (NA: Aníbal, CA: Carioca, CE: Central, DH: Dom Helvécio, GA: Gambá, GN: Gambazinho, PT: Patos, SH: Santa Helena). Retirado de Barbosa et al. (2014).



O lago Dom Helvécio é o mais estudado do Médio Rio Doce. Nele foi possível detectar alterações históricas em suas características físico-químicas. A transparência da água e consequentemente a profundidade da zona fótica decresceram fortemente entre 1977 e 2006. Neste período de 30 anos a profundidade de disco de Secchi foi reduzida de 5-7 m para 2-3 m, e a profundidade da zona fótica de 15-20m para 5-8 m. Muito embora a variabilidade intra-anual seja grande e não haja uma tendência contínua de variação, há uma aparente discrepância entre valores medidos nas décadas de 1970 e 1980, e no período compreendido entre 1999 e 2006. Neste intervalo grandezas como condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total e amônia apresentaram elevações aparentes. Coerente com uma elevação no grau de trofia no corpo d'água, houve também aumento na abundância relativa de desmídios e cianobactérias, inclusive com blooms da cianobactéria *Microcystis*. Curiosamente, os autores não apresentam hipóteses para a origem desta possível elevação no grau de trofia no Lago Dom Helvécio. Diferenças em temperatura superficial também foram notadas, mas mais provavelmente ligadas a fenômenos climáticos como El Niño. (Maia-Barbosa et al. 2010).

Tabela 9. Características físico-químicas de sete lagos do Médio Rio Doce (Lago Dom Helvécio e Carioca estão localizados no interior do Parque Estadual do Rio Doce). São apresentados valores mínimos e máximos de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, alcalinidade, clorofila-a, fósforo total, nitrogênio total, carbono orgânico dissolvido e razão carbono-para-nitrogênio registrados entre 1999 e 2001. Retirado de Petrucio et al. 2006.

Lakes	Max. Depth (m)	Temp. (°C)	pH	Conductivity (μScm^{-1})	D.O (mg l ⁻¹)	Alkalinity (meq l ⁻¹)	Chl-a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Tot-P ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Tot-N ($\mu\text{g l}^{-1}$)	DOC (mg l ⁻¹)	N/P
Seca*											
Amarela	1.5	18,5 - 26,0	5,6 - 6,7	59 - 111	1,8 - 6,6	0,3 - 0,7	3,2 - 40,1	12,6 - 61,6	617 - 1206	4,7 - 9,3	13,9 - 54,5
Dom helvécio	25	22,5 - 25,2	5,4 - 6,0	34 - 55	0,9 - 6,5	0,1 - 0,4	2,9 - 7,2	6,5 - 16,7	674 - 1181	3,5 - 4,9	62,3 - 107,5
Carioca	8	20,4 - 24,7	5,4 - 6,3	25 - 46	2,8 - 7,3	0,1 - 0,3	18,7 - 76,6	22,4 - 35,8	269 - 2058	4,8 - 5,6	12,1 - 65,2
Palmeirinha	6	21,6 - 24,8	5,2 - 6,7	31 - 48	1,7 - 8,5	0,1 - 0,3	25,8 - 131,5	9,1 - 26,9	546 - 1257	6,2 - 7,4	31,6 - 124,7
Águas Claras	8	21,8 - 24,5	5,5 - 6,7	33 - 64	4,7 - 9,0	0,2 - 0,3	16,8 - 33,9	11,6 - 29,5	363 - 957	5,9 - 7,3	24,8 - 47,7
Jacaré	9	21,3 - 24,1	5,4 - 7,2	31 - 63	5,0 - 9,3	0,2 - 0,3	6,4 - 24,9	18,7 - 29,7	312 - 841	5,3 - 6,2	14,6 - 36,7
Barra	8	21,6 - 24,5	5,6 - 6,6	46 - 73	2,4 - 8,1	0,2 - 0,5	1,9 - 25,9	18,6 - 25,6	660 - 1194	3,6 - 5,8	25,8 - 59,8
Chuvvas*											
Amarela	2	26,5 - 29,4	5,6 - 6,6	73 - 435	0,5 - 6,9	0,7 - 1,1	23,0 - 260,9	14,0 - 59,2	343 - 3019	6,8 - 20,1	8,9 - 64,3
Dom helvécio	30	23,0 - 30,9	5,9 - 7,4	36 - 93	0,6 - 9,0	0,3 - 0,5	8,0 - 78,1	2,1 - 12,7	270 - 2015	0,6 - 3,9	31,3 - 200,1
Carioca	10	23,0 - 30,5	5,7 - 7,4	27 - 125	0,0 - 7,7	0,2 - 0,7	8,6 - 79,7	10,4 - 40,1	213 - 2320	2,9 - 6,1	20,4 - 75,5
Palmeirinha	7	25,8 - 31,0	5,3 - 7,2	28 - 135	0,0 - 7,0	0,2 - 0,5	9,6 - 179,1	11,9 - 43,2	326 - 2320	2,8 - 11,0	27,2 - 55
Águas Claras	9	25,6 - 30,5	5,5 - 6,9	39 - 155	2,4 - 8,4	0,3 - 0,6	9,8 - 137,4	3,0 - 19,6	337 - 1688	5,5 - 7,0	31,8 - 111,6
Jacaré	9	26,4 - 31,4	5,8 - 7,8	35 - 151	0,5 - 8,9	0,3 - 0,5	9,4 - 63,6	12,6 - 25,2	395 - 1333	3,8 - 6,9	20,8 - 81,0
Barra	8	26,0 - 30,9	5,7 - 7,7	41 - 105	0,7 - 6,6	0,3 - 0,8	10,4 - 39,8	13,4 - 34,8	171 - 1928	3,9 - 12,0	6,9 - 55,4

*A precipitação variou entre 0.0 mm (julho de 1999, 2000) e 59,2 mm (janeiro de 2000) (Dados obtidos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM/SIMGE).

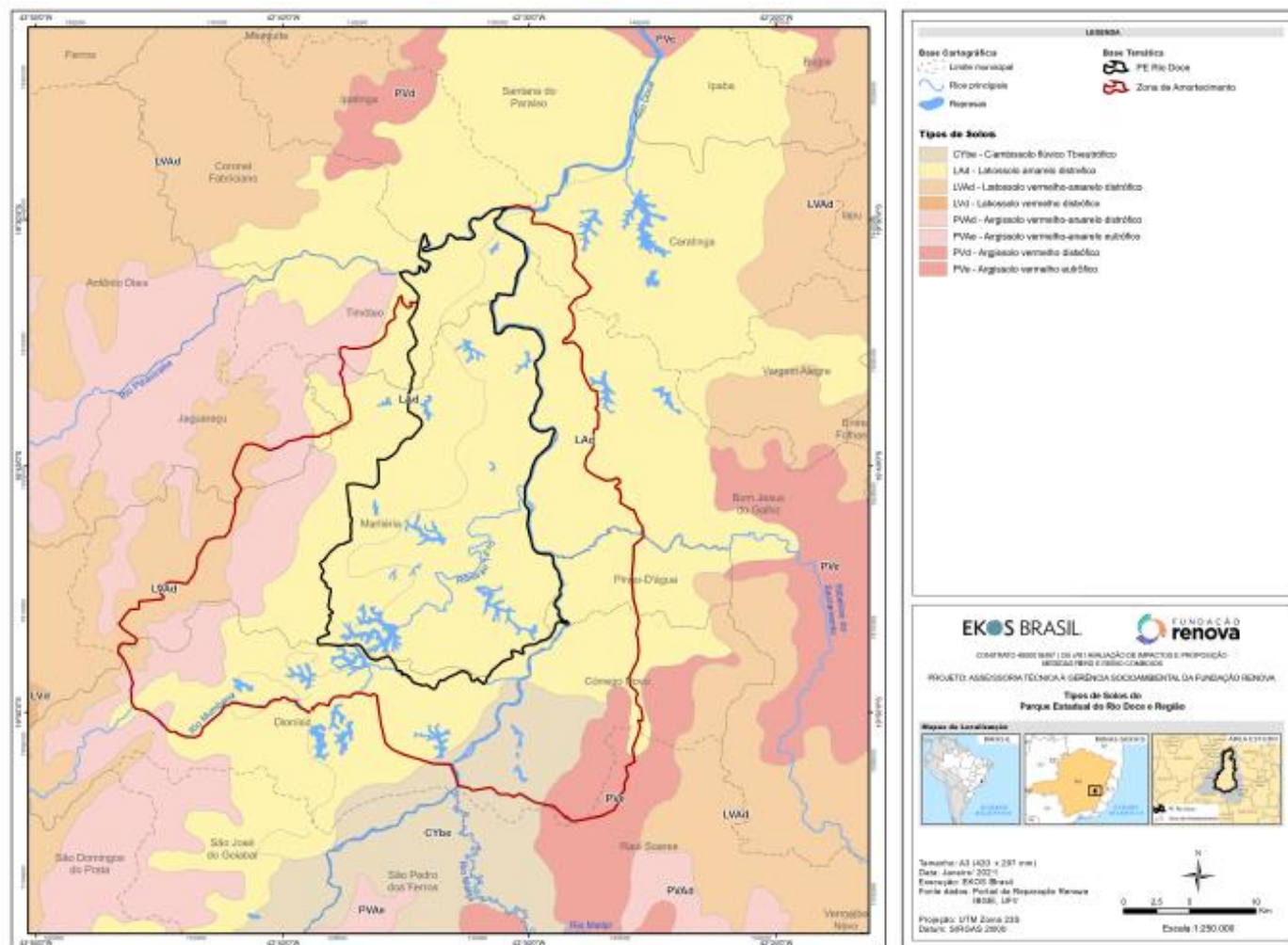
Uma análise global das principais conclusões dos estudos de longo prazo conduzidos no Médio Rio Doce são (Tundisi e Tundisi 2008): (i) que estes lagos, cercados pela Floresta Atlântica, estão permanentemente sujeitos ao influxo de matéria alóctone (sendo que a massa seca da superfície do sedimento é 14.5-22% carbono orgânico); (ii) que a matéria orgânica em decomposição decanta no sedimento dos lagos, e sua mobilização na zona eufótica e hipolímnio depende da circulação durante o inverno; (iii) que a estratificação é bem definida e estável mesmo em lagos rasos (como no lago Carioca, com 12m de profundidade máxima) porque os lagos estão protegidos por um ‘mar de morros’; (iv) que a estratificação começa e se estabelece gradualmente a partir de agosto, atingindo seu máximo em janeiro (v) que a precipitação reforça a estratificação iniciada pela temperatura porque contribui com águas comparativamente frias para o hipolímnio (vi) que a produção primária do fitoplâncton é limitada pela disponibilidade de nutrientes e (vii) que as principais ameaças aos lagos do Médio Rio Doce são o desmatamento, a construção de estradas e a erosão, remoção de alagados, introdução de espécies de peixes exóticas, pesca excessiva, substituição de florestas por silvicultura de eucalipto.

4.1.10. 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 e Mielniczuk, 2009; MPF, 2017, 2017a).

Conforme Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2010), em acordo ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2018), na área de estudo são identificados seis tipos principais de solos: Cambissolo flúvico, Latossolo amarelo, Latossolo vermelho-amarelo, Latossolo vermelho, Argissolo vermelho-amarelo e Argissolo vermelho (Mapa 9).

Mapa 9. Tipos de Solos do Parque Estadual do Rio Doce e Região.



A seguir, serão detalhados os tipos de solo distribuídos na área de estudo com base na classificação preconizada pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018):

Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente. Sua pedogênese é pouco avançada, conforme evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, com alteração do material de origem expressa pela quase ausência da estrutura da rocha ou da estratificação dos sedimentos, croma mais alto, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevado que o dos horizontes subjacentes. As características destes solos variam muito de um local para outro em função da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo, e das condições climáticas.

Na porção sul da área de estudo, envolvendo parte da ZA, ocorre Cambissolo flúvico Tb eutrófico (CYbe), solo de caráter flúvico (até 150 cm a partir da sua superfície), argila de atividade baixa e saturação por bases $\geq 50\%$, ambas na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Os Latossolos são solos com B latossólico, evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização), resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a 1 m.

No PERD e na ZA dominam os Latossolos em sua subdivisão amarelo distrófico (LAd), isto é, solos com matiz 7,5YR (ou mais amarelo) e com saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). O Latossolo vermelho-amarelo distrófico (LVAd) tem cores vermelho-amareladas e/ou amarelo avermelhadas e saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Abrange em geral as regiões montanhosas a leste (incluindo parte da ZA) e a oeste da área de estudo. O Latossolo vermelho distrófico (LVd), solos com matiz 2,5YR (ou mais vermelho) e saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), tem ocorrência restrita a oeste da área de estudo.

Os Argissolos são solos com B textural, com argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. Tem evolução avançada com atuação incompleta de processo de ferralitização, em conexão com paragênese caulinitico-oxídica ou virtualmente caulinitica ou vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas na vigência de mobilização de argila da parte mais superficial do solo, com concentração ou acumulação em horizonte subsuperficial.

Os solos Argissolo Vermelho-amarelo distrófico (PVAd) e Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico (PVAe) tem cores vermelho-amareladas e/ou amarelo avermelhadas e diferem apenas na saturação por bases $<$ ou $> 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Ocorrem na porção sul e leste da área de estudo, incluindo parte da ZA. Argissolo Vermelho Distrófico (PVd) e Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) tem matiz 2,5YR (ou mais vermelho) e saturação por bases diferindo $<$ ou $> 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Ocorrem na porção leste e norte da área de estudo.

Os trabalhos de FEAM (2013) e Souza et al. (2015) fazem uma análise química de solos não antropizados no Estado de Minas Gerais, sistematizado em MPF (2017a). Os resultados das concentrações foram comparados aos padrões de referência de qualidade estaduais vigentes (COPAM, 2011). A Tabela 10 faz uma compilação dos parâmetros analisados quimicamente para os tipos de solos presentes na área de estudo.

Tabela 10. Estatística descritiva (mediana/coeficiente de variação em %) de parâmetros em solos de Minas Gerais presentes na área de estudo

Parâmetros	Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)	Tipos de solo				
		Latossolo amarelo	Latossolo vermelho-amarelo	Latossolo vermelho	Argissolo vermelho-amarelo	Argissolo vermelho
Quantidade de amostras	SL ³	20	171	228	54	18
pH	SL	5,1/20	4,1/14	5,3/13	5,5/13	5,7/8
CTC¹ (cmolc kg⁻¹)	SL	8,1/46	7,9/51	8,3/49	8,2/40	7,6/38
Matéria Orgânica Total (%)	SL	2,7/116	3,4/78	3,5/117	3,2/81	2,6/114
Teor de Argila (%)	SL	38,0/55	42,5/49	49,5/50	33,5/45	34,0/36
Alumínio - Al (g kg⁻¹)	SL	43,6/61	61,5/77	79,2/73	46,5/58	42/54,5
Ferro - Fe (g kg⁻¹)	SL	38,6/67	39,2/66	42,6/77	35,4/72	38,5/48
Manganês - Mn (mg kg⁻¹)	SL	148/106	110/147	200/217	129/207	189/206
Arsênio - As (mg kg⁻¹)	8	3,8/173	2,5/400	5,4/430	2,1/207	1,4/163
Bário - Ba (mg kg⁻¹)	93	42,6/170	32,7/132	50,4/319	85,7/112	43,9/125
Cádmio - Cd (mg kg⁻¹)	<0,4	1,2/82	0,7/292	1,5/155	1,4/114	0,7/194
Cromo - Cr (mg kg⁻¹)	75	56,9/71	58,2/91	108/154	56,4/100	62/92,0
Cobre - Cu (mg kg⁻¹)	49	29,1/129	22,5/86	39,0/106	34,2/89	23,4/72
Mercúrio - Hg (mg kg⁻¹)	0,05	0,1/208	0,1/138	0,1/343	>LPQ ²	0,1/134
Níquel - Ni (mg kg⁻¹)	21,5	12,6/86	13,3/96	21,7/94	17,6/90	24,4/61
Chumbo - Pb (mg kg⁻¹)	19,5	14,1/75	14,2/83	17,9/94	21,8/60	14,9/58
Zinco - Zz (mg kg⁻¹)	46,5	29,2/97	29,1/62	40,3/87	36,7/61	36,6/52

Nota: ¹ CTC (Capacidade de troca catiônica); ² LPQ limite prático de quantificação), ³ SL (Sem limites estabelecidos).

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

Os resultados de pH indicam Latossolos fortemente a extremamente ácidos e Argissolos moderadamente ácidos, conforme classificação de EMBRAPA (2018). O teor de argila é maior nos Latossolos em relação aos Argissolos. A atividade da fração argila, que se refere à Capacidade de Troca Catiônica (CTC), indicam atividade baixa para os todos os solos comparados.

Quanto aos metais, as medianas das concentrações são em geral mais elevadas no Latossolo vermelho. Verifica-se ainda que o Valor de Referência da Qualidade-VRQ (COPAM, 2011) foi ultrapassado em Cádmio (todos os solos), Cromo (Latossolo vermelho), Mercúrio (todos os solos, exceto Argissolo vermelho-amarelo), Níquel (Latossolo vermelho e Argissolo vermelho) e Chumbo (Argissolo vermelho-amarelo). Vale observar que Cambissolo flúvico não foi um solo analisado no trabalho de Souza *et al.* (2015).

Os resultados analíticos apresentados em Souza *et al.* (2015), apresentam em geral coeficientes de variação elevados (>25%), indicativos da heterogeneidade de dados. Conforme ressaltado em MPF (2017a) este estudo abrangeu solos de todo o estado de Minas Gerais visando balizar os valores de qualidade do solo e orientar um possível processo de contaminação. No entanto os resultados não se

aplicam no nível de detalhamento que exige informações locais e específicas tanto para a bacia Rio Doce quanto para a área afetada preliminar.

4.2. Linha de Base do Meio Biótico

4.2.1. Aspectos Metodológicos

A linha de base do meio biótico levou em consideração o conhecimento sobre as fitofisionomias, habitats e espécies presentes no PERD até o rompimento da barragem, abrangendo a área do parque e sua zona de amortecimento. Informações sobre outras áreas, adjacentes ou não ao parque e oriundas dos municípios que tocam sua zona de amortecimento foram incluídas, quando pertinente.

São apresentados aqui os métodos utilizados para elaborar e caracterizar a vegetação e a fauna de mamíferos, aves, répteis e anfíbios e peixes do PERD, de forma a apresentar um quadro que retrate estes grupos antes do rompimento da barragem de Fundão.

4.2.1.1. Vegetação

Para a classificação da vegetação do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) foi utilizada a classificação proposta por Veloso et al. (1991), modelo adotado também pelo IBGE (2012) no Manual técnico da Vegetação Brasileira. 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).

Para obtenção dos dados sobre a vegetação, foram consultadas publicações em periódicos, teses, dissertações, Plano de Manejo (IEF, 2002) e artigos. Para elaboração da lista de espécies ocorrentes na área, foram consultados bancos de dados online disponíveis nos portais SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/>) e JABOT (jabot.jbrj.gov.br/). Para classificação das espécies segundo o grau de ameaça utilizou-se as listas disponíveis da IUCN (2018), CNCFlores (2020) e COPAM (2008).

4.2.1.2. Mastofauna

Os mamíferos são um grupo de vertebrados com marcada variação de forma e hábitos. São tradicionalmente divididos em quatro grupos, de acordo com seu tamanho e hábitos: pequenos mamíferos terrestres, incluindo no Brasil as Ordens Rodentia e Didelphimorphia, com espécies que dificilmente passam de dois quilos de peso; mamíferos voadores, pertencentes à Ordem Chiroptera (morcegos); mamíferos de médio e grande porte, geralmente acima dos dois quilos, pertencentes às Ordens Rodentia, Lagomorpha, Carnivora, Artiodactyla, Perissodactyla, Primates, Pilosa e Cingulata; e por último os mamíferos aquáticos, os sirênios e os cetáceos.

A divisão em grupos 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 do PERD e no seu entorno. Para fins do diagnóstico foram levantadas as espécies de ocorrência registrada para a área, com base na literatura, incluindo periódicos, teses, planos de manejo e informações sobre áreas protegidas.

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

A mastofauna do PERD vem sendo estudada desde o final da década de 80, especialmente no que diz respeito à sua ecologia (Fonseca, 1989; Fonseca e Kierulff, 1989; Stallings et al., 1990), e mais recentemente através de inventários com propósitos aplicados (Scoss et al., 2004) ou de compilação de informações (Keesen et al. 2016). O capítulo do Plano de Manejo do parque que trata dos mamíferos apresenta também informações relevantes sobre a mastofauna (Fonseca, 2001). A lista de espécies de mamíferos de ocorrência no parque e seu entorno foi elaborada com base nas publicações resultantes dos estudos realizados, e ainda de dissertações e teses.

A taxonomia seguida baseia-se em Gardner (2018), Patton et al., (2015), e em Abreu *et al.* (2020)

4.2.1.3. Avifauna

A construção da linha de base para a avifauna foi feita a partir de dados secundários, bem como de dados primários coletados por L.E. Lopes e colaboradores durante várias expedições conduzidas ao PERD com propósitos diversos ao longo das duas últimas décadas.

Foram consultadas as fontes publicadas disponíveis para a região, incluindo artigos em periódicos científicos, livros e capítulos de livros, bem como resumos de congressos. A busca por fontes históricas foi realizada através da consulta manual à compilação bibliográfica conduzida por Oniki e Willis (2002) e ao gazetteer ornitológico compilado por Paynter e Taylor (1991).

Relatórios técnicos e planos de manejo foram buscados junto ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. 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 Universidade Federal de Viçosa (<http://www.locus.ufv.br/>), Universidade Federal do Espírito Santo (<http://repositorio.ufes.br/>), Universidade Federal de Minas Gerais (<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/>), Universidade de São Paulo (<http://www.teses.usp.br/>) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (<http://minerva.ufrj.br/>). Consultados, através de catálogos impressos (e.g. e.g. Pinto, 1938; 1944; 1964; Vielliard, 1994; Tonini; Felix; Vasconcelos, 2020) 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://vertnet.org/>) os dados do acervo de dezenas de coleções zoológicas estadunidenses e de outros países estrangeiros. Adicionalmente, foram consultados os arquivos sonoros da Fonoteca Neotropical Jaques Vielliard, Borror Laboratory of Bioacoustics e Macaulay Library of Natural Sounds através dos portais VertNet ou SpeciesLink.

Com a popularização no Brasil da observação de aves e do compartilhamento em plataformas digitais de fotografias e gravações de áudio, diversos ornitólogos profissionais e amadores passaram a disponibilizar online seus registros para o PERD. A principal dessas plataformas de Ciência Cidadã é o site WikiAves (<http://www.wikiaves.com>), que permite a busca por registros obtidos dentro dos limites de cada UC. O WikiAves, entretanto, não oferece recursos para o download individual de todos os registros disponíveis para o PERD, permitindo apenas a visualização da lista de espécies registradas na UC. Uma vez que a grande maioria dos registros disponibilizados no WikiAves foram obtidos após o rompimento da barragem em Mariana (mais de 70% dos registros foram obtidos de 2016 em diante), os dados desta plataforma podem ser considerados como um valioso testemunho da avifauna encontrada no PERD pós-rompimento.

Foram acessados todos os registros da plataforma de Ciência Cidadã Wikiaves (<https://www.wikiaves.com.br/>) para o Parque Estadual do Rio Doce.

Todos os registros encontrados nas diversas fontes consultadas foram criteriosamente analisados, sendo excluídos do banco de dados registros considerados duvidosos ou errôneos, o que foi feito com base no conhecimento atual sobre a distribuição geográfica e ecologia (e.g. altitude, exigências quanto ao hábitat, fenologia etc.) das espécies em questão

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 revisada por Moreira-Lima (2013), que teve como ponto de partida outras listagens similares já disponíveis (Brooks et al., 1999a; Silva et al., 2004). As espécies raras e sensíveis foram identificadas através da base de dados compilada por Parker et al. (1996). O status de conservação foi definido em nível Global (IUCN, 2020), Nacional (MMA, 2014; ICMBio, 2018a) e estadual (Biodiversitas, 2007; COPAM, 2010).

4.2.1.4. Herpetofauna

Para a caracterização da linha de base da herpetofauna foi realizada a revisão da literatura científica indexada. 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 <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/>).

Foram consultados registros presentes em três bases de dados que integram dados de coleções científicas 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 300 coleções.

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

As buscas nos bancos de dados e na literatura incluíram informações sobre outras áreas, adjacentes ou não ao parque e oriundas dos municípios que tocam sua zona de amortecimento, isto é: Marliéria, Dionísio, Timóteo, Córrego Novo, Pingo-D'Água, Bom Jesus do Galho. Os municípios de Jaguaruçu, Raul Soares e Caratinga não foram considerados, pois tocam apenas marginalmente a sua zona de amortecimento.

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

A classificação taxonômica utilizada para os anfíbios seguiu Frost (2021) e para répteis Costa e Bernils (2018). A ocorrência de espécies oficialmente ameaçadas de extinção seguiu a lista da IUCN (2021), 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).

4.2.1.5. Ictiofauna

A caracterização da linha de base da ictiofauna do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) foi realizada com base em levantamento de dados secundários na bacia do Rio Doce depositadas em coleções científicas, anteriores a 2015 disponíveis na plataforma SpeciesLink (CRIA, 2019), com identificação confirmada por especialistas, complementadas por dados de Barbosa et al. (1997), Vieira (2010), ocorrências do Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO/MMA, 2018), além de trabalhos científicos publicados para o PERD e seu entorno (Sunaga e Verani, 1991; Latini, 2001; Latini e Petrere, 2004; Pinto-Coelho et al. 2008; Fragoso-Moura et al. 2016).

A lista de espécies ameaçadas para a bacia do rio Doce, conforme a nota técnica nº 24/2015 CEPTA/DIBIO/ICMBIO foi consultada para verificação a ocorrência de espécies com algum status de ameaça para a região do PERD. Para a busca de ocorrências de espécies no SpeciesLink foram considerados os seguintes municípios, adjacentes ao PERD ou a sua ZA: Bom Jesus do Galho, Caratinga, Coronel Fabriciano, Córrego Novo, Dionísio, Ipatinga, Jaguaruçu, Marliéria, Pingo d'água, Raul Soares, Revés de Belém, Santana do Paraíso, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Timóteo.

O PERD apresenta diversas lagoas dentro da sua área, sendo a Lagoa Dom Helvécio a maior delas, além de fazer fronteira ao rio Piracicaba e rio Doce (Latini, 2001). Grande parte dos estudos desenvolvidos na região foram realizados dentro desse sistema lagunar, desta forma, a inclusão dos municípios adjacentes ao parque na busca de dados secundários teve como objetivo minimizar o efeito do viés amostral para a UC.

A nomenclatura científica utilizada para a ictiofauna segue o catálogo da Academia de Ciências da

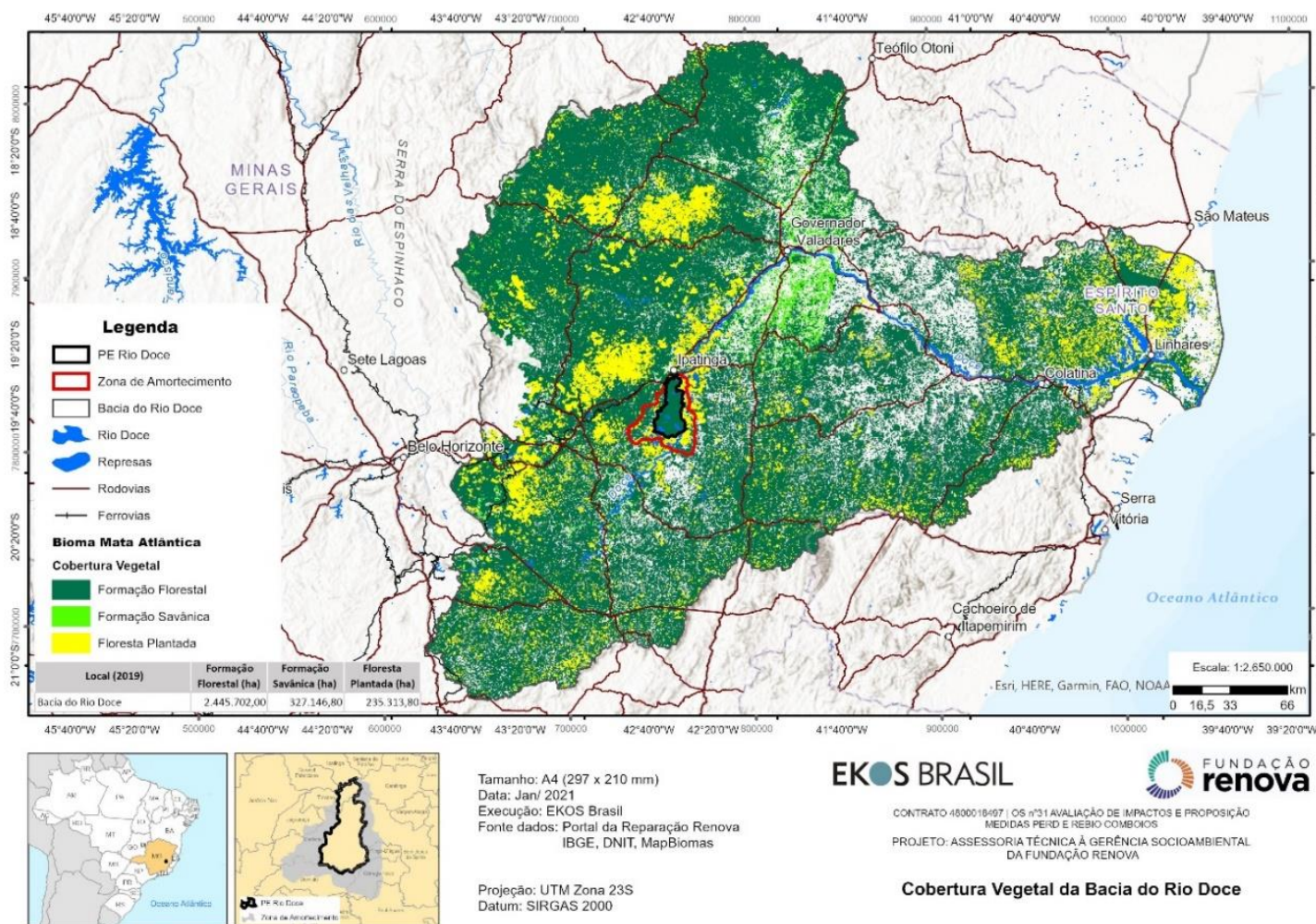
Califórnia, CAS – Eschmeyer Catalog of Fishes (Fricke et al., 2020).

4.2.2. Vegetação

O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) encontra-se inserido no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Mapa 10). Segundo o Decreto Federal nº 750/1993, considera-se Mata Atlântica como:

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

Mapa 10. Mapa de vegetação da Bacia do Rio Doce indicando a localização do PERD.



Com seus 35.970 ha, é a primeira unidade de conservação estadual criada em Minas Gerais, situada na porção sudoeste do Estado. Abriga a maior floresta tropical do Estado, com o objetivo de proteção da Mata Atlântica e do sistema lacustre do médio Rio Doce. Esse notável sistema lacustre é composto por cerca de 40 lagoas naturais.

Segundo o Plano de Manejo do PERD (IEF, 2002), desde a criação do Parque, a região leste de Minas, na qual ele está inserido, vem sofrendo diferentes formas de pressão relacionadas aos ciclos econômicos. No primeiro, ocorrido entre 1940-1970, predominaram atividades pecuárias e madeiras. As atividades pecuárias introduziram gramíneas exóticas, principalmente o capim colômbio, que substituíram grandes extensões de florestas nativas. Esta prática favoreceu o surgimento de outra atividade econômica na região, que foi a indústria madeira, quando ali se instalaram inúmeras serrarias.

No ciclo seguinte, os fatores mais importantes na determinação das relações entre população e meio ambiente na região leste mineira foram os grandes projetos de reflorestamento, subsidiados por incentivos fiscais, que favoreceram a expansão das siderúrgicas, a emergência da indústria da celulose e também a expansão da pecuária (IEF, 2002). O binômio minério de ferro e reservas florestais marcou as características do crescimento econômico da região leste de Minas Gerais e, principalmente, determinou a degradação do bioma no qual ela estava inserida: a Mata Atlântica (Brito et al., 1997)

A paisagem resultante da dinâmica de ocupação da terra, primordialmente determinada pelos vetores ligados à agricultura, pecuária e silvicultura, essa última representada pelas monoculturas de *Eucalyptus* spp., é composta por pequenos fragmentos de mata nativa, isolados e em grande parte formada por vegetação secundária. O tamanho médio destes fragmentos é também bastante reduzido estando em torno de 20-24 ha (IEF, 2002).

Em 1967, ocorreu um grande incêndio próximo ao campo de pouso, no período de julho a setembro, queimando 9.000 hectares do PERD (Silva, 2001). Após esse período, apenas incêndios de pequenas proporções ocorreram não havendo registros de incêndios florestais de maiores dimensões. Fato que possibilitou um processo de regeneração natural, ampliando assim a heterogeneidade da paisagem.

Hoje, o PERD é constituído de partes de florestas secundárias intercaladas por trechos com características ainda primárias. Considerando-se o modelo e o nível de intervenção humana na região, que resultou na destruição de extensas áreas da cobertura vegetal original, o PERD assume uma posição de destaque na preservação dos recursos naturais regionais (Lopes et al., 2002). Outros impactos recorrentes na área do PERD foram, no passado, o corte seletivo de madeira, a exploração do palmito doce (*Euterpe edulis*) e a caça de animais silvestres.

Em 2001, Silva registrou que a cobertura vegetal do PERD se constitui de um mosaico de tipologias vegetais, que se diferenciam não só pelo estágio geral em que se encontram, mas, também, em decorrência de fatores ambientais, como fertilidade do solo e disponibilidade de água. Neste último aspecto, tem-se como um dos extremos a comunidade de macrófitas aquáticas e no outro, a cobertura vegetal do topo dos morros, onde é maior o stress hídrico.

Camargos et al. (2008) discutem a questão da influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na vegetação no entorno da Lagoa Carioca, localizada dentro PERD, observando que fatores edáficos são os responsáveis pela ordenação, distribuição e densidades de espécies arbóreas.

A vegetação do PERD pode ser classificada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Velloso

et al., 1991) com remanescentes de mata primária (IEF, 2002). Segundo o referido Plano de Manejo, a cobertura vegetal se caracteriza por um mosaico de vegetação em estágios de sucessão que vão desde capoeirinha até floresta clímax:

Mata alta primária, com epífitas vasculares - (Floresta estacional semidecidual, com remanescentes da mata primária), cobre 8,3% da área do parque.

Mata alta - Representa um tipo de mata bastante desenvolvida e bem estratificada, com árvores de grande porte. Distingue-se da mata alta primária, pela ausência de um significativo número de epífitas, por um menor número de árvores de grande porte e pela altura, em média, menor. Cobre cerca de 30% da área do parque.

Mata média alta, com bambusóides e graminóides (capoeirão) - É o tipo de mata mais abundante do parque, cobrindo 30,6% da área. É um estágio definido como capoeirão, pois ainda é grande a presença de espécies pioneiras e secundárias, mas também estão presentes diversas árvores em clímax.

Mata média secundária, com bambusóides a graminóides (capoeirão) – É constituído por áreas de campo sujo, mata média baixa e samambaial. Cobre 17,2% da área do parque.

Mata baixa, com solo exposto (capoeira) - Configura uma mata de regeneração, de altura inferior a oito metros, com pouca variedade de espécies, alta frequência de bambuzais e clareiras com solo exposto. Sem porcentagem calculada.

Arvoredo, com escruze a árvores baixas (como transição entre o tabual e a capoeira) - Constitui um tipo de vegetação de altura baixa irregular, com estrato arbóreo aberto e estrato arbustivo fechado, ou aberto. Apresenta-se como um gradiente entre o tabual e as formações florestais. Cobre cerca de 1% da área do parque.

Campo sujo (capoeirinha) - Caracteriza-se por um estrato herbáceo graminoso fechado e um estrato arbóreo esparsos, de árvores baixas e arbustos. Cobre cerca de 0.6% da área do parque.

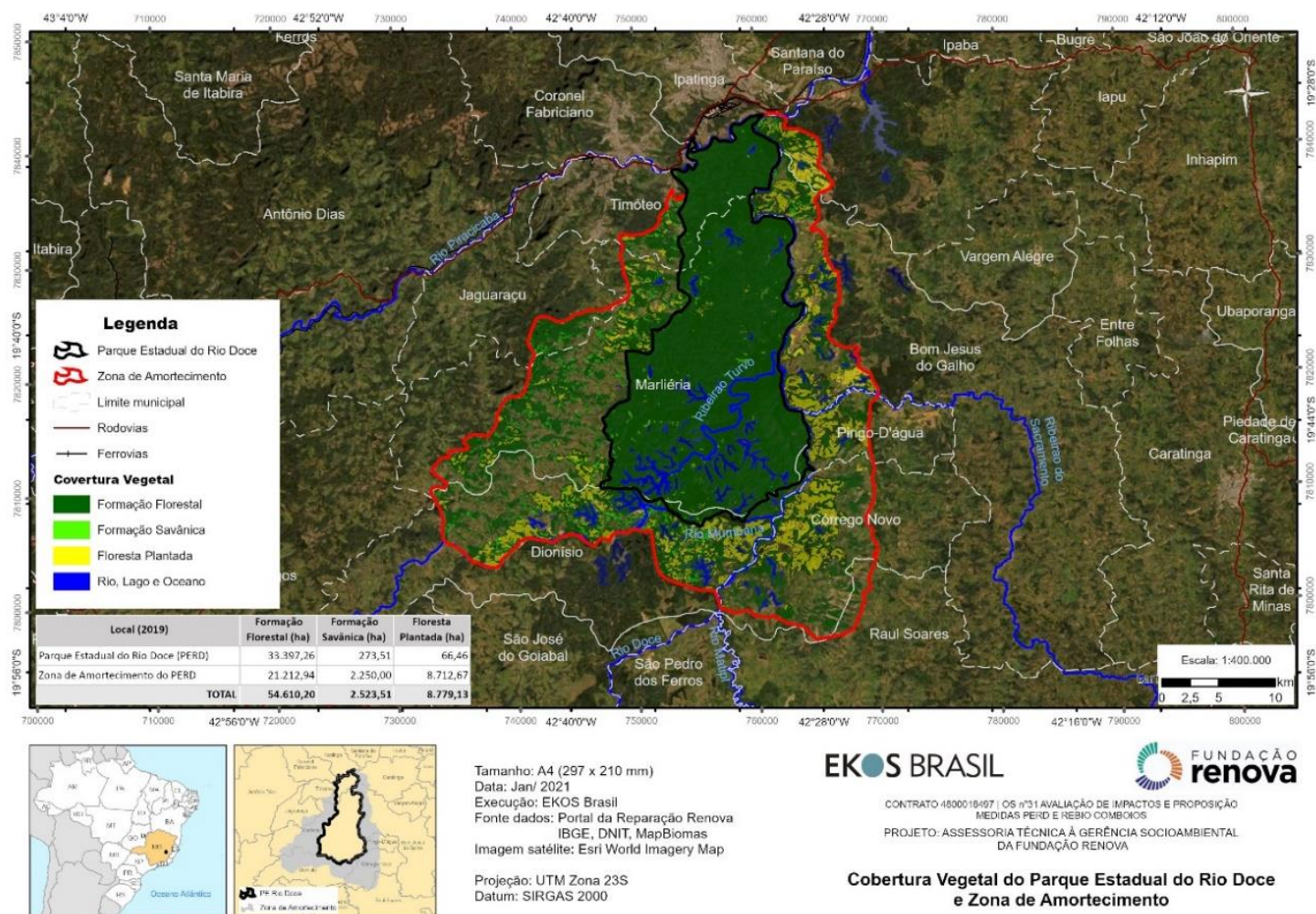
Samambaial - Constitui um tipo de vegetação puramente herbáceo, dominado por uma espécie de samambaia (*Pteridium* sp.), que pode atingir dois metros de altura. Pode ser encontrado no sul do parque, a leste da lagoa do Bispo. Cobre cerca de 0.1% de sua área.

Comunidade aluvial de taboas - Caracteriza-se por um estrato herbáceo homogêneo, composto de graminóides com tifáceas, ciperáceas e gramíneas, pela ausência quase completa de estratos superiores arbóreos e arbustivos, e, principalmente, pela presença abundante da taboa (*Typha domigensis*). Cobre cerca de 3% da área do parque.

Vegetação aquática - Consiste, essencialmente, em plantas estruturalmente suportadas pela água, enraizadas ou flutuantes, às margens de lagoas. Compõe-se de herbáceas aquáticas (macrófitas) de diversas formas.

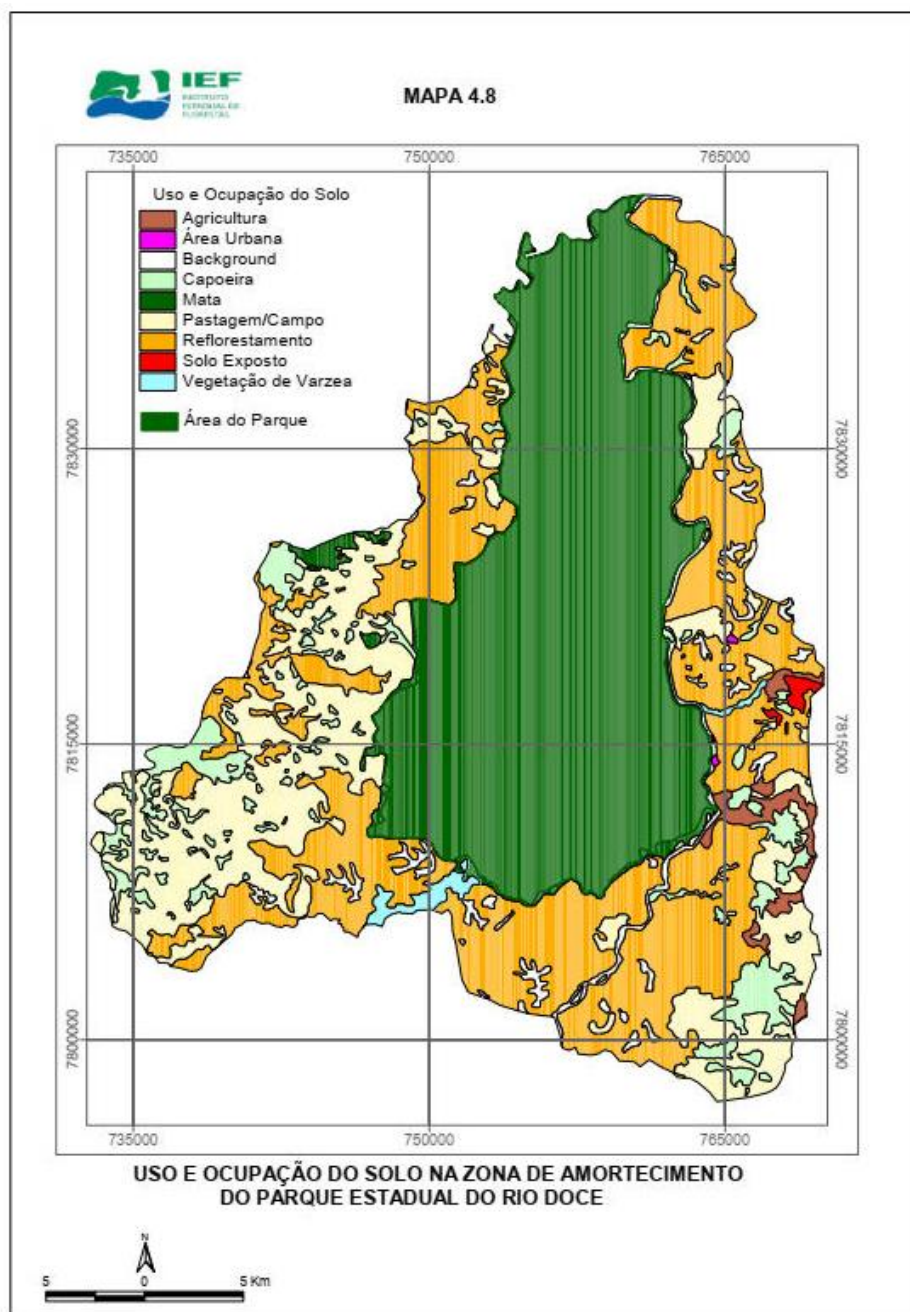
Pode-se destacar a presença de diversos lagos e áreas paludosas, derivadas da evolução natural desses ambientes os quais contam com vegetação aquática. (Mapa 11).

Mapa 11. Cobertura Vegetal do PERD e Zona de amortecimento.



Na Zona de Amortecimento, fora dos limites do Parque, predomina a plantações de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) por reflorestamento, e em pequena escala, áreas de pasto, agricultura e florestas naturais. É delimitado por áreas urbanas onde se localizam plantas siderúrgicas, denominada região 'Vale do Aço'. (Mapa 12).

Mapa 12. Uso e ocupação do solo no PERD e Zona de Amortecimento (IEF, 2002).



Alguns anos após a elaboração do Plano de Manejo pelo IEF em 2002, a situação do uso e ocupação se encontra parecida (Mapa 13), destacando-se o aumento na área de floresta plantada de 2,31 ha em 2010 no PERD, para 66,46 ha em 2019 e na ZA houve aumento, de 5.309,96 ha em 2010, para 8.712,67 ha em 2019 (Tabela 11).

Mapa 13. Uso e ocupação do solo no PERD e região nos anos 2010, 2015, 2019.

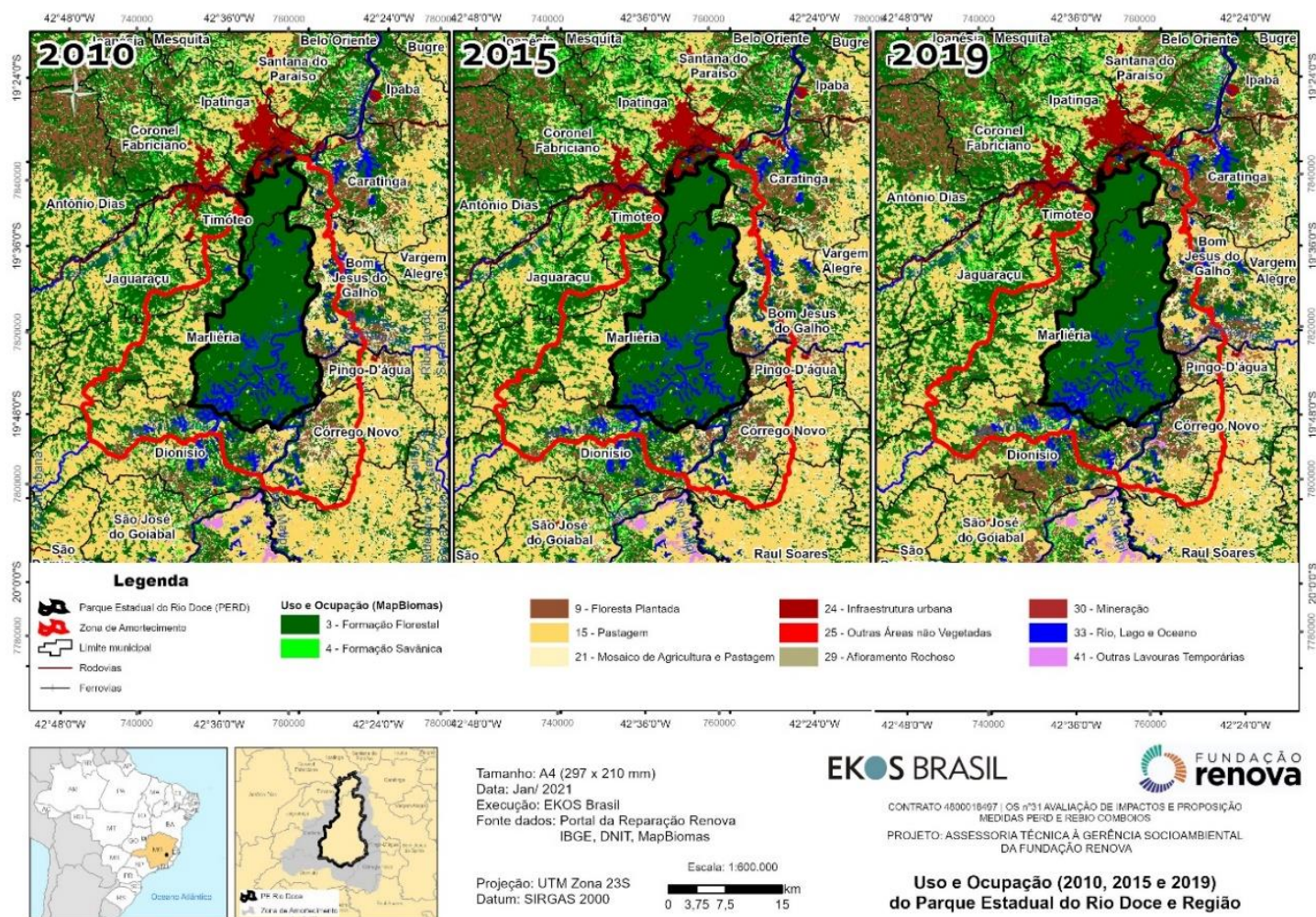


Tabela 11. Uso e ocupação do solo no PERD e Zona de amortecimento nos anos de 2010, 2015 e 2019.

	Parque Estadual do Rio Doce (PERD)			Zona de Amortecimento do PERD			TOTAL (ha)		
	2010	2015	2019	2010	2015	2019	2010	2015	2019
Formação Florestal (ha)	33467,07	33421,92	33397,26	23146,60	22699,79	21212,94	56613,67	56121,70	54610,20
Formação Savânica (ha)	276,67	293,31	273,51	1593,24	2191,64	2500,00	1869,91	2484,94	2523,51
Floresta Plantada (ha)	2,31	5,10	66,46	5309,96	6200,64	8712,67	5312,27	6205,74	8779,13
Pastagem (ha)	52,98	63,80	51,16	20826,96	19247,38	17342,56	20879,40	19311,19	17393,72
Mosaico de Agricultura e Pastagem (ha)	115,87	133,46	173,32	8001,74	8440,88	8876,35	8117,61	8574,34	9049,67
Infraestrutura Urbana (ha)	13,95	13,78	15,97	67,47	76,33	84,30	81,42	90,10	100,27
Outras áreas não vegetadas (ha)	1,52	3,44	6,83	58,62	84,85	83,18	60,14	88,29	90,00
Afloramento Rochoso (ha)	2,78	1,13	1,72	8,30	5,01	6,90	11,07	6,13	8,62
Rio e Lago (ha)	2043,06	2040,29	1989,99	2248,45	2251,68	2268,63	4291,52	4291,97	4258,62
Outras Lavouras temporárias (ha)	---	---	---	24,09	86,7	447,35	24,09	86,70	447,35

4.2.3. Composição florística

Até a presente data não existe um levantamento florístico total da UC, apenas levantamentos de famílias específicas ou levantamentos fitossociológicos em trechos de floresta do Parque.

Destacam-se os estudos fitossociológicos realizados no Parque (CETEC, 1981; Lopes, 2002; Camargos et al., 2008), o estudo de suas tipologias florestais realizado por Andrade et al. (1997), os trabalhos sobre a composição florística do PERD e da RPPN Feliciano Miguel Abdala (Caratinga), apresentados por Lombardi e Gonçalves (2000) e Gonçalves e Lombardi (2004) e os estudos sobre alguns grupos: (Lauraceae) Pedralli et al., 1986; (Bignoniaceae – Bignoniae) Scudeller e Carvalho-Okano, 1998; (Poaceae - Bambusoideae s.l.) Gonçalves, 2000; (Leguminosae - Papilionoideae) Bortoluzzi et al., 2004; (Araceae) Temponi et al., 2006; (Leguminosae - Mimosoideae) Nunes et al., 2007).

Também no médio rio Doce, França e Stehmann (2013) realizaram estudo da florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica, no PERD e seu entorno (municípios de Dionísio, Timóteo, Ipaba e Pingo D'Água), e identificaram 373 espécies, de 195 gêneros e 61 famílias.

Ainda no PERD, em 1998, um levantamento das pteridófitas do PERD, inventariou 57 espécies, de 27 gêneros e 15 famílias, das quais Pteridaceae e Thelypteridaceae, foram as mais representativas (Graçano, Prado e Azevedo, 1998). Posteriormente, outras áreas foram amostradas na Bacia do rio Doce, na Estação Biológica de Caratinga (EBC) e no PERD, identificando 102 espécies, de 43 gêneros e 18 famílias na EBC e 123 espécies, de 43 gêneros e 19 famílias no PERD (Melo e Salino, 2002).

Ferreira et al. (2010) analisaram a diferença na cobertura vegetal de três lagoas do PERD. A composição da cobertura vegetal diferiu entre as lagoas estudadas. Os resultados obtidos sugeriram que cada lagoa constitui uma “ilha” em termos de diversidade, uma vez que muitas espécies ocorreram em apenas uma lagoa e o principal fator que estruturou a comunidade de macrófitas nas lagoas estudadas foi o gradiente de profundidade.

As macrófitas aquáticas foram estudadas por Pivari et al. (2011) nos sistemas lacustres do PERD e em sua zona de amortecimento: um mosaico de aproximadamente 150 lagoas e brejos, registrando 184 espécies, de 121 gêneros e 64 famílias.

No Plano de Manejo (IEF, 2002) foram listadas 1129 espécies pertencentes a 134 famílias utilizando listas já publicadas em artigos de levantamentos florísticos (alguns deles já citados acima).

O Plano cita as seguintes espécies com algum grau de ameaça: *Billbergia leptopoda* L.B. Sm., *Brosimum glaziovii* Taub., *Cattleya labiata warneri* T Moore (O'Brien), *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth., *Dorstenia arifolia* Lam. *Euterpe edulis* Mart., *Guatteria odontopetala* Mat., *Guatteria vilosissima* A. St.-Hil., *Melanoxylon brauna* Schott, *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwwer, *Ocotea percoriacea* Kosterm., *Persea rufutomentosa* Ness e Mart. ex Ness, *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes e *Solanum warmingii* Hiern.

A Lista de espécies 1 do Anexo 3 apresenta espécies 1416 espécies de provável ocorrência no PERD, destacando aquelas ameaçadas de extinção a nível global, nacional e estadual. Esses registros foram extraídos da base de coleções científicas do SpeciesLink (CRIA, 2020) para o presente estudo.

Além daquelas citadas no Plano de Manejo do PERD, foram encontradas mais 25 espécies sob diferentes

categorias de ameaça, incluindo aquelas em perigo de extinção, vulneráveis à extinção e criticamente ameaçadas. A saber: *Adenocalymma magnoalatum*, *Adiantum papillosum*, *Anaxagorea dolichocarpa*, *Andradea floribunda*, *Aniba intermedia*, *Apuleia leiocarpa*, *Cariniana legalis*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum imperiale*, *Cissus coccinea*, *Couepia schottii*, *Heteropsis flexuosa*, *Inga bullata*, *Machaerium fulvovenosum*, *Mezium araujoii*, *Oxalis mandioccana*, *Paratecoma peroba*, *Sloanea garckeana*, *Smilax subsessiliflora*, *Solanum graveolens*, *Trattinnickia ferruginea*, *Trichilia magnifoliola*, *Tripogandra warmingiana*, *Vanhouttea leonii* e *Virola bicuhyba*.

4.2.4. Mastofauna

Desde sua criação, a região leste do estado de Minas Gerais sofre diferentes formas de pressão relacionadas aos ciclos econômicos, desde a pecuária e madeireira, a indústria de minério de ferro e a silvicultura, e por último a agricultura (Fonseca, 2001). A forma de ocupação da terra determinou a formação de “mosaicos” de fragmentos de Floresta Atlântica semidecidual intercalados com áreas de pastagens e fragmentos de mata secundária que abrigam a fauna.

No PERD este cenário não é diferente: como resultado da ocupação da terra por atividades agrícolas, pecuárias e madeireiras, a paisagem é composta por fragmentos de floresta nativa, geralmente secundários e de tamanho pequeno, entre 20-24ha (Machado, 1995).

Ainda assim, a relevância desta unidade de conservação para a proteção do patrimônio natural pode ser avaliada por sua alta diversidade biológica, com a presença de diversas formas endêmicas, registradas especialmente para aves e mamíferos, grupos de vertebrados bem estudados na área do parque.

A Mata Atlântica considerada em seu sentido mais amplo, incluindo as florestas de araucárias, restingas e outros biomas associados ao domínio, tem reconhecidas atualmente um total de 333 espécies de mamíferos (Brandão e Hingst-Zaher, 2020), grande parte delas endêmicas, distribuídas em 10 ordens. Destas, Chiroptera e Rodentia são as mais especiosas, com um total de 117 e 123, espécies respectivamente.

As Listas de Espécies 2, 3 e 4 presentes no Anexo 3 mostram as espécies de mamíferos de ocorrência no PERD, 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), a lista nacional (ICMBio, 2016) e a lista de espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais (COPAM, 2010).

Foram registradas no total 90 espécies de mamíferos para o PERD, pertencentes a 11 ordens, perfazendo, portanto, 27% da riqueza de mamíferos que ocorrem no domínio da Mata Atlântica. Destas, 22 são pequenos mamíferos (ordens Rodentia e Didelphimorphia), 35 são quirópteros e 33 são mamíferos de médio e grande porte. A comparação da riqueza registrada até o momento para o PERD com a encontrada na Mata Atlântica para cada uma das ordens permite concluir que os estudos que inventariaram mamíferos de médio e grande porte registraram uma proporção maior da diversidade existente no parque do que os estudos com quirópteros e pequenos mamíferos, apontando assim a existência de uma lacuna com relação ao conhecimento das espécies pertencentes a estes dois grandes grupos que ocorrem no PERD.

As 22 espécies de pequenos mamíferos registradas, em grande parte resultados de estudos de ecologia de mamíferos realizados no final da década de 80 (Fonseca, 1989; Fonseca e Kierulff, 1989; Stallings et

al., 1990; Grelle, 2003; Keesen et al., 2016) são comuns da Mata Atlântica e de ampla distribuição. A ratazana (*Rattus rattus*) é uma espécie exótica invasora, que pode ser facilmente encontrada em áreas degradadas e próximas a habitações humanas, e sua presença está relacionada, portanto, à fragmentação das florestas, conversão de habitats e ocupação da terra na área do PERD e Zona de Amortecimento. Embora o rato-abrawaya, *Abrawayaomys ruschii*, tenha sido considerado “vulnerável” na lista de espécies ameaçadas de Minas Gerais publicada há uma década (COPAM, 2010), estudos mais recentes mostram que a espécie é mais comum do que se acreditava há uma década, ocorre em diversas áreas protegidas ao longo de quase toda a Mata Atlântica, até a Argentina, e as populações do estado de Minas Gerais não constituem um novo táxon como sugerido por Pardiñas e D’Elia (2009) (Percequillo et al., 2017). Sendo assim, nenhuma das espécies de pequenos mamíferos registrada para o parque pode ser considerada especialmente sensível ou sob risco de redução populacional ou extinção. No entanto, este é um grupo considerado como importante bioindicador, devido ao fato de se encontrarem na base da cadeia alimentar. Fonseca e Robinson (1990) apontam que a eliminação das populações de predadores, especialmente mamíferos de médio e grande porte, dos fragmentos de mata Atlântica no vale do Rio Doce seriam responsáveis pela variação na composição de espécies de pequenos mamíferos. Stallings (1989) e Grelle (1996, 2003), em estudos de marcação/recaptura realizados no PERD, apresentam uma relação entre a diversidade de espécies de pequenos mamíferos e a complexidade estrutural das florestas.

A quiropterofauna do PERD foi objeto de diversos estudos de ecologia (e.g. Stallings et al., 1990; Tavares, 1999; Tavares et al., 2007; e a Lista de espécies do 3 Anexo 3 lista um total de 35 espécies da ordem Chiroptera pertencentes a seis famílias. Devido à sua grande capacidade de deslocamento, o grupo apresenta normalmente baixos níveis de endemismo, e as espécies registradas são de modo geral de ampla distribuição, nenhuma delas sendo considerada ameaçada, de distribuição restrita ou endêmica. O morcego-beija-flor-capixaba, *Dryadonycteris capixaba*, considerado DD pela IUCN, foi descrito inicialmente para Linhares, no Espírito Santo (Nogueira et al., 2012) e posteriormente (Gregorin et al., 2014) registrado para o PERD. Com base nestes registros, foi considerada uma espécie rara e de distribuição restrita. No entanto, revisões posteriores (Rocha et al., 2014; Nascimento-Costa, 2019) ampliaram a distribuição da espécie, então considerada endêmica da região do Rio Doce, para o nordeste até Pernambuco e para áreas de cerrado em Minas Gerais. A espécie parece estar fortemente associada a habitats méxicos, sendo encontrada em enclaves úmidos na Caatinga e em veredas no Cerrado. Merece destaque ainda o morcego-de-disco-nas-asas-de-patrícia, *Thyroptera wynneae*, descrito para a Amazônia Peruana e para o PERD (Velazco et al., 2014), sendo posteriormente também registrado para a Reserva Biológica de Sooretama (Hoppe et al., 2014). A espécie, raramente capturada como as demais pertencentes ao mesmo gênero de morcegos com discos adesivos nas asas, é considerada pela IUCN como DD (*data deficient*).

Com base nos resultados apresentados por Tavares (1999), comparando diferentes fisionomias dentro do parque em termos da composição da assembleia de quirópteros, os morcegos podem ser considerados bons indicadores de qualidade ambiental, respondendo positivamente ao aumento da complexidade estrutural dos ambientes. Áreas mais bem preservadas no PERD apresentam maior riqueza de espécies, bem como espécies consideradas raras ou sensíveis quanto à qualidade do ambiente. Outro aspecto apontado por Tavares (1999) e ressaltado no Plano de Manejo do PERD (Fonseca, 2001) é a predominância do morcego-vampiro, *Desmodus rotundus*, em localidades do parque próximas a áreas adjacentes onde há criação de gado, sugerindo que a espécie utiliza a UC como um corredor de deslocamento entre as áreas de forrageio.

O maior número de espécies com preocupação em termos de conservação dentre as registradas para o PERD encontra-se entre os mamíferos de médio e grande porte. Das 33 espécies registradas, pertencentes

a 9 ordens, 14 são consideradas em algum grau de ameaça segundo a IUCN, sendo duas delas primatas considerados criticamente ameaçados, o miqui-do-norte *Brachyteles hypoxanthus* e o sagui-da-serra *Callithrix flaviceps*. De acordo com o ICMBio, 12 espécies dentre as registradas sofrem algum grau de ameaça, e para o estado de Minas Gerais 13 delas são consideradas como estando em algum grau de ameaça, destacando-se como criticamente ameaçada para o estado a onça-pintada, *Panthera onca*.

Outros carnívoros dependentes de cobertura vegetal e áreas de vida mais amplas, como as três espécies de pequenos felídeos consideradas ameaçadas em algum nível (o gato-do-mato-pequeno-do-sul *Leopardus guttulus*, o gato-maracajá *Leopardus wiedii* e a jaguatirica *Leopardus pardalis*) e ainda a onça-parda (*Puma concolor*) têm seu grau de ameaça acentuado pela fragmentação da região, bem como a anta (*Tapirus terrestris*).

Outro grupo de particular importância são os primatas, com a ocorrência de 7 espécies, das quais apenas o sagui-da-cara-branca *Callithrix geoffroyi* não se encontra listado com algum grau de ameaça à sua conservação. Dois trabalhos desenvolvidos na década de 90 estudam a comunidade de primatas do PERD, e apontam que exceto pelo macaco-prego-de-crista-preta *Sapajus nigritus*, todas as demais espécies ocorrem em densidades muito baixas (Stallings e Robinson, 1991; Hirsch, 1995). O miqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) foi registrado apenas em duas localidades do PERD, com alguns poucos indivíduos. O guariba-ruivo (*Alouatta guariba*) embora em baixas densidades, utiliza ambientes mais perturbados.

Silva (2018) relaciona as características do ambiente com a ocorrência de espécies de mamíferos de médio e grande porte no PERD, excluindo-se primatas, utilizando armadilhas fotográficas, mostrando que a proximidade das determina a ocorrência da paca (*Cuniculus paca*) e do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*) enquanto a densidade do dossel determina a ocorrência das cutias (*Dasiprocta azarae*), das antas (*Tapirus terrestris*) e das capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Já o rio Doce em si não apresenta correlação com a ocorrência de espécies de grandes mamíferos.

Os principais fatores que levam ao status de conservação preocupante destas espécies de mamíferos de médio e grande porte na Mata Atlântica são a caça e a fragmentação de habitats. Especificamente para o PERD é mencionada também como importante ameaça a estrada MG122, que atravessa o parque, devido ao grande número de atropelamentos de fauna e ainda ao papel da estrada como barreira para algumas espécies, isolando diferentes populações (Hirsch, 1995, Scoss, 2002). A presença de estradas em UCs de modo geral também facilita a entrada e circulação de caçadores.

Atividades de caça foram registradas no PERD por Hirsch (1995) e apontadas como uma ameaça para a fauna de mamíferos de médio e grande porte no seu Plano de Manejo (Fonseca, 2001), que aponta como espécies mais vulneráveis os primatas, os felídeos (devido a conflitos com proprietários rurais) e os ungulados (porcos do mato, veados e anta), além dos tatus. As áreas onde concentra-se a atividade situam-se na parte norte do parque, mais próxima a núcleos urbanos.

Ainda no plano de manejo, é apontada a importância das grandes áreas destinadas ao plantio de eucalipto no entorno do PERD para a manutenção da fauna, funcionando como uma zona tampão. O manejo desta vegetação de forma a permitir o desenvolvimento de um sub-bosque de espécies nativas poderia abrigar uma parcela significativa da diversidade de mamíferos e aves (Stallings, 1990; Fonseca, 1997).

4.2.5. Avifauna

A avifauna do PERD é uma das mais bem estudadas dentre todas as unidades de conservação do estado de Minas Gerais e mesmo de toda a bacia hidrográfica do Rio Doce. Entretanto, apesar do PERD contar com amostragens históricas e atuais, a interpretação do vasto conjunto de dados disponível não é tarefa trivial. Muitos dos inventários disponíveis não tiveram seus registros devidamente datados, ao passo que outros foram conduzidos de maneira pouco criteriosa, resultando em sérios equívocos de identificação. Muitos desses equívocos foram sendo repassados e perpetuados em publicações posteriores, também pouco criteriosas em relação à validação dos registros prévios. Portanto, uma revisão crítica metódica de todos os registros disponíveis para o PERD, como a aqui conduzida, mostrou-se fundamental para a construção de uma linha de base robusta.

A primeira expedição de coleta realizada ao Parque Estadual do Rio Doce foi conduzida por uma equipe do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) durante os meses de agosto e setembro de 1940 (Pinto, 1945; 1952). A equipe ficou baseada na Fazenda Pedra Mole, localizada no extremo norte do parque, na confluência dos rios Doce e Piracicaba. De lá, a comitiva liderada por Olivério Pinto realizou extensas coletas na margem esquerda do Rio Doce, visitando também a margem direita do Rio Doce e ambas as margens do Rio Piracicaba (portanto, amostrando também localidades fora dos atuais limites do PERD). Uma vez que as localidades amostradas pela equipe do MZUSP eram representativas do maciço florestal original e que o rio Piracicaba e o médio curso do rio Doce não representam uma barreira geográfica importante para aves, as referidas coletas históricas do MZUSP serão aqui consideradas na íntegra como testemunhos da fauna original do PERD.

As coletas históricas do MZUSP representam um importante marco da ornitologia mineira, pois constituem o melhor inventário histórico da avifauna do médio Rio Doce, servindo como um valioso testemunho da fauna encontrada originalmente nas florestas primárias da região. Isso porque embora a devastação das florestas primárias do rio Doce já estivesse ocorrendo de maneira desenfreada no início da década de 1940, praticamente todos os extensos blocos florestais encontrados na região eram primários.

Durante a década de 1970, o PERD foi visitado por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa, MG (atual Museu João Moojen de Oliveira – MZJMO) e da Universidade Federal de Minas Gerais, MG (atual Centro de coleções Taxonômicas da UFMG – DZUFMG), que reuniram coleções relativamente modestas. Durante a década de 1970 o PERD foi também visitado por Edwin Willis e Yoshika Oniki (1991) que lá conduziram observações durante três dias de campo. No final da década de 1970, a avifauna do PERD foi inventariada por Ney Carnevalli e Geraldo T. Mattos (Carnevalli, 1978; Carnevalli; Mattos, n.d.), que produziram uma ampla lista baseada em dados primários, mas que contém sérios erros de identificação. Nas décadas seguintes, o PERD foi visitado por diversos outros ornitólogos e observadores de aves, cujos esforços resultaram na publicação de resultados pífios ou de listas de espécies altamente controversas (e.g. e.g. Forrester, 1993). No início da década de 1990, o PERD foi amostrado por Ricardo Bonfim Machado (Machado, 1995; Machado; Fonseca, 2000), entre outros. Os resultados dos inventários sumariados acima foram compilados por Lins (2001) em uma lista de espécies de aves do PERD, a qual incorporou muitos dos erros de identificação cometidos pelos autores supracitados.

Desde a segunda metade da década de 1990, o PERD passou a receber visitas regulares de diversos outros ornitólogos, tais como Rômulo Ribon, Marcelo Vasconcelos, Magno Branco, Leonardo Lopes, Alan-Loures-Ribeiro, Giancarlo Zorzin, Eduardo Carvalho Filho, Marcos Canuto, Augusto Alves e Wagner Nogueira, que publicaram apenas parte de suas observações. Apesar de tantos novos esforços de campo, uma nova lista de espécies jamais chegou a ser publicada para o PERD, e a lista de Lins (2001) continua

sendo reconhecida como a lista “oficial” do parque, apesar de desatualizada e contendo inconsistências. A lista de aves aqui apresentada, portanto, representa o maior esforço de compilação e revisão de dados realizada ao longo das últimas duas décadas.

Os dados referentes a estas coletas, e ainda os registros obtidos através da plataforma Wikiaves, foram utilizados para compilar a lista de espécies de ocorrência no PERD.

A lista de espécies das aves registradas para o PERD antes do rompimento conta com 384 espécies (Lista de espécies 5, Anexo 3), o que corresponde a uma das maiores riquezas de espécies de aves já encontradas em uma unidade de conservação do sudeste brasileiro. Do ponto de vista biogeográfico, a avifauna do PERD é típica da Mata Atlântica, abrigando 26 táxons endêmicos e três quase endêmicos desta província biogeográfica (perfazendo 6,7% das espécies registradas) (Lista de espécies 5, Anexo 3). O PERD representa o ponto mais interiorano na distribuição de muitas espécies da avifauna típica das florestas de baixada do leste do Brasil, que lá encontram hábitat adequado nas florestas não tão úmidas do interior mineiro (e.g. *Neomorphus geoffroyi dulcis*, *Pyrrhura cruentata*, *Piculus polyzonus*, *Schiffornis turdina* e *Euphonia xanthogaster*). Muitas dessas espécies típicas da baixada provavelmente também conseguiam adentrar o leste mineiro pelas florestas igualmente mais úmidas ao longo da calha dos rios Jequitinhonha e Mucuri, hoje devastadas em sua quase totalidade. Portanto, não causa surpresa o fato de que 46 das espécies registradas estão incluídas em alguma categoria de ameaça de extinção (11,9% das espécies com registro para o PERD). Este valor se eleva para 16,7% da avifauna da UC se forem incluídas nesta contagem as 18 espécies consideradas Deficientes em Dados (Lista de espécies 5, Anexo 3). Dentre as espécies ameaçadas de extinção que ainda podem ser encontradas no PERD merecem destaque: *Crypturellus noctivagus*, *Neomorphus geoffroyi dulcis*, *Glauucidium minutissimum*, *Piculus polyzonus*, *Pyrrhura cruentata*, *Amazona farinosa*, *Iodopleura pipra*, *Rhytipterna simplex* e *Schiffornis turdina*, entre outras. Portanto, o PERD é hoje um dos últimos redutos dessas espécies em Minas Gerais e mesmo em toda a bacia do Rio Doce.

O grande número de espécies endêmicas da Mata Atlântica e ameaçadas de extinção registradas no PERD revela a grande importância desta unidade de conservação em um contexto global. Isso porque o intenso e rápido processo de mudança de uso do solo que afligiu o médio curso do rio Doce durante as décadas de 1930 a 1960 (Fonseca, 1985) resultou em uma dramática perda e fragmentação das florestas primárias da região, restando hoje apenas pequenos, isolados e degradados fragmentos de floresta secundária no entorno do PERD. Além do mais, o próprio PERD sofreu um dramático incêndio no final da década de 1960 que consumiu aproximadamente um terço da sua área.

A análise do histórico de registros das espécies de aves do PERD mostra um cenário preocupante, pois várias espécies com registros históricos disponíveis não foram mais registradas ao longo das últimas oito décadas, encontrando-se provavelmente extintas localmente, tais como *Geotrygon violacea*, *Thamnomanes caesius*, *Dysithamnus stictothorax*, *Cichlocolaptes leucophrys*, *Hemitriccus orbitatus*, *Phyllomyias griseicapilla* e *Phylloscartes sylviolus*. Várias outras espécies de importância conservacionista carecem de registros ao longo das últimas três ou mais décadas, tais como *Crypturellus variegatus*, *Aburria jacutinga*, *Crax blumenbachii*, *Harpia harpyja*, *Chamaeza campanisona*, *Anabacerthia lichtensteini*, *Philydor atricapillus*, *Myiothlypis rivularis* e *Euphonia xanthogaster*. A persistências dessas espécies no PERD é objeto de dúvidas.

Este cenário preocupante mostra como a caça, destruição, fragmentação e degradação do hábitat, dentre outras ameaças, têm levado a mudanças na estrutura e composição da comunidade de aves do PERD ao longo das últimas décadas. A extinção (se ainda não local, ao menos ecológica) de grandes frugívoros (e.g.

Aburria jacutinga, *Crax blumenbachii*), predadores topo de cadeia (e.g. *Harpia harpyja*), grandes insetívoros de solo (e.g. *Chamaeza campanisona*) e forrageadores especializados em microhabitats específicos (e.g. *Philydor atricapillus* e *Cichlocolaptes leucophrys*, especialistas em caçar insetos em bromélias epífitas), sugerem grandes mudanças na estruturação da comunidade local e perda de importantes serviços ecossistêmicos (Whelan; Wenny; Marquis, 2008; Galetti et al., 2013).

Paralelamente à extinção local de várias das espécies mais sensíveis, as últimas décadas testemunharam a colonização da região por espécies de áreas abertas e secas, altamente adaptadas a distúrbios antrópicos, tais como a perdiz *Rhynchotus rufescens*, rolinha-picuí, *Columbina picui*, gralha-do-campo *Cyanocorax cristatellus* e corrupeção *Icterus jamacaii*. A substituição de espécies raras, endêmicas e sensíveis por espécies generalistas, de ampla distribuição geográfica e altamente tolerantes a distúrbios antrópicos é um fenômeno global, chamado de homogeneização da biota (Olden; Rooney, 2006; Villegas Vallejos; Padial; Vitule, 2016). Essa é a inevitável consequência da dramática alteração antrópica ocorrida na região no intervalo de menos de um século e que resultou na substituição de florestas úmidas primárias por pastagens degradadas de baixíssima produtividade e plantações comerciais de eucalipto.

O PERD é reconhecido como uma área fundamental para a conservação da biodiversidade de aves em diferentes níveis e escalas, sendo, por exemplo, considerado uma Área Importante para a Conservação das Aves no Brasil (MG-12, Bencke et al. 2006) e no mundo (Important Bird and Biodiversity Area – IBA BR143, BirdLife International 2021), bem como uma área chave para a conservação da biodiversidade em nível internacional (Key Biodiversity Area, KBA 2020). O PERD é também considerado um Sítio RAMSAR, uma área úmida reconhecida internacionalmente como de importância para a conservação, assim reconhecido por causa dos seus cursos d'água temporários e permanentes e, especialmente por seus 42 lagos naturais, os quais formam um conjunto de áreas úmidas de importância internacional (<https://rsis.ramsar.org/ris/1900>). Apesar da elevada riqueza de espécies de aves aquáticas registradas (e.g. 11 espécies de Ardeidae, 8 de Rallidae e 9 de Charadriiformes, dentre outras famílias menos representativas) o PERD não abriga colônias reprodutivas (“ninhais”) de destaque ou grandes contingentes populacionais de nenhuma espécie de ave aquática, incluídas aí espécies migratórias. Dentre os possíveis motivos para a importância relativamente baixa do PERD para a conservação de aves aquáticas, destacam-se a profundidade relativamente elevada e a oligotrofia da maioria dos seus lagos, bem como a quase total ausência de praias arenosas e/ou lamacentas nos seus rios e lagos. Dessa maneira, as aves aquáticas, especialmente as pernaltas e limícolas, não encontram nas áreas úmidas do PERD grande oferta de alimento e/ou áreas de forrageamento adequadas. Portanto, a grande importância do PERD do ponto de vista de conservação da avifauna reside nas suas espécies florestais e não nas suas espécies aquáticas. Tal constatação, no entanto, de maneira alguma diminui a importância do PERD para a conservação de outros organismos aquáticos conforme demonstrado pelo reconhecimento da importância de seus lagos por diversos órgãos nacionais e internacionais.

Os dados disponíveis para o PERD, apesar de representarem um dos melhores conjuntos de dados para a bacia do Rio Doce, apresentam sérias limitações e lacunas de conhecimento. Erros de identificação e/ou nomenclaturais foram frequentemente encontrados nos inventários anteriores (35 espécies não tiveram seus registros considerados válidos, Lista de espécies 6, Anexo 3), o que dificulta a apreciação dos dados disponíveis, mesmo após todos os esforços para eliminar tais erros do banco de dados. A falta de datação dos registros prévios é também um problema frequente, dificultando a contextualização temporal dos registros. Outro problema sério é que muitas das listagens disponíveis aparentemente incluem registros de terceiros, sem, no entanto, explicitarem a fonte original dos dados. Por esse motivo fica difícil acessar o real status de algumas espécies tais como *Aburria jacutinga* e *Crax blumenbachii*, exhaustivamente citadas

na literatura para esta unidade de conservação, mas cuja persistência na área é duvidosa. Por fim, praticamente todos os dados disponíveis para o PERD são qualitativos (presença/ausência), não oferecendo informações quantitativas. Portanto, apesar do vasto conjunto de dados disponíveis para o PERD, a qualidade destes dados é muito aquém do ideal, mas ainda assim muito superior à usualmente observada na região tropical.

4.2.6. Herpetofauna

A grande maioria dos estudos realizados antes do rompimento trazem informação apenas sobre ocorrência/composição de espécies da herpetofauna do PERD. Destaque deve ser dado ao livro publicado por Feio et al. (1998) que registrou 35 espécies na UC. Existe apenas um artigo (Rievers et al., 2014), fruto de uma dissertação de mestrado (Rievers, 2010), que apresenta dados sobre a abundância de espécies de anuros na UC. Esse artigo mostra que existe grande variação na abundância de 11 espécies de anfíbios de solo em diferentes locais do parque.

Foram registradas, por meio de dados secundários, 48 espécies de anfíbios e 39 de répteis, sendo 13 lagartos, três anfisbenas, 21 serpentes, um cágado e um jacaré com ocorrência conhecida ou potencial no PERD e sua zona de amortecimento (Lista de espécies 7 do Anexo 3).

A riqueza de anfíbios pode ser considerada alta e representativa, equivalendo a cerca de 19% das cerca de 250 espécies compiladas para Minas Gerais (Toledo e Batista, 2012), cerca de 11% a mais que as 43 espécies registradas na FLONA de Goytacazes (ICMBio, 2013) e cerca de 81% das 59 espécies registradas na Reserva Natural da Vale (Gasparini et al., 2016), ambas UCs localizadas próximas do Rio Doce, no Espírito Santo. relação aos répteis, a riqueza pode ser considerada mediana representando cerca de 15% das 260 espécies registradas para Minas Gerais e cerca de 31% das 125 espécies do Espírito Santo (Costa e Bérnils, 2018). Comparando com outras UCs da bacia, a riqueza registrada representa 91% das 43 espécies registradas na FLONA de Goytacazes (ICMBio, 2013) e cerca de 61% das 64 espécies registradas na Reserva Natural da Vale (Bérnils et al., 2015). A riqueza pouco expressiva de répteis é reflexo da existência de poucos estudos direcionados especificamente a esse grupo que tenham sido realizados no PERD, antes do rompimento.

Um pouco mais da metade das espécies da herpetofauna (47 spp., 53%) apresentam ampla distribuição geográfica, ocorrendo em mais de um bioma, sendo que os lagartos *Diploglossus fasciatus*, *Dactyloa punctata*, *Norops fuscoauratus* e as serpentes *Siphlophis compressus*, *Bothrops bilineatus bilineatus* e *Lachesis muta* ocorrem apenas na Mata Atlântica e Amazônia. As demais 40 espécies (47%) são endêmicas ou quase endêmicas da Mata Atlântica, ou seja, apresentam a maior parte da distribuição dentro desse bioma, como apresentado na Lista de espécies 7 do Anexo 3.

Trinta e oito por cento das espécies (34 spp.) ocorrem exclusivamente no interior de florestas (e.g. *Ischnocnema* aff. *parva*, *Ischnocnema surda*, *A. glandulata*, *A. brunoii*, *C. schubarti*, *S. incrassatus*, *D. punctata*, *U. vautieri*, *G. darwinii*, *S. torquatus*, *S. sulphureus poecilostoma*, *I. cenchoa*, *S. longicaudatus*, *S. compressus*, *X. neuwiedii*, *B. bilineatus bilineatus*, *L. muta*) ou no interior e na borda desses ambientes florestais (e.g. *T. miliaris*, *B. pardalis*, *I. langsdorffi*, *S. carnevallii*, *S. argyreornatus*, *T. mesophaeus*, *A. thomei*, *L. watu*, *P. aff. crombiei*, *P. boiei*, *P. rohdei*, *D. fasciatus*, *N. fuscoauratus*, *E. bilineatus*, *P. macrorhyncha*, *B. jararaca*) (Lista de espécies 7 do Anexo 3).

Trinta e duas espécies (36%) são típicas de ambientes abertos, incluindo espécies comuns e

frequentemente associadas a ambientes alterados e ecologicamente pouco relevantes (e.g. *R. diptycha*, *R. granulosa*, *B. albomarginata*, *B. albopunctata*, *B. crepitans*, *B. faber*, *B. semilineata*, *D. bipunctatus*, *D. branneri*, *D. decipiens*, *D. elegans*, *D. minutus*, *D. seniculus*, *S. eurydice*, *S. fuscomarginatus*, *S. fuscovarius*, *S. x-signatus*, *L. fuscus*, *L. labyrinthicus*, *L. latrans*, *L. mystacinus*, *P. cuvieri*, *E. cesari*, *H. mabouia*, *N. frenata*, *T. torquatus*, *X. merremii*). Outra parcela (22 spp., 25%) é generalista quanto ao hábitat, podendo ocorrer em ambientes abertos, florestais ou de borda (e.g. *R. crucifer*, *D. anceps*, *S. crospedospilus*, *T. nigromaculatus*, *P. burmeisteri*, *A. alba*, *L. microcephalum*, *L. wuchereri*, *E. gaudichaudii*, *S. merianae*, *C. hortulanus*, *C. foveatus*, *S. pullatus pullatus*, *E. miliaris merremii*, *E. poecilogyrus poecilogyrus*, *O. guibei*, *P. olfersii*, *P. nigra*, *S. neuwiedi*, *M. corallinus*, *M. lemniscatus carvalhoi*, *A. brongersmianus*) (Lista de espécies 7 do Anexo 8).

No que diz respeito à conservação, destaque deve ser dado ao registro da surucucu-pico-de-jaca *Lachesis muta*, cuja subespécie *L. m. rhombeata* é considerada vulnerável (VU) pela IUCN (Martins e Marques 2000). Atenção também deve ser dada à ocorrência dos anfíbios *Aparasphenodon bruno*i, *Chiasmocleis schubarti* e *Stereocyclops incrassatus* e da serpente *Bothrops bilineatus bilineatus* classificados como Dados Insuficientes (DD), em Minas Gerais (Biodiversitas 2007). Ainda, salienta-se a ocorrência das espécies de anfíbios potencialmente novas para ciência *Physalaemus* aff. *crombiei* e *Pithecopus* aff. *rohdei* (Tabela 12).

Tabela 12. Síntese das espécies da herpetofauna com maior relevância para conservação registradas ou com ocorrência potencial no Parque Estadual do Rio Doce e sua zona de amortecimento antes do rompimento da barragem de Fundão.

Táxon	Hábito	Status de Conservação			Habitat / Habitat reprodutivo	Dieta
		Global	Nacional	Estadual		
<i>Aparasphenodon bruno</i>i	Arborícola	-	-	DD	Floresta / poça temporária	invertívora
<i>Chiasmocleis schubarti</i>	Terrestre	-	-	DD	Floresta / poça temporária	invertívora
<i>Stereocyclops incrassatus</i>	Terrestre	-	-	DD	Floresta / poça temporária	invertívora
<i>Bothrops bilineatus bilineatus</i>	Arborícola	-	-	DD	Floresta em estágio avançado de regeneração	vertebrados
<i>Lachesis muta</i>	Terrestre	VU	-	DD	Floresta em estágio avançado de regeneração	vertebrados
<i>Physalaemus</i> aff. <i>crombiei</i>	Terrestre	-	-	-	Floresta / poça temporária	invertívora
<i>Pithecopus</i> aff. <i>rohdei</i>	Arborícola	-	-	-	Floresta / poça temporária	invertívora

Legenda: Status de ameaça: Global (IUCN, 2021); Nacional (MMA, 2014); Estadual (COPAM, 2010; Biodiversitas, 2007); VU (Vulnerável); DD (Dados Insuficientes); - (Menos Preocupante ou Não Avaliada).

Abaixo segue um resumo das informações pertinentes das espécies com maior relevância para a conservação acima sumarizadas na Tabela 12.

Aparasphenodon bruno é endêmica da Mata Atlântica e ocorre no interior de florestas de baixada de São Paulo até a Bahia (Feio et al. 1998; Mollo Neto e Teixeira Jr. 2012; Ruas et al. 2013). Na maioria das vezes, essas espécies são registradas ocupando interior de tanques de bromélias ou ocos de árvores ou bambu (Feio et al., 1998), mas possuem biologia reprodutiva ainda pouco conhecida. Os girinos da espécie se desenvolvem em poça temporária (Wogel et al. 2006). Sua dieta é generalista e contempla diversos grupos de artrópodes, como Orthoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Arachnida (Teixeira et al., 2002; Gomez-Mesa et al., 2017). Teixeira et al. (2017), analisando conteúdo estomacal apenas de indivíduos jovens dessa espécie, reportaram a prevalência de Coleoptera, Hymenoptera e Hemiptera. O PERD é a única localidade em Minas Gerais onde a espécie é conhecida.

Chiasmocleis schubarti e *Stereocyclops incrassatus* são endêmicas da Mata Atlântica e típicas das florestas ombrófilas costeiras. *Chiasmocleis schubarti* ocorre desde a Bahia até o Espírito Santo (Frost, 2021), adentrando Minas Gerais até as encostas orientais da Serra do Espinhaço (Santos et al., 2015). *Stereocyclops incrassatus* ocorre desde o Pernambuco até o Espírito Santo (Frost, 2021), sendo o registro do PE Rio Doce o mais interiorano da espécie. Ambas as espécies ocorrem no solo de ambientes florestais e se reproduzem em poças temporárias formadas nos primeiros meses de chuva.

Popularmente conhecida como jararaca-verde, jararaca-patioba ou patioba, *Bothrops bilineatus bilineatus* possui ampla distribuição, ocorrendo na Amazônia e Mata Atlântica (Campbell e Lamar 2004). A espécie tem sido foco de revisão taxonômica recente, cujos dados ainda não foram publicados (Dal Vechio 2014). Independente disso, uma vez que a espécie foi descrita com base em material da Bahia (Campbell e Lamar 2004), não devem ocorrer mudanças nomenclaturais que afetem as populações da área de estudo.

Bothrops bilineatus habita florestas de baixada, especialmente associadas a cursos d'água (Campbell e Lamar 2004), o que torna a região do médio-baixo Rio Doce favorável a sua presença, embora os registros sejam escassos (Dias et al. 2009) e na maioria dos casos baseados em espécimes coletados há muitas décadas (Bérnills 2009). A espécie pode ser considerada rara no PERD onde foi registrada uma única vez (Dias et al. 2009).

Trata-se de uma espécie arborícola, com hábitos primariamente noturnos (Campbell e Lamar 2004). Possui dieta generalista, alimentando-se de anfíbios, lagartos e também roedores (Martins et al. 2002). A maior parte da informação disponível é pontual e se baseia em espécimes da Amazônia ou da Mata Atlântica baiana (Argôlo 2004). *Bothrops bilineatus* parece preferir ambientes bem preservados (Almeida et al. 2007), mas pode habitar áreas com certa intervenção, como observado na região cacauzeira do sul da Bahia (Argôlo 2004).

A surucucu *Lachesis muta* é a maior serpente peçonhenta das Américas e distribui-se pela Amazônia e Mata Atlântica (Campbell e Lamar 2004). Ocorre dentro de matas, especialmente florestas bem preservadas, em áreas de baixada e que recebem elevada precipitação anual (Campbell e Lamar 2004). Tem hábitos terrícolas e se alimenta de pequenos mamíferos (Argôlo 2004; Marques et al. 2001; Martins e Oliveira 1998). Pelo tamanho que atingem (mais de 3m de comprimento), indivíduos adultos possivelmente se tornam predadores de topo.

Lachesis muta não é uma serpente comum, mesmo na Amazônia (Cunha e Nascimento 1978; Martins e Oliveira 1998). Na Mata Atlântica é bastante rara (Marques et al. 2001), talvez com exceção da região sul da Bahia (Argôlo 2004). Até 2004, as populações amazônicas e atlânticas eram tratadas como subespécies distintas, *L. m. muta* e *L. m. rhombeata*, respectivamente (Campbell e Lamar 2004). Após um estudo de revisão taxonômica e sistemática, ambas passaram a ser consideradas sinônimas, sem diferenciação

(Fernandes *et al.* 2004). Esta mudança trouxe impacto direto na conservação, uma vez que a subespécie atlântica, antes considerada ameaçada no Brasil, deixou de sê-lo (Machado *et al.* 2005; MMA, 2014). Sob o nome *L. m rhombeata*, a IUCN considera a surucucu-atlântica Vulnerável sob critérios A1c (Martins e Marques 2000).

Na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, a espécie é conhecida em apenas quatro localidades, sendo o PERD uma delas (Bérnills, 2009, Santos 2013, Fernandes *et al.*, 2004). Muitas das localidades com registros de *L. muta* realizados em décadas passadas encontram-se hoje totalmente antropizadas. Nas últimas três décadas, há apenas um registro da espécie na bacia do Rio Doce, onde hoje é a RPPN Miguel Feliciano Abdala, cujo testemunho está depositado no MZUSP. Apesar de não haver registros recentes da espécie no PERD, por ser um dos maiores e mais bem preservados fragmentos de Mata Atlântica do estado, a UC pode ser considerada um dos últimos refúgios desta serpente em Minas Gerais. Apesar da sua situação crítica de conservação em Minas Gerais, *L. muta* não foi avaliada como ameaçada, mas sim como DD (Biodiversitas 2007).

Physalaemus aff. *crombiei* é uma espécie de anfíbio potencialmente nova ainda não descrita pela ciência. Portanto, não é possível apontar com segurança qual a distribuição geográfica desse táxon, bem com seu status de ameaça. A espécie é morfológicamente similar a *Physalaemus crombiei* e *Physalaemus obtectus*, entretanto análises genéticas preliminares sugerem que *Physalaemus* aff. *crombiei* não pode ser incluída em nenhum desses táxons já descritos (Felipe Leite, comunicação pessoal). A espécie habita o interior e borda de ambientes florestais onde se reproduz em pequenas poças e lagoas temporárias. *Physalaemus* aff. *crombiei* é relativamente comum e bem distribuída no PERD (Felipe Leite, comunicação pessoal).

Baseado em métodos de delimitação de espécie usando dados genéticos e morfométricos Ramos *et al.* (2019) sugerem que o anfíbio *Pithecopus* aff. *rohdei* do PERD constituem uma espécie nova. A espécie habita o interior e borda de ambientes florestais onde se reproduz em pequenas poças e lagoas temporárias. Pouco se sabe sobre a distribuição da espécie na UC.

Com relação às espécies aquáticas da herpetofauna, há registros no PERD, anteriores ao rompimento, do cágado-de-barbichas *Phrynops geoffroanus* e do jacaré-do-papo-amarelo *Caiman latirostris*. Apesar da existência de registros de *Phrynops geoffroanus* pouco se sabe sobre a sua distribuição no PERD. Não há informações sobre a sua abundância nas lagoas ou na calha do Rio Doce.

Caiman latirostris, por sua vez, são bem mais frequentes nas lagoas do interior do parque do que na calha do rio (Felipe Leite, observação pessoal), mas não há informações sobre a densidade populacional da espécie nas lagoas do PERD ou na calha do Rio Doce. Apesar de ser uma espécie potencialmente utilizada para a caça, não há informações anteriores ao rompimento da barragem sobre a frequência e intensidade dessa atividade sobre populações do *Caiman latirostris* no interior do PERD.

Apesar dos dados secundários possuírem pouca resolução sobre a distribuição e abundância das espécies da herpetofauna no PERD, especialmente das espécies de maior relevância para a conservação, é possível diagnosticar os ambientes da UC e sua zona de amortecimento quanto à relevância para a conservação da herpetofauna. Esse diagnóstico é baseado na distribuição das principais tipologias vegetacionais e habitats da UC em um momento pré-rompimento, na lista de espécies com ocorrência conhecida e potencial e nas características das espécies quanto ao uso de habitat.

De maneira geral, a cobertura vegetal do PERD é composta por um mosaico de florestas em diferentes estágios de regeneração, dominado, entretanto, por florestas em estágio médio a avançado de

regeneração. Por ser a fisionomia mais extensa e o hábitat de todas sete as espécies elencadas como de maior relevância para a conservação (Tabela 12) essa fisionomia é a mais importante da UC para a herpetofauna.

No que diz respeito aos ambientes aquáticos utilizados para a reprodução de anfíbios, destaque deve ser dado às pequenas coleções temporárias de água em meio à floresta ou borda. Esses ambientes são utilizados por uma grande quantidade de espécies, incluindo os anfíbios classificados como Dados Insuficientes (DD) *Aparasphenodon bruno*, *Chiasmocleis schubarti* e *Stereocyclops incrassatus*, além das espécies potencialmente novas para ciência *Physalaemus* aff. *crombiei* e *Pithecopus* aff. *rohdei*. As grandes lagoas do PERD, por outro lado, abrigam uma riqueza relativamente baixa de anfíbios, quando comparada aos ambientes temporários, mas devido a sua extensão sustentam um enorme contingente populacional de espécies mais comuns e adaptadas a ambientes abertos. Um dos poucos ambientes lóticos do interior do PERD, o ribeirão Belém, abriga uma fauna de anfíbios empobrecida, sem espécies de grande relevância para conservação e, por isso, pode ser considerado menos importante para a herpetofauna quando comparado aos ambientes de água parada. A calha do Rio Doce, no trecho que margeia o PERD, abriga provavelmente poucas espécies da herpetofauna, provavelmente apenas o cágado-de-barbichas *Phrynops geoffroanus* e do jacaré-do-papo-amarelo *Caiman latirostris*.

A zona de amortecimento encontra-se, de maneira geral, bem mais alterada que o interior do PERD. Diferente da UC, na zona de amortecimento predominam pastagens e talhões de eucalipto. Apesar dos poucos dados secundários provenientes da zona de amortecimento é esperado que ela abrigue espécies comuns e já adaptadas a ambientes abertos e alterados (e.g. *diptycha*, *R. granulosa*, *B. albopunctata*, *B. crepitans*, *B. faber*, *D. branneri*, *S. fuscovarius*, *L. fuscus*, *L. latrans*, *P. cuvieri*) e, por esse motivo, possuem menor relevância para a herpetofauna.

Em síntese, os dados secundários indicam que o PERD possuía, em um momento pré-rompimento, uma rica fauna de anfíbios e uma fauna de répteis com riqueza intermediária, mas certamente subamostrada. Apenas a serpente *Lachesis muta* é considerada ameaça de extinção, pela IUCN. Outras seis espécies foram consideradas de grande relevância para conservação por serem classificadas na categoria de Dados Insuficientes (DD), em Minas Gerais ou por serem potencialmente novas para a ciência. Há um volume considerável de dados obtidos antes do rompimento que permitiu acessar a composição de espécies do PERD, especialmente de anfíbios. Entretanto, esses dados possuem baixa resolução espacial e no que diz respeito a parâmetros da estrutura da comunidade, especialmente aqueles relacionados à abundância das espécies.

Apesar de haver um volume considerável de dados obtidos antes do rompimento sobre a herpetofauna do PERD, especialmente de anfíbios, esses dados, de maneira geral, informam apenas a composição de espécies encontrada na UC. Por exemplo, o estudo de Feio et al. (1998), que é o trabalho que mais contribuiu com informações sobre a ocorrência de anfíbios no PERD, não apresenta informações das localidades onde as espécies foram registradas dentro do parque, tão pouco oferece informações sobre raridade, densidade ou quaisquer outros parâmetros relacionados a abundância das espécies. Sem dúvida são contribuições valiosas ao conhecimento da herpetofauna do parque importantes, mas que apresentam uma baixa resolução espacial e no que diz respeito a parâmetros da estrutura da comunidade que não seja a composição de espécies. Essa talvez possa ser considerada a maior lacuna para a construção de uma linha de base que permita uma comparação com dados que tenham sido ou venham a ser obtidos após o rompimento.

Ainda que os dados secundários obtidos antes do rompimento tenham possibilitado o registro de uma

riqueza mediana de répteis no PERD é preciso reconhecer que a riqueza de espécies desse grupo está subestimada. Isso ocorre visto que, até 2015, não houve a realização de projetos de pesquisa especificamente direcionado a amostragens de répteis, utilizado metodologias específicas como armadilhas de interceptação e queda. Assim, a composição de espécies de répteis obtida é fruto de registros esporádicos realizados na UC.

Por fim, virtualmente não há dados pretéritos ao rompimento sobre as populações de espécies da herpetofauna em ambientes marginais ao Rio Doce. Tão pouco há dados sobre densidade de jacarés e cagados, nas lagoas e na calha do Rio Doce.

4.2.7. Ictiofauna

A ictiofauna do PERD e seu entorno, obtida pelo levantamento de dados secundários, é composta por 68 espécies, pertencentes a 7 ordens e 20 famílias (Lista de espécies 8, Anexo 3), 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).

Das 68 espécies levantadas, 48 (70,4%) são nativas da bacia do Rio Doce, sendo seis delas (9,0%) endêmicas para a bacia. Também foram identificadas que 20 (30,8%) das 68 espécies foram introduzidas na bacia, sendo 17 introduções de espécies alóctones (ou seja, espécies não nativas da bacia do Rio Doce, mas nativas do Brasil) e três introduções de espécies exóticas (espécies não nativas no Brasil), o guppy (*Poecilia reticulata* Peters, 1856), nativa da América Central, o bagre-africano (*Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)), e a perca-sol (*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)), nativa da América do Norte.

A alta proporção de espécies introduzidas detectadas pelo levantamento de dados secundários é muito preocupante, pois estas espécies, em geral, apresentam grande potencial invasor e grande capacidade de exclusão de espécies nativas por predação (como é o caso das piranhas, *Pigocentrus nattereri* e *Serrasalmus rhombeus*; e do tucunaré, *Cichla kelberi*) ou sobreposição de nicho (como por exemplo as curimatás *Prochilodus vimboides*, nativa, *ehartii*, introduzida; e piabanhas *Brycon devillei*, nativa, e *B. howesi* e *B. vermelha*, introduzidas), caracterizando-se como potencial impacto para a ictiofauna nativa. A introdução de espécies piscívoras tem a capacidade de mudar a ictiofauna rapidamente, agravando a homogeneização biótica (Pelicice e Agostinho, 2009; Pelicice et al., 2014), provocando o desaparecimento ou redução das populações de nativas, além de interferir de forma acentuada nas cadeias tróficas (Pinto-Coelho et al., 2008). Há relatos atuais de casos de introduções de espécies com grandes consequências, como a extinção local de espécies nativas (Huckins et al., 2000).

Isso se torna especialmente preocupante quando das seis espécies endêmicas levantadas, quatro estão classificadas em algum grau de ameaça. *Brycon devillei* (Castelnau, 1855), *Hypomasticus thayeri* (Borodin, 1929) e *Pareiorhaphis scutula* Pereira, Vieira e Reis, 2010, estão classificadas como Em Perigo (EN), sendo a primeira classificada como Criticamente em Perigo (CR), para o estado de Minas Gerais; e *Pareiorhaphis nasuta* Pereira, Vieira e Reis, 2007, está classificada como Criticamente em Perigo (CR). Além dessas espécies ameaçadas, *Pareiorhaphis proskynita* Pereira e Britto, 2012, e *Parotocinclus doceanus* (Miranda-Ribeiro, 1918) completam o conjunto de espécies endêmicas. Além das três espécies endêmicas ameaçadas citadas anteriormente, adiciona-se *Prochilodus vimboides* Kner, 1859, que está classificada como vulnerável (VU);

Prochilodus vimbooides A introdução de espécies congêneres, pode estar associada ao declínio na bacia do rio Doce e em outras drenagens menores do leste brasileiro. A espécie ainda sofre com a pressão de pesca, e com a introdução de espécies exóticas, desmatamento e construção de barragens. Como se trata de uma espécie migradora, os barramentos impactam diretamente as subpopulações (ICMBIO/MMA, 2018).

Brycon devillei vem sofrendo declínios populacionais consideráveis, mas não existem dados quantitativos para mensurar as proporções com segurança. O que restou da população encontra-se severamente fragmentada. Além disso, seus ambientes preferenciais estão sendo progressivamente descaracterizados pela remoção de vegetação ciliar, poluição, assoreamento, construção de barragens e introdução de espécies exóticas e alóctones (ICMBIO/MMA, 2018).

Hypomasticus thayeri é uma espécie associada a trechos encachoeirados dos rios e sofre impactos negativos com os sucessivos barramentos ao longo da bacia, que contribuíram para fragmentar a população, e existe declínio continuado da qualidade do habitat em toda a sua área de ocorrência (ICMBIO/MMA, 2018).

Pareiorhaphis scutula é uma espécie endêmica da sub-bacia do rio Piracicaba, bacia do rio Doce, estado de Minas Gerais. A espécie é típica de córregos e riachos encachoeirados com substrato composto por blocos grandes de rocha. Desde o século XVIII, a bacia do rio Piracicaba foi intensamente explorada pela mineração de ouro e ferro, além do desmatamento para fabricação de carvão usado na siderurgia. Na segunda metade do século XX, foram construídas hidrelétricas na calha dos rios principais, barragens de contenção de rejeitos nas áreas mineradas e amplas áreas se tornaram cultivos de eucaliptos. Todos esses processos persistem até o presente e são responsáveis pela atual fragmentação das subpopulações e declínio continuado da qualidade do habitat (ICMBIO/MMA, 2018).

Pareiorhaphis nasuta é conhecida de três pontos do rio Matipó, tributário da margem direita do rio Doce localizado ao sul da ZA do PERD. A espécie é típica de córregos e riachos encachoeirados com substrato composto por blocos grandes de rocha. As principais ameaças à espécie decorrem da construção de hidrelétricas e do desmatamento, acarretando no assoreamento das drenagens da sub-bacia do rio Matipó. Estes processos culminaram na severa fragmentação da população e declínio da qualidade do habitat (ICMBIO/MMA, 2018).

Pareiorhaphis proskynita, assim como suas congêneres está associada a ambientes reofílicos e *Parotocinclus doceanus* à microhabitats marginais íntegros, onde se abriga da correnteza entre pedras, raízes e galhos.

Dentro do PERD, os estudos sobre a ictiofauna estão fortemente relacionados a entender os efeitos das introduções de espécies, que se iniciam com espécies da Bacia Amazônica em meados da década de 1970 na Lagoa Jacaré, para entretenimento dos membros de um clube de pesca local (Latini 2001). Latini (2001) ainda relata que pescadores locais observaram uma redução significativa nos estoques dos lambaris (*Astyanax lacustris*, *Psalidodon taeniatus*, *Moenkausia doceana* e *Oligosarcus solitarius*) e dos acarás (*Geophagus brasiliensis* e *Australoheros fascetus*), após a introdução do tucunaré e introduziram, a piranha *Pygocentrus nattereri* com a proposta de tentarem controlar ou reduzir a população de tucunarés. No entanto essa introdução intensificou a pressão de predação sobre as populações de espécies dos peixes citados acima. As Lagoas do PERD formam uma “rede de comunicação”, a dispersão das espécies introduzidas pode ser facilitada (Latini, 2005) por três riachos na margem esquerda do rio Doce (Belém, Turvo e Mombaça), que recebem água dos lagos em períodos de elevada precipitação (Latini, 2016). No

entanto a distância das lagoas a esses canais de comunicação interferem na capacidade dessas espécies se dispersarem, em lagoas muito próximas aos riachos (até 0,5 km), há a incidência das espécies introduzidas em mais de 80% delas, e essa porcentagem de incidência se reduz paulatinamente à medida que as distâncias lagoa-riacho aumentam, 20% de incidência em lagoas em distâncias médias (entre 0,5 e 3 km), e apenas 5% de distância em lagoas em grandes distâncias (acima dos 4 km) (Latini, 2016).

Historicamente, a bacia do rio Doce, assim como todo o estado de Minas Gerais, sofre com os impactos das atividades de extração mineral de ouro, minério de ferro, manganês e pedras preciosas. Essas extrações minerais constituem importantes fontes ambientais de metais-traço, entre os quais destacam-se arsênio, chumbo, zinco, cobre, antimônio e prata (INSTITUTOS LACTEC, 2019). Soma-se a isso, a intensa ocupação antrópica da bacia, marcada pelo crescimento desordenado, uso inadequado do solo, intensa atividade industrial, além de uma agropecuária extensiva, que contribui para que diferentes danos ambientais assolem a região, especialmente com significativo prejuízo às áreas de mananciais, várzeas e rios (INSTITUTOS LACTEC, 2019). Considerado este cenário, a o rio Doce é considerada como a quinto rio mais poluído do Brasil (JACOB, 2016) e sua bacia apontada como a mais degradada de Minas Gerais (PARREIRAS, 2014) e o rio Piracicaba, um dos principais afluentes do rio Doce e que está em parte situado dentro da ZA do PERD, é considerado o rio mais contaminado da bacia.

O conjunto de estudos compilados no “Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce” (INSTITUTOS LACTEC, 2019), relatam o acúmulo de elevadas concentrações de metais pesados em espécies nativas e não nativas de peixes, com destaque para o acúmulo de Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb e Zn em *Astyanax lacustris*, *Geophagus brasiliensis*, *Leporinus sp.*, *Hoplias malabaricus*, *Hypostomus affinis* e *Rhamdia quelen*, sendo que para *Rhamdia* há também relatos de ocorrência de lesões histopatológicas nas lamelas branquiais, indicando prejuízos osmorregatórios e respiratórios para essa espécie, e alterações histopatológicas em brânquias, fígado e testículos de *A. lacustris* e *G. brasiliensis*. em decorrência da contaminação existente.

Em um estudo realizado por Andrade et al. (2010) com a espécie *G. brasiliensis* no rio Piracicaba, as concentrações de As, Cr e Hg nos fragmentos musculares da espécie estavam muito acima dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira, e também estavam acima das concentrações dos mesmos elementos encontrada tanto na coluna d'água, quanto no sedimento, indicando que a cadeia trófica está sujeita a biomagnificação, uma vez que *G. brasiliensis* está incluso na dieta de diferentes espécies de peixes predadoras, tais como tilápias e traíras, e da população local.

Sendo assim, podemos caracterizar a ictiofauna do PERD e sua ZA no período pré-rompimento, como impactada pela introdução de espécies alóctones e exóticas, além da alteração histórica na qualidade e continuidade dos habitats, resultante da das atividades de mineração, agricultura e barramento do rio, além da poluição proveniente dos assentamentos humanos.

4.3. Linha de Base do Meio Socioeconômico

4.3.1. Aspectos Metodológicos

Para traçar a linha de base do meio socioeconômico buscou-se identificar as principais características e a dinâmica de gestão da UC em relação à sociedade envoltória. O documento intitulado Plano de Trabalho para Estudos de Avaliação dos Impactos Gerados pelo Rompimento da Barragem de Fundão nas Unidades de Conservação – Revisão 2, referência para a avaliação dos impactos, indicou a necessidade de

levantamento de dados, informações, estudos, materiais e documentos sobre a região da UC, contemplando aspectos socioambientais e econômicos mínimos para avaliar as alterações que podem ter sido causadas na UC e/ou ZA. Então, além das informações sobre a Unidade de Conservação, foram pesquisados dados sobre seu entorno, em razão das influências sobre a UC, com potencial de geração de impactos, positivos e negativos, diretos ou indiretos. A UC aqui é entendida a partir de sua inserção nos processos de desenvolvimento socioeconômico da região e não como um fator alheio ou de impedimento dessas formas de desenvolvimento.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) reforça a ideia de integração entre a UC e sua área envoltória – zona 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).

Para a definição da área de entorno considerou-se porções do território que possam representar vulnerabilidade ou 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 dos processos externos que podem afetar a UC (ICMBio/IBAMA, 2002, p. 96).

Também as recomendações da figura das reservas da biosfera oferecem elementos de interesse para entendimento da relação da UC com seu entorno, notadamente a definição de zona tampão, e permitem abordar parcelas do terreno que tenham ligação mais direta com a Unidade de Conservação (RBMA, 1996; BRASIL, 2000). Ainda que o Roteiro do ICMBio/IBAMA (op. cit., p. 97) apresente alguns critérios que não devem ser incluídos numa Zona de Amortecimento (“Áreas urbanas já estabelecidas e Áreas estabelecidas como expansões urbanas pelos Planos Diretores Municipais ou equivalentes legalmente instituídos”), o presente levantamento considera também áreas urbanas que estejam em contato direto com a UC ou que apresentem influências sobre elas, a fim de melhor compreender a relação da UC com seu entorno, sobretudo as pressões que núcleos mais urbanizados podem exercer sobre a área protegida.

Uma importante ferramenta para a avaliação da influência das práticas socioeconômicas do entorno na UC é o conceito de nodalidade. 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). Define-se o lugar central, 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 aos estudados (Idem, ibidem, p. 82). A nodalidade serve como análise da atração de pessoas e mercadorias, que podem ser estabelecidas por meios artificiais (estradas) ou naturais (rios, por exemplo).

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

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

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

A distância é avaliada sobre uma referência (como a UC), da qual 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 (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 grandes obstáculos a serem vencidos.
- 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.

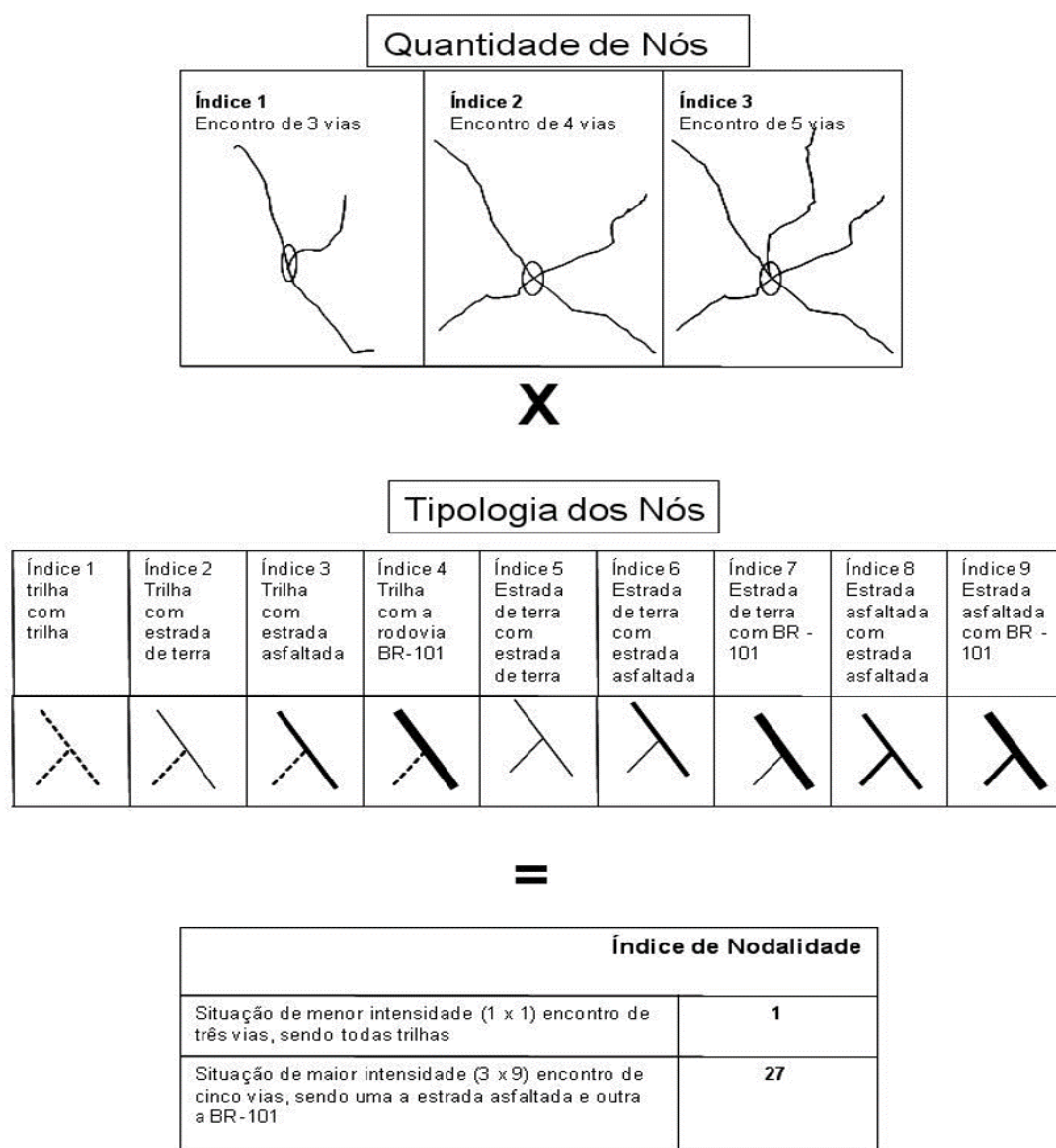
Com base nessas informações é possível estabelecer e inferir relações espaciais na região a partir da avaliação das redes geográficas (acessos à região) e da nodalidade – os nós – situados nos cruzamentos de trilhas e estradas que dinamizam as conexões e deslocamentos na região.

Assim, a fim de definir a metodologia em estabelecer a área de estudo, entendendo como se deu o processo de ocupação e de difusão espacial das características ambientais, sociais e econômicas da região, foram analisadas à luz da escala espacial, as redes geográficas por meio de índices de nodalidade e de acessibilidade (a partir da elaboração do Mapa de índice de nodalidade, Mapa 16.).

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

Para entender as conexões (os fluxos de mercadoria, pessoas e informações) da área de estudo, mapearam-se as vias de comunicação, como as trilhas, estradas de terra, estradas vicinais asfaltadas, relacionadas aos principais processos socioespaciais da região. Os índices de nodalidade foram gerados a partir de uma matriz que considerou informações quantitativas (o nº de cruzamentos) e qualitativas (os atributos dos cruzamentos), conforme a Figura 27. 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 27. Matriz para o estabelecimento do índice de nodalidade



Fonte: (Ferreira, 2003)

Além da análise das relações socioespaciais, para identificar os potenciais impactos sobre o meio socioeconômico e cultural na área de estudo em sua relação com a unidade de conservação, considerou-se importante buscar 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.

Então, ao se considerar que comunidades locais podem ser beneficiárias dos serviços ecossistêmicos, torna-se importante identificar quais são os beneficiários e quais são os serviços que os ecossistemas fornecem. Não basta o serviço estar disponível, é importante que o beneficiário o utilize. Para se dimensionar como se dá essa relação há procedimentos metodológicos específicos, inclusive pesquisa no campo, que fogem ao escopo do presente trabalho. Entretanto, buscar-se-á identificar na literatura específica sobre o Parque Estadual do Rio Doce e sobre as comunidades localizadas em seu entorno algumas pistas sobre essa relação.

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

Embora um entendimento mais abrangente das relações entre os componentes e dimensões da vulnerabilidade seja necessário, é igualmente importante prosseguir nos esforços para compreender o específico nexos causal em lugares específicos, porque

são neles que se materializam as diferentes dimensões da vulnerabilidade, dando-nos pistas sobre a natureza de tais interações. [...] Seria um erro, porém, subestimar a importância de estratégias locais e da experiência das comunidades na redução da vulnerabilidade (Delica-Willison e 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 e 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 aos 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; tem como referência os resultados dos censos demográficos de 2000 e 2010; a escala de maior detalhe é a municipal. São dezesseis indicadores que compõem o IVS, organizados em três dimensões: infraestrutura urbana; capital humano; renda e trabalho. O IVS varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município. As faixas de IVS definidas pelo IPEA são: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

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 em que se insere a Unidade de Conservação procedeu-se à consulta de dados do Censo do IBGE de 2010, além de outras fontes oficiais e mais recentes, organizando-as por município.

Entretanto, aspectos relacionados ao meio socioeconômico e às dinâmicas socioterritoriais podem não ser identificados na escala municipal de estudo. Optou-se, então, por uma escala de maior detalhe, chegando-se aos setores censitários que possuem dados estatísticos que permitem compreender algumas das características da vizinhança da UC, de modo a contribuir para a compreensão do grau de vulnerabilidade das comunidades.

Considerando, ainda, que a relação com o binômio PERD-rio Doce é de particular interesse para a análise, foi realizado um recorte com foco nos setores censitários localizados nesse contato, próximos ao rio Doce e ao Parque Estadual, a Leste.

Além das estatísticas para o delineamento do perfil social e econômico, para se traçar a linha de base do meio socioeconômico recorreu-se à interpretação do mapa de uso da terra da região em que se encontra inserida a UC; às publicações em revistas científicas e anais de congressos, a teses e dissertações, relacionadas à pesca, 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 obter informações sobre bens patrimoniais.

4.3.2. Formas de Uso e Ocupação do Território

4.3.2.1. Histórico da ocupação

O Vale do Rio Doce durante o auge da exploração aurífera nas Minas Gerais encontrava-se afastado do eixo econômico da Colônia, sendo uma das menos dinâmicas e menos povoadas das localidades. Dominada pelo grupo indígena denominado como “Botocudos”, apenas no século XIX, no âmbito de uma estratégia militar², o Vale do Rio Doce foi inserido nos planos de governo para a ocupação do território. Quecini (2007), citando o Diário do Aço de 1999, aponta que a situação de isolamento era considerada favorável aos planos da Coroa Portuguesa, dado que dificuldades para transpor a espessa mata³, associadas ao perigo que representava a presença dos indígenas, garantiam maior controle sobre o comércio de ouro e sobre o território. A autora cita ainda que a Ponte Queimada, marco histórico localizado no município de Marliéria, sobre o rio Doce, a leste do Parque Estadual do Rio Doce, era um dos poucos pontos para a travessia do rio e, para a concepção da época, representava o limite da civilização.

O rio Doce exerceu importante papel de conexão da região à zona litorânea, por onde chegavam os ordenamentos da Coroa (Guimarães, 2008). No Brasil colonial e imperial, a conexão de áreas de exploração se dava no sentido Leste-Oeste, adentrando o território a partir do litoral, navegando nos grandes rios, com uma estrutura econômica baseada nessas “bacias de exportação”. Obedecendo a este modelo, o rio Doce exerceu esse papel integrador antes do advento dos demais modais (ferrovia e rodovia), ligando o sertão com a zona costeira. Salienta-se que o eixo ferroviário subsequente acompanhou o traçado das frentes de ocupação histórica.

No início dos 1900, a Estrada de Ferro Vitória-Diamantina (EFVM), Vitória-Minas, e, 30 anos depois, a implantação de estradas de rodagem viabilizaram a comunicação com outras áreas e contribuíram para a diminuição do isolamento da região.

A Estrada de Ferro Vitória-Minas é considerada como um elemento inicial para mudança na configuração regional. Trinta anos depois, a implantação da indústria siderúrgica altera completamente a organização da região que viria a ser conhecida como Vale do Aço⁴.

Embora a chegada da ferrovia ao vale do Rio Piracicaba tenha causado algumas transformações, com a constituição de núcleos de povoamento em torno das estações, foi somente a partir da década de 1930, com a implantação das primeiras grandes siderúrgicas à base de carvão vegetal, que alterações mais profundas se fizeram sentir na região. A implantação destes empreendimentos industriais causou impactos que

² A estratégia militar contra o domínio dos chamados botocudos recebeu o nome de “Guerra Justa” e foi liderada pelo militar francês Guido Marlière, incumbido de comandar a divisão do rio Doce, em 1819. Tal estratégia contou com a criação de aldeamentos que posteriormente deram origem a alguns municípios da região. O sobrenome do militar francês dá nome ao município que detém a maior parte do território do Parque Estadual do Rio Doce – Marliéria.

³ Grifo nosso.

⁴ Na primeira metade da década de 1950, o governador Juscelino Kubitschek investiu em infraestrutura, particularmente para a produção da energia elétrica necessária às indústrias. Foram instaladas usinas hidrelétricas e criada a CEMIG, estatal que centralizou a produção e distribuição de energia elétrica no estado. (QUECINI, 2007), com favorecimento da implantação de indústrias na região leste de Minas Gerais e a criação da USIMINAS, em 1956, estatal de grande porte do ramo da siderurgia.

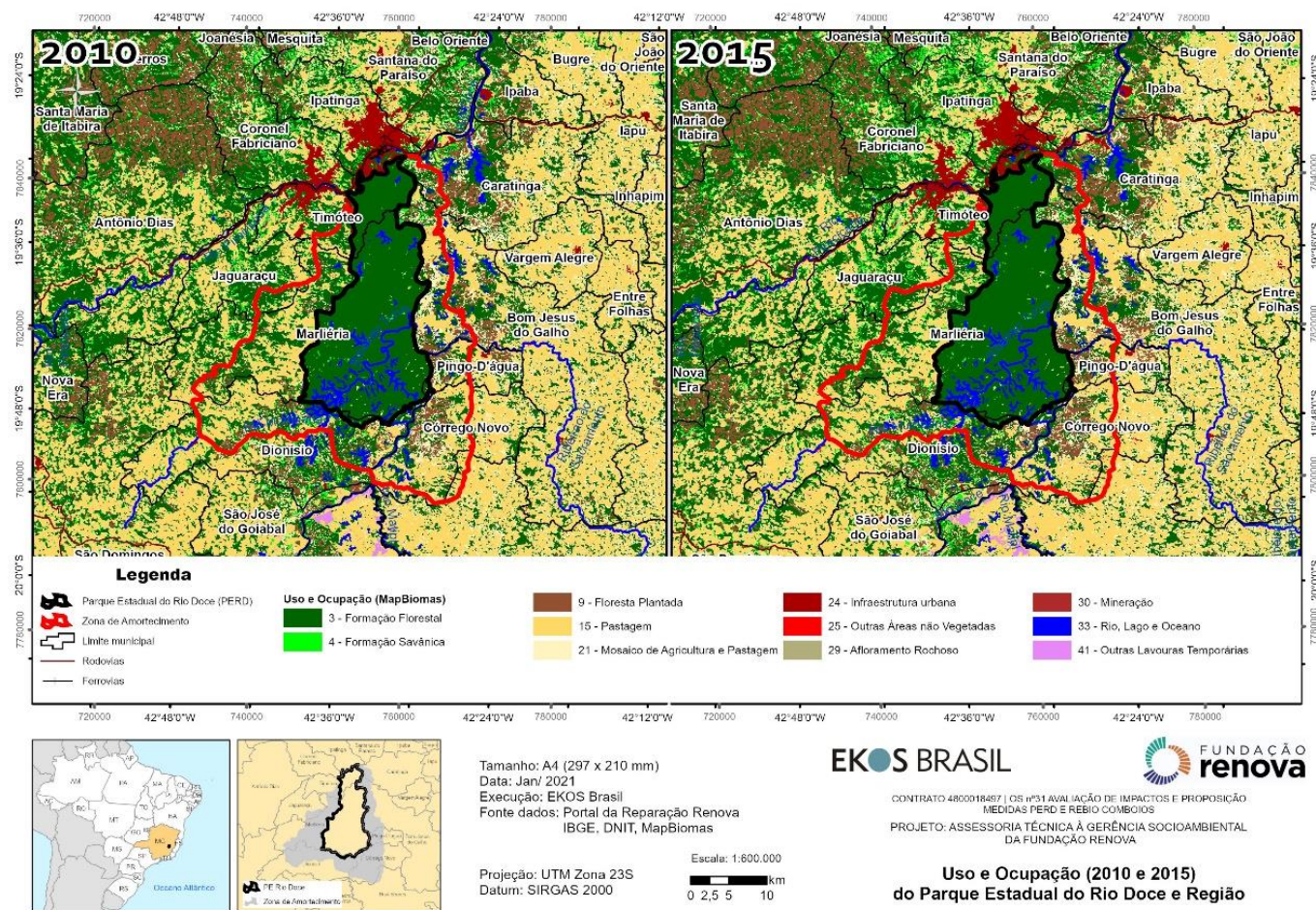
foram muito além de alterações no meio físico local, ela provocou uma completa reestruturação social, econômica e ambiental (QUECINI, 2007, p. 121).

Dentre as mudanças observadas à época e que, de certa forma, influenciam a organização regional ainda nos dias de hoje, tem-se:

- Concentração fundiária: inicialmente a Siderúrgica Belgo-Mineira (1937) e, posteriormente ACESITA (década de 1940) e Usiminas (década de 1950), adquiriam vastas extensões de terra – leia-se matas – para garantir a oferta do carvão vegetal utilizado nos fornos.
- Expulsão da população rural, com consequente redução das atividades de subsistência e diminuição da oferta de alimentos para abastecimento da cidade.
- Alteração na configuração laboral, com disponibilização de mão-de-obra para a construção civil e para as indústrias.
- Destruição de grande porção da mata original.

A configuração territorial, representada no Mapa 144, mostra que a área do PERD remanesce de um processo histórico de ocupação que privilegiou a instalação da infraestrutura que viabilizaria a industrialização. A mata original foi, em grande parte, consumida nas fornalhas das marias-fumaças da EFVM e, posteriormente, nos fornos das indústrias siderúrgicas, finalidade que promoveu, também, a substituição da floresta pelos plantios extensivos de eucalipto.

Mapa 14. Uso e ocupação no Parque Estadual do Rio Doce e região, 2010 e 2015.



O “mosaico mineiro”⁵, como é chamada a especialização econômica de determinadas regiões do estado, contempla, entretanto, diferenças internas significativas em cada um de seus componentes. O Vale do Rio Doce tem, por um lado, as atividades econômicas relacionadas à cadeia produtiva da siderurgia e, por outro, contextos totalmente diferenciados, fazendo com que seja entendido como uma das regiões mais heterogêneas entre todas as que compõem o citado mosaico.

O relevo regional condicionou as formas de uso e ocupação, tendo o processo de urbanização se iniciado paralelo ao rio Piracicaba e seus afluentes e à ferrovia, sendo, então, o binômio rio-ferrovia seu eixo estruturador (QUECINI, 2007). Porém, a partir da década de 1970, com a expansão das empresas Usiminas (Ipatinga) e ACESITA (Timóteo), novos conjuntos habitacionais foram implantados, acentuando o crescimento perpendicular em relação ao eixo original, mas ainda seguindo fundos de vale, favorecendo tendência de conurbação entre os municípios, como pode ser observado no Mapa 15⁶. Nas franjas dessa conurbação, há a instalação de condomínios, no estilo “alphaville”, como se observa em Timóteo, além da procura por chácaras de final de semana em áreas mais isoladas, próximas ao Parque Estadual do Rio Doce.

⁵ A década de 1970 consolida um período de diversificação e adensamento da produção industrial, o que dá origem a especializações regionais: Triângulo Mineiro, com agropecuária e poucas indústrias; região Noroeste, com extração mineral e pecuária; Zona da Mata, pecuária, café e a produção industrial; Sul, com indústria, na pecuária e no café; vales do Jequitinhonha e Mucuri, pecuária de corte e agricultura de subsistência; Centro-Oeste com indústrias têxteis, siderúrgicas e de alimentos; Região Central, onde se situa a capital, com rede serviços e finanças. No Vale do Rio Doce, a siderurgia faz surgir ilhas de desenvolvimento (QUECINI, 2007).

⁶ O processo de conurbação ali iniciado contribui para a formação da Região Metropolitana do Vale do Aço, em 1998. Composto por 22 municípios, liderados por Ipatinga, Coronel Fabriciano, Santana do Paraíso e Timóteo, representou importante iniciativa para a organização regional, mas, assim como em outras regiões metropolitanas, a do Vale do Aço apresenta grandes disparidades internas, com as cidades-sede apresentando melhores condições de vida do que as de seu colar metropolitano (Costa e Costa, 2000, apud Quecini, 2007).

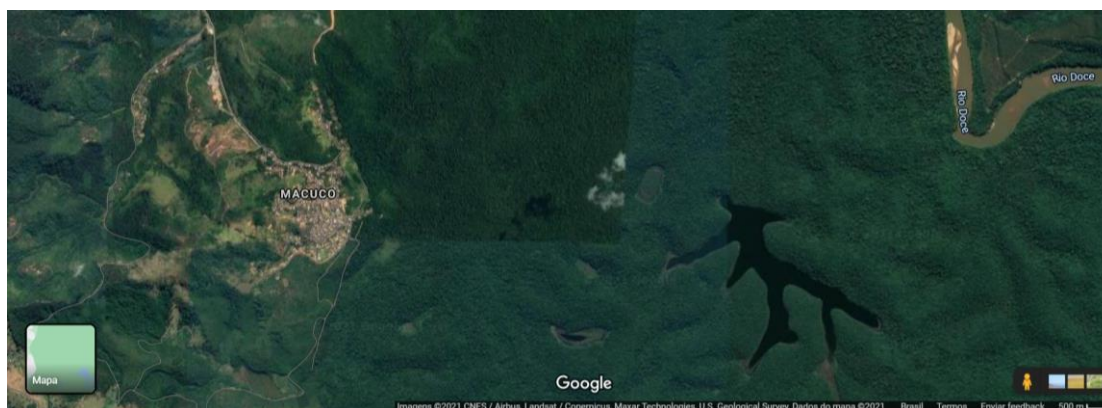
Então, nos setores norte e noroeste do PERD a ocupação é substancialmente urbana e industrial, com edifícios, avenidas, túneis, pontes, indústrias e siderúrgicas, particularmente em Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo (OLIVEIRA, 2019), com bairros consolidados na margem esquerda do rio Piracicaba, separados deste por uma faixa marginal de mata. Observa-se a densidade demográfica de Ipatinga (Tabela 14). Ainda que o limite norte do PERD seja o rio Piracicaba, e a área densamente povoada, inclusive as indústrias, localizem-se na outra margem, há de se considerar a possível pressão exercida sobre o parque em razão das consequências que tal ocupação traz ao ambiente (poluição atmosférica, despejo de rejeitos industriais e domésticos, entre outros).

O Plano de Manejo do PERD (IEF, 2002) informa que até o ano de 2000, dos 288 processos de licenciamento ambiental, cadastrados na Fundação Estadual do Meio Ambiente FEAM, nos municípios do entorno do PERD para obtenção das licenças prévia (LP), de instalação (LI) e de operação (LO), mais da metade (53,5%) vinculavam-se ao controle ambiental da atividade siderúrgica. O mesmo documento apontou Alphaville e Recanto Verde, em Timóteo, a noroeste do parque, localidades de moradia de trabalhadores do setor siderúrgico, como vetores de pressão sobre a UC.

Mais ao sul do setor indicado no parágrafo anterior, na divisa oeste e sudoeste do Parque Estadual do Rio Doce, seguindo de Timóteo para Dionísio, o Projeto Doces Matas (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS et al, 2001) identificou, à época, agrupamentos sociais com características periurbanas, com a presença frequente da atividade agrícola nos quintais das casas ou em pequenas chácaras. Foram destacadas as localidades de Chacreiros e Macuco. Esta última corresponde aos setores censitários 27, 28, 29 e 30 no Mapa 17, onde é possível verificar a proximidade com a fronteira do Parque Estadual do Rio Doce, indicando a pressão urbana nesse setor do PERD, fenômeno que pode ser também identificado na Figura 28. Trata-se de uma concentração de estradas e trilhas que dinamizam a circulação de pessoas e mercadorias, e que exercem uma pressão ao PERD, como poderá ser observado na próxima seção, sobre nodalidade.

Ações interinstitucionais entre prefeituras, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), IEF, PERD e outros parceiros, buscando combinar geração de renda para comunidades vizinhas ao Parque e a conservação ambiental, por meio de atividades não poluidoras, foram levadas a cabo nesse território. Registra-se o incentivo à piscicultura, à produção de frutas e doces, mel de abelha, leite, açúcar mascavo, rapadura e de chapéu de palha (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS et al, 2001; Quecini, 2007). Além da produção, propriamente dita, há o intuito de envolver as comunidades na “manutenção e fiscalização, pois ao auxiliar a população a aproveitar melhor os recursos naturais disponíveis na região, promovia-se a vinculação entre ela e o meio ambiente, levando a que, consciente da dependência deste para seu sustento, passasse a evitar sua degradação” (Quecini, op. cit., p. 184)

Figura 28. Imagem da localidade denominada Macuco (Timóteo), no limite imediato do Parque Estadual do Rio Doce.



Fonte: Google Maps, 2021.

Algumas localidades possuíam características mais fortemente rurais, ainda que a agropecuária tenha sido avaliada como decadente, com poucas famílias dedicando-se exclusivamente à atividade (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS et al, 2001, 2001). Nos bairros de Celeste, Antunes e Mundo Novo, em Marliéria, verificou-se a diversidade da agricultura familiar, porém com pouco acesso ao mercado. Nesse último bairro houve ação institucional do Parque com vistas ao desenvolvimento de trabalho conjunto.

Uma significativa presença na paisagem do entorno do PERD, sobretudo em relação à quantidade de área ocupada, são as florestas plantadas, em particular os cultivos de eucaliptos. Segundo Peixoto (2012) data na década de 1940 o início das atividades da indústria de madeira e celulose e das práticas de reflorestamento que, em conjunto com a siderurgia e a agropecuária extensiva e utilizadora do fogo para manejo dos pastos, contribuíram para tornar a região “uma acelerada experiência de degradação ambiental”. Segundo a autora,

a silvicultura, que ocupa grandes áreas do entorno do PERD, destina-se a suprir a demanda de madeira para fabricação de celulose e, em menor escala, de carvão vegetal para siderurgia (BARBOSA *et al.*, 1997 *apud* RELATÓRIO PELD – site 4, 2005). Acompanhando os monocultivos de eucalipto, a região apresenta ainda extensas baterias de fornos que produzem carvão vegetal e estendem-se muitas estradas, principalmente as de terra, para o manejo das plantações e escoamento da produção. A cultura de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), devido ao seu rápido crescimento e à múltipla utilização de sua madeira, tem sido amplamente adotada nos programas de reflorestamento (Peixoto, 2012, p.23).

Em resumo, o processo de ocupação do território composto pelo PERD, sua zona de amortecimento e a área em seu entorno, fez com que o contexto atual contemple um cenário composto pelo Parque – o foco dessa análise – pressionado pelo conjunto de ações ao seu redor. A industrialização, a silvicultura, a pecuária, a urbanização, trouxeram consequências inadequadas, do ponto de vista ambiental, ao território, como: i) alteração da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos em decorrência do aterramento das margens de rios, lagos e lagoas e do despejo de efluentes domésticos sem tratamento e o assoreamento dos leitos d’água, além da estocagem inadequada dos resíduos sólidos; ii) fragmentação florestal causada pela substituição da vegetação natural por meio do desmatamento e da utilização do fogo, questionável forma de manejo tanto para cultivos madeiráveis, como o eucalipto, quanto para as formação/renovação

de pastagens (Quecini, 2007; Peixoto, 2012; Oliveira, 2019); iii) a concentração fundiária, com mudanças socioculturais na sociedade local e regional, limitação de acesso à terra aos pequenos produtores, alteração da estrutura laboral, perda de conhecimentos sobre o ambiente e da relação com o lugar.

Assim, no âmbito regional, o legado urbano da indústria no vale do rio Piracicaba é também rural, é um legado de profunda e pouco feliz alteração na sua estrutura produtiva e que põe a descoberto alguns dos lados mais perversos da industrialização: a expulsão do pequeno agricultor, frequentemente coagido pelas grandes empresas a vender sua propriedade; a exploração da mão de obra pouco qualificada, que ainda luta para conquistar os mesmos direitos dos trabalhadores urbanos; e a degradação ambiental, seja a dos rios, do solo e do ar causada pela fábrica na cidade e pelo desmatamento, pela monocultura do eucalipto e pelos fornos de carvão em meio à mata (Quecini, 2007, p. 317).

Todos esses fatores se expressam no território do entorno do parque por uma estrutura sinuosa de vias de comunicação, estradas pavimentadas, sem asfaltamento e de trilhas que permitem inferir o grau de pressão sobre a UC, como destacado na próxima seção.

4.3.2.2. Nodalidade do Parque Estadual do Rio Doce

Conforme apontado no Mapa 16 a nodalidade é uma ferramenta que possibilita a avaliação das conexões presentes na área de estudo a partir dos cruzamentos das vias de comunicação. A nodalidade está vinculada ao conceito denominado “Situação”, que é definida pelas relações externas que o lugar estudado mantém com outros, vizinhos ou distantes. Tratou-se, aqui, de considerar o Parque Estadual do Rio Doce como lugar central e, a partir dele estabelecer as relações, avaliadas a partir das “nodalidades” (trama de nós), que indicam a acessibilidade de uma área em relação a outras.

A “situação” pode ser relacionada ao conceito de “sítio”. Este diz respeito a uma análise interna de cada alvo geográfico (um bairro, uma área específica, uma UC). O “sítio” pode ser definido, segundo Rugg (1972: 85), como o conjunto das características internas do local. Trata-se de um ponto específico, de uma área específica, de um local específico. O Sítio, ainda segundo Rugg (op. cit.: 85), é um local exato no ambiente onde se origina um aglomerado ou estabelecimento de pessoas. Assim, o sítio (características internas de um local, como um bairro) e a situação, está revelando a conexão deste sítio com outros, permitem avaliar as características da área de entorno da UC e, a partir da situação, ver qual o grau de conexão com a UC, verificando assim possíveis vetores de pressão.

A leitura do Mapa 16 permite analisar que à oeste da UC, observa-se pontos dispersos em eixos definidos a partir da rodovia (LMG 760) que segue equidistante aos limites do PERD. Essa estrada parte de Timóteo, a oeste da UC e se dirige para sul mantendo uma distância dos limites do PERD, em torno de 1 a 3 km, mas com algumas conexões perpendiculares (leste-oeste) que se dirigem até os limites do PERD.

No extremo noroeste do PERD destaca-se, saindo da LMG-760 e se dirigindo para as proximidades do PERD, a Avenida dos Rodoviários, que conecta à estrada os bairros de Limoeiro, Recanto Verde, Alphaville e Chácaras Alphaville, além do Distrito Industrial, no município de Timóteo. Esta avenida chega até o Bairro do Macuco, já nos limites da UC, onde se encontra um dos Centros de Visitantes do PERD, com a guarita na entrada.

Os cruzamentos (nós) do bairro do Macuco são de baixa e média intensidade, predominando-nos de 4 a 10 no índice de nodalidade. Isso se deve ao cruzamento de estradas e ruas de terra, tendo em vista que o

bairro, embora já consolidado como urbano, ainda não tem suas ruas pavimentadas.

Os demais bairros deste setor, mais ao norte do Macuco (Limoeiro, Recanto Verde, Alphaville e Chácaras Alphaville) não apresentam uma via de conexão ligando-os ao PERD. Suas conexões são internas aos sítios, mas de alta intensidade em Alphaville e Chácaras Alphaville, chegando a expressar um índice de nodalidade de 24, por conta de cruzamentos de ruas asfaltadas no interior destes bairros. O bairro do Limoeiro também apresenta uma alta nodalidade interna, com os mesmos índices de Alphaville. No bairro do Recanto Verde essa intensidade é menor, com índices variando entre 6 e 10. Trata-se, portanto de um bairro com menos infraestrutura viária que os vizinhos, caracterizado predominantemente pelas estradas de terra que partem do eixo central que conecta todos esses bairros, a Avenida dos Rodoviários. Contudo, todos esses bairros estão muito próximos dos limites do PERD e deve-se checar se há trilhas de conexão deles para o interior do parque, o que poderia se configurar como um importante vetor de pressão na área, devido às intensidades da nodalidade no interior desses bairros.

A proximidade com áreas mais urbanizadas e com atividade econômica mais dinâmica propicia maior concentração e entrelaçamento das vias de circulação, aumentando a nodalidade. Há, assim, um padrão de concentração da ocupação observada pela trama de nós nos bairros da frente de expansão urbana, situados a noroeste do parque, que possuem uma estrutura urbana já consolidada. Nesse sentido, configuram-se como possíveis vetores de pressão ao parque. Embora sua dinâmica econômica esteja mais associada a atividades urbanas e industriais, é necessário analisar o rebatimento dessas práticas, assim como as de lazer, nas áreas do interior do parque.

A sul do Macuco, há uma trama de vias de terra, ligando as fazendas deste *sítio*, onde predomina um uso da terra de “mosaicos de agricultura e pastagens”, mas entremeados a manchas de floresta remanescentes. Aqui, por conta da circulação pelas estradas de terra de veículo mais tracionados ou mesmo veículos comuns, o índice de nodalidade varia como baixo, de 4 a 10. Há uma estrada asfaltada que segue até as proximidades do parque, apresentando eixos a partir dela, com índices baixos de nodalidade, situados, entre 4 e 6. Isso se deve a esses cruzamentos serem da estrada asfaltada com trilhas. Portanto, uma atenção maior deve ser considerada aqui, pois, a partir destas trilhas, pode-se adentrar ao PERD.

Deve-se dar destaque para a localidade de Cava Grande, que é cortada pela LMG-760. O *sítio* deste bairro tem uma malha interna de baixa nodalidade, por conta de os cruzamentos serem em terra, mas a quantidade deles concentrados no interior permite inferir que se trata de bairros com lotes reduzidos e população elevada, mesmo que voltada às atividades agrícolas. Mas o ponto fundamental é que de Cava Grande parte uma estrada de terra que atravessa o PERD, no sentido noroeste-sudeste, até sua outra extremidade, no município de Pingo D'água, no atrativo da Ponte Queimada. Com extensão aproximada de 22 km, a estrada liga a localidade da Cava Grande, passando pelo posto de fiscalização, à entrada do Parque, até a Ponte Queimada, estrutura de aproximadamente 200 anos, construída sobre o rio Doce⁷.

Nos arredores de Cava Grande, na estrada de terra (MG 425), não há nós em seu trecho mais próximo ao PERD. Junto ao bairro de Cava Grande, há um nó de valor 20, o mais intenso, mas o que predomina são nós de intensidade de 4 a 10, o que se traduz por uma baixa circulação de veículos. Contudo, essa estrada

⁷ Trata-se de uma estrada parque que começa no posto de fiscalização, conhecido como Salão Dourado, na região noroeste do Parque e dá acesso aos municípios do lado leste da unidade, como Pingo D'água e Córrego Novo. É cercada por vegetação de Mata Atlântica, com árvores de grande porte, como as gameleiras e os jequitibás, também permite a visualização constante de animais silvestres. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>. Acesso em: 02 de fev. de 2021.

precisa ser mais bem avaliada por se configurar como importante vetor de pressão ao PERD.

Ainda no setor a oeste do PERD, muitos dos caminhos, nos municípios de Marliéria e Jaguaraçu, são estradas de terra que se dirigem a oeste e são interrompidos, alguns deles muito provavelmente em razão do relevo montanhoso, como o pico do Jacroá, em Marliéria. Outras estradas de terra levam a estabelecimentos rurais e são utilizadas para a circulação de pessoas e para o escoamento de produção agrícola. Nesse setor, há um alinhamento das ocupações em torno de um eixo central, que é uma estrada não pavimentada vicinal às rodovias, que conectam o fluxo destas para as fazendas e chácaras, assim como para os pontos de interesse turístico. Os índices de nodalidade variam entre baixo a médio, situando-se com valores de 2 a 10, pelas características de cruzamento entre trilhas (índice 2) e de estradas de terra (índice 10).

Ainda no setor oeste observa-se outra entrada em território do Parque Estadual, a mais importante para a UC. Mais ao sul, no município de Marliéria, a entrada principal do PERD, a portaria, com caminho de terra que leva ao principal atrativo do PERD, a Lagoa dom Helvécio, além da pista de pouso. Trata-se também de uma forma de difusão espacial alinhada ao longo deste eixo da estrada, sem grandes conexões com fazendas e chácaras. O parque parece funcionar como principal elemento de conexão deste setor em Marliéria, representado pelo setor de turismo, haja vista a relativamente grande quantidade de empresas deste setor na área de entorno. O uso da terra neste setor é de “Pastagem” e de “Mosaico de Agricultura e Pastagem”. Há uma estrada asfaltada, que liga a LMG-760, aonde os índices de nodalidade chegam a 20, com intensa conexão, mas trata-se de uma estrada na posição oposta do eixo da LMG, em relação ao PERD. Por isso, a pressão de uso sobre a UC parece ser menor. São nós de ligação às fazendas desse setor (*sítio*). Do lado da LMG onde se situa o PERD as conexões são bem menores, com índice 10, médio, até chegar a portaria do PERD. Como se trata do setor mais visitado da UC, com toda a infraestrutura voltada ao uso público, presume-se que a pressão de uso por atividades clandestinas não ocorra, ou são muito reduzidas.

Nos limites norte e noroeste do PERD tem-se o rio Piracicaba, os trilhos da Ferrovia Vitória-Minas e uma maior concentração de nós, característica das áreas urbanas, onde é intensa a circulação de pessoas, mercadorias e informações. Nessa porção é maior a ocorrência do índice 15 e 18 que caracteriza maior encontro de diferentes vias. Portanto, internamente, há de média a alta nodalidade nos bairros de Amaro Lanari, Imbaubas, Bela Vista, Cariru e Castelo, no município de Ipatinga. Todos esses bairros não apresentam conexão com a UC, estando separados da margem esquerda do Rio Piracicaba (que é o limite do PERD) por uma faixa marginal de floresta e desta margem florestada, os bairros estão envolvidos por uma via perimetral, circunscrevendo os bolsões de ruas. Trata-se da Av. Brasília (em Amaro Lanari), Av. Bárbara Helidora (em Imbaúbas), Av. Usiminas (em Bela Vista) ou a Av. Itália (no Cariru). Mas como há um porto, ou trapiche, pelo menos nesse setor, é importante avaliar a conexão deste com as avenidas.

No setor leste, as características de uso e ocupação são substancialmente diferentes dos limites oeste e norte do Parque, com grandes áreas de plantio de eucalipto e pequenos agrupamentos urbanos. Do ponto de vista das vias de conexão, deve-se destacar uma rodovia asfaltada, sem denominação, que parte do trevo com a MG-458, em Ipatinga e dirige-se para sul, margeando o PERD, até a sede do município de Bom Jesus do Galho, passado pelas localidades (*sítios*) de Revés do Belém, Pingo D'água e Córrego Novo.

Nesse setor leste do PERD, são três os pontos principais: a nordeste, em Caratinga, próximo à margem do rio Doce, oposta ao PERD, até a lagoa do Piau, encontra-se um emaranhado de trilhas, característico de áreas de floresta plantadas, subdivididas em pequenas áreas, conhecidas como talhão. A trama de nós representadas pelas estradas desses talhões atestam uma dinâmica de circulação de caminhos e de

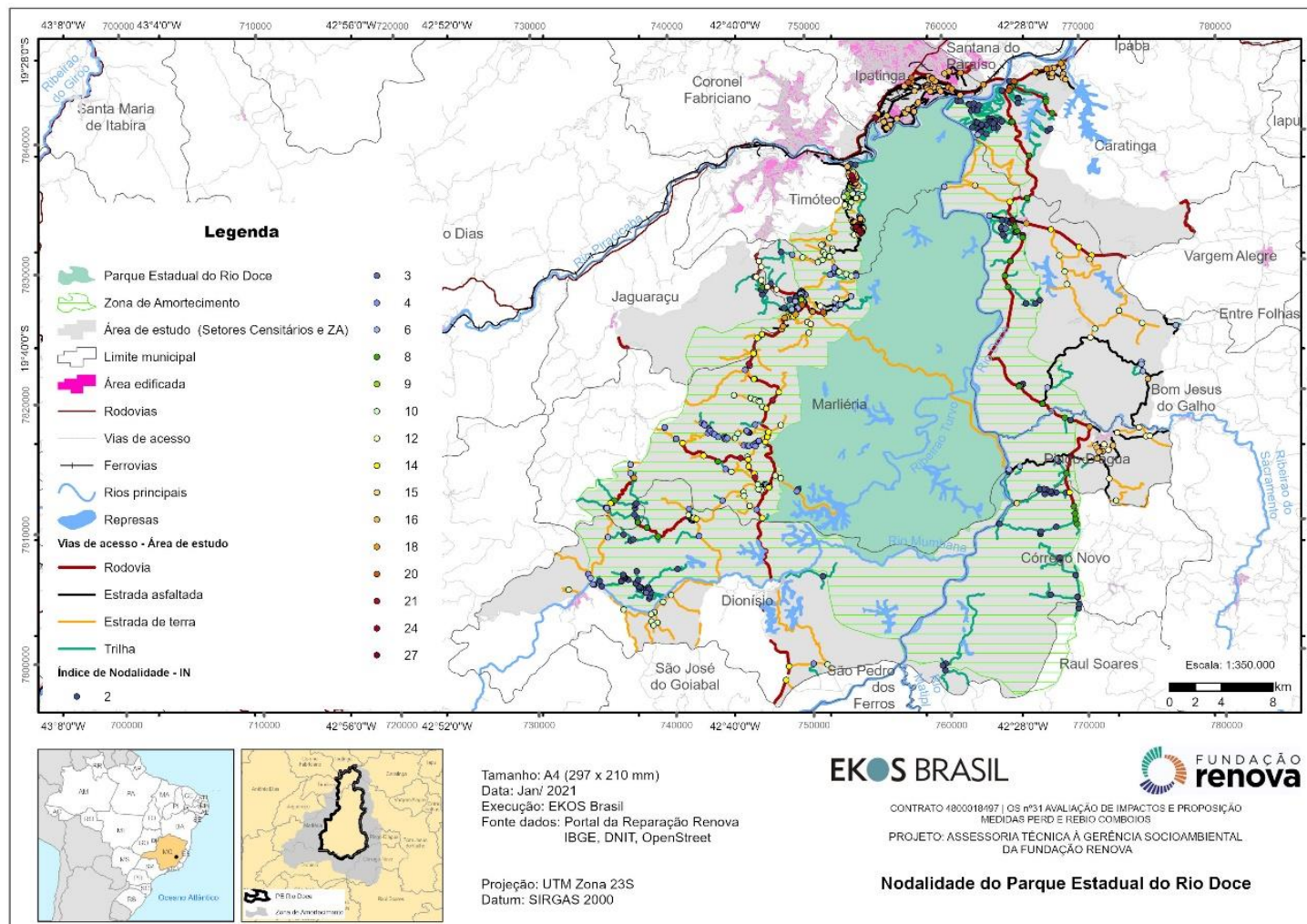
mercadorias (madeira cortada) que podem exercer impactos negativos ao PERD. Além, é claro, dos problemas inerentes à conservação ambiental exercidas por essas florestas plantadas, designadas como florestas vazias (REDFORD, 1996). Nesse setor, os índices de nodalidade são baixos, situados em torno de 2 e 3. Embora sejam índices de baixa intensidade, deve-se considerar a proximidade da UC, pois as vias chegam até as margens do rio Doce. Sendo assim, é preciso averiguar se há impactos nas margens direita do rio e, conseqüentemente, pressões de uso sobre a UC.

Em Bom Jesus do Galho, também próximo à margem do rio Doce, verifica-se outra concentração de pontos. A localidade, denominada Revés do Belém, contém pequeno núcleo urbano separado do rio Doce por um conjunto de chácaras de lazer. O índice de nodalidade também é baixo, variando de 2 a 8. A concentração aqui, embora com a mesma característica dos bairros a noroeste, se diferencia pela função socioeconômica, de cunho eminentemente agropastoril, ou voltado ao apoio à produção das florestas plantadas. Uma pressão de uso de atividades de lazer parece se configurar na área, posto que o rio Doce e algumas lagoas são considerados bons atrativos náuticos. Ou seja, as atividades socioeconômicas não guardam relação direta com o parque, embora possam impactá-lo, mas o uso de lazer, de menor intensidade, tem alguma expressão nessa área, fato que precisa ser averiguado em estudos futuros.

A sudeste, no município Pingo D'Água, junto à chegada da estrada que atravessa o PERD, da Ponte Queimada até a Cava Grande (a oeste do PERD), concentra-se uma conexão menos expressiva que as anteriores. Trata-se de índices baixos de nodalidade, situados entre 3 e 4. Embora sejam baixos, especial atenção precisa ser destacada aqui, pois o eixo é a estrada que corta o parque e que, assim, pode ser um importante vetor de pressão. Esse setor, da Ponte Queimada (limite da UC) até a sede do município de Pingo D'água, é caracterizado por um eixo de ligação constituído por uma estrada asfaltada. Contudo, partem dela apenas trilhas, daí seu índice ser baixo – 3 e 4.

Finalmente a sul do PERD, há apenas uma estrada cujo eixo se dá em todo setor sul (sentido leste-oeste) acompanhando, por vezes o Ribeirão Mombaça, limite do PERD ao sul. Nesse setor, não há qualquer conexão nessa estrada, com exceção de uma trilha, o que confere um baixo índice de nodalidade, de valor 2. O setor sul é o menos conectado do entorno do PERD, portando o de menor pressão de uso. O uso da terra se dá pelas maiores manchas de remanescentes florestais e formações savânicas fora do PERD, que não são encontradas em outros setores da zona de amortecimento da UC.

Mapa 16. Nodalidade do Parque Estadual do Rio Doce



4.3.2.3. Uso e ocupação do solo

A Tabela 13 mostra uma tendência regional, comum aos municípios do entorno do PERD no período entre 2010 e 2015: o aumento da área de florestas plantadas em todos eles, à exceção de Timóteo, que apresentou decréscimo de pouco mais de 22% no total. Os municípios de Caratinga e Santana do Paraíso têm acréscimo na casa dos 20%, considerando grandes extensões já dedicadas à silvicultura. O incremento de áreas destinadas às florestas plantadas em Jaguaraçu foi de 137,7%. Trata-se, porém, de município que tem ínfima parcela de seu território destinado à atividade. Há de se observar em dados futuros se é uma tendência de conversão de áreas atualmente destinadas a outros usos.

Se, no início dos anos 2000, observou-se a conversão do uso de carvão vegetal para o coque originário do carvão mineral, pode-se inferir que a tendência apontada nos dados recolhidos e nas análises de especialistas é oposta. O estudo denominado *Mapeamento do Eucalipto no Estado de Minas Gerais Utilizando o Sensor Modis Using* concluiu que no período entre 2007 e 2015 houve um incremento nas áreas destinadas à produção de eucalipto na ordem de 348.824,08 hectares no estado todo. Porém, o estudo identificou perda de área para a monocultura no Vale do Rio Doce⁸ (BORGES, LEITE, LEITE, 2018).

Além da utilização do carvão vegetal na indústria siderúrgica, as plantações de eucalipto abastecem a indústria de celulose, como a Celulose Nipo-Brasileira S/A (Cenibra). Localizada em Belo Oriente, também no Vale do Aço, a empresa possui terras em 54 municípios de Minas Gerais, maneja uma área de 254 mil hectares, sendo mais da metade de plantio de eucalipto (...). A produção anual é de aproximadamente 1,2 milhão de toneladas de celulose. Deste total, mais de 90% são direcionados ao mercado externo, atendendo principalmente Japão, Estados Unidos e países da Europa, América Latina e Ásia⁹.

Diferentemente, observa-se tendência de queda do quantitativo de áreas de pastagem em todos os municípios selecionados, o que pode indicar a conversão de uso dessas porções territoriais para o incremento da produção de carvão e de celulose. Nas porções a oeste do PERD, o papel representado pelo turismo rural, ecoturismo e turismo de aventura deve ser considerado. Ou seja, é possível que algumas fazendas e sítios encontrem-se em processo de conversão dos usos exclusivamente agropastoris para atividades complementares que o turismo proporciona, como hospedagem, restaurantes e demais operações para atendimento do fluxo turístico.

Quanto à tipologia Mosaico de Agricultura e Pastagem, observa-se um incremento em áreas em quase todos os municípios. Exceções mais significativas ocorrem em Coronel Fabriciano e Ipatinga, com redução de 26,45 e 13,79 hectares, respectivamente, condicionadas pelas frentes de expansão urbana.

Assim, para a última tipologia identificada como de uso intensivo – infraestrutura urbana – foi identificado aumento de área em todos os municípios, com destaque para Caratinga e Raul Soares, com variação superior a 20% em ambos os municípios.

⁸ Como colocado anteriormente, há discrepâncias significativas no interior das regiões do estado de Minas Gerais. No Vale do Rio Doce, a área que se constitui o foco dessa análise (entorno do Parque Estadual do Rio Doce) coincide, em parte, com a Região Metropolitana do Vale do Aço, que tem na siderurgia a base de seu processo industrial.

⁹ Disponível em: <https://www.ipatinga.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/cenibra/95217>. Consulta em: 06 de fev. de 2021.

Tabela 13. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010 e 2015

Tipologia	Floresta Plantada (ha)		Varição 2010-2015 (%)	Pastagem (ha)		Varição 2010-2015 (%)	Mosaico de Agricultura e Pastagem (ha)		Varição 2010-2015 (%)	Infraestrutura Urbana (ha)		Varição 2010-2015 (%)
Município/Ano	2010	2015		2010	2015		2010	2015		2010	2015	
Bom Jesus do Galho	2.935,33	3.146,16	7,2	31.425,53	28.807,45	-8,33	9.881,93	12.714,74	28,67	123,36	130,98	6,18
Caratinga	4.206,55	5.350,48	27,19	56.977,89	52.062,52	-8,63	29.879,71	35.063,65	17,35	976,25	1.213,56	24,31
Coronel Fabriciano*	3.418,32	3.704,44	8,37	2.879,83	2.530,88	-12,12	2.213,75	1.628,18	-26,45	1.525,87	1.566,18	2,64
Córrego Novo	1.421,56	1.669,36	17,43	9.605,44	9.050,51	-5,78	3.626,19	4.141,77	14,22	15,59	16,27	4,37
Dionísio	2.589,36	2.854,04	10,22	12.300,19	10.991,31	-10,64	3.204,59	3.719,69	16,07	89,64	100,77	12,42
Ipatinga*	746,36	798,38	6,97	3.490,62	2.887,20	-17,29	1.443,92	1.244,84	-13,79	4.121,12	4.179,99	1,43
Jaguaráçu	16,19	38,48	137,7	6.010,04	5.354,45	-10,91	990,04	1.204,48	21,66	17,81	18,85	5,84
Marliéria	747,77	765,31	2,35	9.955,73	9.363,93	-5,94	1.519,20	1.888,85	24,33	36,01	40,42	12,27
Pingo D'Água	879,98	965,72	9,74	2.468,32	2.348,37	-4,86	1.470,59	1.596,86	8,59	71,2	77,61	9
Raul Soares	652,73	662,98	1,57	49.106,28	48.216,43	-1,81	12.994,68	14.597,19	12,33	162,94	203,48	24,88
Santana do Paraíso*	2.258,86	2.735,62	21,11	7.474,21	6.241,98	-16,49	3.938,91	3.923,24	-0,4	778,85	833,37	7
Timóteo	22,56	17,51	-22,38	2.603,95	2.290,86	-12,02	412,31	694,46	68,43	1.657,62	1.704,07	2,8
TOTAL	19.895,56	22.708,49	14,14	194.298,03	180.145,89	-7,28	71.575,80	82.417,94	15,15	9.576,25	10.085,56	5,32

Fonte: Mapbiomas, 2010 e 2015. * Município não faz parte da zona de amortecimento, está na área de entorno do PERD.

4.3.3. Perfil Socioeconômico

O perfil socioeconômico da área de estudo será traçado e analisado a partir de duas escalas: a do município e a dos setores censitários. O Parque Estadual do Rio Doce, sua zona de amortecimento e seu entorno abrangem parcelas da área de 12 municípios: Bom Jesus do Galho, Caratinga, Coronel Fabriciano, Córrego Novo, Dionísio, Ipatinga, Jaguaráçu, Marliéria, Pingo D'Água, Raul Soares, Santana do Paraíso e Timóteo. Para a caracterização dos municípios foram consultados dados que permitem uma visão acerca de sua demografia, economia, a qualidade de vida de sua população, verificada por dados relacionados às condições de vida, saúde, educação, infraestrutura e saneamento básico. Os dados gerais de caracterização dos municípios foram obtidos junto a fontes oficiais (IBGE, Fundação João Pinheiro, PNUD, IPEA).

A seguir, são apresentados dados sobre o conjunto dos municípios e, posteriormente, são descritos os setores censitários em dois momentos: o primeiro com as informações agregadas, o que possibilita uma análise generalista quanto aos elementos socioeconômicos da área de estudo. O segundo momento é a apresentação dos setores censitários localizados no limite Leste do PERD e que têm contato com o rio Doce. Conhecer essas áreas é particularmente importante para o presente trabalho, pois a compreensão da configuração socioespacial nessa região é fundamental para o estabelecimento da linha de base.

Os municípios de Dionísio, Marliéria e Timóteo, onde o Parque Estadual do Rio Doce se inscreve, são os primeiros a aparecerem nas tabelas, de modo a destacar seus dados.

4.3.4. Os municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce

O mais recente censo populacional registrou um total de 599.379 pessoas residentes nos 12 municípios que abrigam o Parque Estadual do Rio Doce, sua zona de amortecimento e sua área de entorno. Segundo as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2015 essa população seria de 640.119 pessoas residentes, apresentando um crescimento de 6,8%, muito próximo daquele apresentado pelo estado de Minas Gerais no mesmo período.

Conforme seu porte populacional, os municípios brasileiros podem ser organizados em seis classes (IBGE, 2011a), que vão de até 5.000 habitantes, chegando a mais de 500 mil. Segundo essa classificação, assim se encontram os municípios estudados:

- Até 5 000 habitantes – Córrego Novo, Jaguaráçu, Marliéria e Pingo D'água
- 5 001 a 10 000 – Dionísio
- 10 001 a 20 000 – Bom Jesus do Galho,
- 20 001 a 50 000 – Raul Soares e Santana do Paraíso
- 50 001 a 100 000 – Caratinga e Timóteo
- 100 001 a 500 000 – Coronel Fabriciano e Ipatinga

A Tabela 14 registra as estimativas populacionais nesses municípios.

Tabela 14. População residente estimada e percentual de variação (crescimento e decréscimo), 2010-2015.

Município	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Variação (2010/15)
Dionísio	8.739	8.628	8.520	8.657	8.558	8.463	-3,2%
Marliéria	4.012	4.010	4.008	4.125	4.126	4.127	2,9%
Timóteo	81.243	81.993	82.718	86.014	86.794	87.542	7,8%
Bom Jesus do Galho	15.364	15.302	15.242	15.633	15.587	15.542	1,2%
Caratinga	85.239	85.811	86.364	89.578	90.192	90.782	6,5%
Coronel Fabriciano	103.694	104.174	104.637	108.302	108.843	109.363	5,5%
Córrego Novo	3.127	3.088	3.050	3.100	3.065	3.032	-3,0%
Ipatinga	239.468	241.539	243.541	253.098	255.266	257.345	7,5%
Jaguaraçu	2.990	3.001	3.011	3.112	3.124	3.136	4,9%
Pingo D'Água	4.420	4.467	4.511	4.696	4.743	4.789	8,3%
Raul Soares	23.818	23.783	23.748	24.423	24.408	24.394	2,4%
Santana do Paraíso	27.265	27.965	28.641	30.255	30.943	31.604	15,9%
Total - Municípios	599.379	603.761	607.991	630.993	635.649	640.119	6,8%
Minas Gerais	19.597.330	19.728.701	19.855.332	20.593.356	20.734.097	20.869.101	6,5%
Brasil	190.755.799	192.379.287	193.904.015	201.032.714	202.768.562	204.450.049	7,2%

Fonte: IBGE, SIDRA, Tabela 6579. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/Tabelas>. Acesso em 30.jan.2020.

Com exceção de Santana do Paraíso, todos os demais municípios tiveram projeção de crescimento positiva ou negativa menor do que 10%. Considera-se, assim, que o censo populacional de 2010 pode, de modo aproximado, representar a situação demográfica verificada em 2015. A densidade populacional verificada em 2010 indica que Ipatinga concentrava mais população do que a maioria das regiões metropolitanas no mesmo período, ficando atrás apenas das RMs de São Paulo e do Rio de Janeiro, conforme Tabela 15.

Tabela 15. Área municipal e densidade (2010).

Município	Área (km²)	Densidade demográfica (hab por km²)
Dionísio	344,4	25,37
Marliéria	545,8	7,35
Timóteo	144,4	562,7
Bom Jesus do Galho	592,3	25,94
Caratinga	1.258,8	67,72
Coronel Fabriciano	221,3	468,67
Córrego Novo	205,4	15,23
Ipatinga	164,9	1.452,34
Jaguaráçu	163,8	18,26
Pingo D'Água	66,6	66,4
Raul Soares	763,4	31,2
Santana do Paraíso	276,1	98,76

Fonte: IBGE, SIDRA, Tabela 1301. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1301>. Acesso em 30.jan.2020.

Nesses municípios, em 2010, havia concentração da população em áreas urbanas, com destaque para os municípios de Timóteo (99,9%), Ipatinga (99%) e Coronel Fabriciano (98,7%). O município que apresentou o menor percentual de população em área urbana está em Raul Soares e Bom Jesus do Galho, conforme a Tabela 16.

Tabela 16. Distribuição da população em áreas urbanas e rurais (2010).

Município	Pop. Total	Pop Urbana	% urbana	Pop Rural	% rural
Dionísio	8.739	7.165	82,0	1.574	18,0
Marliéria	4.012	2.844	70,9	1.168	29,1
Timóteo	81.243	81.124	99,9	119	0,1
Bom Jesus do Galho	15.364	10.024	65,2	5.340	34,8
Caratinga	85.239	70.474	82,7	14.765	17,3
Coronel Fabriciano	103.694	102.395	98,7	1.299	1,3
Córrego Novo	3.127	2.038	65,2	1.089	34,8
Ipatinga	239.468	236.968	99,0	2.500	1,0
Jaguaráçu	2.990	2.138	71,5	852	28,5
Pingo D'Água	4.420	4.035	91,3	385	8,7
Raul Soares	23.818	15.484	65,0	8.334	35,0
Santana do Paraíso	27.265	25.251	92,6	2.014	7,4
Total dos municípios	599.379	559.940	93,4	39.439	6,6
Minas Gerais	19.597.330	16.715.216	85,3	2.882.114	14,7
Brasil	190.755.799	160.925.804	84,4	29.829.995	15,6

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Ainda em relação à demografia, alguns aspectos são considerados nesta linha de base:

- Em nove municípios da área de estudo, em 2010, a população era constituída por mulheres, em

sua maioria; exceção para Bom Jesus do Galho, Jaguaráçu e Santana do Paraíso.

- Nas áreas rurais os homens são proporcionalmente mais presentes, com exceção do município de Marliéria, onde o percentual de mulheres é maior.
- De modo geral, a região também apresenta características da transição demográfica pela qual passa o Brasil: declínio acentuado das taxas de crescimento populacional; ii) significativas alterações na estrutura etária da população; iii) crescimento populacional de forma mais acentuada nas áreas definidas como urbanas; iv) as áreas rurais tendem a perder população; v) envelhecimento demográfico (aumento do peso relativo dos idosos no conjunto da população), quando a migração não é significativa na área em estudo (CARMO, MARQUES E MIRANDA, 2012).

4.3.5. Condições sociais e qualidade de vida

Qualidade de vida é conceito que contempla diversas abordagens. Uma delas refere-se à forma como as pessoas experimentam seus cotidianos, o que envolve saúde, educação, transporte, moradia, trabalho e participação social e política, entre outros aspectos relacionados às condições de vida.

Para a avaliação das condições e da qualidade de vida da população, em seus aspectos mais objetivos, serão utilizados índices que permitem comparações nas diferentes dimensões da vida e diferentes esferas de gestão, além de permitirem comparação entre os municípios da área de estudo, o estado e o país. Trata-se de: 1) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud); 2) Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea); 3) Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM), desenvolvido pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan).

4.3.5.1. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Um dos principais indicadores relacionados à mensuração das condições de vida da população corresponde ao Índice de Desenvolvimento Humano, em especial o adaptado ao âmbito do município, o IDH-M. Este índice permite a análise da série histórica desde o ano de 1991 e permite a indicação de tendências quanto ao desenvolvimento da localidade. O IDH-M é uma variável numérica entre “0,0” e “1,0”, sendo que quanto mais próximo de “1,0”, maior é o desenvolvimento humano segundo as dimensões de variáveis elencadas (expectativa de vida ao nascer, percentual de pessoas de 18 anos ou mais com ensino fundamental completo e fluxo escolar da população em diferentes faixas etárias, renda municipal per capita). 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 ocupava, em 2010, o 79º lugar, com IDH 0,759 (alto)¹⁰.

Verifica-se que entre os anos observados os maiores percentuais de crescimento ocorreram nos municípios de Córrego Novo, Santana do Paraíso, Pingo D'Água e Dionísio. Percentuais de crescimento acima daquele

¹⁰ O IDH-M classifica os municípios brasileiros nas seguintes categorias: Muito Baixo (0,000 a 0,499); baixo (0,500 a 0,599); Médio (0,600 a 0,699); Alto (0,700 a 0,799); Muito Alto (0,800 a 1,000).

alcançado pelo estado de Minas Gerais, mas inferiores aos mencionados, foram apresentados pelos municípios de Caratinga, Raul Castro, Jaguaraçu e Marliéria. Os demais municípios apresentaram crescimento inferior ao estadual.

Cinco municípios da área de estudo encontravam-se, em 2010, classificados na categoria “Alto”: Dionísio, Timóteo, Caratinga, Coronel Fabriciano e Ipatinga, os três últimos são os principais municípios da Região Metropolitana do Vale do Aço que, embora não façam parte da zona de amortecimento do PERD, localizam-se muito próximos a sua fronteira norte. Santana do Paraíso, o quarto principal município da RMVA, embora esteja com classificação Média, apresenta o percentual de variação de 82% entre 1991 e 2010, superado apenas por Córrego Novo, com variação de 86%. Na Tabela 17, apresentam-se os resultados do IDH-M por município, para os anos de 1991, 2000 e 2010 e a variação que o índice apresentou nesse período.

Tabela 17. IDH-M por município e variação (1991-2000-2010).

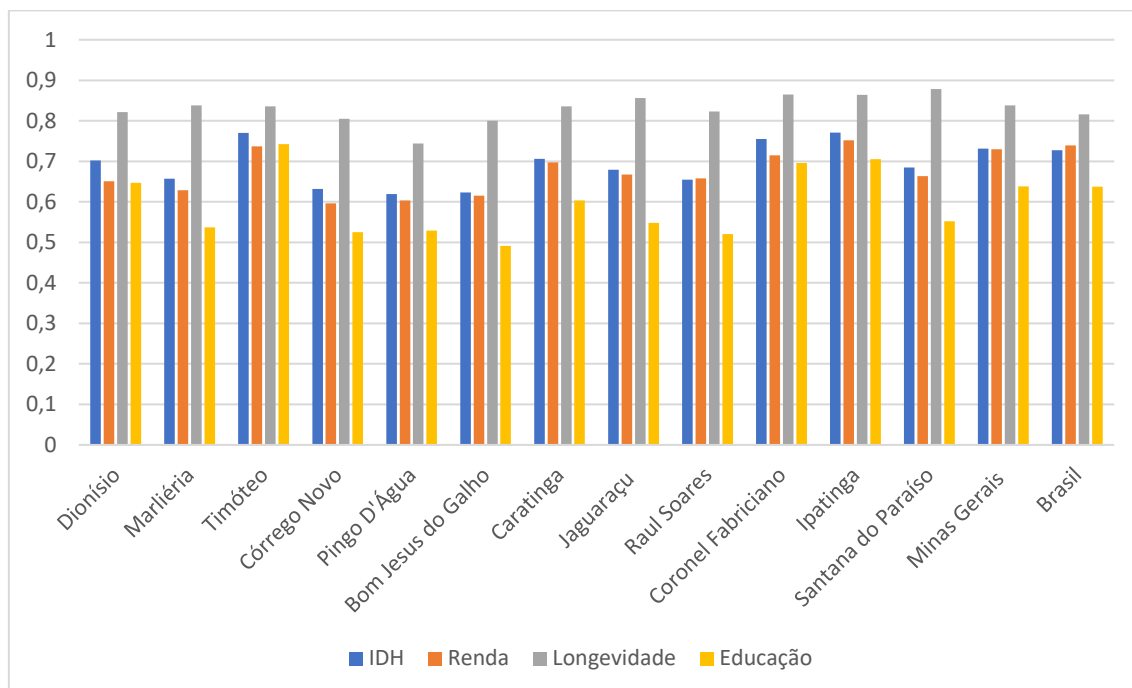
Municípios	1991	2000	2010	variação 1991/2000	variação 2000/2010	variação 1991/2010
Dionísio	0,406	0,556	0,702	37%	26%	73%
Marliéria	0,415	0,554	0,657	33%	19%	58%
Timóteo	0,583	0,695	0,77	19%	11%	32%
Bom Jesus do Galho	0,348	0,47	0,623	35%	33%	79%
Caratinga	0,442	0,606	0,706	37%	17%	60%
Coronel Fabriciano	0,503	0,648	0,755	29%	17%	50%
Córrego Novo	0,34	0,48	0,632	41%	32%	86%
Ipatinga	0,519	0,684	0,771	32%	13%	49%
Jaguaraçu	0,426	0,561	0,679	32%	21%	59%
Pingo D'Água	0,366	0,509	0,619	39%	22%	69%
Raul Soares	0,409	0,548	0,655	34%	20%	60%
Santana do Paraíso	0,377	0,56	0,685	49%	22%	82%
Minas Gerais	0,478	0,624	0,731	31%	17%	53%
Brasil	0,493	0,612	0,727	24%	19%	47%
Muito baixo						
Baixo						
Médio						
Alto						
Muito Alto						

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Pnud Brasil, Ipea e FJP, 22013¹¹.

¹¹ Dados do IBGE e de registros administrativos, conforme especificados nos metadados disponíveis em: <http://atlasbrasil.org.br/acervo/biblioteca>. Acesso em 28. Jan. 2020.

O Figura 29 registra os resultados do IDH-M 2010 dos municípios da área de estudo, por indicador utilizado em sua composição. Verifica-se que a longevidade é, em todos os municípios, o indicador com a maior contribuição para a elevação do IDH-M apresentado.

Figura 29. IDH-M e seus indicadores nos municípios da área de estudo (2010)



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Pnud Brasil, Ipea e FJP, 2013¹².

4.3.5.2. Índice de Vulnerabilidade Social

O Índice de Vulnerabilidade Social se produz a partir de um conjunto de indicadores, organizados em dimensões, e reúne dados mais detalhados sobre as condições de vida da população. Assim como o IDH, o IVS varia entre 0 e 1 e quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município.

Para avaliação da dimensão Infraestrutura Urbana são considerados os percentuais de: i) pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados; ii) população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo; iii) pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho, no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.

Para compor a dimensão Capital Humano são consideradas as seguintes variáveis: i) mortalidade até 1 ano de idade; ii) percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola; iii) percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola; iv) percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos; v) 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; vi) taxa de analfabetismo

¹² Dados do IBGE e de registros administrativos, conforme especificados nos metadados disponíveis em: <http://atlasbrasil.org.br/acervo/biblioteca>. Acesso em 28. Jan. 2020.

da população de 15 anos ou mais de idade; vii) percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo; viii) percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010) na população total dessa faixa etária.

Por fim, para a dimensão Renda e Trabalho são considerados: i) proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo (2010); ii) 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; iii) Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (2010) e dependentes de idosos; iv) taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade.

Segundo a classificação do IVS¹³, os municípios de Córrego Novo e Pingo D'Água apresentavam, em 2010 Alta vulnerabilidade; os municípios de Dionísio, Bom Jesus do Galho e Santana do Paraíso, vulnerabilidade Média; Marliéria, Timóteo, Caratinga, Jaguarapu, Raul Soares e Coronel Fabriciano, vulnerabilidade Baixa; e Ipatinga registrou Muito Baixa vulnerabilidade.

Verifica-se a melhoria desse índice em todos os municípios da área de estudo, entre os anos de 2000 e 2010, sendo que o decréscimo apresentado foi na maioria das vezes superior ao apresentado no estado de Minas Gerais, com exceção dos municípios de Pingo D'Água, Córrego Novo e Caratinga, onde o índice decaiu menos de 30%. A Tabela 18 registra o IVS por município e a variação entre os anos de coleta dos dados.

¹³ O IVS classifica os municípios brasileiros nas faixas: Muito baixa (0,000 a 0,200); Baixa (0,201 a 0,300); Média (0,301 a 0,400); Alta (0,401 a 0,500); Muito Alta (0,501 a 1,000).

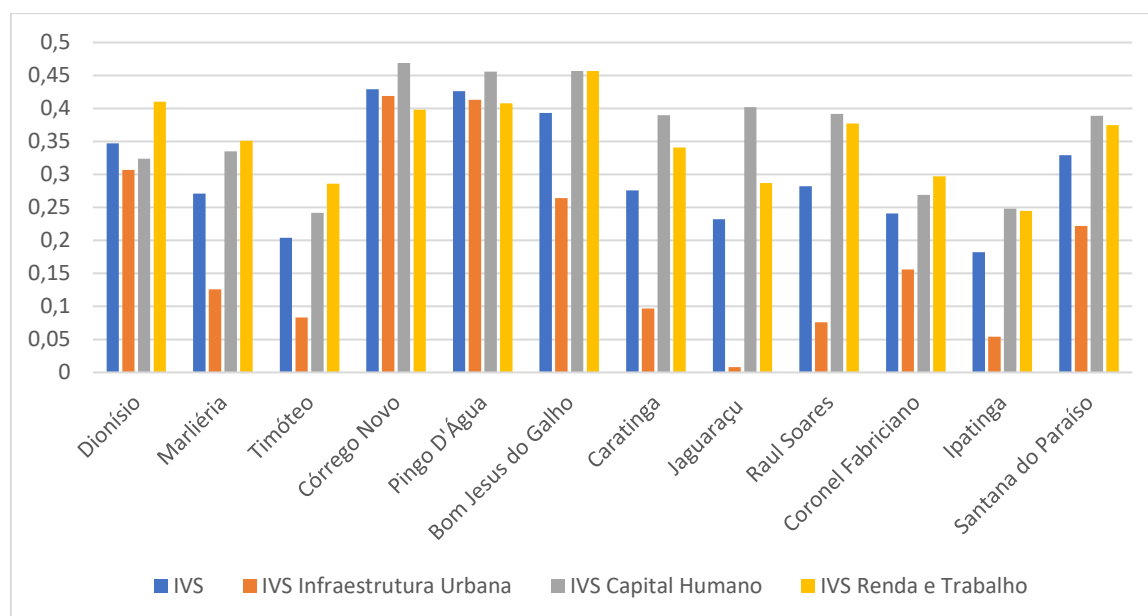
Tabela 18. Índice de Vulnerabilidade Social e sua variação, por município, 2000-2010

Município	Ano	IVS	Variação 2000/2010
Dionísio	2000	0,544	-36%
	2010	0,347	
Marliéria	2000	0,428	-37%
	2010	0,271	
Timóteo	2000	0,299	-32%
	2010	0,204	
Bom Jesus do Galho	2000	0,559	-30%
	2010	0,393	
Caratinga	2000	0,383	-28%
	2010	0,276	
Coronel Fabriciano	2000	0,361	-33%
	2010	0,241	
Córrego Novo	2000	0,597	-28%
	2010	0,429	
Ipatinga	2000	0,286	-36%
	2010	0,182	
Jaguaráçu	2000	0,391	-41%
	2010	0,232	
Pingo D'Água	2000	0,539	-21%
	2010	0,426	
Raul Soares	2000	0,424	-33%
	2010	0,282	
Santana do Paraíso	2000	0,523	-37%
	2010	0,329	
Brasil	2000	0,446	-27%
	2010	0,326	
Minas Gerais	2000	0,403	-30%
	2010	0,282	
Baixa			
Média			
Alta			
Muito Alta			

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2000 e 2010.

A Figura 30 registra os resultados do IVS 2010 dos municípios da área de estudo, por dimensão de sua composição. Verifica-se que as contribuições para a redução da vulnerabilidade variaram em cada um dos municípios. No entanto, pode-se afirmar que as dimensões Capital Humano e Renda e Trabalho foram as que mais se destacaram no período.

Figura 30. IVS e suas dimensões nos municípios da área de estudo, 2010



Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2010.

4.3.5.3. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal

O Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) se produz a partir da sintetização de dados das áreas da Educação, da Saúde e do Emprego e Renda e, tal como o IVS, amplia as informações observadas do IDH-M. Na Educação são considerados i) matrículas na educação infantil; ii) abandono no ensino fundamental; iii) distorção idade-série no ensino fundamental; iv) médias de horas-aula diárias no ensino fundamental; v) resultado do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) no ensino fundamental. Na Saúde são considerados os dados de: i) número de consultas pré-natal; ii) óbitos por causas mal definidas; iii) óbitos infantis por causas evitáveis; iv) internações sensíveis a atenção básica. Na área de Emprego e Renda são observados: i) geração de emprego formal; ii) absorção da mão de obra local; iii) geração de renda formal; iii) salários médios do emprego formal; iv) Índice de Gini¹⁴.

Diferente dos outros índices aqui observados o IFDM é anual, embora apresente defasagem de dois anos na divulgação de resultados. Isso permite tratar dados mais atualizados em relação ao rompimento da barragem do Fundão, em 2015.

Entre os anos de 2012 e 2015 os municípios de Córrego Novo, Bom Jesus do Galho, Jaguaráçu e Raul Soares apresentaram crescimento no IFDM. Os municípios de Dionísio, Timóteo, Pingo D'Água, Caratinga,

¹⁴ O IFDM classifica os municípios brasileiros nas seguintes faixas: Baixo Desenvolvimento (Inferior a 0,4); Desenvolvimento Regular (0,4 a 0,6); Desenvolvimento Moderado (0,6 a 0,8); Alto Desenvolvimento (Superior a 0,8).

Ipatinga e Santana do Paraíso apresentaram decréscimos e Marliéria e Coronel Fabriciano ficaram nos mesmos patamares nesse período.

Em 2015, todos os municípios da área de estudo apresentaram desenvolvimento Moderado, com exceção de Dionísio, que registrou desenvolvimento Regular, segundo o IFDM. A Tabela 19 registra os índices municipais em 2012 e em 2015.

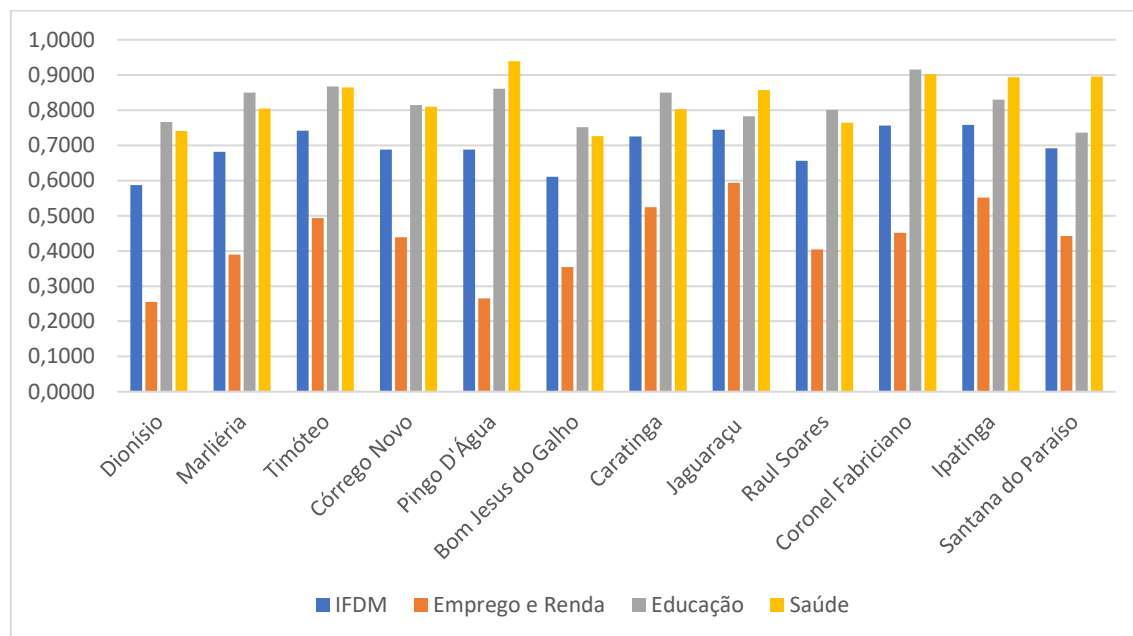
Tabela 19. Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal e sua variação, por município (2012-2015)

Municípios	Ano	IFDM	Variação
Dionísio	2012	0,632	-7%
	2015	0,587	
Marliéria	2012	0,679	0%
	2015	0,681	
Timóteo	2012	0,777	-5%
	2015	0,742	
Bom Jesus do Galho	2012	0,56	9%
	2015	0,61	
Caratinga	2012	0,741	-2%
	2015	0,725	
Coronel Fabriciano	2012	0,756	0%
	2015	0,756	
Córrego Novo	2012	0,673	2%
	2015	0,688	
Ipatinga	2012	0,765	-1%
	2015	0,758	
Jaguaráçu	2012	0,695	7%
	2015	0,744	
Pingo D'Água	2012	0,759	-9%
	2015	0,688	
Raul Soares	2012	0,626	5%
	2015	0,656	
Santana do Paraíso	2012	0,71	-3%
	2015	0,692	
Baixo Desenvolvimento			
Desenvolvimento Regular			
Desenvolvimento Moderado			
Alto Desenvolvimento			

Fonte: Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, 2015 e 2018.

A Figura 31 registra os resultados do IFDM 2015 dos municípios da área de estudo, por área de sua composição. Verifica-se que as maiores contribuições para a composição do índice vieram da Educação e da Saúde.

Figura 31. IFDM e suas áreas de observação nos municípios da área de estudo (2015)



Fonte: Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, 2018.

4.3.6. Educação

O Censo Escolar, elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), reúne anualmente informações sobre os estudantes em todas as etapas da escolarização. Segundo o Censo Escolar, em 2015, 702 estabelecimentos de ensino ofertavam Educação Básica regular no total dos 12 municípios da área de estudo.

A contabilização de estabelecimentos não reflete o número de prédios escolares, mas a localização da oferta. Assim, alguns estabelecimentos estão computados mais de uma vez, pois podem oferecer mais do que uma etapa da escolarização na mesma unidade. Com relação ao número de estabelecimentos com a oferta de Educação Infantil, Ensino Fundamental Anos Iniciais (1 ao 5 ano), Ensino Fundamental Anos Finais (6 ao 9 ano) e Ensino Médio nos municípios da área de estudo, verificou-se que a localização dos estabelecimentos é majoritariamente urbana e, embora a maioria dos municípios apresente altos percentuais da população residindo nessas áreas, é notória a ausência de estabelecimentos em áreas rurais em alguns municípios. Na Educação Infantil, primeira etapa da escolarização básica e responsabilidade da esfera municipal, observou-se maior oferta nos estabelecimentos privados, em especial nos municípios mais populosos, com exceção de Caratinga. A oferta no Ensino Fundamental, responsabilidade compartilhada entre estados e municípios, a presença das escolas privadas é menor e a das escolas em áreas rurais é maior do que a verificada na Educação Infantil. O Ensino Médio é de competência dos estados e, no caso dos municípios da área de estudo ela é majoritariamente assumida por essa esfera. Destaca-se a total ausência de estabelecimentos com oferta de Ensino Médio em áreas

rurais.

A Tabela 20 apresenta a síntese dos números totais relacionados às matrículas nos municípios da área de estudo, o que inclui tanto os estabelecimentos públicos, quanto os privados. Os dados referentes ao Ensino Fundamental são apresentados em duas colunas porque, embora sejam de competência prioritária de estados e municípios, é usual que municípios assumam os anos iniciais e estados assumam os anos finais dessa etapa da escolarização básica. Quanto ao Ensino Médio, as matrículas concentram-se na rede estadual de ensino; apenas o município de Timóteo contava com uma escola técnica federal em 2015.

Tabela 20. Matrículas nas diversas etapas de escolarização, por município de abrangência do PERD, 2015.

Município	Educação Infantil	Ens. Fundamental Anos iniciais	Ens. Fundamental Anos finais	Ensino Médio
Dionísio	158	445	454	256
Marliéria	154	320	273	172
Timóteo	3.328	5.294	4.847	3.610
Bom Jesus do Galho	344	1.023	911	533
Caratinga	3.426	6.195	5.532	3.317
Coronel Fabriciano	4.499	6.662	5.960	3.952
Córrego Novo	136	243	207	136
Ipatinga	8.454	17.706	14.577	9.511
Jaguaraçu	100	166	168	74
Pingo D'Água	227	393	352	152
Raul Soares	604	1.610	1.475	755
Santana do Paraíso	539	1.945	1.714	1.041
Total	21.969	42.002	36.470	23.509

Fonte: INEP/MEC. Censo Escolar 2015.

Além do acesso à Educação Básica obrigatória, que vai dos 4 aos 17 anos, cabe verificar a qualidade da oferta medida pelo Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), desenvolvido pelo Inep, desde 2007. Em sua composição o Ideb combina informações sobre o rendimento escolar (aprovação) e as médias de desempenho em exames padronizados, realizados pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), obtidas pelos estudantes ao final do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e da 3ª série do Ensino Médio. Seu índice varia de 0 a 10 e reflete a situação do sistema educacional, em âmbito nacional, estadual, municipal e escolar. Desde sua criação o Ideb estabelece metas de resultados para todas as esferas administrativas da educação pública. A Tabela 21 registra as metas e os resultados observados em cada um dos municípios entre os anos 2011 e 2015, nos anos iniciais de finais do Ensino Fundamental. Os resultados do Ensino Médio não foram apurados nesses municípios no período.

Verifica-se que nos anos iniciais do Ensino Fundamental todos os municípios alcançaram ou ultrapassaram suas metas em todo o período. Nos anos finais do Ensino Fundamental as metas não foram atingidas no município de Dionísio, em 2013 e 2015; em Timóteo, em 2015; em Caratinga, em 2015; em Córrego Novo e Jaguaraçu, durante todo o período; e em Pingo D'Água, em 2015. Destaca-se que a oferta é

163

majoritariamente realizada em escolas da rede estadual, com exceção de Jaguaraçu, onde a oferta é toda realizada pela esfera municipal.

Tabela 21. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) – Resultados por município de abrangência do PERD, 2011-2015.

Município	Ensino Fundamental Anos Iniciais						Ensino Fundamental Anos Finais					
	2011		2013		2015		2011		2013		2015	
	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result
Dionísio	5,0	5,4	5,2	6,1	5,5	6,1	4,6	4,8	5,0	4,7	5,4	4,4
Marliéria	5,0	Não apurado	5,3	Não apurado	5,5	Não apurado	3,6	5,4	4,0	5,5	4,4	5,9
Timóteo	5,9	6,1	6,1	6,3	6,4	6,5	4,3	4,9	4,7	4,9	5,1	4,9
Bom Jesus do Galho	4,9	5,7	5,2	5,6	5,5	5,7	3,3	4,4	3,7	4,6	4,1	4,3
Caratinga	5,2	5,9	5,4	6,0	5,7	6,3	3,7	4,2	4,1	4,7	4,5	4,4
Coronel Fabriciano	5,1	5,7	5,3	6,0	5,6	6,4	3,7	4,5	4,1	4,7	4,5	4,6
Córrego Novo	4,8	4,8	5,0	5,3	5,3	5,8	4,4	4,0	4,8	4,4	5,2	4,6
Ipatinga	5,1	5,7	5,4	6,0	5,6	5,4	4,0	4,7	4,4	4,9	4,8	5,1
Jaguaraçu	4,1	4,6	4,4	5,7	4,7	6,0	4,1	3,8	4,5	4,4	4,9	3,5
Pingo D'Água	4,9	5,2	5,2	5,5	5,5	6,5	4,4	5,5	4,8	5,6	5,1	5,0
Raul Soares	5,2	6,0	5,4	5,9	5,7	6,2	4,2	5,1	4,6	5,6	4,9	5,1
Santana do Paraíso	4,5	5,3	4,7	5,3	5,0	6,1	3,4	4,3	3,8	4,7	4,2	4,4
Minas Gerais	5,5	5,9	5,7	6,1	6,0	6,3	4,2	4,6	4,6	4,8	5,0	4,8
Brasil	4,6	5,0	4,9	5,2	5,2	5,5	3,9	4,1	4,4	4,2	4,7	4,5

Fonte: Inep/MEC. Resultados do Ideb, 2011, 2013 e 2015.

Além de informações panorâmicas sobre o acesso e a qualidade da Educação Básica, uma informação importante para a garantia do direito à educação é a quantidade de crianças e adolescentes em idade escolar obrigatória (entre 4 e 17 anos) que estão fora da escola. Esse dado é fornecido pelo Censo Demográfico 2010 e está registrado na Tabela 22.

Verifica-se que os maiores percentuais de crianças e adolescentes fora da escola se concentra entre 4 e 5 anos e entre 15 e 17, sendo que em Santana do Paraíso, as crianças entre 4 e 5 anos fora da escola correspondiam a mais de 60%. Os municípios de Bom Jesus do Galho, Caratinga, Jaguarapu, Pingo D'Água e Santana do Paraíso apresentaram, em 2010, mais de 20% dos adolescentes fora da escola, ficando acima da média do estado de Minas Gerais.

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, como as atuais gerações. Verifica-se nos municípios do Parque Estadual do Rio Doce, percentuais de pessoas sem instrução ou com Ensino Fundamental incompleto superiores à média no estado de Minas Gerais, assim como percentuais inferiores em relação à parcela da população acima de 25 anos que completou o Ensino Superior, com exceção dos municípios de Ipatinga e Timóteo, que apresentam percentuais mais elevados do que o estado. A Tabela 23 registra os dados coletados pelo Censo Demográfico em 2010 sobre a escolaridade da população de 25 anos e mais, nos municípios da área de estudo.

Tabela 22. Crianças e adolescentes fora da escola, por município de abrangência do PERD, 2010.

Municípios	4 e 5 anos			6 a 10 anos			11 a 14 anos			15 a 17 anos		
	Resid.	Fora da escola	%	Resid.	Fora da escola	%	Resid.	Fora da escola	%	Resid.	Fora da escola	%
Dionísio	251	47	18,7	646	5	0,8	574	0	0,0	488	75	15,4
Marliéria	123	9	7,3	327	3	0,9	292	4	1,4	219	24	11,0
Timóteo	1.879	151	8,0	6.189	39	0,6	5.318	125	2,4	4.158	483	11,6
Bom Jesus do Galho	375	224	59,7	1.231	26	2,1	1.135	33	2,9	928	192	20,7
Caratinga	2.444	651	26,6	6.698	111	1,7	6.086	449	7,4	4.494	980	21,8
Coronel Fabriciano	2.897	207	7,1	7.662	60	0,8	7.071	199	2,8	5.397	916	17,0
Córrego Novo	113	23	20,4	246	3	1,2	208	0	0,0	183	34	18,6
Ipatinga	6.404	1.568	24,5	17.299	237	1,4	15.626	411	2,6	12.392	2.063	16,6
Jaguaráçu	73	16	21,9	234	4	1,7	197	0	0,0	141	36	25,5
Pingo-D'Água	164	26	15,9	399	6	1,5	341	10	2,9	225	62	27,6
Raul Soares	644	248	38,5	1.719	37	2,2	1.672	139	8,3	1.062	191	18,0
Santana do Paraíso	1.058	673	63,6	2.407	28	1,2	2.097	73	3,5	1.470	361	24,6
Minas Gerais	546.482	121.440	22,2	1.489.961	17.240	1,2	1.350.614	44.214	3,3	1.043.929	171.750	16,5

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Tabela 23. Escolaridade da População Adulta (25 anos ou mais) dos municípios de abrangência do PERD, 2010.

Município	Total	Sem instrução ou EF incompleto	%	EF completo e EM incompleto	%	EM completo e ES incompleto	%	ES completo	%	Não determinado	%
Dionísio	5.464	3.632	66,5	573	10,5	1.004	18,4	255	4,7	0	0,0
Marliéria	2.436	1.672	68,6	295	12,1	375	15,4	94	3,9	0	0,0
Timóteo	49.326	19.010	38,5	8.457	17,1	16.057	32,6	5.725	11,6	78	0,2
Bom Jesus do Galho	9.326	7.037	75,5	1.050	11,3	926	9,9	313	3,4	0	0,0
Caratinga	50.650	30.375	60,0	7.222	14,3	8.501	16,8	4.511	8,9	41	0,1
Coronel Fabriciano	62.203	28.582	45,9	11.042	17,8	17.013	27,4	5.424	8,7	141	0,2
Córrego Novo	1.862	1.401	75,2	238	12,8	153	8,2	68	3,7	3	0,2
Ipatinga	143.650	60.681	42,2	25.389	17,7	40.740	28,4	16.310	11,4	530	0,4
Jaguaráçu	1.797	1.192	66,3	204	11,4	336	18,7	55	3,1	11	0,6
Pingo-D'Água	2.540	1.944	76,5	192	7,6	307	12,1	93	3,7	4	0,2
Raul Soares	15.020	10.583	70,5	1.563	10,4	2.035	13,5	767	5,1	71	0,5
Santana do Paraíso	15.245	9.096	59,7	2.399	15,7	3.073	20,2	649	4,3	28	0,2
Minas Gerais	11.751.370	6.298.868	53,6	1.637.102	13,9	2.547.479	21,7	1.242.682	10,6	25.239	0,2

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

4.3.7. Saúde

A Saúde é dimensão importante para a caracterização das condições de vida de uma determinada população, aspecto relacionado ao componente qualidade de vida, tanto nas abordagens teórico-conceituais, quanto no senso comum. 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.

As taxas verificadas nos municípios da área de estudo variaram entre os anos de 2006 a 2015¹⁵, sendo que em alguns anos, não há registro dessa informação. Destaca-se a taxa apresentada em Córrego Novo no ano de 2013: 68,18. Em 2015, estavam disponíveis as taxas de sete municípios e em três deles, estas superavam a média do estado de Minas Gerais e do Brasil, conforme se registra na Tabela 24, as taxas apresentadas ao longo do período de quase dez anos permitem inferir que há, na região uma melhora na atenção pré-natal, no parto e na proteção da saúde infantil, uma vez que o cálculo tem como referência a mortalidade de bebês de até 1 ano de idade. Conforme alerta o Ministério da Saúde: “Altas taxas de mortalidade infantil refletem, de maneira geral, baixos níveis de saúde, de desenvolvimento socioeconômico e de condições de vida. Taxas reduzidas também podem encobrir más condições de vida em segmentos sociais específicos”¹⁶.

Ainda segundo o Ministério da Saúde,

as taxas de mortalidade infantil são geralmente classificadas em altas (50 ou mais), médias (20-49) e baixas (menos de 20), em função da proximidade ou distância de valores já alcançados em sociedades mais desenvolvidas. Esses parâmetros devem ser periodicamente ajustados às mudanças verificadas no perfil epidemiológico.

O registro dessas taxas permite realizar uma aproximação com os contextos dos municípios estudados, dada a importância desse indicador na compreensão de contextos socioeconômicos, por permitir estimar “o risco de um nascido vivo morrer durante o seu primeiro ano de vida”¹⁷.

Tabela 24. Taxa de mortalidade infantil, por município (2006 a 2015)

Município	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Dionísio	9,80		27,30		16,39		26,67	36,36	16,39	
Marliéria			54,55			20,41	17,54			
Timóteo	17,87	11,30	14,72	18,76	20,45	16,81	11,84	13,85	10,04	12,66
Bom Jesus do Galho	57,97	22,35	5,43	5,56	30,77	12,82	21,74	23,53	5,56	
Caratinga	21,63	13,25	20,78	18,93	17,11	24,35	14,57	15,47	13,04	14,53
Coronel Fabriciano	13,57	18,99	10,26	9,14	13,95	15,51	12,93	9,32	11,24	6,96
Córrego Novo				57,14				68,18		
Ipatinga	13,88	17,54	12,52	14,92	11,47	11,68	9,30	8,83	10,33	10,40
Jaguaraçu						68,97	33,33			

¹⁵ Não estão disponíveis os dados sobre mortalidade infantil no ano de 2005.

¹⁶ Disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ldb2000/fqc01.htm>. Acesso em 28/Jul/2021.

¹⁷ Idem.

Pingo D'Água	27,78		14,49	16,95	17,24			15,87		
Raul Soares	20,59	8,80	24,73	10,53	4,12	20,75	21,37	9,01	10,91	7,69
Santana do Paraíso	20,98	2,63	14,04	10,58	7,79	17,78	4,32	2,00	10,08	13,45

Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades.

A incidência de doenças de veiculação hídrica também ganha relevo, em especial nesta região, pela presença importante de rios e lagoas, sendo o Parque Estadual do Rio Doce um dos 20 sítios Ramsar do Brasil.

Nos municípios da área de estudo a incidência percentual de doenças por veiculação hídrica¹⁸ variou ao longo dos dez anos que antecederam o rompimento da barragem de Fundão, como se registra na Tabela 25. Verifica-se que ao final do período registrado, em 2015, os percentuais de internação estavam em patamares inferiores aos apresentados anteriormente, com exceção dos municípios de Marliéria e Pingo D'Água.

Tabela 25 – Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, por município (2005-2015)

Municípios	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Dionísio	13,85	10,68	9,43	7,28	0	0,79	1,20	0	0,78	0	0
Marliéria	0,48	0	0	0	0	0	0,52	0,53	0,45	0	0,69
Timóteo	0,24	0,23	0,14	0,50	0,24	0,60	0,44	0,35	0,21	0,3	0,20
Bom Jesus do Galho	0,89	0,63	0,52	0,10	1,16	0,45	0,29	0,22	0,73	0,14	0,08
Caratinga	0,89	0,69	0,42	0,52	0,45	0,28	0,07	0,36	0,74	0,38	0,12
Coronel Fabriciano	3,16	2,29	1,68	2,75	2,28	1,94	0,71	0,53	0,49	0,63	0,58
Córrego Novo	1,65	0,49	2,82	1,15	0	0	0	0	0,57	0	0
Ipatinga	1,82	1,93	1,84	1,69	1,48	1,18	0,72	1,16	0,57	0,60	0,61
Jaguarapu	0	0	0,68	0	0,81	0,65	0	0	0	0	0
Pingo D'Água	0,46	0	0	0,47	0	0	0,44	0	0	0	0,53
Raul Soares	5,47	4,32	4,30	3,09	3,47	2,57	1,26	2,75	1,86	1,28	1,40
Santana do Paraíso	1,52	2,43	1,08	1,06	1,49	1,41	0,59	0,64	0,56	0,39	0,26

Fonte Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

¹⁸ Razão entre o número de internações por doenças de veiculação hídrica e o número total de internações da população residente, em percentual. Códigos para doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na CID 10: A00.0, A00.1, A00.9, A01.0, A01.1, A01.2, A01.3, A01.4, A02.0, A02.1, A02.2, A02.8, A02.9, A03.0, A03.1, A03.2, A03.3, A03.8, A03.9, A04.0, A04.1, A04.2, A04.4, A04.5, A04.6, A04.8, A05.0, A05.1, A05.2, A05.3, A05.4, A05.8, A05.9, A06.0, A06.0, A07.1, A07.2, A07.8, A07.9, A08.3, A09, A23.0, A23.1, A23.2, A23.3, A23.8, A23.9, A27.0, A32.0, A32.1, A32.7, A32.8, A32.9, B15.0, B15.9, B19.0, B19.9, B58.0, B58.1, B58.2, B58.3, B58.8, B58.9, B65.0, B65.1, B65.2, B65.3, B65.8, B65.9, B69.0, B69.1, B69.8, B69.9, B77.0, B77.8, B77.9, B82.0, B82.9, B83.8, D59.3.

As doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado¹⁹ compõem a aproximação do contexto vivido pela população dos municípios estudados, no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão. Verifica-se no período de 10 anos que há queda no percentual de incidência dessas doenças em todos os municípios, como se registra na Tabela 26.

Tabela 26 – Proporção de internações por doenças de saneamento ambiental inadequado, por município (2005-2015)

Municípios	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Dionísio	14,13	8,82	6,00	3,95	0,00	0,79	1,61	0,00	2,08	0,29	0,00
Marliéria	0,48	1,36	2,10	0,00	1,59	1,20	1,05	2,65	1,34	0,71	1,03
Timóteo	1,98	2,23	1,54	1,83	2,37	1,55	2,27	1,34	1,84	0,77	0,72
Bom Jesus do Galho	0,59	0,63	0,63	0,48	8,00	6,25	4,61	1,17	6,84	6,24	0,94
Caratinga	0,95	1,35	1,36	0,87	1,00	0,89	0,27	1,03	1,52	0,75	0,61
Coronel Fabriciano	3,69	3,02	1,97	3,98	5,16	3,47	1,45	1,65	2,18	1,21	1,27
Córrego Novo	2,48	0,98	2,82	1,15	0,62	0,68	0,00	0,58	1,15	0,00	0,00
Ipatinga	1,94	2,11	1,87	2,12	3,27	3,01	1,76	1,61	1,84	0,84	1,03
Jaguaraçu	1,06	0,60	1,36	0,88	1,61	1,30	1,37	1,34	0,66	0,00	0,91
Pingo D'Água	2,74	3,02	0,87	1,40	1,83	0,57	0,44	0,00	1,30	0,00	1,05
Raul Soares	5,41	4,21	4,44	3,47	3,77	3,02	2,04	2,81	2,97	1,63	1,84
Santana do Paraíso	1,68	3,08	1,40	1,34	4,35	2,37	1,30	1,40	1,58	0,59	0,42

Fonte Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

O atendimento à saúde da população nos municípios da área de estudo contava com um único hospital geral público, localizado em Ipatinga; nenhum hospital especializado; um pronto socorro especializado público, em Caratinga e cinco dos 12 municípios contavam com Centro de Atenção Psicossocial (Caps) público. Em todos os municípios havia, em 2015, Centro de Saúde/Posto de Saúde/Unidade Básica de Saúde. As maiores concentrações de Unidades Básicas de Saúde (UBS) estão, na maioria das vezes, nos municípios mais populosos: Caratinga (90.782 hab e 25 UBS públicas); Ipatinga (257.345 hab e 23 UBS públicas); Timóteo (87.542 hab e 16 UBS públicas); Coronel Fabriciano (109.363 hab e 14 UBS públicas). Destaca-se o município de Raul Soares que registrou dez UBS públicas e uma população 24.394 habitantes, como se verifica na Tabela 27.

¹⁹ Razão entre o número de internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado e o número total de internações da população residente, multiplicado por 100. Códigos para doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na CID 10: A00, A01, A02, A03, A04, A06, A07, A08, A09, A27, A71, A90, A91, A95, B15, B35, B36, B50, B54, B55, B57, B65, B67, B68, B69, B71, B74, B76, B77, B78, B79, B80, B81, B82, B83, H10.

Tabela 27 Número de estabelecimentos de saúde da administração pública e outros, por município, 2015

Município	Hospital Geral		Hospital especializado		Centro de Saúde/Posto de Saúde/UBS		Pronto Socorro Especializado		Centro de Atenção Psicossocial	
	Adm. Pública	Outros	Adm. Pública	Outros	Adm. Pública	Outros	Adm. Pública	Outros	Adm. Pública	Outros
Dionísio	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0
Marliéria	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Timóteo	0	1	0	0	16	0	0	0	1	0
Bom Jesus do Galho	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0
Caratinga	0	2	0	0	25	1	1	0	3	0
Coronel Fabriciano	0	3	0	0	14	0	0	0	1	0
Córrego Novo	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Ipatinga	1	2	0	0	23	0	1	0	1	0
Jaguaraçu	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
Pingo D'Água	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Raul Soares	0	1	0	0	10	0	0	0	0	0
Santana do Paraíso	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0

Obs.: Mês de referência: dez/2015.

Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

Embora não haja estimativa ou recomendação da Organização Mundial e Saúde sobre a proporção ideal entre profissionais da saúde e população, o Conselho Nacional de Saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) na Recomendação 015, de 10 de maio de 2018, a respeito de vagas em cursos de medicina, informa que “em 2010 havia no Brasil 1,91 médico para cada grupo de mil habitantes, número que atingiu 2,18 médicos em 2018, uma proporção ainda bem abaixo dos países desenvolvidos e com melhores índices sanitários”²⁰. Tendo a estimativa de 2010 como referência, verifica-se que oito dos municípios da área de estudo apresentavam, em 2015, uma proporção de médicos do SUS em relação a suas populações, acima da média nacional: Ipatinga (7,5); Timóteo (4,2) Caratinga (3,6), Bom Jesus do Galho (3,0), Jaguarapu (2,9), Marliéria (2,7), Raul Soares (2,2) e Coronel Fabriciano (2,0). Por outro lado, os municípios de Pingo D’Água (1,0), Dionísio (0,7), Córrego Novo (0,7) e Santana do Paraíso (0,5) apresentavam uma proporção bem abaixo da média nacional²¹.

A Tabela 28 registra o número de médicos, assistente sociais e psicólogos do SUS por 1.000 habitantes, nos municípios da área de estudo.

Tabela 28 – Número de médicos, assistente sociais e psicólogos no SUS e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2015

Município	Nº de médicos no SUS		Médicos/1000 hab. no SUS		Nº de assistentes sociais no SUS		Assistentes sociais/1000 hab. no SUS		Nº de psicólogos no SUS		Nº de psicólogos/1000 hab. no SUS	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Dionísio	6	6	0,7	0,7	-	1	-	0,1	-	1	-	0,1
Marliéria	11	11	2,7	2,7	2	3	0,5	0,7	3	4	0,7	1,0
Timóteo	358	372	4,1	4,2	10	10	0,1	0,1	11	9	0,1	0,1
Bom Jesus do Galho	43	46	2,8	3,0	3	3	0,2	0,2	2	2	0,1	0,1
Caratinga	299	328	3,3	3,6	17	21	0,2	0,2	22	16	0,2	0,2
Coronel Fabriciano	193	219	1,8	2,0	7	9	0,1	0,1	17	17	0,2	0,2
Córrego Novo	2	2	0,7	0,7	-	-	-	-	1	1	0,3	0,3
Ipatinga	1.774	1.935	6,9	7,5	36	34	0,1	0,1	37	40	0,1	0,2
Jaguarapu	10	9	3,2	2,9	2	1	0,6	0,3	3	3	1,0	1,0
Pingo D’Água	5	5	1,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Raul Soares	53	58	2,2	2,4	2	2	0,1	0,1	2	2	0,1	0,1
Santana do Paraíso	18	17	0,6	0,5	1	1	0,0	0,0	3	2	0,1	0,1

Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES

O número de leitos disponíveis para o atendimento da população é também um referencial para identificar o panorama da Saúde nos municípios da área de estudo. Registra-se que, em 2015, o Ministério da Saúde produziu o documento “Avaliação e Controle de Sistemas Critérios e Parâmetros para o Planejamento e

²⁰ Disponível em <https://conselho.saude.gov.br/recomendacoes/2018/Reco015.pdf>. Acesso em 08.Fev.2021.

²¹ Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES

Programação de Ações e Serviços de Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde”, que em seu anexo, define: “3.5. NECESSIDADE DE LEITOS HOSPITALARES - Em linhas gerais, estima-se a necessidade de leitos hospitalares da seguinte forma: a) Leitos Hospitalares Totais = 2,5 a 3 leitos para cada 1.000 habitantes”.

Embora em Bom Jesus do Galho exista apenas um hospital geral privado, a proporção de leitos do SUS é a mais elevada do conjunto dos municípios, sendo o dobro da taxa apresentada no estado de Minas Gerais e nacional. Timóteo e Coronel Fabriciano são os municípios que apresentam a maior precariedade nesse atendimento²², conforme se verifica na Tabela 29.

Tabela 29– Número de leitos no SUS e outras redes e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2015

Município	Total de Leitos						Percentual de leitos SUS		Número de leitos SUS/1.000 hab.	
	SUS		Não SUS		total					
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Dionísio	9	9	0	0	9	9	100,00	100,00	1,1	1,1
Marliéria	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Timóteo	33	33	36	36	69	69	47,83	47,83	0,4	0,4
Bom Jesus do Galho	48	48	2	2	50	50	96,00	96,00	3,1	3,1
Caratinga	116	116	57	57	173	173	67,05	67,05	1,3	1,3
Coronel Fabriciano	50	50	38	101	88	151	56,82	33,11	0,5	0,5
Córrego Novo	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Ipatinga	397	414	187	200	584	614	67,98	67,43	1,6	1,6
Jaguarapu	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Pingo D'Água	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Raul Soares	35	40	15	16	50	56	70,00	71,43	1,4	1,6
Santana do Paraíso	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
MG	29.298	28.915	13.061	13.420	42.359	42.335	69,17	68,30	1,4	1,4
Brasil	319.283	311.917	133.205	129.884	452.488	441.801	70,56	70,60	1,6	1,5

Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES

Os dados aqui apresentados visam aportar um breve panorama das condições de atendimento à saúde nos municípios da área de estudo.

4.3.8. Economia

Com a finalidade de apreender alguns elementos da dinâmica econômica dos municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce e de seu entorno foram observados os seguintes indicadores: o Produto

²² Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

Interno Bruto (PIB), o Produto Interno Bruto per capita e indicadores de produção, ocupação e renda.

Verifica-se que os municípios de Ipatinga, Timóteo, Coronel Fabriciano e Caratinga são os que apresentam PIB acima de 1 bilhão e são também os mais populosos (Tabela 30).

Tabela 30. Produto Interno Bruto a preços correntes dos municípios do PERD e Minas Gerais, 2015 (mil reais)

Unidade Territorial	PIB	Participação no PIB Estadual (%)
Dionísio	82.568	0,026
Marliéria	47.121	0,269
Timóteo	3.490.609	0,296
Bom Jesus do Galho	170.298	0,006
Caratinga	1.743.833	0,013
Coronel Fabriciano	1.920.690	1,633
Córrego Novo	36.786	0,012
Ipatinga	10.597.128	0,007
Jaguaraçu	77.879	0,007
Pingo D'Água	44.543	0,050
Raul Soares	326.494	0,091
Santana do Paraíso	589.769	0,538
Total dos municípios da área de estudo	19.127.718	2,95
MG	648.874.022	

Fonte: IBGE, Base de Dados, Produto Interno dos Municípios, 2020

Quanto ao Produto Interno Bruto *per capita*, os municípios da área de abrangência do PE do Rio Doce apresentaram, em 2015, números que variam de R\$ 9.756,36 (Dionísio) a R\$ 41.178,68 (Ipatinga).

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, em tese, cada habitante produziu de riqueza 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, 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.

A Tabela 31 traz os valores para os 12 municípios no ano de 2015. Observa-se grande diferença entre o PIB *per capita* dos municípios e aqueles relativos ao estado e ao país. Os principais municípios da RMVA – Ipatinga e Timóteo – destacam-se com números muito superiores aos demais, particularmente aqueles localizados a leste do PERD, banhados pelo rio Doce, Bom Jesus do Galho, Córrego Novo e Pingo D'Água.

Tabela 31. Produto Interno Bruto per capita em 2015 (em reais)

Unidade Territorial	PIB per capita
Dionísio	9.756,36
Marliéria	11.417,84
Timóteo	39.873,53
Bom Jesus do Galho	10.957,25
Caratinga	19.209,02
Coronel Fabriciano	17.563,52
Córrego Novo	12.133,61
Ipatinga	41.178,68
Jaguaráçu	24.833,85
Pingo D'Água	9.301,02
Raul Soares	13.384,20
Santana do Paraíso	18.661,21
Minas Gerais	31.092,57
Brasil	36.641,54

Fonte: IBGE, Base de Dados, Produto Interno dos Municípios, Consulta em: 28 jan. 2021
(<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/2036-np-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>)

O Valor Adicionado Bruto (VAB) é a contribuição ao Produto Interno Bruto (PIB) pelas diversas atividades econômicas. O valor é obtido pela diferença entre o valor bruto da produção e o consumo intermediário absorvido por cada uma das atividades. O VAB é utilizado pelos estados para o cálculo do Índice de retorno do ICMS aos municípios. A Tabela 32 apresenta os valores relacionados no ano de 2015. Nos municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce, observa-se a importância do setor da indústria no município de Timóteo (50,1%), muito superior à contribuição do setor para o estado de Minas Gerais e para o Brasil. O setor de serviços, que tem o maior peso na composição do VAB estadual e nacional, é também expressivo nos municípios de Coronel Fabriciano (63,8%), Caratinga (61,3%). A administração pública tem contribuição superior a 50% do VAB nos municípios de Pingo D'Água e Marliéria e a agropecuária apresenta sua maior contribuição ao VAB nos municípios de Bom Jesus do Galho (27,5%) e de Córrego Novo (20,2%), sendo pouco significativa nos municípios de Ipatinga, Timóteo, Coronel Fabriciano e Santana do Paraíso.

Tabela 32. Valor Adicionado Bruto (por setor) dos municípios de abrangência do PERD em 2015 (em mil reais)

Município	Valor adicionado – 2015							
	Agropecuária		Indústria		Serviços		Administração Pública	
Dionísio	11.052,56	13,8	5.433,82	6,8	29.328,14	36,6	34.344,65	42,8
Marliéria	5.051,49	11,1	3.094,87	6,8	13.892,54	30,6	23.323,33	51,4
Timóteo	1.168,23	0,0	1.546.557,56	50,1	1.137.033,09	36,8	404.547,95	13,1
Bom Jesus do Galho	45.570,88	27,5	8.439,98	5,1	47.996,05	29,0	63.409,16	38,3
Caratinga	51.925,54	3,3	188.808,12	11,9	971.883,15	61,3	374.109,05	23,6
Coronel Fabriciano	5.081,48	0,3	193.499,77	11,0	1.127.868,43	63,8	440.555,61	24,9
Córrego Novo	7.221,77	20,2	1.666,76	4,7	9.342,07	26,1	17.530,92	49,0
Ipatinga	1.276,93	0,0	3.719.781,31	39,6	4.485.486,60	47,7	1.194.874,74	12,7
Jaguaraçu	2.265,24	3,2	26.130,82	37,4	23.068,44	33,0	18.489,24	26,4
Pingo D'Água	3.739,58	8,6	2.676,30	6,2	12.804,28	29,5	24.166,70	55,7
Raul Soares	53.963,38	17,5	18.185,62	5,9	132.144,69	42,8	104.728,19	33,9
Santana do Paraíso	5.441,32	1,0	150.030,45	28,6	238.076,10	45,4	131.277,58	25,0
Minas Gerais	30.534.698,44	5,3	149.059.196,27	26,1	293.379.520,43	51,3	98.574.916,18	17,2
Brasil	323.564.142,83	5,0	1.450.335.566,54	22,5	3.561.233.414,82	55,3	1.106.489.238,22	17,2

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Os municípios que apresentam menor dinamismo econômico, aqueles que têm na administração pública o setor que mais participa da composição do PIB, são também os que têm maior dependência desse setor para a geração de trabalho formal para sua população. A contratação de trabalhadores formais se dá majoritariamente pela administração pública nos municípios de Córrego Novo, onde o percentual chega a 73,4% de todos os trabalhadores formais e em Pingo D'Água, com 67,6%. A Tabela 33 registra a distribuição dos trabalhos formais nos municípios da área de estudo.

Tabela 33. Pessoas ocupadas por setor nos municípios de abrangência do PERD em 2015

Municípios	Total	Extrativa mineral		Indústria de transformação		Serviços industriais de utilidade pública		Construção Civil		Comércio		Serviços		Administração Pública		Agropecuária, extração vegetal, caça e pesca	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Dionísio	653	0	0,0	20	3,1	0	0,0	19	2,9	171	26,2	113	17,3	273	41,8	57	8,7
Marliéria	457	0	0,0	21	4,6	0	0,0	3	0,7	59	12,9	41	9,0	222	48,6	111	24,3
Timóteo	18.191	97	0,5	5.972	32,8	2	0,0	1.539	8,5	3.321	18,3	5.180	28,5	1.957	10,8	123	0,7
Bom Jesus do Galho	1.008	5	0,5	10	1,0	0	0,0	18	1,8	301	29,9	167	16,6	417	41,4	90	8,9
Caratinga	16.684	112	0,7	1.461	8,8	56	0,3	956	5,7	5.755	34,5	5.572	33,4	2.211	13,3	561	3,4
Coronel Fabriciano	17.237	0	0,0	1.941	11,3	0	0,0	784	4,5	5.742	33,3	6.110	35,4	2.229	12,9	431	2,5
Córrego Novo	364	0	0,0	2	0,5	0	0,0	0	0,0	35	9,6	16	4,4	267	73,4	44	12,1
Ipatinga	65.714	62	0,1	13.549	20,6	36	0,1	7.278	11,1	16.043	24,4	22.699	34,5	5.956	9,1	91	0,1
Jaguaraçu	725	4	0,6	285	39,3	0	0,0	5	0,7	67	9,2	53	7,3	242	33,4	69	9,5
Pingo D'Água	527	0	0,0	33	6,3	0	0,0	8	1,5	58	11,0	51	9,7	356	67,6	21	4,0
Raul Soares	2.436	0	0,0	134	5,5	29	1,2	43	1,8	689	28,3	600	24,6	622	25,5	319	13,1
Santana do Paraíso	4.843	14	0,3	1.746	36,1	371	7,7	319	6,6	764	15,8	753	15,5	817	16,9	59	1,2
MG	4.821.116	60.108	1,2	768.036	15,9	42.243	0,9	271.665	5,6	995.064	20,6	1.596.109	33,1	828.346	17,2	259.545	5,4
Brasil	48.060.807	240.488	0,5	7.566.900	15,7	447.385	0,9	2.422.664	5,0	9.532.622	19,8	17.151.312	35,7	9.198.875	19,1	1.500.561	3,1

Fonte: Ministério da Economia, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), 2020.

Outros indicadores são comumente considerados para que se tenha uma aproximação com a realidade local, como os indicadores de renda, pobreza e desigualdade. Observa-se a diminuição do percentual de habitantes extremamente pobres e pobres e também dos vulneráveis à pobreza²³ (IPEA, 2011).

O percentual de queda da extrema pobreza, no período, variou entre 85% em Jaguarau e 44% em Bom Jesus do Galho. Entre os pobres as quedas variaram entre 70% em Santana do Paraíso e 40% em Raul Soares e entre os mais vulneráveis à pobreza, as quedas variaram entre 55% em Jaguarau e 24% em Pingo D'Água, conforme se verifica na Tabela 34.

Tabela 34. Renda, Pobreza e Desigualdade nos municípios de abrangência do PERD, 2000 e 2010.

Unidade Territorial	% de			Variação 2000/2010	% de			Variação 2000/2010	
	extremamente pobres		2000		vulneráveis à pobreza		2000		
	2000	2010			2010	2010			
Dionísio	16,07	4,8	-70%	43,29	13,98	-68%	75,06	40,32	-46%
Marliéria	10,72	2,29	-79%	36,74	13,16	-64%	65,95	42,23	-36%
Timóteo	4,7	1,03	-78%	15,99	5,57	-65%	36,29	20,41	-44%
Bom Jesus do Galho	21,06	11,71	-44%	51,87	27,07	-48%	74,98	51,31	-32%
Caratinga	9,14	4,75	-48%	27,44	14,04	-49%	54,98	34,36	-38%
Coronel Fabriciano	6,28	2,38	-62%	19,13	7,92	-59%	42,64	25,09	-41%
Córrego Novo	19,61	9,31	-53%	46,62	21,98	-53%	70,11	51,71	-26%
Ipatinga	4,82	1,13	-77%	16,39	5,92	-64%	37,46	19,79	-47%
Jaguarauçu	7,81	1,18	-85%	26,77	9,79	-63%	66,25	30,13	-55%
Pingo D'Água	17,36	4,59	-74%	45,88	24,37	-47%	76,13	57,52	-24%
Raul Soares	14,65	5,85	-60%	34,18	20,58	-40%	62,11	43,81	-29%
Santana do Paraíso	15,27	3,18	-79%	34,79	10,46	-70%	63,76	31,5	-51%
Minas Gerais	9,05	3,49	-61%	24,64	10,97	-55%	48,17	28,85	-40%
Brasil	12,48	6,62	-47%	27,9	15,2	-46%	48,39	32,56	-33%

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano, 2013.

O Índice de Gini²⁴, que mede a concentração de renda, constitui-se uma referência, em especial no Brasil, que é um dos países mais desiguais do mundo. Ainda assim, é possível identificar que houve queda no indicador em todos os municípios, com exceção de Pingo D'Água, que apresentou ligeiro aumento. Destaca-se, ainda, que todos os municípios da área de estudo apresentaram índices inferiores ao do estado de Minas Gerais. A Tabela 35 registra o índice, por município, entre os anos 2000 e 2010.

²³ Segundo o Ipea, vulneráveis à pobreza são "as famílias com renda maior ou igual a R\$ 134,00 e menor que R\$ 465,00", em 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1647.pdf. Acesso em 09.fev.2021.

²⁴ 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.

Tabela 35. Índice de Gini, 2000 e 2010.

Unidade Territorial	Índice de Gini	
	2000	2010
Dionísio	0,5	0,45
Marliéria	0,54	0,4
Timóteo	0,52	0,48
Bom Jesus do Galho	0,5	0,49
Caratinga	0,6	0,54
Coronel Fabriciano	0,54	0,48
Córrego Novo	0,48	0,42
Ipatinga	0,55	0,52
Jaguaraçu	0,43	0,41
Pingo D'Água	0,43	0,44
Raul Soares	0,6	0,51
Santana do Paraíso	0,5	0,42
Minas Gerais	0,61	0,56

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano, 2013.

4.3.9. 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 tendências nas relações com a UC.

De interesse ao presente diagnóstico, foram identificados ao todo 65 setores censitários em 11 dos municípios da área de estudo. Em Raul Soares, a zona de amortecimento do PERD adentra pequena parte do território, sem ocupação humana, tendo sido excluído, então, do detalhamento ora apresentado. Os setores censitários são considerados integralmente. Eles se localizam na Zona de Amortecimento do PERD, mas sua configuração, muitas vezes, ultrapassa o limite da ZA, não sendo possível desagregar a informação. Foram considerados nesse total de setores censitários aqueles que são vizinhos à UC, mas que não compõem sua ZA por serem áreas urbanas, particularmente dos municípios de Coronel Fabriciano e Ipatinga. O Mapa 17 apresenta a localização de cada um dos setores censitários analisados.

Destaca-se que em alguns casos, os dados não estão disponíveis, em outros, os valores foram omitidos, conforme item 4 “Proteção dos dados dos informantes”, de documento orientador da coleta e disponibilização de dados do IBGE²⁵

Registra-se na Tabela 36 o total de setores censitários por município e também sua distribuição entre áreas urbanas e rurais.

Tabela 36. Distribuição dos setores censitários nos municípios de abrangência do PERD (2010).

Municípios	Número total de setores censitários	Número de setores censitários urbanos	Número de setores censitários rurais
Dionísio	07	1	5
Marliéria	07	02	05
Timóteo	14	12	02
Bom Jesus do Galho	01	0	01
Caratinga	01	0	01
Coronel Fabriciano	09	08	
Córrego Novo	01	0	01
Ipatinga	22	21	0
Jaguaraçu	01	0	01
Pingo D'Água	01	0	01
Santana do Paraíso	01	01	
Total	65	45	17

Obs: Nos municípios de Dionísio, Coronel Fabriciano e Ipatinga, um setor censitário não apresenta informações disponíveis.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Dentre os 12 setores censitários urbanos de Timóteo, quatro são áreas isoladas, classificadas pelo IBGE como “setor especial de alojamento, acampamento etc.”. Ainda em Timóteo um setor urbano é classificado como “setor especial de asilos, orfanatos, conventos, hospitais, etc.”. O setor censitário destacado em Santana do Paraíso é classificado como área urbana isolada. Os 17 setores rurais da área de estudo possuem domicílios isolados e não se caracterizam como aglomerados rurais.

O conjunto de dados aqui apresentados busca identificar um panorama 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. Optou-se pela apresentação dos dados agregados por município, identificando o tipo de setor, se rural ou urbano. A Tabela 37 traz o número de

²⁵ No arquivo agregado por setores, o IBGE optou pela restrição de dados como forma de proteção dos dados dos informantes do Censo Demográfico 2010. Assim, em todos os setores com menos de cinco domicílios particulares permanentes foram omitidos os valores da maioria das variáveis de dados. Quando existir um único setor com restrição de dados em um recorte legal, município, distrito, subdistrito ou bairro, é realizado a restrição de dados em um segundo setor para evitar uma possível identificação dos dados (IBGE, 2011b, n.p.).

domicílios e de moradores do conjunto de setores analisados.

São 40.771 habitantes distribuídos em 12.497 domicílios, com uma média de moradores por domicílio que varia de 2,25 a 5, sendo que essas médias variaram tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais. A média brasileira é de 3,3 moradores por domicílio.

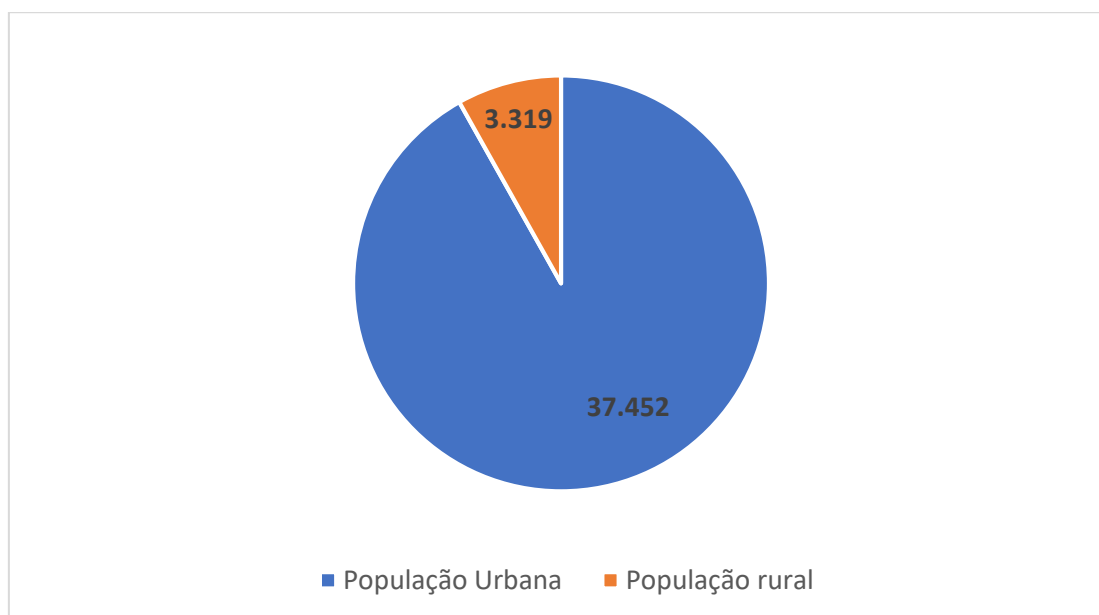
Tabela 37. Domicílios Particulares Permanentes e População, setores censitários, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	Domicílios	Total de domicílios	Moradores	Total de moradores
Dionísio	Urbano	196	486	643	1498
	Rural	290		855	
Marliéria	Urbano	566	851	1.915	2.818
	Rural	285		903	
Timóteo	Urbano	2.857	2.895	9.810	9.929
	Rural	38		119	
Bom Jesus do Galho	Urbano	0	69	0	232
	Rural	69		232	
Caratinga	Urbano	0	49	0	149
	Rural	49		149	
Coronel Fabriciano	Urbano	2.488	2.488	8.016	8.016
	Rural	0		0	
Córrego Novo	Urbano	0	86	0	290
	Rural	86		290	
Ipatinga	Urbano	5.137	5.137	16.353	16.353
	Rural	0		0	
Jaguaraçu	Urbano	0	119	0	386
	Rural	119		386	
Pingo D'Água	Urbano	0	113	0	385
	Rural	113		385	
Santana do Paraíso	Urbano	204	204	715	715
	Rural	0		0	
Total			12.497		40.771

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

A população total do conjunto de setores identificados na relação com o Parque Estadual do Rio Doce concentra-se principalmente nas áreas urbanas, conforme o Figura 32. Importante destacar que essa análise inclui os setores censitários de áreas que se encontram fora da zona de amortecimento do PERD, na fronteira Norte e Noroeste da UC, particularmente nos municípios de Coronel Fabriciano e Ipatinga (vide Mapa 17). Essa proximidade pode representar risco de pressão sobre o Parque.

Figura 32. População residente, rural e urbana no total dos setores censitários, 2010.



Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Dentre os 40.771 moradores em domicílios permanentes nos setores censitários da área de estudo, foi possível ter acesso às classificações de sexo para 39.738 pessoas (valores omitidos pelo IBGE). A maioria é formada por mulheres. Nos seis municípios em que foram destacados setores censitários urbanos as mulheres são maioria em quatro. Nos sete municípios em que foram destacados setores rurais os homens são maioria em cinco.

A pequena superioridade no número de mulheres em relação ao número de homens é característica comum à demografia nacional. No entanto, em alguns municípios os setores censitários indicam a presença mais expressiva de homens. É o caso do setor rural de Caratinga e do setor urbano de Santana do Paraíso que apresentaram diferenças percentuais de 10,3 e de 8,5 pontos respectivamente.

Observa-se também, o número de crianças e idosos, variável que oferece pistas sobre a vulnerabilidade do grupo. Os municípios nos quais os setores censitários apresentam os maiores percentuais (acima de 20%, sendo que em 2010 esse percentual em todo o Brasil era de 18%) de crianças até 14 anos são: Marliéria, Timóteo, Bom Jesus do Galho, Córrego Novo, Jaguaraçu, Pingo D'Água e Santana do Paraíso. O percentual de idosos é maior nos municípios de Dionísio e Córrego Novo, acima de 10%.

A Tabela 38 registra a distribuição de homens e mulheres e dos grupos etários, por município.

Tabela 38. População residente em áreas urbanas e rurais, por sexo e grupos etários, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	População total*	Mulheres residentes	Homens residentes	Residentes até 14 anos	%	Residentes com 70 anos e mais	%
Dionísio	Urbano	643	328	315	144	22,4	54	8,4
	Rural	810	389	421	115	14,2	94	11,6
Marliéria	Urbano	1.915	948	967	498	26,0	87	4,5
	Rural	691	357	334	166	24,0	48	6,9
Timóteo	Urbano	9.153	4.646	4.507	2.485	27,1	296	3,2
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf		s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano	0	0	0	0		0	
	Rural	232	104	128	61	26,3	9	3,9
Caratinga	Urbano	0	0	0	0		0	
	Rural	149	71	78	30	20,1	8	5,4
Coronel Fabriciano	Urbano	8.016	4.218	3.798	1.548	19,3	533	6,6
	Rural	0	0	0	0		0	
Córrego Novo	Urbano	0	0	0	0		0	
	Rural	290	147	143	90	31,0	30	10,3
Ipatinga	Urbano	16.353	8.643	7.710	2.533	15,5	965	5,9
	Rural	0	0	0	0		0	
Jaguaraçu	Urbano	0	0	0	0		0	
	Rural	386	187	199	102	26,4	24	6,2
Pingo D'Água	Urbano	0	0	0	0		0	
	Rural	385	178	207	95	24,7	17	4,4
Santana do Paraíso	Urbano	715	327	388	199	27,8	19	2,7
	Rural	0	0	0	0		0	

* Os valores referem-se às somas, descontados os valores omitidos

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Verificou-se que o percentual de pessoas alfabetizadas por grupo etário, no conjunto de setores censitários de cada um dos municípios, indicou a tendência à universalização da alfabetização, presente no Brasil nos últimos 30 anos, nas faixas etárias mais jovens. Segundo dados do IBGE entre os anos 1991 e 2019 a redução nas taxas de analfabetismo absoluto foi de 67%. Ainda assim, destaca-se a situação verificada em Pingo D'Água onde apenas 92,3% das crianças entre 11 e 14 estão alfabetizadas. É no setor censitário destacado nesse município que se encontram os mais baixos percentuais de alfabetização da população.

A Tabela 39 registra os percentuais verificados nos setores censitários de cada um dos municípios do PERD e sua ZA.

Tabela 39. Percentual da População Alfabetizada por faixa de idade, setores censitários, 2010 (%).

Municípios	Tipo de Setor	11 a 14 anos	15 a 19 anos	20 a 29 anos	30 a 49 anos	50 a 69 anos	70 anos e mais
Dionísio	Urbano	100	100	100	94,3	77,7	48,1
	Rural	100	100	94,4	90,0	82,2	60,6
Marliéria	Urbano	99,4	98,8	97,7	91,0	75,3	52,9
	Rural	100	96,6	97,9	91,2	74,2	56,3
Timóteo	Urbano	99,5	99,5	98,9	96,9	85,6	59,5
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano						
	Rural	100	100	100	84,9	74,1	55,6
Caratinga	Urbano						
	Rural	100	100	100	81,0	73,3	50,0
Coronel Fabriciano	Urbano	99,2	99,0	99,1	99,1	94,5	80,7
	Rural						
Córrego Novo	Urbano						
	Rural	100	100	100	97,1	81,8	53,3
Ipatinga	Urbano	99,6	98,9	99,3	99,4	98,9	92,5
	Rural						
Jaguarapu	Urbano						
	Rural	100	96,6	98,6	96,5	85,9	58,3
Pingo D'Água	Urbano						
	Rural	92,3	97,1	95,0	91,2	60,0	35,3
Santana do Paraíso	Urbano	100	100	98,4	99,2	93,0	63,2
	Rural						

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Os dados relacionados ao rendimento mensal (per capita) de cada domicílio estão apresentados na Tabela 40. Observa-se a predominância dos domicílios que têm rendimentos de até um salário-mínimo ao mês, forte indicador de vulnerabilidade social. Destaca-se, nesse sentido, o município de Córrego Novo, onde a maioria dos domicílios percebe renda de até ½ salário-mínimo (55,8%) e as famílias sem rendimentos perfazem 19,8%.

Tabela 40. Rendimento nominal mensal dos domicílios (não inclui improvisados), em salários-mínimos, setores censitários, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	Domicílios	Até ½ SM	De ½ a 1 SM	Mais de 1 a 2 SM	Mais de 2 a 3 SM	Mais de 3 a 5 SM	Mais de 5 a 10 SM	Mais de 10 SM	Sem renda
Dionísio	Urbano	196	85	71	27	6	1	0	0	6
	Rural	282	114	106	38	5	3	4	1	11
Marliéria	Urbano	570	207	219	97	19	10	2	2	14
	Rural	217	89	76	34	3	4	1	0	10
Timóteo	Urbano	2.656	777	960	631	132	54	20	1	81
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano									
	Rural	69	33	29	5	0	1	0	0	1
Caratinga	Urbano									
	Rural	50	23	21	5	0	0	0	0	1
Coronel Fabriciano	Urbano	2.490	313	660	893	323	189	60	12	40
	Rural									
Córrego Novo	Urbano									
	Rural	86	48	15	5	1	0	0	0	17
Ipatinga	Urbano	5.139	193	646	1.424	965	995	624	218	74
	Rural									
Jaguarapu	Urbano									
	Rural	119	29	44	26	4	8	3	0	5
Pingo D'Água	Urbano									
	Rural	113	71	35	1	0	1	0	0	5
Santana do Paraíso	Urbano	204	38	66	72	18	5	0	0	5
	Rural									

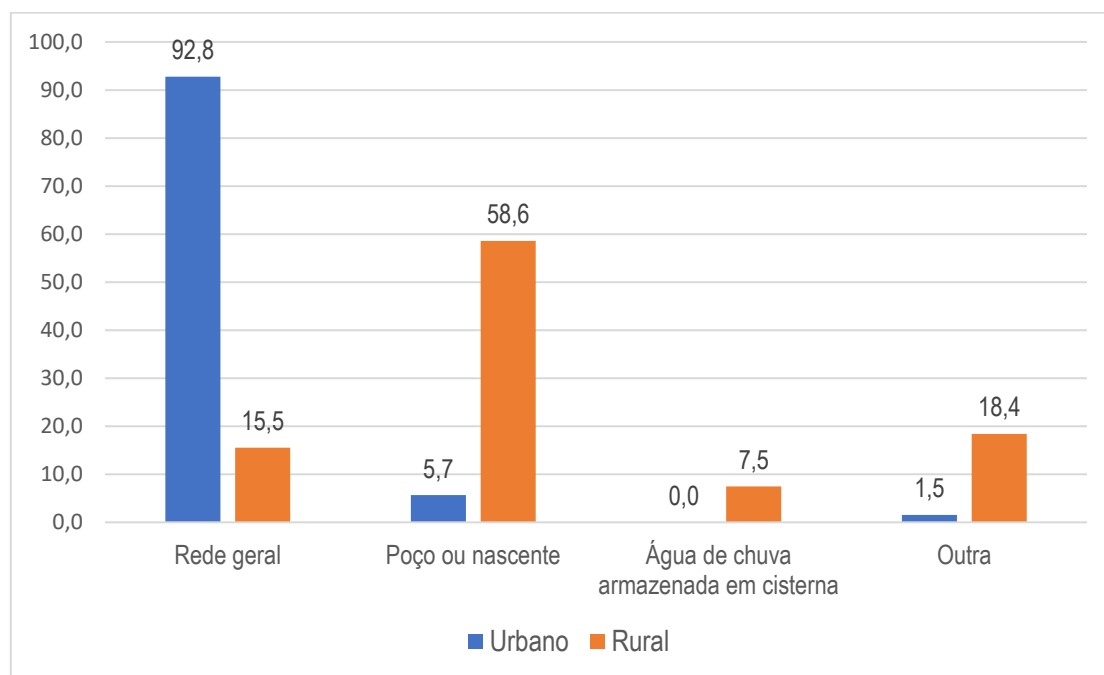
Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

O acesso a serviços básicos, como o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a destinação de resíduos sólidos e a energia elétrica, é importante indicador da qualidade de vida de um grupo social. A seguir são apresentadas as informações para o conjunto de setores censitários da área de estudo.

Quanto ao abastecimento de água quase todos os domicílios da área urbana estão ligados à rede geral. Destaca-se, nesse caso, os setores censitários urbanos de Marliéria onde 57,6% dos domicílios acessam a rede geral e 39,8 utilizam poços ou nascente. Nos demais setores urbanos, são poucos os domicílios abastecidos por poços, nascentes ou outra forma. Na área rural, a proporção se inverte: a maioria é abastecida por poço, nascente ou outra forma. Aqui destaca-se o município de Jaguaraçu que possui 37,8% dos domicílios em área rural abastecidos pela rede geral. Os setores censitários (rurais) dos municípios localizados a leste do PERD, na margem direita do rio Doce, têm o abastecimento dos domicílios a partir de água do poço, nascentes ou cisternas: em Bom Jesus do Galho e Pingo D'Água, entre 70 e 80% dos domicílios; em Córrego Novo, a totalidade dos domicílios.

A Figura 33 registra a distribuição percentual do total de domicílios dos setores censitários urbanos e rurais do PERD, sua zona de amortecimento e entorno, em relação às formas de abastecimento de água.

Figura 33. Formas de abastecimento de água no total dos domicílios urbanos e rurais nos setores censitários, 2010.



Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

As formas de esgotamento sanitário predominantes nos setores urbanos são a rede geral ou pluvial. Destaca-se o município de Timóteo, onde cerca de 10% dos domicílios utilizam rio ou lago para a destinação do esgoto em área urbana. Nos setores rurais os maiores percentuais estão entre o uso de fossa rudimentar e rio ou lago. A Tabela 41 registra esses números, por município, nos setores censitários.

Tabela 41. Esgotamento sanitário por domicílio nos setores censitários, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	Total de domicílios	Rede geral/ pluvial	Forma de Abastecimento de Água				
				Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro
Dionísio	Urbano	196	191				4	1
	Rural	281	1	6	162	7	84	20
Marliéria	Urbano	566	490	9	16	2	46	3
	Rural	217	56	60	10	2	84	5
Timóteo	Urbano	2.653	2.154	6	203	8	273	9
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano							
	Rural	69	0	2	46	4	17	0
Caratinga	Urbano							
	Rural	49	0	30	1	11	5	2
Coronel Fabriciano	Urbano	2.488	2.422	4	0	0	59	3
	Rural							
Córrego Novo	Urbano							
	Rural	86	0	27	29	11	18	1
Ipatinga	Urbano	5.137	5.123	0	4	3	7	0
	Rural							
Jaguaráçu	Urbano							
	Rural	119	3	29	3	0	80	4
Pingo D'Água	Urbano							
	Rural	113	0	2	97	2	11	1
Santana do Paraíso	Urbano	204	202		1	1		
	Rural							

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

A destinação do lixo em cada um dos municípios no conjunto dos setores censitários urbanos ocorre majoritariamente por coleta realizada por serviço de limpeza. Nos setores rurais predomina a queima do lixo. Destaca-se os setores rurais de Jaguaráçu, que tem 72,3% do lixo coletado por serviço de limpeza e de Marliéria, que tem 64,5%. A Tabela 42 registra as formas de destinação do lixo nos setores censitários da área de estudo.

Tabela 42. Destinação de lixo (coletado e não coletado) por domicílio nos setores censitários, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	Total de domicílios	Coletado			Não coletado			
			Total	Serviço de limpeza	Caçamba	Queimado	Enterrado	Jogado em terreno baldio	Outros
Dionísio	Urbano	196	188	186	2	6	1	0	1
	Rural	281	26	26	0	215	11	25	4
Marliéria	Urbano	566	557	554	3	7	0	1	1
	Rural	217	154	140	14	43	1	5	14
Timóteo	Urbano	2.653	2.545	2.533	12	35	0	73	0
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano								
	Rural	69	5	4	1	60	2	2	0
Caratinga	Urbano								
	Rural	49	3	2	1	43	0	3	0
Coronel Fabriciano	Urbano	2.488	2.487	2.476	11	1	0	0	0
	Rural								
Córrego Novo	Urbano								
	Rural	86	5	2	3	79	0	1	1
Ipatinga	Urbano	5.137	5.137	5.125	12	0	0	0	0
	Rural								
Jaguaraçu	Urbano								
	Rural	119	104	86	18	11	0	2	2
Pingo D'Água	Urbano								
	Rural	113	25	25	0	87	1	0	0
Santana do Paraíso	Urbano	204	204	203	1	0	0	0	0
	Rural								

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

A energia elétrica, embora presente em todos os municípios, alcança todos os domicílios apenas nos setores urbanos de Dionísio. Destaca-se a precária situação verificada em 39,1% dos domicílios do setor rural de Bom Jesus do Galho; em 22,4% dos domicílios em Caratinga e 16,8% dos domicílios em Pingo D'Água. A Tabela 43 registra o acesso à energia elétrica nos setores censitários urbanos e rurais da área de estudo.

Tabela 43. Energia elétrica por domicílio, setor censitário da área de estudo, 2010.

Municípios	Tipo de Setor	Total de domicílios	Com energia		Sem energia
			Companhia distribuidora	Outras fontes	
Dionísio	Urbano	196	196	0	0
	Rural	281	281	0	0
Marliéria	Urbano	566	563	1	2
	Rural	217	213	1	3
Timóteo	Urbano	2.653	2.599	50	4
	Rural	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
Bom Jesus do Galho	Urbano				
	Rural	69	39	3	27
Caratinga	Urbano				
	Rural	49	38	0	11
Coronel Fabriciano	Urbano	2.488	2.483	5	0
	Rural				
Córrego Novo	Urbano				
	Rural	86	78	0	8
Ipatinga	Urbano	5.137	5.130	7	0
	Rural				
Jaguaraçu	Urbano				
	Rural	119	118	0	1
Pingo D'Água	Urbano				
	Rural	113	93	1	19
Santana do Paraíso	Urbano	204	203	0	1
	Rural				

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

4.3.9.1. Setores censitários em contato direto com o PERD e o rio Doce

Refinando mais as informações, analisa-se neste item os setores censitários localizados no interior do Parque Estadual do Rio Doce e aqueles localizados a Leste de seus limites, próximos também do rio Doce. O Mapa 18 apresenta os setores censitários e suas delimitações. Os setores marcados no Mapa com os números 15, 19 e 32 estão localizados dentro do Parque. Os setores 01, 02, 03 e 21 estão na zona de amortecimento do Parque e são banhados pelo rio Doce conforme Mapa 18.

A Tabela 44 apresenta a identificação do IBGE (ID), a identificação no Mapa 18, a localização do setor, além do tipo de setor. Como todos os setores censitários localizam-se na zona rural dos municípios, essa informação só consta na primeira Tabela.

Mapa 18. Setores censitários em contato direto com o PERD e o rio Doce.

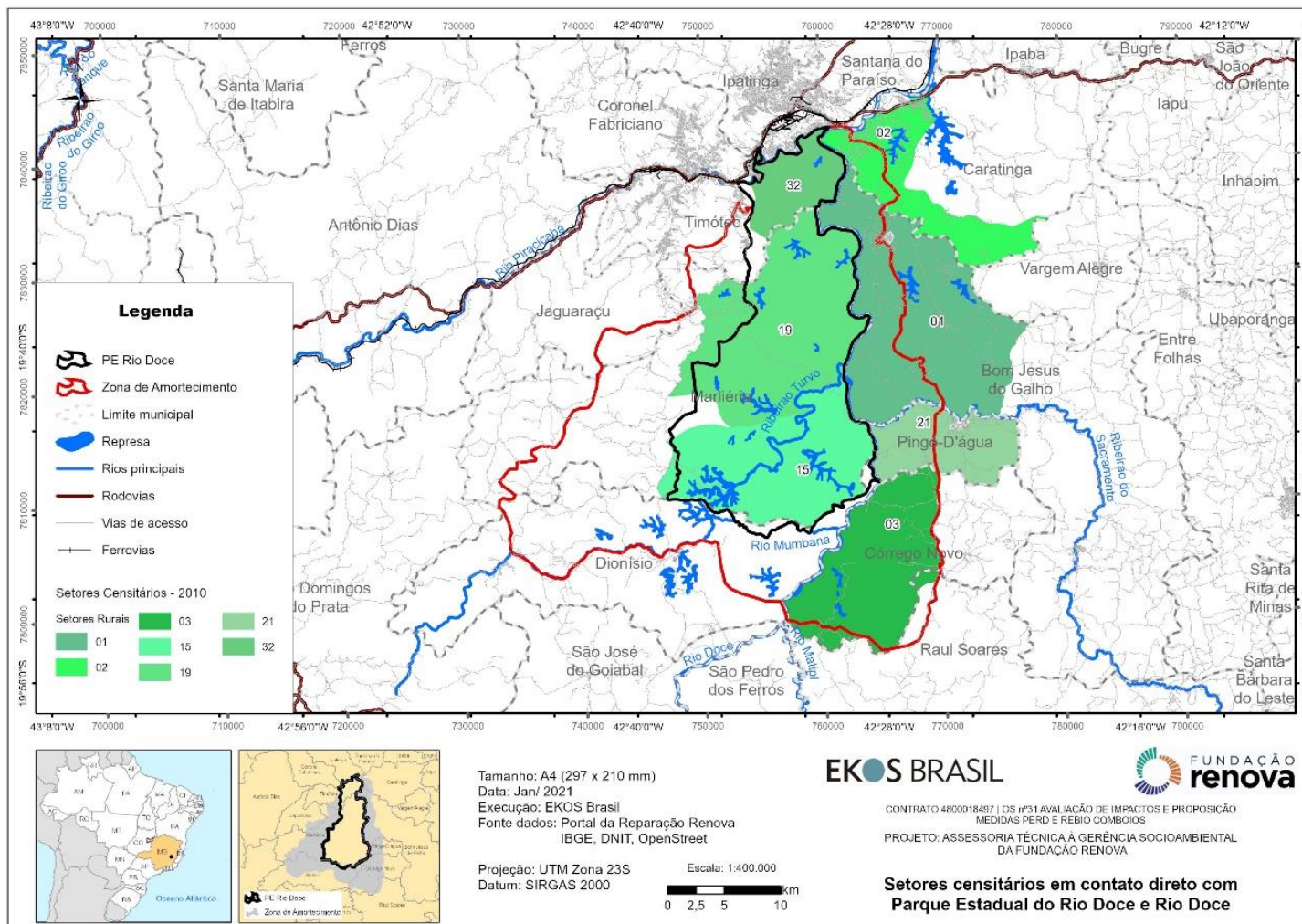


Tabela 44. Domicílios e População, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do Setor	Município	ID (IBGE)	Tipo de Setor
15	PERD	Marliéria	314030805000005	Rural
19	PERD	Marliéria	314030815000003	Rural
32	PERD	Timóteo	316870505000087	Rural
01	ZA	Bom Jesus do Galho	310780220000004	Rural
02	ZA	Caratinga	311340407000004	Rural
03	ZA	Córrego Novo	312000305000005	Rural
21	ZA	Pingo D'Água	315053905000005	Rural

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

No total, são 1.229 moradores em 367 domicílios. Dentre os setores localizados no PERD, o setor 19 é o que apresenta o maior número de domicílios e de moradores. Na zona de amortecimento, o setor 21 é o maior em relação ao número de domicílios e moradores, como se verifica na Tabela 45.

Tabela 45. Domicílios e moradores nos setores censitários do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do Setor	Município	Domicílios	População	Média de moradores por domicílio
15	PERD	Marliéria	4	9	2,25
19	PERD	Marliéria	43	149	3,47
32	PERD	Timóteo	3	15	5
TOTAL PERD			50	173	
01	ZA	Bom Jesus do Galho	69	232	3,36
02	ZA	Caratinga	49	149	3,04
03	ZA	Córrego Novo	86	290	3,37
21	ZA	Pingo D'Água	113	385	3,41
TOTAL ZA			317	1.056	

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Na demografia nacional a proporção aproximada entre mulheres e homens é de 51% e 49% respectivamente. No setor 19, único com dados disponíveis dentro do PERD, essa proporção é de 56,4% de mulheres e 43,6% de homens²⁶. Entre os setores da ZA com exceção do setor 3, todos apresentam uma proporção maior de homens. É importante o aprofundamento da análise dessa variável quando há grande discrepância entre os sexos, sobretudo quando o número de mulheres suplanta o número de homens em proporção elevada, o que, associado a outras variáveis, é um possível indicador de maior vulnerabilidade.

Observa-se 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 o Setor 19 apresenta uma proporção de 6% de crianças e 6% de idosos do total da população. Entre os setores da ZA, o Setor 21 apresenta uma proporção maior de idosos (10,3%) do que de crianças (7,2%). Em todos os setores o percentual de crianças até 14 anos é bastante inferior à proporção nacional em 2010, que era de 18%. A Tabela 46 registra o quantitativo

²⁶ Como não há informação sobre a presença de ocupação consolidada no interior da unidade de conservação, supõe-se que os moradores recenseados em 2010 fossem funcionários do Parque e suas famílias.

da população por sexo e grupo etário

Aspectos ligados à educação, como a alfabetização, 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 o PERD e o rio Doce, os percentuais de alfabetização são inferiores à média nacional em 2010. Naquele ano o percentual de alfabetização, na média nacional era de 90%. A Tabela 47 registra o percentual de pessoas alfabetizadas nos setores censitários correspondentes a cada município.

Os dados relacionados ao rendimento mensal de cada domicílio estão apresentados a seguir, na Tabela 48. Observa-se a predominância dos domicílios que têm rendimentos até um salário-mínimo ao mês, forte indicador de vulnerabilidade social. No setor identificado dentro da área do PERD, esse percentual é de 83,7%. Nos setores localizados na zona de amortecimento, com exceção do setor 3, localizado em Córrego Novo, os demais concentram aproximadamente 90% dos domicílios nessa condição.

Tabela 46. População residente, sexo e idade por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do Setor	Município	População residente	Mulheres residentes	Homens residentes	Residentes até 14 anos	Residentes com mais de 70 anos
15	PERD	Marliéria	9	X*	X*	X	X
19	PERD	Marliéria	149	84	65	9	9
32	PERD	Timóteo	15	X*	X*	X	X
TOTAL PERD			173	84	65	9	9
01	ZA	Bom Jesus do Galho	232	104	128	25	9
02	ZA	Caratinga	149	71	78	7	8
03	ZA	Córrego Novo	290	147	143	21	30
21	ZA	Pingo D'Água	385	178	207	26	17
TOTAL ZA			1.056	500	556	79	64

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Tabela 47. Pessoas alfabetizadas por grupo etário, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do setor	Município	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	% de pessoas alfabetizadas
15	PERD	Marliéria	9	X*	X*	X*	X*	X*	
19	PERD	Marliéria	149	9	21	60	19	109	73,2
32	PERD	Timóteo	15	X*	X*	X*	X*	X*	
TOTAL PERD			173	9	21	60	19	109	73,2
01	ZA	Bom Jesus do Galho	232	25	45	79	25	174	75,0
02	ZA	Caratinga	149	7	28	47	26	108	72,5
03	ZA	Córrego Novo	290	21	46	89	43	199	68,6
21	ZA	Pingo D'Água	385	24	63	131	45	263	68,3
TOTAL ZA			1.056	77	182	346	139	744	70,5

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Tabela 48. Rendimento nominal mensal per capita dos domicílios (não inclui improvisados), em salários-mínimos, por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do setor	Município	Domicílios	Até 1 SM	Mais de 1 a 2 SM	Mais de 2 a 3 SM	Mais de 3 a 5 SM	Mais de 5 a 10 SM	Mais de 10 SM	Sem renda
15	PERD	Marliéria	4	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*
19	PERD	Marliéria	43	36	7	0	0	0	0	0
32	PERD	Timóteo	3	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*
TOTAL PERD			50	36	7	0	0	0	0	0
01	ZA	Bom Jesus do Galho	69	62	5	0	1	0	0	1
02	ZA	Caratinga	49	44	5	0	0	0	0	1
03	ZA	Córrego Novo	86	63	5	1	0	0	0	17
21	ZA	Pingo D'Água	113	106	1	0	1	0	0	5
TOTAL ZA			317	275	16	1	2	0	0	24

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Com relação à infraestrutura e serviços de saneamento básico foram recolhidos dados referentes ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário, à coleta de resíduos sólidos e energia elétrica em cada um dos setores censitários. Consideradas como importante variável na identificação de vulnerabilidade social, as condições de saneamento podem ser tidas como fator de grande preocupação ao se considerar que esses setores estão inseridos em áreas de manancial de abastecimento.

Quanto ao abastecimento de água, a maior parte dos setores apresentam grande proporção de domicílios que captam águas de poços ou nascentes, com exceção do Setor 21, localizado no município de Córrego Novo, onde a maioria dos domicílios (59,3%) capta água da chuva em cisternas. A Tabela 49 registra essas informações.

Tabela 49. Forma de abastecimento d'água por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do setor	Município	Domicílios	Forma de Abastecimento de Água			
				Rede Geral	Poço ou nascente	Água da chuva armazenada em cisterna	Outra
15	PERD	Marliéria	4	X*	X*	X*	X*
19	PERD	Marliéria	43	2	38	0	3
32	PERD	Timóteo	3	X*	X*	X*	X*
TOTAL PERD			50	2	38	0	3
01	ZA	Bom Jesus do Galho	69	4	54	1	10
02	ZA	Caratinga	49	0	41	0	8
03	ZA	Córrego Novo	86	0	34	51	1
21	ZA	Pingo D'Água	113	17	87	0	9
TOTAL ZA			317	21	216	52	28

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Quanto ao esgotamento sanitário, o conjunto dos setores apresenta um elevado percentual de disposição inadequada do esgoto, com destaque para os setores 1 e 21 e que têm 85,8% e 66,7% de seus domicílios que despejam os esgotos em fossa rudimentar, respectivamente. O despejo em rio ou lago se destaca no Setor 19, localizado dentro do Parque, onde 51,2% dos domicílios utilizam essa forma de esgotamento. A Tabela 50 registra esses dados.

Com relação à destinação de lixo a situação é bastante precária nos setores da Zona de Amortecimento, onde não há coleta. Nesses locais a queima do lixo é a principal prática em 91,9% dos domicílios do Setor 03, localizado em Córrego Novo; em 87,8% dos domicílios do Setor 2, em Caratinga; 87% dos domicílios do Setor 1, em Bom Jesus do Galho; e de 77% dos domicílios do Setor 21, em Pingo D'Água. A situação é mais adequada no Setor 19, localizado dentro do Parque, onde 81,4% dos domicílios são atendidos por serviço de coleta. Os números referentes à coleta e destinação do lixo encontram-se na Tabela 51.

Tabela 50. Esgotamento sanitário por domicílio por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do setor	Município	Domicílios	Rede/ pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio/lago	Outro
15	PERD	Marliéria	4	X*	X*	X*	X*	X*	X*
19	PERD	Marliéria	43	7	7	6	0	22	1
32	PERD	Timóteo	3	X*	X*	X*	X*	X*	X*
TOTAL PERD			50	7	7	6	0	22	1
01	ZA	Bom Jesus do Galho	69	0	2	46	4	17	0
02	ZA	Caratinga	49	0	30	1	11	5	2
03	ZA	Córrego Novo	86	0	27	29	11	18	1
	ZA	Pingo D'Água	113	0	2	97	2	11	1
TOTAL ZA			317	0	61	173	28	51	4

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Tabela 51. Destinação de lixo (coletado e não coletado) por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localização do setor		Município	Domicílios	Coleta total	Coletado Serviço de limpeza	Caçamba	Não coletado			
								Queimado	Enterrado	Terreno baldio	Outros
15	PERD		Marliéria	4	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*
19	PERD		Marliéria	43	37	35	2	5	0	0	1
32	PERD		Timóteo	3	X*	X*	X*	X*	X*	X*	X*
TOTAL PERD				50	37	35	2	5	0	0	1
01	ZA	Bom Jesus do Galho		69	5	4	1	60	2	2	0
02	ZA	Caratinga		49	3	2	1	43	0	3	0
03	ZA	Córrego Novo		86	5	2	3	79	0	1	1
	ZA	Pingo D'Água		113	25	25	0	87	1	0	0
TOTAL ZA				317	38	33	5	269	3	6	1

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

Os dados evidenciam que o acesso à energia elétrica tem alcançado, mesmo nas áreas rurais, uma parcela expressiva dos domicílios. Ainda assim, o setor 19, localizado dentro do Parque Estadual do Rio Doce é o que apresenta a melhor cobertura, com 97,7% dos domicílios atendidos, ainda assim, registra-se um domicílio sem energia. Os setores da Zona de Amortecimento apresentam uma situação mais precária, sendo que no setor 1, localizado em Bom Jesus do Galho, 39,1% dos domicílios não possuem energia elétrica; no setor 2, em Caratinga, são 22,4% dos domicílios sem esse acesso; no setor 21, em Córrego Novo, são 16,8% e no Setor 3, em Pingo D'Água, são 16,8 os domicílios nessa condição. A Tabela 52 registra os números de acesso à energia elétrica nos setores censitários do Parque e de sua ZA.

Tabela 52. Energia elétrica por domicílio por setor censitário do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, 2010.

Nº identificado no Mapa 18	Localizaçã o do setor	Município	Domicílios	Com energia			Sem energia
				Total de domicílios com energia	Companhia distribuidora	Outras fontes	
15	PERD	Marliéria	4	X*	X*	X*	X*
19	PERD	Marliéria	43	42	41	1	1
32	PERD	Timóteo	3	X*	X*	X*	X*
TOTAL	PERD		50		41	1	1
01	ZA	Bom Jesus do Galho	69	42	39	3	27
02	ZA	Caratinga	49	38	38	0	11
03	ZA	Córrego Novo	86	78	78	0	8
	ZA	Pingo D'Água	113	94	93	1	19
TOTAL	ZA		317	252	248	4	65

* Dados omitidos pelo IBGE.

Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2010.

4.3.10. 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 da terra. 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, no Brasil, 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” seja 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).

A Lei nº 18.030/2009 estipula que cabe à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento

Sustentável (SEMAD) a publicação dos municípios habilitados e os índices referentes ao trimestre anterior, para as providências quanto à distribuição dos recursos no trimestre seguinte.

A Tabela 53 apresenta os valores distribuídos aos municípios abrangidos pelo PERD (Dionísio, Marliéria e Timóteo) com base no critério “meio ambiente”, conforme estabelecido na lei citada no parágrafo anterior. Observa-se que os valores referentes à presença de unidades de conservação são preponderantes em relação aos de saneamento. Marliéria, que possui a maior parte de seu território abrangida pelo Parque Estadual do Rio Doce (vide Mapa 15), recebe o valor mais significativo entre os três municípios abrangidos pela unidade de conservação. Ressalte-se que outras unidades de conservação presentes nos municípios, inclusive aquelas criadas pela municipalidade, contribuem para a composição do Índice de Conservação do Município que define a cota do município. Porém, o fator de conservação utilizado para o cálculo do repasse do ICMS é diferente para as categorias de UC: para as do grupo de proteção integral é 1,0 e para as do grupo de uso sustentável o fator varia de 0,1 a 0,5, com exceção das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) que têm fator 1,0. Isso quer dizer que a contribuição do PERD para o repasse do ICMS “meio ambiente” aos municípios é bastante representativa, o que é visualizado na Figura 34.

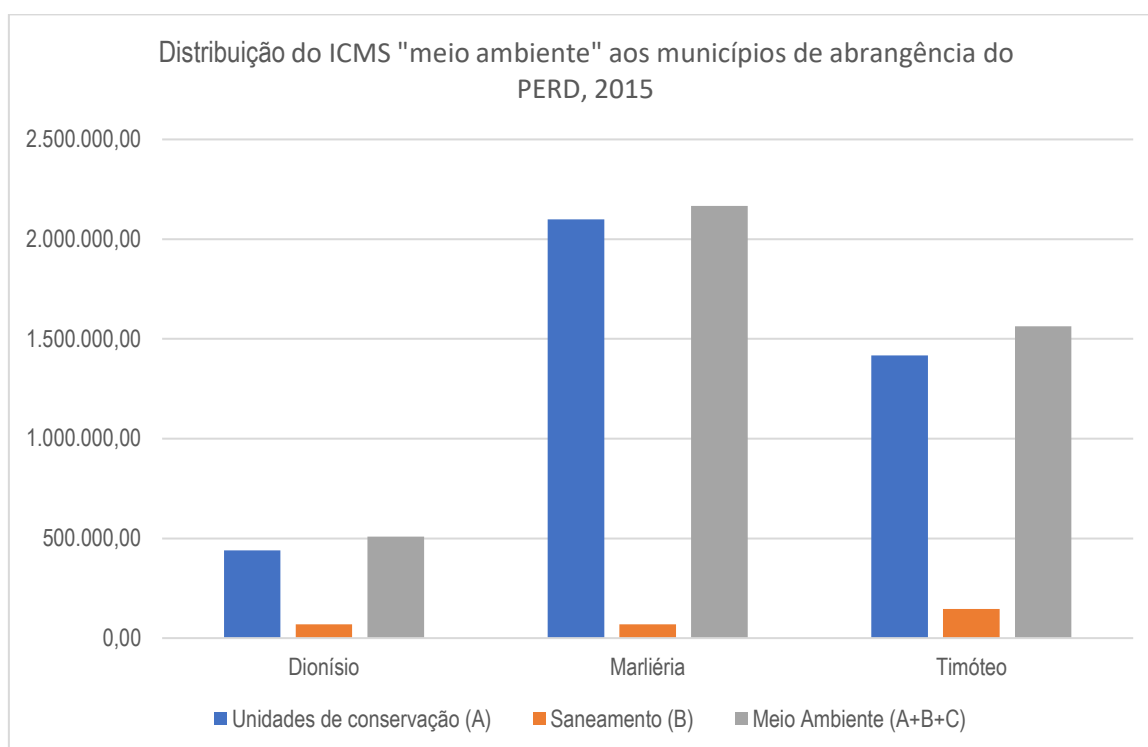
Tabela 53. Distribuição da parcela da receita do ICMS aos municípios abrangidos pelo PERD – Critério Meio Ambiente, 2015*.

Municípios	Unidades de conservação (A)	Saneamento (B)	Mata Seca (C)	Meio Ambiente (A+B+C)
Dionísio	440.108,54	68.548,26	-	508.656,81
Marliéria	2.098.590,76	68.548,26	-	2.167.139,03
Timóteo	1.417.519,63	146.078,75	-	1.563.598,38

Fonte: FJP, 2021²⁷. *A preços de dez. de 2020.

²⁷ Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

Figura 34. Distribuição do ICMS “meio ambiente” aos municípios de abrangência do PERD, 2015



Fonte: FJP, 2021²⁸. *A preços de dez. de 2020.

A Tabela 54 mostra os municípios localizados na zona de amortecimento do PERD e em seu entorno e os valores percebidos a partir da distribuição do ICMS “meio ambiente”. O fato de estarem localizados na zona de amortecimento ou entorno da unidade de conservação não os credencia para o recebimento dos recursos. É interessante observar que os três municípios mais urbanizados da região (Caratinga, Coronel Fabriciano e Ipatinga) têm no subcritério saneamento os valores mais significativos. Com relação ao subcritério “unidade de conservação”, destacam-se os municípios de Córrego Novo (a sudeste do PERD), Jaguaráçu (a oeste do PERD) e Santana do Paraíso (a noroeste do PERD). No Mapa14, que apresenta as tipologias de uso e ocupação do PERD, sua zona de amortecimento e seu entorno, é possível observar que esses municípios são os que apresentam remanescentes de Mata Atlântica na região. A preponderância do subcritério saneamento nesses municípios pode ser visualizada na Figura 35.

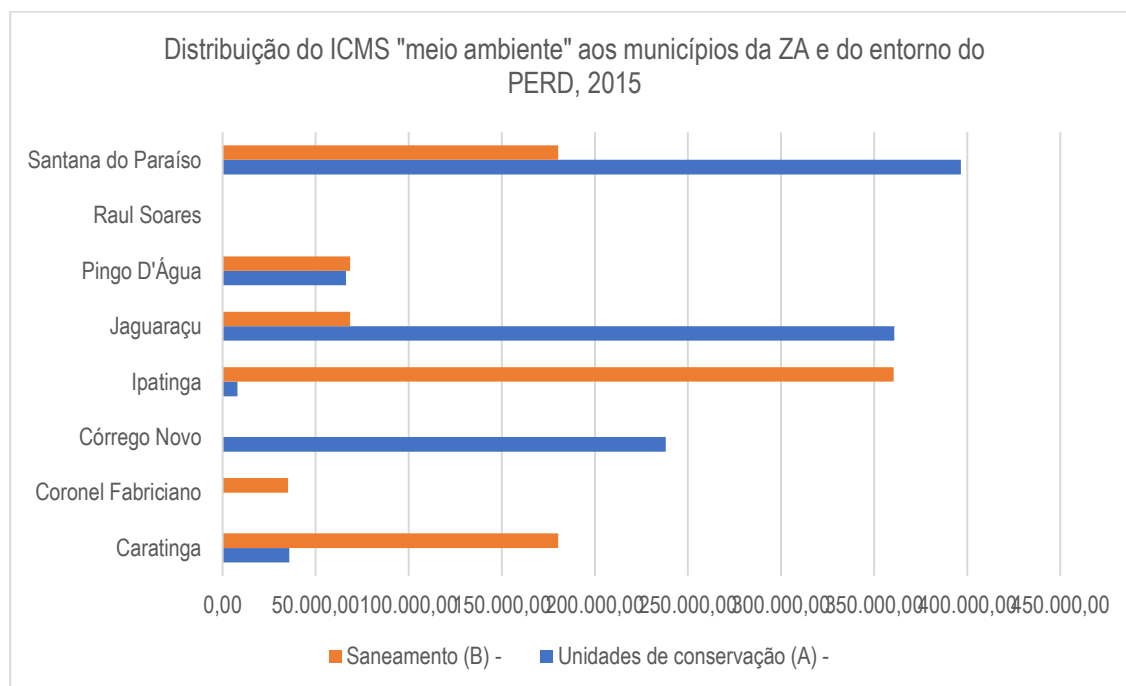
²⁸ Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

Tabela 54. Distribuição da parcela da receita do ICMS aos municípios da zona de amortecimento e do entorno do PERD, 2015.

Municípios	Unidades de conservação (A)	Saneamento (B)	Mata Seca (C)	Meio Ambiente (A+B+C)
Bom Jesus do Galho	-	-	-	-
Caratinga	35.774,04	180.227,23	-	216.001,26
Coronel Fabriciano	-	35.087,61	-	35.087,61
Córrego Novo	238.072,39	-	-	238.072,39
Ipatinga	7.939,74	360.454,46	-	368.394,19
Jaguarapu	360.925,53	68.548,25	-	429.473,78
Pingo D'Água	66.290,77	68.548,26	-	134.839,04
Raul Soares	-	-	-	-
Santana do Paraíso	396.533,92	180.227,23	-	576.761,15

Fonte: FJP, 2021²⁹. *A preços de dez. de 2020.

Figura 35. Distribuição do ICMS "meio ambiente" aos municípios da ZA e do entorno do PERD, 2015.



Fonte: FJP, 2021³⁰. *A preços de dez. de 2020.

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.

²⁹ Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

³⁰ Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

- 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 sob administração estadual destacaram-se quanto ao número e quanto à contribuição no repasse aos municípios.

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, de 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).

4.3.11. Patrimônio Cultural e Arqueológico

A Constituição Federal de 1988 estabelece em seu Art. 216 que:

Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - as formas de expressão;

II - os modos de criar, fazer e viver;

III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

§ 1º O Poder Público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação.

Desdobramentos da legislação nacional, ocorreram em estados e municípios brasileiros. O estado de Minas Gerais promulgou em 28 de dezembro de 1995, a Lei Estadual 12.040 (Lei Robin Hood – como ficou conhecida), substituída pela Lei nº 18.030, de 12 de janeiro de 2009, conforme abordado no item anterior. Essa lei estabeleceu os critérios de cálculo do repasse da parcela do ICMS devida aos municípios e incluiu, dentre as ações passíveis de consideração para o cálculo do repasse, aquelas referente 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 assumem um protagonismo e se tornam responsáveis pela política de patrimônio.

Nos municípios da área de estudo foram identificadas a criação de conselhos e de fundos de proteção do

patrimônio cultural, conforme se registra na Tabela 55.

Tabela 55. Existência de legislação para Normas de Proteção, Criação de Conselho Municipal e de Fundo de Proteção ao Patrimônio Cultural, até o ano de 2015.

Município	Lei de Normas de Proteção e de Criação do Conselho Municipal do Patrimônio Cultural	Fundo Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural
Dionísio	Lei 247/2000*	
Marliéria	Decreto 014/2009	Lei 947/2010
Timóteo	Lei 3.353/2013	Lei 3.462/2015
Bom Jesus do Galho	Lei 989/2003	Lei 1.176/2013
Caratinga	Lei 3.039/2008	Lei 3.088/2008
Coronel Fabriciano	Lei 2.097/88 e Lei 3.273/2006	
Córrego Novo	Lei 740/2006	Lei 787/2006
Ipatinga	Lei 689/1980 e Decreto 3.604/1996.	Lei 2.482/2008
Jaguaracu	Lei 800/2013	Lei 764/2011
Pingo D'Água	Lei 296/2010	Lei 297/2010
Raul Soares	Lei nº 2.016/2006*	
Santana do Paraíso	Lei 157/1999	Lei 422/2008

* Informações retiradas do “Relatório Consolidado Bens Arqueológicos e Culturais”, Institutos Lactec, 2017b.

Fontes: sites das prefeituras municipais³¹.

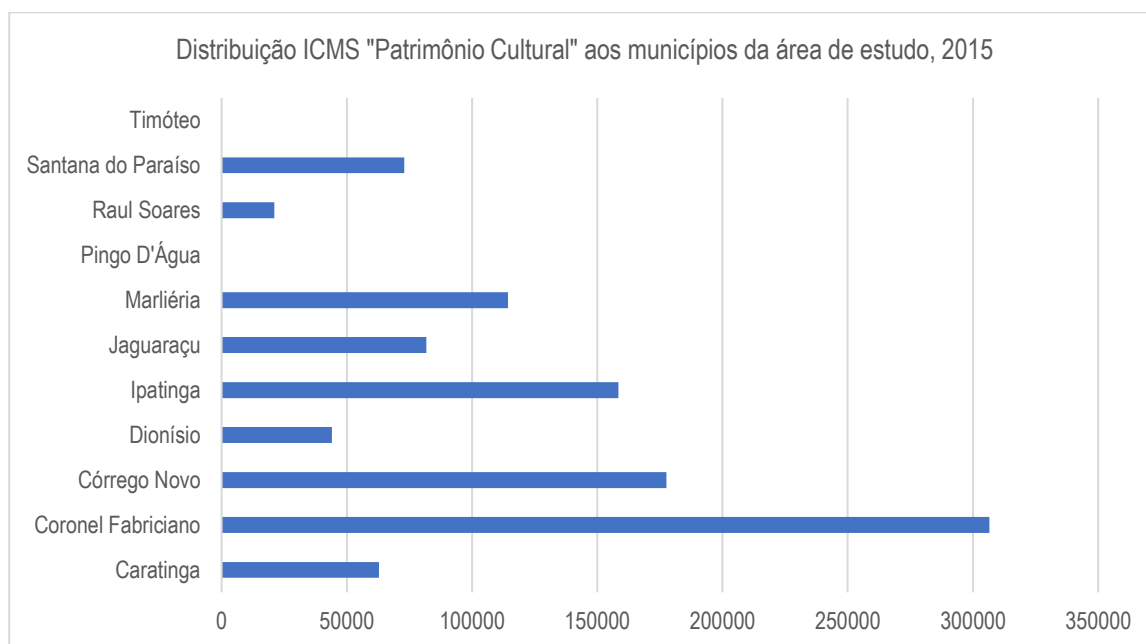
Embora não se tenha localizado a legislação de criação do Fundo Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural (FUMPAC) nos municípios de Dionísio, Coronel Fabriciano e Raul Soares, é possível que ela exista uma vez que o funcionamento do Fundo é um atributo de pontuação no ICMS ecológico de Minas Gerais, conforme indicado no documento “Fundo Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural: importância, criação e gestão, produzido pelo Ministério Público de Minas Gerais (2011, n.p):

a Lei Estadual 18.030/2009, que alterou a chamada Lei Robin Hood e instituiu novas regras para distribuição da receita do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) pertencente aos municípios, trouxe um incentivo a mais para a criação do FUMPAC, pois o incluiu como atributo de pontuação no critério de patrimônio cultural. Assim, o ente municipal que o instituir e o colocar em operação receberá recursos, aumentando a arrecadação para a preservação do patrimônio cultural.

O Figura 36 mostram os valores distribuídos aos municípios da área de estudo, relacionados ao subcritério “patrimônio cultural”. Não foi possível obter informações a respeito da utilização dos recursos provenientes dessa fonte pelas municipalidades.

³¹ <http://www.marlieria.mg.gov.br/conteudo/legislacao.asp>; <https://transparencia.timoteo.mg.gov.br/legislacao>; <https://www.bomjesusdogalho.mg.gov.br/legislacao>; <https://www.caratinga.mg.gov.br/legislacao>; <https://leismunicipais.com.br/legislacao-municipal/1382/leis-de-coronel-fabriciano>; <http://corregonovotoportalfacil.com.br/legislacao>; <https://www.ipatinga.mg.gov.br/legislacao>; <https://www.jaguaracu.mg.gov.br/legislacao>; <https://cmpingodaqua.mg.gov.br/listagem-leis/page/24/>; <https://turismo.santanadoparaiso.mg.gov.br/legislacao>. Acessos em 10.fev.2021.

Figura 36. Distribuição do ICMS "Patrimônio Cultural" aos municípios da área de estudo, 2015.



Fonte: FJP, 2021³². *A preços de dez. de 2020.

No levantamento realizado para o Relatório da Linha-Base, Volume II (INSTITUTOS LACTEC, 2017b), foram identificados os bens culturais em 40 municípios da bacia do rio Doce. Nos municípios de abrangência do PERD, com exceção de Coronel Fabriciano, Jaguaracu e Pingo D'Água, há registros para os demais. No caso dos dois primeiros municípios a identificação dos bens foi realizada nos *sites* das prefeituras e em Pingo D'Água não se localizou tombamento.

Ao todo, até o ano de 2015, foram contabilizados 1.277 bens tombados nos 12 municípios da área de estudo. Caratinga reúne a maior quantidade de tombamentos: 574 e Jaguaracu a menor, com o tombamento de uma imagem sacra³³. Dentre os 188 tombamentos de lugares em Caratinga, 64 são de "vistas" de ruas, propriedades, matas, ribeirões, capelas, regiões, sendo que uma, em especial, chama a atenção: "Vista da região do ribeirão dos Macacos ao entardecer".

As concentrações nos tipos de tombamento estão na categoria Edificação (689), seguida da categoria Lugar (241) e de Bem Móvel (211), conforme se verifica na Tabela 56, que apresenta a síntese dos bens tombados.

³² Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

³³ Disponível em <http://www.ipatrimonio.org/jaguaracu-imagem-de-sao-jose/>. Acesso em 11.fev.2021.

Tabela 56. Tombamento de bens culturais, por categoria e municípios, até 2015.

Municípios	Celebração	Acervo arquivístico	Ofícios, saberes e modos de fazer	Formas de expressão	Bem móvel	Patrimônio Ferroviário	Lugar	Pessoa de referência	Edificação	Total
Dionísio	2				11		3		15	31
Marliéria	13	15		1	35		7	1	42	114
Timóteo	1	2		2	35	2	10		48	100
Bom Jesus do Galho					9		2			11
Caratinga	5		1	10	56	2	188	13	299	574
Coronel Fabriciano	5		1	1	1				10	18
Córrego Novo	6	3		2	16		4	7	92	130
Ipatinga	8	12	3	1	24	6	18		57	129
Jaguaraçu					1					1
Pingo D'Água										s/inf
Raul Soares				1	23	8	1		117	150
Santana do Paraíso	2						8		9	19
Total	42	32	5	18	211	18	241	21	689	1.277

Fontes: “Relatório Consolidado Bens Arqueológicos e Culturais”, Institutos Lactec, 2017a. <https://turismocultura.fabriciano.mg.gov.br/pagina/patrimonios-materiais-e-imateriais> e <http://www.ipatrimonio.org/jaguaraçu-imagem-de-sao-jose/#/map=38329&loc=-19.6490869999999,-42.75059100000001,17>.

Destaca-se que os tombamentos são todos municipais, não havendo tombamentos realizados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) ou pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (Iepha). Segundo documento produzido pelo Instituto Lactec (2017a, p. 331-332)

Para as cidades do Vale do Aço, as identidades locais estão profundamente associadas a esse universo industrial, siderúrgico, ferroviário, urbano (ainda que, por herança de antigos processos, também haja nesses municípios bens ligados ou oriundos de um passado rural). A impressão de que – no campo da arquitetura – somente o barroco, o colonial ou o rural mereciam atenção, levou a uma percepção por longo tempo de uma suposta “ausência” do patrimônio cultural no Vale do Aço. Ao menos a percepção de que se tratava de um cenário secundário diante de outros processos e momentos histórico-culturais de Minas Gerais. Entretanto, o quadro tem se alterado de modo significativo desde o início dos anos de 2000.

É possível que a ampliação da percepção sobre o patrimônio, para além da magnitude da história e da arte produzida em outras regiões de Minas Gerais, possa, então, aumentar a relevância de produções como as verificadas na região estudada, mais industrial, operária, urbana, do cimento e do aço.

Na área de estudo, verifica-se a existência de sítios arqueológicos e prospecções. Em Caratinga, o Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos do IPHAN registra os seguintes sítios:

- Córrego da Areia, em área privada, sendo “Oficina de lascamento localizada em ampla várzea arenosa, com aproximadamente 300m por 50m, a 100m da margem esquerda do córrego da Areia. Os vestígios líticos encontram-se enterrados na profundidade entre 40 e 80 cm” – pré-colonial e histórico³⁴.
- Baixa Vigilata, em área privada, sendo “Oficina de lascamento localizada em ampla várzea do rio Manhuaçu, a 300m a jusante do córrego Vigilata. Os vestígios líticos encontram-se entre 10 e 40 cm de profundidade, enterrados em sedimentos arenoso” – pré-colonial³⁵.
- Fazenda do Marçal – em área privada, sendo “Sítio Lito-cerâmico localizado a 25m da margem esquerda do Rio Manhuaçu, na base de uma vertente, em uma área relativamente plana. Os vestígios cerâmicos estavam dispersos ao longo de 320 m paralelos ao rio, em uma roça de milho, canavial e capineira” – pré-colonial³⁶.

As pesquisas ou prospecções arqueológicas realizadas nos municípios da área de estudo foram mapeadas pelo Instituto Lactec (2017a), entre os anos de 2001 e 2015. Verifica-se que nesse período, a primeira pesquisa aconteceu em 2006, em Caratinga. Destaca-se que a maioria das pesquisas foram realizadas com vistas ao licenciamento ambiental de empreendimentos privados. No ano de 2015 havia pesquisa em quatro dos municípios de interesse neste estudo: Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga e Santana do Paraíso, conforme se verifica na Tabela 57.

³⁴ Disponível em http://portal.iphan.gov.br/sqpa/cnsa_detalhes.php?3979. Acesso em 11.fev.2021.

³⁵ Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/sqpa/cnsa_detalhes.php?3980. Acesso em 11.fev.2021.

³⁶ Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/sqpa/cnsa_detalhes.php?3983. Acesso em 11 de fev.2021.

Tabela 57. Autorização de pesquisa arqueológica, por município, 2006-2015

Municípios	Ano	Autorização de Pesquisa
Timóteo	2008	Prospecção Arqueológica na LT da PCH Cocais Grande
	2011	Projeto de Diagnóstico Arqueológico nas Áreas de Influência do Empreendimento do Novo Aeroporto de Bom Jesus do Galho e Santana do Paraíso
	2012	Prospecção Arqueológica Linha de Transmissão 230 KV Mesquita-Timóteo 2
	2015	Resgate, Monitoramento Arqueológico e Educação Patrimonial na área de implantação da capacidade e modernização da BR-381
Bom Jesus do Galho	2009	Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência do Empreendimento 'Novo Aeroporto da Usiminas
	2011	Levantamento e Diagnóstico Interventivo do Patrimônio Arqueológico da Área de Influência da CGH BOM JESUS
Caratinga	2006	Prospecção arqueológica na PCH Pipoca
	2007	Programa de resgate arqueológico dos sítios na ADA pela PCH Areia Branca
	2009	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência de Empreendimento Imobiliário Loteamento Parques do Vale
	2010	Diagnóstico Arqueológico Interventivo nas Áreas Direta e Indiretamente Impactadas pela Construção da Linha de Transmissão Mesquita - Viana II – Viana
	2011	Prospecção Arqueológica e Educação Patrimonial da Linha de Transmissão 500 kv - 345kv - Mesquita - Viana II - Viana
	2011	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência da Barragem de Perenização de Vazão
Coronel Fabriciano	2015	Resgate, Monitoramento Arqueológico e Educação Patrimonial na área de implantação da capacidade e modernização da BR-381
Ipatinga	2007	Arqueologia Preventiva na área de Intervenção da Linha de Transmissão 500 kv Neves 1 – Mesquita
	2008	Projeto de Diagnóstico Arqueológico nas Áreas de Influência do Empreendimento do Novo Aeroporto de Bom Jesus do Galho e Santana do Paraíso
	2010	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica na área de ligação da atual usina Usiminas em Ipatinga à futura em Santana do Paraíso
	2010	Diagnóstico Arqueológico Interventivo nas Áreas Direta e Indiretamente Impactadas pela Construção da Linha de Transmissão Mesquita - Viana II – Viana
	2012	Diagnóstico Interventivo e Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência do Empreendimento de AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE E MODERNIZAÇÃO DA BR- 381
	2012	Diagnóstico Interventivo "LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV TIMÓTEO 2 - Mesquita 2"
	2012	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica da Área do Empreendimento Imobiliário Fazenda Horto Ipanema - Gleba 01
	2013	Prospecção Arqueológica Linha de Transmissão 230 KV Mesquita-Timóteo 2
	2015	Resgate, Monitoramento Arqueológico e Educação Patrimonial na área de implantação da capacidade e modernização da BR-381
Raul Soares	2014	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica da PCH Melo Viana
Santana do Paraíso	2007	Arqueologia Preventiva na área de Intervenção da Linha de Transmissão 500 kv Neves 1 - Mesquita
	2008	Diagnóstico Arqueológico nas Áreas de Influência do Empreendimento de Implantação da Nova Usina
	2008	Projeto de Diagnóstico Arqueológico nas Áreas de Influência do Empreendimento do Novo Aeroporto de Bom Jesus do Galho e Santana do Paraíso

2009	Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência do Empreendimento de 'Instalação de Novas Unidades de Produção da Usiminas'
2010	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica na área de ligação da atual usina Usiminas em Ipatinga à futura em Santana do Paraíso
2010	Diagnóstico Arqueológico Interventivo nas Áreas Direta e Indiretamente Impactadas pela Construção da Linha de Transmissão Mesquita - Viana II – Viana
2011	Prospecção Arqueológica e Educação Patrimonial da Linha de Transmissão 500 kv - 345kv - Mesquita - Viana II - Viana
2012	Diagnóstico Interventivo e Prospecção Arqueológica nas Áreas de Abrangência do Empreendimento de AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE E MODERNIZAÇÃO DA BR- 381
2012	Diagnóstico Interventivo "LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV TIMÓTEO 2 - Mesquita 2"
2012	Diagnóstico e Prospecção Arqueológica da Área do Empreendimento Imobiliário Fazenda Horto Ipanema - Gleba 01
2013	Prospecção Arqueológica Linha de Transmissão 230 KV Mesquita-Timóteo 2
2015	Resgate, Monitoramento Arqueológico e Educação Patrimonial na área de implantação da capacidade e modernização da BR-381

Fonte: “Relatório Consolidado Bens Arqueológicos e Culturais”, Institutos Lactec, 2017a.

Os dados identificados sobre o patrimônio cultural e arqueológico nos 12 municípios do PERD, sua zona de amortecimento e entorno sugerem que pesquisas acadêmicas podem contribuir para um maior conhecimento sobre a região e suas potencialidades. O referido relatório do Institutos Lactec, em 2017 alertava para essa lacuna em relação aos estudos em arqueologia (p. 272):

A primeira pesquisa a ser realizada nos municípios abarcados pelo desastre ocorreu apenas em 2001, estando relacionada ao licenciamento da UHE Risoleta Neves, nos municípios de Santa Cruz do Escalvado e Rio Doce. Essa informação indica um quadro ainda recente de pesquisas sistemáticas na área – lembrando que o estado de Minas Gerais tem sido alvo de pesquisas desde o século XIX, o que resulta em uma vulnerabilidade maior dos contextos arqueológicos, uma vez que estes foram apenas recentemente abordados pelo olhar da arqueologia. Podemos notar um predomínio de pesquisas voltadas ao licenciamento de empreendimentos diversos e a ausência de pesquisas acadêmicas de maior fôlego no território em tela. Ademais, sete municípios ainda não foram alvo de pesquisas sistemáticas, a saber: Barra Longa, Dionísio, Marliéria, Córrego Novo, Pingo-D'Água, Bugre e Galileia.

Destaca-se, ainda, que os municípios de Dionísio, Marliéria, Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga e Santana do Paraíso fazem parte do Circuito Turístico da Mata Atlântica de Minas, uma iniciativa desenvolvida pela Secretaria de Estado da Cultura e do Turismo em parceria com a sociedade civil, que organiza e dissemina atividades culturais em municípios mineiros. Nos municípios da área de estudo que fazem parte do circuito, são enfatizadas as celebrações religiosas, as festas gastronômicas, o congado, o artesanato e a arquitetura.

4.3.12. Comunidades Tradicionais, Quilombolas e Indígenas

O conceito de comunidades tradicionais, povos tradicionais ou populações tradicionais vincula-se aos 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. Trata-se, então, de “segmentos da população nacional, que desenvolveram modos particulares de existência, adaptados a nichos ecológicos específicos” (DINIZ et al, 2015, p. 73).

Além de uma categoria antropológica, pode ser considerada uma categoria política: o autorreconhecimento 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 específicos 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, povos de terreiro, povos ciganos, pescadores artesanais, geraizeiras, veredeiras, vazanteiras, apanhadores de flores sempre-vivas, faiscadores e outros povos e comunidades tradicionais de Minas Gerais; para caiçaras, caboclos, jangadeiros, quebradeiras de coco e tantos outros representantes da diversidade cultural no Brasil. Mas há de se ressaltar que os modos de vida, conhecimentos, expressões e todos os aspectos que compõem a cultura desses grupos são considerados como **patrimônio** pela Constituição Federal.

Com a finalidade de “contribuir para a promoção dos direitos individuais e coletivos desses povos e comunidades, assim como para o fortalecimento, respeito e reconhecimento da diversidade sociocultural mineira, valorizando os seus modos próprios de ser e de viver”, o Ministério Público do estado, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, elaborou uma cartilha em que afirma:

É importante destacar os vários benefícios que esses grupos promovem para a coletividade nacional e mineira, abrangendo modos próprios de vida, relações territoriais, preservação da memória, história e patrimônio cultural material e imaterial, saberes tradicionais no uso de recursos naturais, entre outros. Seu reconhecimento formal e a promoção dos seus direitos contribuem para a redução da desigualdade e para a promoção da justiça social (Ministério Público de Minas Gerais, s.d, s/n).

Alguns aspectos são importantes para a análise das características das comunidades tradicionais:

- a territorialidade, que está relacionada à ocupação, ao uso, ao controle e à identidade com o ambiente de um grupo social. É o lugar construído pela coletividade, espaço de moradia, de trabalho, de vida. Segundo Diniz et al (2015), uma perspectiva moral presente na noção de território confere a ele maior respeito e reverência com o ambiente natural.
- senso de comunidade, que emerge das relações sociais menos individualizadas que as da sociedade abrangente, e engloba vários domínios da vida social;
- identidade, como o grupo se vê e como é visto pelos outros, é definida em grande medida pela alteridade.

4.3.12.1. Populações tradicionais e unidades de conservação

Com relação às Unidades de Conservação, sobretudo aquelas 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 UCs, pois muitas delas ficaram durante longo período sem qualquer ação para sua implementação. Deslocamentos de grupos sociais em direção a unidades de conservação também ocorrem, muitas vezes em razão de expulsão de lugares anteriormente ocupados ou de movimentos de retomada de territórios onde viviam ancestrais desses grupos.

O SNUC tem tratamento diferenciado para as chamadas populações tradicionais, seja estabelecendo categorias de manejo próprias 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 sua manutenção ou recuperação. Observa-se, em inúmeras circunstâncias, 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 de comunidade tradicional, que assumiu o condão de permitir o diálogo entre muitos grupos sociais historicamente discriminados e o Estado (Maldonado et al. 2016).

Considerando que o plano de manejo do Parque Estadual do Rio Doce foi elaborado antes da promulgação da Lei 9.985/2000³⁷, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, é compreensível a ausência de abordagem acerca da relação de populações tradicionais localizadas na sua zona de amortecimento³⁸. Posteriormente ao SNUC, estudos acadêmicos e experiências práticas contribuíram para o entendimento e amadurecimento da questão, trazendo ferramentas administrativas e políticas para contornar os conflitos.

- Documento produzido pelo Ministério Público Federal com orientações para a atuação de procuradores federais na perspectiva de mediação de conflitos, quando há necessidade de compatibilização de direitos, no caso especificamente relacionado à presença de comunidades tradicionais no interior de unidades de conservação de proteção integral, traz uma série de

³⁷ Segundo o documento Encarte 4 Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento, a normativa que rege a elaboração do plano de manejo é o Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto, do IBAMA, 1996.

³⁸ Não há referência no plano de manejo do PERD (Encarte 4 Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento) de moradores no interior de seus limites.

recomendações pertinentes também para a construção e/ou fortalecimento das relações entre a gestão da UC e populações tradicionais presentes em sua zona de amortecimento (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2014). O estudo traz, entre outras, as seguintes recomendações: as unidades de conservação possuem **conselho gestor**, consultivo no caso das de proteção integral, deve ser assegurada, em sua composição, a representação legítima de todos os povos tradicionais presentes Zona de Amortecimento.

- As comunidades devem participar do processo de revisão do **plano de manejo**, discutindo o planejamento da UC e trazendo seu conhecimento para compor as alternativas de manejo do Parque.
- Deve haver, entre os programas de gestão definidos no âmbito do plano de manejo, um Programa de Interação Socioambiental com as ações relacionadas aos povos e comunidades tradicionais (op. cit, p. 74):
 - Desenvolvimento de projetos em interface com o Uso Público e a Pesquisa envolvendo as comunidades, inclusive no planejamento e execução, assim como em outros Programas de Manejo, incorporando sua participação na gestão da Unidade.
 - Prioridade aos povos tradicionais na prestação de serviços que serão fornecidos aos visitantes e pesquisadores da Unidade, incluindo terceirização do gerenciamento de hospedarias, restaurantes e outros equivalentes.
 - Desenvolvimento de projetos socioambientais que propiciem incremento de renda, práticas sustentáveis em consonância com a conservação ambiental.
 - Realização de estudos para formalização de acordos de uso do território e dos recursos naturais, se for o caso.
 - Desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao manejo de recursos naturais, de modo a explicitar e registrar práticas tradicionais, bem como verificar a possibilidade de agregar técnicas sustentáveis que minimizem os impactos e assegurem incremento de renda.
 - Viabilização de participação das comunidades em projetos de capacitação desenvolvidos pelas Unidades e/ou formulação de projetos específicos para capacitação em temáticas socioambientais diversas, conforme demanda.
 - Estabelecimento de parcerias diversas para fomentar a implantação de serviços de infraestrutura, de forma adequada, contemplando planejamento específico, minimização de impactos socioambientais e definição de beneficiários, tais como: acesso adequado, transporte, energia elétrica, saneamento, saúde, educação e comunicação.

4.3.12.2. O Parque Estadual do Rio Doce e as comunidades do entorno

O plano de manejo do Parque Estadual do Rio Doce elenca nove comunidades localizadas no entorno da UC (não necessariamente em sua zona de amortecimento)³⁹ e apresenta algumas de suas características, informações reproduzidas na Tabela 58.

³⁹ Segundo o documento, os critérios definidos para a escolha foram "os riscos, os perigos e as possibilidades, que cada ocupação vizinha ao Parque poderia representar" (IEF, 2002).

Tabela 58. Comunidades selecionadas, entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 1996⁴⁰.

Comunidade	Município	Nº de moradores	Características
Alphaville (bairro)	Timóteo	1.838	Área de expansão da mancha urbana de Timóteo, é composto por moradores recentes. Os indicadores de escolaridade são os mais elevados entre todas as comunidades. Níveis de renda familiar mais elevados da microrregião. 100% dos domicílios com energia elétrica, de serviços de água e esgoto e de coleta de lixo.
Recanto Verde (bairro)	Timóteo	3.460	Área de expansão da mancha urbana de Timóteo, é composto por moradores recentes (à época, menos de cinco anos). Os indicadores de escolaridade são os mais elevados entre todas as comunidades. Níveis de renda familiar mais elevados da microrregião. 98% dos domicílios com energia elétrica, de serviços de água e esgoto e de coleta de lixo.
Macuco	Timóteo	1.951	Ocupação suburbana periférica, com ocupação não planejada. Migrantes em busca de melhor qualidade de vida e mercado de trabalho. Origem no Aglomerado Urbano do Vale do Aço, e em outras regiões de Minas Gerais. Predominância de atividades econômicas do setor informal. Níveis de renda mais baixos em relação às demais comunidades.
Licuri	Timóteo	75	Elevado percentual de imigração, ainda que sobre uma base pequena. Atividade econômica ligada ao setor primário. Chefes de domicílio possuem, em percentuais mais elevados, propriedades rurais com uso econômico. Maiores percentuais de produção artesanal dentre as comunidades, como cestaria, tapeçaria, tricô e de doces caseiros.
Cava Grande	Marliéria	1.380	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Elevado percentual de imigração. Em decorrência da ligação asfáltica com Timóteo, tende a apresentar um ritmo expressivo de crescimento populacional, decorrente do acúmulo de saldos líquidos migratórios positivos. Boa infraestrutura básica.
Celeste	Marliéria	146	Comunidade com dinâmica populacional estabilizada, com baixo percentual de residentes mais recentes, equilibrados pelos percentuais de emigração. Indicadores de educação dos mais baixos. Chefes de domicílio possuem, em percentuais mais elevados, propriedades rurais com uso econômico. Maiores percentuais de produção artesanal dentre as comunidades, como cestaria, tapeçaria, tricô e de doces caseiros.
Baixa Verde	Dionísio	1.755	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Comunidade com dinâmica populacional estabilizada, com baixo percentual de residentes mais recentes, equilibrados pelos percentuais de emigração. Níveis de renda mais baixos em relação às demais comunidades. Boa infraestrutura básica.
Revés de Belém	Bom Jesus do Galho	2.204	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Percentual expressivo de migrantes, com percentual de emigração elevado, atenuando os efeitos imigratórios. Indicadores de educação dos mais baixos, mais alta taxa de analfabetismo. Alta taxa de desemprego. Boa infraestrutura básica.
Pingo D'água	Pingo D'água	3.805	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Percentual expressivo de migrantes, com percentual de emigração elevado, atenuando os efeitos imigratórios. Predominância de atividades econômicas do setor informal. Alta taxa de desemprego. Boa infraestrutura básica.

⁴⁰ À página 94 do Encarte 4 Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento, é informado que o ano da coleta dos dados é 1996 (IEF, 2002).

Fonte: IEF, 2002. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce.

Quanto à relação das comunidades selecionadas e o Parque Estadual do Rio Doce, o plano de manejo informou que naquelas mais distante ou de ocupação recente, há grande desconhecimento da UC. Quando o Parque é reconhecido como área diferenciada, é identificado como mata, reserva, floresta e outros. Cerca de 25% dos entrevistados no estudo informaram já ter visitado o Parque. O menor percentual encontra-se nas comunidades localizadas a leste da UC, no limite oposto à portaria e às estruturas de visitação, Revés do Belém e Pingo D'Água. Os percentuais mais elevados são de Cava Grande, Baixa Verde, Licuri e Celeste. As duas primeiras estão mais próximas do PERD, com facilidade de transporte e as duas últimas frequentam áreas próximas dos povoados, não as áreas de lazer.

Na zona de amortecimento do PERD, localizado no município de Pingo D'Água, encontra-se o Projeto de Assentamento Chico Mendes II. A Fazenda Sacramento foi desapropriada em 1999 e o assentamento, localizado em área contígua ao centro urbano de Pingo D'Água, com área total de 950,0601 ha. foi criado em dezembro de 2002, beneficiando 55 famílias. Nos Mapa 17 e Mapa 18, o PA Chico Mendes II localiza-se no setor censitário de número 21.

O PA Chico Mendes II é cortado pela estrada que liga a sede do município ao distrito Revés de Belém, em Bom Jesus do Galho. A estrada também dá acesso ao município de Timóteo, com percurso que atravessa o Parque Estadual do Rio Doce.

Coelho (2009, p. 68) descreve que quando da realização de sua pesquisa observou que o assentamento continha

uma grande quantidade de cabeças de gado e uma área de cultivo relativamente pequena (aproximadamente 130 hectares). A dificuldade de acesso a Pingo D'água é um empecilho ao escoamento da produção. O preconceito das pessoas que moram na cidade em relação aos assentados (citados por eles no FOFA) é um outro fator que dificulta a comercialização dos produtos.

Ainda que os resultados dos levantamentos realizados tenham sido apresentados de maneira muito resumida, observa-se que a percepção dos moradores das localidades selecionadas a respeito do Parque guarda alguma relação com a oferta de serviços ecossistêmicos (ROSA, 2014), conforme apresentados no item 4.1.1. Isto quer dizer que os entrevistados se veem como beneficiários de alguns desses serviços.

- Serviços culturais, que são aqueles relacionados ao bem-estar não material, como lazer, turismo, espiritualidade, inspiração, herança e transmissão cultural: moradores que já haviam visitado o PERD citavam aspectos relacionados ao lazer como as maiores vantagens oferecidas pelo Parque.
- Serviços de regulação, que são os que regulam o clima, que contribuem para a qualidade do ar, da água e do solo e que atuam na moderação de eventos naturais extremos: moradores das localidades denominadas Recanto Verde, Pingo D'água e Baixa Verde citaram os “atributos naturais” do Parque. Alphaville, Recanto Verde e Macuco citaram explicitamente a qualidade do ar propiciada pela floresta.
- Serviços de Suporte: manutenção dos habitats dos seres vivos e manutenção da diversidade genética.
- Serviços de provisão, que são aqueles vinculados à energia e à matéria, como alimentos, matéria-prima, água potável: há a informação de ocorrência de pesca e de caça por moradores das localidades de Celeste, Baixa Verde, Cava Grande, Macuco e Licuri.

Relato colhido em campo pela equipe da CEPEMAR (CEPEMAR, 2020) identificou o setor sul da zona de amortecimento do PERD como uma área em que os moradores locais mantêm forte relação com o rio Doce e com os ribeirões, seus afluentes, praticando um tipo de pesca bastante tradicional na região. É citada, também, a tradicional atividade de lavagem de roupa nas águas dos rios. A atividade, que reúne grupos de mulheres que juntas, nas margens dos rios, lavam as roupas de suas famílias e também obtém rendimento, é tida como uma das mais tradicionais em Minas Gerais, envolvendo cantos e contação de histórias. As Lavadeiras de Almenara, na região do Jequitinhonha/Mucuri (MG), tiveram reconhecimento nacional com a gravação das cantigas que entoam e que foram aprendidas com suas mães que, por sua vez, apresentam com as mães. Ou seja, trata-se de uma tradição de várias regiões de Minas Gerais, passada de geração a geração, por meio da oralidade.

A relação das comunidades do entorno com o PERD e com o próprio rio Doce pode ser analisada a partir do conceito cunhado por Tuan (1980), a *topofilia*. O termo está associado à relação que as pessoas estabelecem com o ambiente, passando este a se configurar não apenas como uma base física e biológica, mas como um lugar pleno de significados e representações. Vinculam-se a esse lugar sentimentos de pertencimento, identidades e segurança emocional.

Embora as relações topofílicas sejam construídas a partir de experiências pessoais, o vínculo entre as pessoas e o espaço guarda percepções e representações coletivas, fortemente influenciadas pela cultura compartilhada pelos grupos sociais.

A relação topofílica se estabelece no cotidiano, a partir dos lugares de moradia, dos locais de trabalho, nos caminhos para a escola, nos espaços de reunião. São valores construídos a partir da percepção e dos significados atribuídos ao ambiente.

Uma outra relação estabelecida com o ambiente – e oposta à topofilia – é a *topofobia* (TUAN, 1983). O autor define a topofobia como sendo o elo afetivo negativo entre o indivíduo e o ambiente, relação permeada pela desvalorização do lugar, o não pertencimento, sentimentos de medo e repulsa em relação ao lugar.

Ambos os conceitos implicam no reconhecimento da importância do ambiente associado à paisagem mental, construída por representações simbólicas que envolvem a dimensões afetivas e imagéticas, que podem ser individuais e coletivas. Mudanças abruptas no ambiente e/ou nas relações sociais estabelecidas com o lugar podem provocar alterações significativas, impondo sofrimento aos grupos sociais e um processo de negação afetiva com o lugar.

4.3.12.3. Povos indígenas e comunidades remanescentes de quilombos

Consulta ao sítio da Fundação Nacional do Índio (FUNAI)⁴¹, responsável pelos procedimentos para demarcação das terras indígenas apontou a não existência de Terras Indígenas Tradicionalmente Ocupadas, Reservas Indígenas ou Terras Dominais no território em análise.

Quanto à existência de comunidades remanescentes de quilombos, consulta ao sítio da Fundação Cultural Palmares (FCP)⁴², responsável pelos procedimentos para certificação das comunidades, indicou a existência da Comunidade dos Bernardos, no município de Raul Soares, que contém pequena parte de seu território inserida na zona de amortecimento do PERD, ao sul. A comunidade foi certificada pela FCP em 2006. Não há menção, no referido sítio a outras comunidades certificadas nos municípios onde se localiza o PERD, bem

⁴¹ Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/nossas-acoas/demarcacao-de-terras-indigenas> Acesso em: 26 de jan. de 2021

⁴² Disponível em: <http://www.palmares.gov.br/sites/mapa/crqs-estados/crqs-mg-29102020.pdf> Acesso em: 26 de jan. de 2021

como naqueles inseridos em sua zona de amortecimento ou no seu entorno⁴³.

4.3.13. Lazer e Turismo

De acordo com o Observatório de Turismo⁴⁴, 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 que abarca a área de estudo possui três municípios nos quais o PERD possui área: Marliéria, Dionísio e Timóteo. Sua zona de amortecimento abarca os seguintes municípios: Bom Jesus do Galho, Caratinga, Córrego Novo, Jaguarapu, Pingo d'Água e Raul Soares. Ipatinga e Coronel Fabriciano, ao norte, e Santana do Paraíso, a noroeste, fazem parte da área de influência do parque, conforme Mapa 15.

Apesar deste crescimento, quando comparado com a participação no nível estadual, os municípios dessa região têm apresentado baixíssima participação econômica do setor turístico, como pode ser observado na Tabela 59 - Valor Adicionado em valores correntes do Turismo por Territórios de Desenvolvimento e municípios de Minas Gerais – 2010 -2014, que traz as informações referentes ao período entre 2010 e 2014.

⁴³ Mapa apresentado na p. 351 do documento intitulado Relatório de Linha-Base: Volume II – Meio Biótico e Bens Arqueológicos e Culturais (INSTITUTOS LACTEC, 2017b) inclui uma comunidade quilombola no município de Pingo D'Água, zona de amortecimento do PERD. Busca no sítio da FCP não apresentou resultado de processo de certificação para comunidades quilombola no município.

⁴⁴ Disponível em: <https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/?p=5313>, Acesso em: 26 de jan. de 2021.

Tabela 59. 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
MINAS GERAIS	9.539.444	10.353.892	12.320.708	13.700.707	14.997.757
Marliéria	324	486	393	1.004	763
Dionísio	364	359	472	564	584
Timóteo	24.511	24.890	28.520	31.476	34.627

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

Além da presença de unidades de conservação, houve uma ampliação de critérios para reduzir o abismo de distribuição da arrecadação fiscal entre os municípios do Estado e o turismo acabou tendo um peso importante também na distribuição de recursos oriundos do ICMS. Como indicado pelos dados da participação da riqueza gerada pelo turismo, este setor foi um dos critérios para ampliar as formas de distribuição de recursos arrecadados pelo ICMS no estado. A partir de 2009 aconteceram mudanças significativas na distribuição da cota-parte do ICMS pertencentes aos municípios do Estado de Minas Gerais, incluindo os critérios turismo, esportes, municípios sede de estabelecimentos penitenciários, recursos hídricos, ICMS solidário e mínimo *per capita*, e um subcritério do ICMS Ecológico.

A análise dos repasses permite vislumbrar o incremento de renda quando considerados os critérios legais nos municípios da região. Nesse sentido, é importante ressaltar o papel das unidades de conservação e do turismo no desenvolvimento econômico dos municípios ampliando os valores de participação nos recursos estaduais.

Contudo, nessa lógica puramente econômica, do ponto de vista do turismo o Parque Estadual do Rio Doce e seus atrativos, apesar de importantes para os três municípios, ainda é insuficiente, pois eles não apresentam altas taxas de visitação turística. Ao contrário, eles acabam tendo apenas um apelo regional, não atraindo número significativo de turistas de polos emissores importantes do Brasil, como Rio de Janeiro e São Paulo; mas destacando o fluxo da capital, Belo Horizonte, conforme informações de CEPEMAR (2020). O fluxo turístico está embasado em visitantes oriundos da região do Vale do Aço, às margens do rio Doce.

Assim, apesar das lagoas e trilhas do PERD, como se verá adiante, serem consideradas um atrativo importante para os municípios, isso não se reflete em visitação. O fluxo turístico está embasado em visitantes de esporte de aventura, turista em ambiente rural e ecoturistas, que visitam os picos e paisagem rural (Pacheco, 2008), notadamente da face oeste da UC, com pessoas do município do entorno do Parque. O plano de manejo e demais trabalhos técnicos do PERD não indicam um perfil específico de visitantes, sendo os residentes dos municípios do entorno e de Belo Horizonte o principal público, mas isso precisa ser analisado em relatórios futuros.

Considerando essas informações, presume-se que os visitantes sejam motivados principalmente para realização de caminhadas nas trilhas do parque e usufruto de práticas de lazer nas lagoas. Tal perfil está em consonância com o encontrado para ambientes conservados em outras partes do mundo. Os interesses de religar-se à natureza fazem com que, em algum momento de suas vidas, as pessoas queiram conhecer a natureza. Trata-se de uma motivação influenciada pela mídia, pelo mercado, ou mesmo pelas conversas entre amigos que visitaram destinos ecoturísticos. Nesse sentido, o ecoturista (os visitantes das trilhas e ambientes lacustres do Parque) se caracteriza mais pelas suas motivações de viagem e valores e crenças

com relação à natureza, do que por um perfil específico relacionado à faixa etária, de gênero, ou classe econômica. Importante destacar que esta motivação de estar visitando a natureza se dá também por uma maior preocupação ambiental, elegendo destinos e empresas do ramo que possibilitem conhecer pessoas com os mesmos interesses e valores de conservação da natureza, onde se possam praticar atividades desafiantes, mas que não prejudiquem o meio ambiente (Carvajal, 2013).

De modo geral, os turistas que buscam as áreas protegidas fazem parte de um segmento específico do turismo, conhecido como ecoturismo, que é definido pela *The International Ecotourism Society* (CREST, 2015) como “uma viagem responsável a áreas naturais, visando preservar o meio ambiente e promover o bem-estar da população local” (Carvajal, 2013, p. 197).

Mas, é preciso considerar, além de turistas de outros locais da região, a presença de moradores que elegem esses locais “naturais” para visitas, o que acaba dificultando uma possível caracterização do perfil não só por uma minoria ser ecoturistas que buscam uma religação à natureza, mas também, e predominantemente, por pessoas oriundas dos municípios da região, que buscam 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), a saúde e espiritualidade, 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. 130). Isso ganha força ao se analisar a relação do parque com os municípios ao norte – Ipatinga e Coronel Fabriciano – que têm a mancha urbana consolidada e próxima ao parque.

Nas trilhas e ambientes lacustres, essa motivação está voltada às práticas caminhadas, passeios de barcos, esportes náuticos e similares; contemplação da paisagem do Parque.

Como complementação a essa paisagem – do ambiente lacustre e nos locais abertos à visitação onde se inserem as trilhas – é importante destacar as atividades do fundo do vale, onde corre o rio Doce e o rio Piracicaba, no extremo norte da UC, junto aos municípios de Ipatinga e Cel. Fabriciano. Embora fora da área de uso público da UC como são esses recursos hídricos, o Rio Doce complementa as funções de lazer e turismo, na abordagem simbólica de pertencimento e em suas materialidades.

Além das encostas e morros, também foram preservadas as matas ciliares do rio Doce e do rio Piracicaba e uma espécie de “cortina verde” entre os bairros e a planta da usina. Essas áreas de vegetação, juntas, conformam entornos verdes em todos os bairros, símbolos do urbanismo modernista vigente (DIAS, 2011, p. 16)

As lagoas e trilhas das porções mais ao sul do PERD, estão em posição topográfica mais elevada do que a calha do Rio Doce e a desembocadura do rio Piracicaba, os locais mais baixos topograficamente ao longo de todo o limite leste da UC. A calha do rio Doce possui um apelo importante para as práticas de lazer dos municípios dessa porção leste. Locais como a Ponte Queimada / Cava Grande, Cachoeira Santana e a Ponte Perdida, todos na calha do rio Doce, deveriam ser muito utilizados como espaço para pesca, lazer e recreação. Embora não haja dados sobre essas atividades, em estudos futuros, essas informações merecem ser levantadas. O leito do rio Doce, mas principalmente o rio Piracicaba já apresentava problemas ambientais. Em 2014 já eram constatados problemas ligados aos baixos parâmetros de qualidade das águas do rio Piracicaba, sendo eles, a presença de coliformes fecais, (havia uma concentração de 161% acima dos limites permitidos), além da contaminação por atividades minerárias⁴⁵. Mesmo assim, o rio poderia ser utilizado para

⁴⁵ Jornal Estado de Minas, edição de 08/04/2014, <https://www.em.com.br/app/noticia/especiais/nascentes/2014/04/08/noticias-internas-nascentes.516595/retrato-do-descaso-rio-piracicaba-esta-sufocado-por-minerio-esgoto-e.shtml>, acesso em janeiro de 2021.

práticas de lazer da comunidade, notadamente para apreciação da paisagem, haja vista não haver nenhuma trilha ou via de comunicação dos bairros urbanizados de Ipatinga, ao norte da UC.

Associado aos esportes e atividades náuticas, as margens do rio Doce ao norte da UC, parecem se constituir em espaços de sociabilidade, com encontros para bate papo, socialização e manifestações culturais. Embora a calha do rio Doce esteja na zona de estudo, o principal elemento de atração e de vivências na natureza no parque são as trilhas e atividades nos lagos. E nas ligações entre a cidade e ele, um conjunto de equipamentos e atividades de lazer e turismo influenciaram a alteração da paisagem, com áreas de produção agropecuária se refuncionalizando para áreas de lazer, recreação, turismo e, por meio do capital imobiliário, a função residencial aparecendo como elemento central nessa nova configuração, notadamente no norte da UC.

Essas características vão rebater diretamente nas práticas de lazer e turismo que são desenvolvidas no entorno da UC em apreço. Nesse sentido, é necessário destacar alguns elementos importantes que se relacionam e resultam nos usos atuais da área de estudo deste trabalho, e que apresentam potencialidades e fragilidades para o uso de lazer e turismo nos ambientes protegidos pela UC. Assim, a proximidade da UC das áreas urbanas de Ipatinga e Coronel. Fabriciano, associada a suas características paisagísticas que contrastam com o uso das terras predominante de seu entorno (e este uso estar passando por transformações) é motivador das práticas de lazer e turismo, atuais e outras potenciais, na UC. Pacheco (2008) aponta que a expansão urbana é um dos grandes impactos que o parque enfrenta. Como pode ser observado no Mapa 14, que traz a representação dos usos e da ocupação nos anos de 2010 e 2015, todo o entorno norte do parque é constituído por áreas urbanizadas desses dois municípios.

Importante destacar que uso de pastagens e agricultura, que domina a paisagem a oeste do Parque, vem paulatinamente sendo substituído pelo avanço de áreas urbanas, que tem como centro irradiador o norte da área de estudo. Há, assim, a configuração de uma função residencial (de uso ocasional – secundárias – ou permanente). As áreas da UC nesse setor norte e o remanescente de vegetação nativa que recobrem as margens do rio Piracicaba trazem esse apelo para o uso como de expansão urbana das sedes dos municípios. Para outros setores da região, como os limites sul e oeste da UC, o uso “agricultura” e “pastagens” pode ainda fazer sentido, mas não mais para o setor norte em análise em sua porção situada entre o rio Piracicaba e a mancha urbana das cidades, cujos usos têm se modificado com a instalação de condomínios ou consolidação de bairros. As propriedades podem estar sofrendo um uso especulativo, aguardando sua valorização futura para chácaras de final de semana, de lazer e outros usos recreativos, como novos valores e crenças sobre paisagens rurais incentivando o turismo residencial e chácaras de final de semana (Roca, 2013). Tal situação motiva pessoas com maior poder aquisitivo a comprar uma propriedade fora dos centros das cidades e mais próximas a UC.

O veraneio ou turismo residencial também podem ser entendidos como uma fuga do cotidiano estressante e um retorno à natureza (Willians e Kaltenborn, 1999; Nefedona e Pallot, 2013), levando as pessoas a modificarem suas propriedades, incorporando características da natureza ou pelo menos a visão que elas têm da natureza. Outros procuram um estilo de vida idealizado ligado ao simples e rústico, em que a ideia de ruralidade se torna extremamente importante (Hall e Page, 2002). No entorno do PERD essas características merecem ser entendidas com maior profundidade, pois apesar das cidades de Ipatinga e Coronel. Fabriciano estarem distantes das características de uma metrópole como Belo Horizonte, ou outras brasileiras, há no município um apelo pela aquisição de áreas em condomínios ou chácaras de lazer no entorno da UC, como tendência mundial das classes mais abastadas. E o contato com o parque se dá pela calha do rio Piracicaba, que, como afluente do rio Doce, encontra-se nas posições topográficas mais baixas do município.

Comprar uma segunda residência ou chácara de lazer pode ser visto como um símbolo de status. No Canadá,

por exemplo, residências secundárias transformam-se, cada vez mais, no *playground* das elites (Halseth, 2004). Em alguns lugares, estas propriedades podem ser percebidas como conferindo status para o seu proprietário (Muller, 2004). Há uma percepção crescente do turismo residencial como o domínio dos ricos, especialmente no Reino Unido, na Rússia, mas também em outros países, como Nova Zelândia (Paris in Nefedova e Pallot, 2013) ganhando uma expressividade mundial. Em alguns casos, a vida no campo não está associada com a silvicultura ou atividades agropecuárias, mas, ao invés disso, ao consumo de acomodações, ações ambientais e a um estilo de vida imaginado sobre o rural (Muller, 2004). Essas características parecem estar ocorrendo no norte do PERD.

A distância menor, mas também a facilidade de conexão de áreas do entorno da UC com o centro regional, expressas por vias de circulação em bom estado de conservação, amplifica as facilidades de acesso, e a possibilidade de transformação do uso das terras do entorno para áreas de lazer ou uso residencial como fuga do ambiente urbano.

Assim, devido à proximidade com as áreas urbanas, o rio Piracicaba está sujeito à especulação imobiliária por meio de loteamentos, principalmente ao longo do seu perímetro fora dos limites da UC e de sua margem protegida por legislação (Código Florestal). O parcelamento frequente aumenta o número de construções por lote, fragmentando as propriedades, podendo acarretar consequências ambientais que comprometem os objetivos da Unidade de Conservação (Maciel, 2011).

No oeste e sul da UC, nos municípios de Timóteo, Marliéria e Dionísio, o uso predominante é de pastagens e agricultura, vide Mapa 14, com ainda pouca influência das áreas mais urbanas e suas frentes de expansão. É em Marliéria que se encontra a sede do Parque e a entrada para seus principais atrativos. Nesse setor oeste, a paisagem ainda rural e o relevo montanhoso permitem o uso de lazer e turismo, fora do parque, ligados a esportes de aventura e o acesso e a contemplação dos picos da região, como os Picos da Ana Mora, da Tirimba (no interior da APA Jaguarauçu) e do Jacroá (no interior da APA do Jacroá). A paisagem protegida desses picos pode funcionar como elemento fundamental para a valorização das terras de seu entorno. Isso porque a natureza protegida pelas UCs, como é o caso das APAs do entorno do Parque, é um fator que tem valorizado espaços desde a criação dos primeiros parques nacionais nos Estados Unidos, que esteve associada a um movimento de valorização da natureza, pois as cidades em industrialização e urbanização crescentes não podiam mais oferecer ambientes naturais adequados (McCormick, 1992).

Pode-se dizer que os usuários desse setor, moradores da região, mas principalmente oriundos de outras regiões – os turistas –, estão associados a concepção de ecoturistas, que buscam uma religação com a natureza. As trilhas do interior do Parque e seus ambientes lacustres são atrativos importantes para esse público, conforme descrição de Carvajal (2013), indicada anteriormente.

Há nesses municípios uma estrutura de serviços de lazer e turismo executados por agências e operadoras, o que sugere a participação do turismo nas atividades socioeconômicas. Assim, os municípios de Dionísio e Marliéria encontram-se em estágios ainda incipientes de desenvolvimento do turismo; Timóteo desponta entre os três municípios, mas com uma oferta de equipamentos turísticos pequena, conforme Tabelas 60, 61 e 62, e Figuras 37, 38 e 39.

Tabela 60. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Dionísio, 2006-2014

Atividade	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Agências e operadoras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alimentação	1	-	-	-	-	-	-	2	4
Entretenimento	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hospedagem	1	1	2	2	1	1	1	2	1
Transportes	3	6	6	7	9	9	8	7	5

Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturmg.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais> - Acesso em abril de 2019. Nota: (-) Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento, (apud CEPEMAR, 2020).

Tabela 61. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Marliéria, 2006-2014

Atividade	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Agências e operadoras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alimentação	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Entretenimento	1	1	1	1	-	-	1	1	1
Hospedagem	1	1	1	2	1	4	3	2	4
Transportes	2	2	1	1	1	1	-	1	1

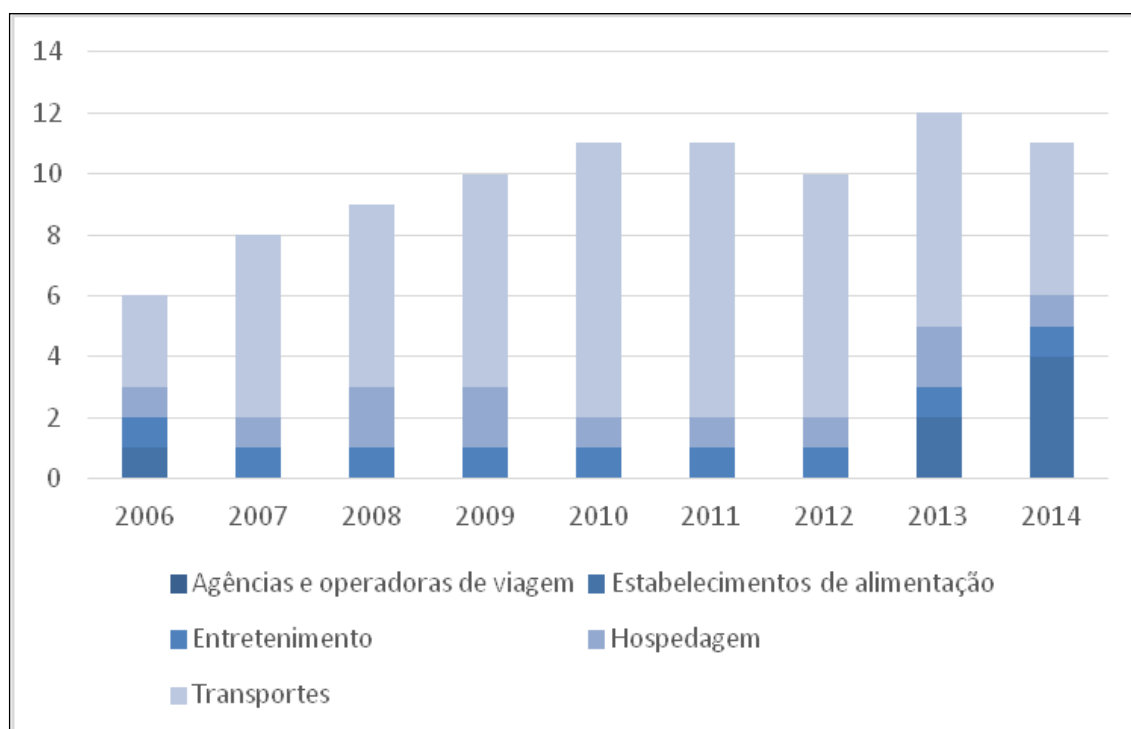
Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturmg.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais> - Acesso em abril de 2019. Nota: (-) Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento, (apud CEPEMAR, 2020).

Tabela 62. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Timóteo, 2006-2014.

Atividade	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Agências e operadoras	1	2	1	2	3	4	2	4	5
Alimentação	53	60	68	63	70	81	84	103	101
Entretenimento	28	28	34	36	37	38	37	37	36
Hospedagem	15	14	14	15	16	18	16	15	13
Transportes	17	17	15	12	10	12	17	20	15

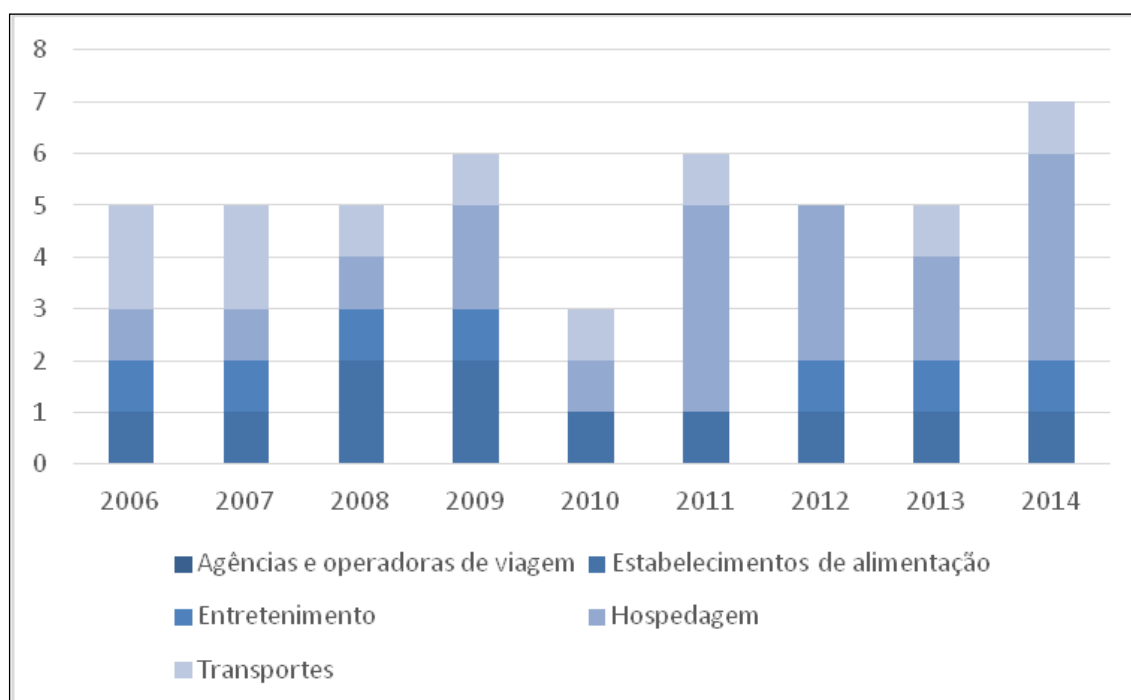
Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturmg.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais> - Acesso em abril de 2019, (apud CEPEMAR, 2020).

Figura 37. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Dionísio, 2006-2014.



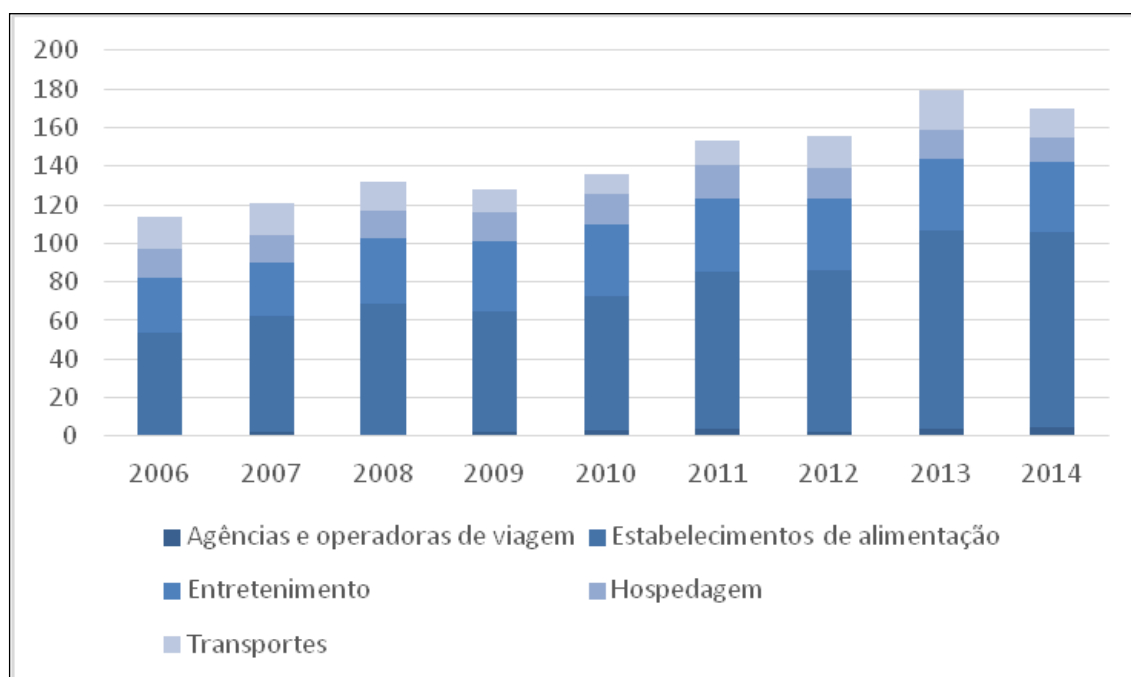
Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturmjg.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais> - Acesso em abril de 2019, (apud CEPEMAR, 2020).

Figura 38. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Marliéria, 2006-2014



Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturmjg.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais>. Acesso em abril de 2019, (apud CEPEMAR, 2020).

Figura 39. Estabelecimentos ligados à atividade turística, Timóteo, 2006-2014.



Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturm.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais> - Acesso em abril de 2019, (apud CEPEMAR, 2020).

Como se pode observar por essas Tabelas e Figuras, houve um incremento de empreendimentos ligados ao setor de turismo, com um sensível aumento no período entre 2006 até 2014, o que demonstra que os setores ligados ao turismo são um motor de desenvolvimento local considerável. As paisagens a oeste e sul, assim como a presença do PERD, são os motivadores desse crescimento, com os ecoturistas e moradores da região buscando essa religião com a natureza.

Nesse setor, segundo dados da CEPEMAR (2020), “no que tange ao turismo, Dionísio, Marliéria e Timóteo atualmente fazem parte do Circuito Mata Atlântica de Minas. Desde 2004, os municípios têm intercalado suas presenças no Mapa das regiões turísticas brasileiras, publicado pelo Ministério do Turismo (MTur)”. Conforme dados da CEPEMAR (op. cit), o circuito foi criado em 2001, a partir da fundação da Agência de Desenvolvimento do Circuito Turístico Mata Atlântica de Minas, conhecida como CTMAM. A Agência é uma instância de governança regional que visa organizar, desenvolver e consolidar a atividade turística de forma sustentável e descentralizada, com a participação da sociedade civil, sob a tutela da Secretaria de Estado da Cultura e Turismo (Secult).

O CTMAM, cuja certificação oficial ocorreu em dezembro de 2009, é uma entidade sem fins lucrativos, cuja principal função é gerenciar a discussão, análise e aplicação das políticas públicas de regionalização do turismo em Minas Gerais. Essas ações fazem parte do modelo de gestão das regiões turísticas que seguem as diretrizes do Programa de Regionalização do Turismo, estabelecido pelo Governo Federal (CEPEMAR, 2020).

Alguns municípios da região, que fazem limites com o PERD, fazem parte do quadro de mantenedores do CTMAM, como: Coronel Fabriciano, Dionísio, Ipatinga, Marliéria, Santana do Paraíso e Timóteo. O CTMAM desenvolveu o trabalho de divulgação mútua das atrações, festivais e eventos das regiões gerenciadas pelas entidades e no longo prazo a consolidação de uma rota turística ligando o Parque Estadual do Rio Doce

(PERD) ao Parque Nacional do Caparaó (Parna Caparaó), passando pela RPPN/Feliciano Miguel Abd⁴⁶ (CEPEMAR, 2020).

Segundo dados do Portal Descubra Minas, Marliéria é um destino turístico que tem como atrativos um acervo arquitetônico urbano, cachoeiras, Igreja Matriz de Nossa Senhora das Dores, Pico do Jacroá, Pico do Machado e PERD. E em Timóteo os atrativos são o Centro Cultural Fundação Arcelor Mittal Acesita, Reserva Florestal Oikós, Pico Ana Mouro e PERD. O município Dionísio, que faz parte do Território de Desenvolvimento Metropolitano, segundo o documento Economia do Turismo em Minas Gerais 2010-2014 (FJP, 2017) não está listado como um destino turístico (SENAC-MG, s/d), nem é elencado como participante do circuito Mata Atlântica de Minas (CEPEMAR, 2020).

Destaca-se a importância e o papel do parque no município de Marliéria, onde praticamente toda a infraestrutura e atrativos se destinam à visitação desta UC, ou seja, todas as facilidades de Uso Público Oficial da UC estão localizadas nesse município. Há vários estudos sobre a importância, os objetivos e as finalidades de áreas protegidas ou unidades de conservação. Alguns autores apontam que uma área protegida tal como a UC deste estudo, apresenta como objetivos e finalidades: proteção dos recursos naturais, para a qual a Unidade de Conservação foi criada; desenvolvimento de pesquisa sobre suas características socioambientais, a fim de melhorar o conhecimento a respeito destas características e também contribuir para o manejo da área; oferta de áreas para lazer, recreação e educação ambiental à comunidade (Robim, 1999 e Milano, 1997). O programa de uso público é pensado e estruturado para atender a este último objetivo (Milano, 1997). O IBAMA indica que um programa de uso público deve propiciar a aproximação dos visitantes com a natureza, permitindo que estes interiorizem o significado das áreas protegidas, sua importância em termos de preservação, manejo e aproveitamento indireto dos recursos naturais e culturais (BRASIL, 1999).

O programa de uso público também deve propiciar lazer, recreação e educação ambiental para os visitantes (comunidade local e turistas), além de despertar uma consciência crítica para a necessidade de conservação dos recursos naturais em uma Unidade de Conservação (Cervante et al. 1992). Nesse sentido, 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 as questões ambientais da área.

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

Para evitar essa visão reducionista, é preciso ter compreensão do lazer e turismo como fenômenos sociais complexos. Pode-se partir de um conceito funcionalista do lazer, atrelado às suas funções de diversão, descanso e desenvolvimento pessoal e social (Dumazedier, 1979), tal como foi discutido na literatura brasileira deste campo de estudo. Contudo, essa abordagem por vezes não dá conta de pensar as possibilidades de usos que os cidadãos podem ter quando frequentam os parques e demais áreas protegidas.

⁴⁶ (Site: <http://ctmam.org.br/> - Acesso em 10/05/2020), apud CEPEMAR, 2020.

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

Portanto, não se trata de partir apenas dos “interesses culturais” dos sujeitos⁴⁷, mas também de problematizar estes interesses diante dos usos possíveis em um espaço singular de uso público como a UC da área de estudo. Percebe-se que a observação dos lazeres pautado pelas lentes dos “interesses culturais” pode conduzir a um estreitamento de visão das relações sociais contraditórias nestes embates entre sujeitos (comunidades, trade, turistas, moradores da região) e a UC.

Ainda a respeito dos tipos de zonas abertas à visitação contidas em um plano de manejo ou outro instrumento ordenador da área, há as zonas de uso extensivo e a zona de uso intensivo, as quais são as mais utilizadas nas ações de planejamento e gestão do uso público. A diferença entre elas está, como diz os nomes dessas zonas, na intensidade de uso: a zona de uso intensivo comporta uma maior concentração de atividades e serviços, assim como de infraestrutura voltadas ao atendimento do visitante; enquanto na zona de uso extensivo tais atividades são mais brandas e menos concentradas. As fragilidades das características biofísicas da área é que devem determinar o estabelecimento destas zonas. E o plano de manejo é o instrumento que referenda estas ações – o zoneamento e as atividades dos programas. Há, portanto, uma relação direta entre as atividades propostas para atendimento do público, as fragilidades socioambientais e sua distribuição espacial na área da unidade.

Com relação à infraestrutura inserida nessa zona, também é consagrado que as atividades do programa de uso público sejam oferecidas num “centro de visitantes”. Segundo IBAMA (1999), trata-se de um local onde o visitante é recebido e lhe são proporcionadas informações sobre os serviços disponíveis (transportes, telefones, sanitários, passeios, serviço de guias, apresentações de filmes e palestras, serviços de hospedagem e campismo, áreas e atividades de recreação, serviços de alimentação, dentre outras); informação sobre as normas e benefícios da UC; interpretação das “informações” sobre os recursos naturais e culturais da área.

Admitindo-se essas informações, as zonas de uso intensivo e extensivo e o programa de uso público do PERB, encontram-se notadamente em Marliéria, onde se localiza seu portal de entrada e pode ter acesso aos atrativos e infraestruturas, como vestiários, restaurantes, anfiteatro, centro de informações, centro receptivo, estacionamento, *camping* para 250 barracas, 16 alojamentos para pesquisadores, laboratório, viveiro de mudas e posto da Polícia Florestal (CEPEMAR, 2020). No interior do parque os atrativos mais importantes são as trilhas, mas também os ambientes lacustres. Complementam essa oferta os seguintes atrativos: Auditório Borun do Watu; Centro de Visitantes do Macuco; Estrada-parque e Salão Dourado; Memorial Dom Helvécio; Mirante; Ponte Queimada; Porto do Capim (CEPEMAR, 2020). Toda essa infraestrutura começou a ser construída nos anos 1970 (Pacheco, 2008). Há menção ao rio Doce como atrativo do interior do parque, mas isso se dá mais na face leste, margeando todo esse setor do parque.

De acordo com Pacheco (2008), o conjunto lacustre do PERD é terceiro mais importante do Brasil, que atrai

⁴⁷ Os interesses culturais estão associados às motivações que levam usuários a frequentar um equipamento de lazer e turismo, no caso as UCs da área de estudo. Trata-se dos *interesses artísticos* (imagens, emoções e sentimentos, seu conteúdo é estético e configura a beleza do encantamento), dos *interesses intelectuais* (contato com o real, as informações objetivas e explicações racionais. A ênfase é dada ao conhecimento vivido, experimentado), dos *interesses físicos esportivos* (práticas esportivas, os passeios, a pesca, a ginástica e todas as atividades em que prevaleça o movimento), dos *interesses manuais* (capacidade de manipulação, quer para transformar objetos ou materiais, quer para lidar com a natureza), dos *interesses sociais* (relacionamento, os contatos face a face, a predominância deixa de ser cultural e passa a ser social), dos *interesses turísticos* (da quebra da rotina temporal ou espacial e o contato com novas situações paisagens e culturas). Sobre esse tema ver MARCELLINO, 2007, p. 9-30.

um público predominantemente regional. As trilhas são atrativos importantes no interior do Parque, e as abertas à visitação são: do Pescador, Criança, Angico Vermelho, Vinhático e Campolina. No setor sul e leste do parque se concentram essas trilhas. Apenas as trilhas da Juquita, ao norte, e Campolina, no centro do parque estão fora da zona de uso intensivo, porém estas duas últimas, segundo informações de Pacheco (2008), estão fechadas a visitação. As principais características das trilhas abertas à visitação estão descritas na Tabela 63, a seguir:

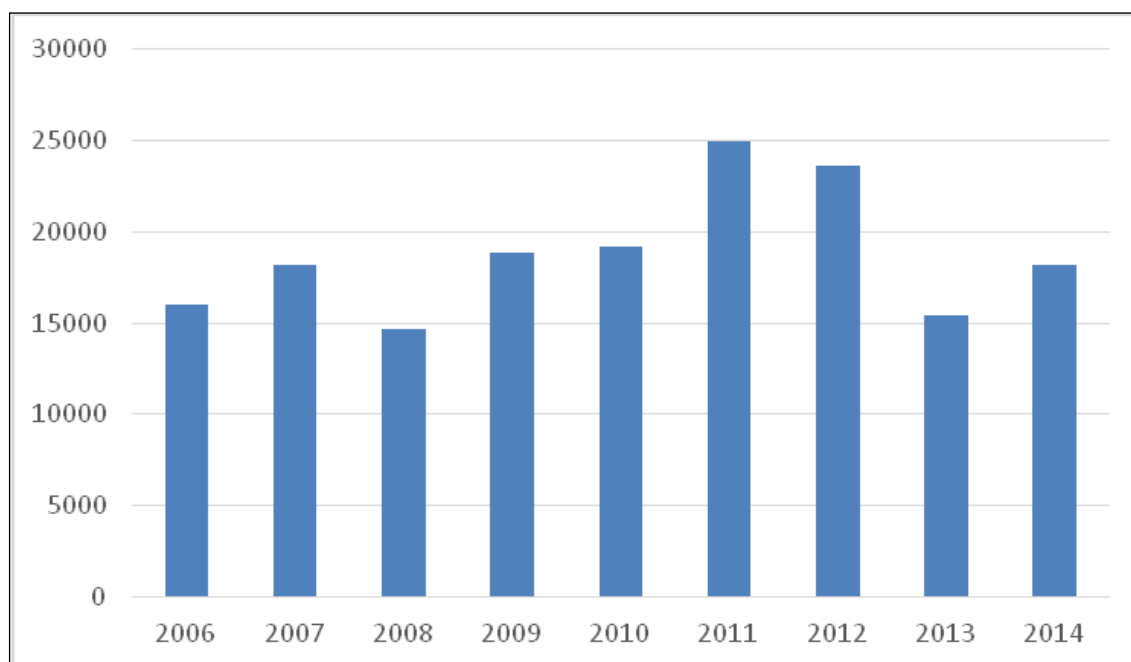
Tabela 63. Principais características das trilhas abertas a visitação do PERD.

Trilha	Percurso Total (m)	Tempo Estimado (min)	Grau de Dificuldade	Uso Público	Principais Características
Pescador	819	40	Fácil	Aberta	Localizada nas proximidades do acampamento, desenvolvendo-se paralela à Lagoa do Bispo, na meia encosta.
Crianças	185	20	Fácil	Aberta	Localizada nas proximidades da área de camping, esta trilha propicia as atividades de recreação ambiental.
Angico Vermelho	1320	120	Fácil	Aberta	Localizada na estrada que liga a Portaria do Parque ao Restaurante. É em área de mata em regeneração, devido ao incêndio ocorrido no parque no ano de 1967.
Vinhático	1004	90	Fácil	Aberta	Localizada na estrada que liga a Portaria do Parque ao Restaurante. Está inserida em ambiente de Mata Atlântica, que foi fortemente atingido por um incêndio de grandes proporções em 1967.

Fonte: Pacheco (2008, p. 45)

O PERD é o parque estadual mais visitado de Minas Gerais. Segundo o OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS (apud CEPEMAR, 2020), em média, o PERD recebeu 17 mil visitantes por ano entre 2006 e 2014, chegando a ter 25 mil visitantes em 2012. Os períodos de alta temporada são geralmente os meses de janeiro, fevereiro, julho e setembro, conforme Figura 40.

Figura 40. Visitantes, Parque Estadual do Rio Doce, 2006-2014



Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturm.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais>. Acesso em abril de 2019 (apud CEPEMAR, 2020)

Tabela 64. Visitantes, Parque Estadual do Rio Doce, por mês, 2006-2014

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Janeiro	2.234	1.395	1.514	1.569	2.693	1.716	1.180	1.329	2.469
Fevereiro	2.128	1.896	1.050	2.607	1.894	1.833	2.806	2.009	1.686
Março	756	1.527	1.303	1.944	1.760	4.869	2.045	911	1.689
Abril	1.531	1.990	1.773	1.833	1.396	1.673	3.058	787	1.360
Mai	972	1.222	875	1.104	1.104	1.320	1.230	715	1.003
Junho	550	1.680	1.256	1.187	1.043	1.549	1.846	1.363	750
Julho	868	1.006	2.786	1.822	1.117	3.709	3.391	1.052	2.576
Agosto	1.113	583	1.157	895	1.289	1.774	1.091	1.434	1.273
Setembro	2.058	1.591	1.215	1.563	2.322	2.904	2.365	1.905	1.327
Outubro	1.670	1.673	-	1.729	2.163	1.552	2.279	1.429	1.586
Novembro	1.224	1.829	1.015	1.553	1.245	1.466	476	1.609	1.234
Dezembro	881	1.833	762	1.069	1.143	609	1.879	865	1.270
Total	15.985	18.225	14.706	18.875	19.169	24.974	23.646	15.408	18.223

Fonte: OBSERVATÓRIO DO TURISMO DE MINAS GERAIS. Visitação em parques Naturais, 2019. Disponível em: <https://seturm.wixsite.com/observatorioturismo/visitacao-em-parques-naturais>. Acesso em abril de 2019. Nota: (-) Dado numérico não disponível, (apud CEPEMAR, 2020)

A paisagem deste setor oeste e sul, assim como a quantidade de equipamentos e empresas envolvidas em seu desenvolvimento, permitem verificar outra premissa importante para as práticas de lazer e turismo, com

possibilidades de desenvolvimento socioeconômico e ligado à inclusão social local. Pode-se trabalhar com a ideia de inclusão social associada à inserção econômica e à participação política e social (Nascimento; Araújo, 2015). Nessa linha, a inclusão social deve ser vista para além de abordagens econômicas, mas considerar o papel político dos segmentos da sociedade envolvidos numa dada atividade. Portanto, não é um olhar só pela perspectiva material. O compromisso da “redistribuição abrange não apenas a transferência de renda como também a reorganização da sociedade a democratização dos processos através dos quais são tomadas as decisões” (Botelho et al., 2015, p. 57). Com isso, não se trata de pensar a inclusão social como antítese da exclusão social. Esta última pode corresponder a processos “de falsas inclusões ou inclusões insatisfatórias, baseadas em trajetórias de vulnerabilidade e/ou precariedade e até mesmo rupturas de vínculos sociais” (Botelho et al., 2015, p. 57).

Essa discussão é importante no sentido de que alguns espaços públicos, notadamente as unidades de conservação, têm sido requisitados para práticas mais inclusivas da sociedade. Trata-se de grupos de pessoas de diversas origens e segmentos, que tendo um objetivo comum, desenvolvem uma ação política para garantir o uso, o direito ao acesso e a existência de um dado recurso⁴⁸. O exemplo da existência das empresas de agenciamento e operação turística pode ser uma boa referência sobre o nível de organização da sociedade local. São práticas que, no meio urbano, são oriundas de coletivos que se apropriam desses espaços dando-lhes novos significados para práticas políticas e culturais, tendo principalmente no lazer, e também no turismo, um dos bastiões desses novos usos.

O caráter simbólico dos picos inseridos no entorno oeste do PERB e o próprio parque, podem apresentar às comunidades locais um bom argumento para consolidação dos referenciais de pertencimento e identidade local e na busca de parcerias visando à manutenção ambiental da área e as práticas de lazer e turismo. Busca essa que pode oferecer resistências a algumas práticas mais nocivas de conversão do uso da terra no entorno, fortemente governado pelo capital imobiliário. É um processo conflituoso que se depara com forças hegemônicas da sociedade, que elegem outros usos para tais espaços, gerando, por vezes, processos de gentrificação, como abordado anteriormente.

Sumarizando, devido à posição altimétrica mais alta do ambiente lagunar e dessas trilhas inseridas num relevo de morros, que estão afastadas da calha do rio Doce, esse setor oeste e sul do entorno do Parque e todo o setor sul de seu interior, onde se localiza a zona de uso intensivo, tem uma conexão com o rio Doce apenas por alguns poucos afluentes, como o Ribeirão do Turvo.

Nesse bojo, finalmente é importante destacar as atividades do setor leste do parque. Os municípios do entorno, que não têm áreas dentro dos limites do parque, são Caratinga, Bom Jesus do Galho, Pingo D’Água e Córrego Novo. Todos eles têm um uso das terras predominando as atividades de silvicultura, com plantações de exóticas para alimentar as indústrias do vale do Aço da região, localizadas em Ipatinga e Coronel Fabriciano, além do uso voltado para indústria de papel e celulose.

A paisagem deste setor leste não se configura como um atrativo importante de motivação de visitas, como a que observamos no setor oeste e sul, com o relevo de morros todo tomado por plantações de pinus e eucaliptos, além de fazendas de pecuária bovina e ovina, e em menor grau, agricultura. Nesse sentido, o uso da terra nas margens do Rio Doce e suas atividades econômicas dos municípios deste setor estão ligados a essa atividade de silvicultura. O rio Doce é o limite do PERD nesse setor e em toda sua margem direita (fora dos limites da UC) predomina as plantações de eucaliptos para abastecimento das indústrias do aço e papel e celulose da região.

⁴⁸ Sob esse aspecto aparece o termo “comum”, no singular, como uma proposta que busca novas formas de desenvolvimento e de relacionamentos da sociedade com o meio. Um movimento que emerge no desencanto com o Estado e com a empresa capitalista. Sob este aspecto ver DARDOT; LAVAL, 2017 e também HARVEY, 2014, que trata dos *communs* urbanos.

Não há menção nesses municípios ao setor de turismo, sendo ele irrelevante, portanto, na economia local. Contudo, deve-se verificar, em estudos futuros, sobre as práticas de lazer, notadamente na calha do rio Doce. Pode-se inferir que havia ranchos de pesca e atividades náuticas, que poderiam ser desenvolvidas, seja por funcionários dessas empresas de silvicultura, como por moradores dos municípios em questão. A paisagem bem conservada do PERD, na margem esquerda do rio Doce, pode ser considerada um fator de atração para essas práticas de lazer na natureza, usando a calha do rio.

4.3.14. Atividade Pesqueira

4.3.14.1. Importância Socioeconômica e Limites da Atividade Pesqueira

Uma das atividades econômicas mais tradicionais no mundo é a pesca e sua produção tem um papel fundamental na nutrição e segurança alimentar mundial⁴⁹, especialmente das populações em países pobres (Fluet-Chouinard et al., 2018). A pesca no mundo envolve cerca de 59,5 milhões de pessoas no setor primário de captura e 158 milhões de pessoas em atividades diretamente relacionadas à pesca (FAO, 2020). No Brasil, estima-se que a atividade mobilize mais de 1 milhão de trabalhadores diretamente e mais de 3 milhões de trabalhadores indiretamente na cadeia produtiva do setor. Desses 1 milhão de pescadores, 99,2% atuam na pesca artesanal de pequena escala e estima-se que são responsáveis por cerca de 60% da captura nacional de pescados (Mattos et al., 2020). Assim, a atividade pesqueira além de produzir alimentos de altíssimo valor nutricional e criar postos de trabalho que ocupam um contingente considerável de pessoas em situação de vulnerabilidade, gera empregos diretos e indiretos, em suas cadeias de processamento, comercialização, fornecimento de insumos e serviços (Viana, 2016; Fundação Renova, s/d).

Os mais recentes dados disponibilizados sobre a produção pesqueira global registraram que a pesca extrativa (marinha e continental) e a aquicultura (produção de pescado) produziram juntas, mais de 170,9 milhões de toneladas de peixes, sendo 151,2 milhões t destinadas ao consumo humano (FAO, 2018). No Brasil, o último boletim de estatística pesqueira nacional do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) foi publicado em 2011, sistematizando os dados disponíveis referentes aos anos de 2010 e de 2011. Este boletim, registrou um total de 803.260 toneladas de produção pesqueira extrativa, sendo 553.660 t advindas da pesca extrativa marinha (68,9%) e 249.600 t da pesca extrativa continental (31,1%). Na atividade de aquicultura, foram produzidas o total de 544.490,0 toneladas (MPA, 2011).

A importância da produção da aquicultura para a segurança alimentar mundial se mostra nos dados da FAO sobre o estado atual da produção pesqueira e aquícola no mundo. O mais recente relatório registra que 46% de toda produção de pescados foi proveniente da aquicultura, sendo responsável por 52% do consumo de pescados por humanos (FAO, 2020). No Brasil, a tilápia é o principal produto da aquicultura (Camargo e Pouey, 2005; Schulter e Vieira-Filho, 2017). Do total da produção aquícola nacional de 2011, a tilápia foi responsável por cerca de 50% da produção (de 544.490 toneladas totais, 253.824 toneladas foram tilápia) (MPA, 2013).

O estado de Minas Gerais, desembarcou 9.879,7 toneladas de pescado capturado em ambiente continental e produziu 25.917,9 t de pescado da aquicultura, ficando sua produção pesqueira total em terceiro lugar na produção do sudeste, atrás da produção pesqueira dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (MPA, 2011). A Tabela 65, a seguir, sistematiza tais informações.

⁴⁹ A segurança alimentar diz respeito ao direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Tabela 65. Produção de pescado (em toneladas) por modalidade no Brasil e estados do Sudeste no ano de 2011. Em negrito destaca-se o estado de Minas gerais. 2011.

	Produção pesqueira de 2011 (t)			
	Produção marinha	Produção continental	Produção aquícola	Produção total
Brasil	553.660,0	249.600,2	628.704,3	1.431.964,5
Espírito Santo	14.318,3	882,3	11.552,7	26.753,3
Minas Gerais	0,0	9.879,7	25.917,9	35.797,6
Rio de Janeiro	78.933,0	1.366,9	5.918,6	86.218,5
São Paulo	21.536,0	12.317,2	43.520,6	77.373,8

Fonte: MPA (2013)

Desde 2011, devido a desestruturação institucional de órgãos de gestão da pesca vinculados ao Governo Federal, a estatística pesqueira nacional foi interrompida e não foram publicados novos boletins. A ausência de estatística pesqueira no Brasil é um dos principais obstáculos à gestão eficiente do setor. Entretanto, é importante salientar que diversos monitoramentos pesqueiros têm sido desenvolvidos pontualmente em localidades, estando, na maioria das vezes, dissociados e praticados de forma independente, não havendo ligação ou interações com outros projetos e ações governamentais (AGOSTINHO et al., 2007; RUFFINO, 2008; MENDONÇA et al., 2018). Portanto, até o presente momento, se busca uma solução para retomar o monitoramento pesqueiro nacional contínuo e integrado que permita subsidiar políticas públicas do setor.

Do total do estoque pesqueiro global, 31,4% estão sobre-explorados e continuam cada vez mais explorados, principalmente em países asiáticos e países em desenvolvimento (ANTICAMERA et al., 2011; BELL et al., 2017). O Brasil foi explicitamente mencionado no mais recente relatório da FAO (2020), *The State of World Fisheries and Aquaculture*, principal documento orientador da gestão pesqueira global, por não ter disponibilizado dados oficiais de produção desde 2014 para a avaliação de estoques pesqueiros e captura nacional, concluindo que os dados referentes ao Brasil são apenas estimativas pontuais e regionais. O caso do Brasil precisa ser observado com cuidado, levando em consideração as populações ribeirinhas que dependem da pesca artesanal e de subsistência, e também olhando para a pesca marinha e para aquicultura, esta última opção constantemente ventilada pelo atual Secretário nacional de pesca.

No país, o Sistema do Registro Geral da Pesca (SisRGP), estabelecido pelo Decreto Federal nº 8.425/2015⁵⁰, permite a sistematização de cadastros dos trabalhadores do setor, mas desde sua implementação o mesmo passou por constantes revisões (inclusive devido a fraudes) e no momento está suspenso, sem novos cadastros e emissões de licenças de pesca. Tal realidade prejudica o setor e, em especial, os pescadores artesanais que, sem cadastro atualizado, não têm acesso às respectivas licenças de pesca e aos benefícios de direitos da categoria como, por exemplo, o pagamento do seguro defeso no valor de 1 salário-mínimo (Decreto Federal nº 8.424/2015)⁵¹ nas épocas de proibição de pesca durante os períodos reprodutivos de determinadas espécies. A Tabela 66, a seguir, sistematiza a importância e os principais limites da atividade pesqueira no contexto global e nacional.

⁵⁰ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/D8425.htm

⁵¹ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8424.htm

Tabela 66. Informações sobre o impacto positivo da atividade pesqueira e limites do desenvolvimento do setor.

Impactos positivos	Números	Principais limitações
Segurança Alimentar	Em 2017, o consumo de peixe representou 17% da ingestão de população global de proteínas animais. O peixe foi alimento para mais de 3,3 bilhões de pessoas com 20% de ingestão média per capita de proteínas animais. O consumo mundial de pescado chegou a 20,5 kg per capita/ano em 2018. Países desenvolvidos aumentaram o consumo de peixes de 17,4 kg per capita em 1961 para 24,4 kg em 2017. Países menos desenvolvidos aumentaram seu consumo de 6,1 kg em 1961, para 12,6 kg em 2017.	Estoques pesqueiros naturais não poderão suprir a crescente demanda mundial e nacional pelo consumo de pescado. Por isso, no Brasil, o desenvolvimento da Aquicultura tem sido a política nacional para produção de pescado, no entanto, a produção advinda da pesca de subsistência não tem a devida atenção da gestão e a artesanal mesmo com sua relevância para o contexto, não têm, ainda, a devida inserção no mercado
Produção Global (Extrativa + Aquicultura)	170,9 milhões toneladas totais, dos quais 151,2 milhões t para consumo	31,4% dos estoques mundiais estão sobre-explorados; a produção da pesca ilegal e a pesca não reportada, comprometem a eficiência dos dados sobre os estoques pesqueiros.
Produção Nacional da Pesca Extrativa	803.206 toneladas totais 553.660 t da pesca extrativa marinha (68,9%) 249.600 t da pesca continental (31,1%)	Não existe um sistema de monitoramento pesqueiro que componha uma estatística nacional confiável de avaliação da condição dos estoques nacionais para subsidiar medidas de gestão para a pesca sustentável.
Trabalhadores do Setor, no Mundo	59,5 milhões no setor primário (captura) 158 milhões na cadeia produtiva	
Trabalhadores do Setor, no Brasil	1 milhão no setor primário (99% na pesca artesanal), responsáveis por 60% da produção nacional. 3 milhões na cadeia produtiva	Ineficiência do Registro Geral da Pesca (RGP) e dos direitos trabalhistas da classe; ausência da garantia dos territórios pesqueiros; dificuldade de inserção da produção da pesca de pequena escala no mercado, que concorre com a pesca industrial e o mercado de exportação de pescado.

Fonte: Elaboração Própria, adaptado de FAO (2018; 2020); ANTICAMERA et al; (2011); MPA (2013).

A legislação que normatiza a atividade pesqueira no Brasil é a Lei nº 11.959/2009⁵² que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca e a Instrução Normativa do então Ministério da Pesca IN MPA/MMA nº 10/2011⁵³. A Lei define pesca como: “*toda operação, ação ou ato tendente a extrair, colher, apanhar, apreender ou capturar recursos pesqueiros*”. Conforme a legislação, a pesca no Brasil pode ser definida segundo sua finalidade econômica em: pesca amadora, pesca de subsistência, pesca artesanal e pesca empresarial/pesca industrial. As duas primeiras categorias não possuem interesse comercial, enquanto a pesca artesanal e a pesca empresarial/industrial possuem tal finalidade. Por fim, a Lei dispõe sobre a pesca profissional (artesanal e empresarial/industrial) de acordo com: (i) finalidade econômica da atividade; (ii) o tempo de dedicação dos pescadores à atividade, (iii) espécies-

⁵² http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11959.htm

⁵³ https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2011/ini_mpa_mma_10_2011_altrda_regul_permissionamento_completa_altrd_in_14_2014_in_01_2015.pdf

alvo, tamanho e autonomia das embarcações e tecnologias empregadas de captura.

Compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Secretaria da Aquicultura e Pesca⁵⁴ (SAP/MAPA- Medida Provisória nº 870/2019 e Decreto nº 9.667/2019) tratar da Política Nacional Pesqueira e Aquícola, dispondo sobre a gestão do uso dos recursos pesqueiros e das permissões, registros e autorizações para o exercício da pesca. No nível estadual, existem secretarias e conselhos de pesca e no nível municipal, os pescadores profissionais devem estar associados às Colônias de Pescadores de suas respectivas cidades, onde podem regularizar sua documentação enquanto pescadores profissionais e acessar, junto ao Governo Federal, os benefícios trabalhistas da categoria.

No estado de Minas Gerais, a gestão da pesca cabe ao Instituto Estadual de Florestas (IEF), sendo o órgão responsável pela emissão de licenças para as diferentes categorias de pesca. No âmbito estadual, destaca-se a Portaria IEF nº 155/2011⁵⁵, sobre o período de defeso (1º de novembro e 28 de fevereiro do ano subsequente), que corresponde à época de piracema na qual a pesca é proibida para garantir reprodução das espécies, conforme a legislação nacional da Instrução Normativa Ibama nº 196/2008⁵⁶. No que concerne especificamente a área do PERD, existe a Portaria IEF nº 109/2007 que dispõe sobre a proibição da pesca no rio Doce⁵⁷ em trechos do rio que são linhas limite do parque. A proibição é válida para todas as modalidades de pesca, exceto a de subsistência. A Portaria foi estabelecida considerando a importância da Unidade de Conservação, decretado pela ONU através da Unesco, Reserva da Biosfera da Mata Atlântica; a presença de espécies ameaçadas de extinção e a contenção de invasão para a prática de pesca predatória e caça no interior do parque.

A pesca artesanal e a pesca de subsistência são as pescarias foco desse estudo, somadas à aquicultura, que ocorre, mas é incipiente na região de entorno do PERD. As pescarias de cunho artesanal e de subsistência operam dentro dos limites impostos pelas heterogeneidades e incertezas do ambiente como, por exemplo, o clima, tempo, viabilidade de peixes etc., sendo fatores importantes que afetam a viagem de pesca e as estratégias utilizadas. Além disso, a pesca depende de recursos naturais móveis e, portanto, trata-se de uma atividade na qual o pescador, do ponto de vista ecológico, pode ser entendido como um predador em busca de suas presas, exigindo flexibilidade e um detalhado conhecimento acerca do ambiente que explora (Begossi, 1992).

Este conhecimento é nomeado na literatura de Conhecimento Ecológico Local (CEL), e pode ser definido como o conjunto de saberes e saber-fazer a respeito do mundo natural, apreendido através da observação e da experiência, e transmitido oralmente de geração em geração. O CEL é determinante na escolha das estratégias de pesca utilizadas e na manutenção desta atividade entre as comunidades de pescadores (Diegues, 1983; 1995; Johannes et al., 2000; Berkes et al., 2000).

Diferente do conhecimento técnico-científico sobre ecologia e biologia de peixes, os pescadores possuem um detalhado corpo de conhecimento sobre migração, reprodução, hábitat e comportamento dos recursos naturais que exploram, que contém informações a serem somadas ao conhecimento técnico-científico para direcionar as tomadas de decisão sobre o ambiente de maneira mais assertiva (Drew, 2005; Clauzet et al.,

⁵⁴ <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acao-a-informacao/institucional/quem-e-quem-novo/secretaria-de-aquicultura-e-pesca>

⁵⁵ <https://www.pescadora.com.br/wp-content/uploads/Defeso-Regulamentacao-da-pesca-na-Bacia-Hidrografica-do-Leste-em-MG-portaria-IEF-n-155-13-de-outubro-de-2011.pdf>

⁵⁶ https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-196-2008_76900.html

⁵⁷ A proibição de pesca no rio Doce é vigente no trecho compreendido entre a foz do córrego Mumbaca até a confluência com o rio Piracicaba, e no rio Piracicaba no trecho compreendido entre a foz do córrego do Limoeiro, até a confluência do rio Doce.

2007; 2009; Silvano e Valbo-Jorgensen, 2008; Huntington, 2011; Silvano e Begossi, 2012).

Diante da importância da pesca para a segurança alimentar e da ausência de informações confiáveis sobre produção pesqueira de pequena escala e condições de trabalho do setor, as comunidades pesqueiras de todo o mundo têm ganhado reconhecimento e apoio de diferentes instituições na luta pela garantia de seus territórios de pesca e desenvolvimento socioeconômico por meio da pesca sustentável. A carência generalizada de informações biológicas e socioeconômicas, agravadas pela falta de continuidade nos monitoramentos pesqueiros e uma evidente subnotificação nas estatísticas de captura e consumo em muitas localidades, especialmente as remotas, de difícil acesso, negligenciam o real valor da atividade e geram a invisibilidade dos pequenos pescadores nas políticas públicas e estratégias de desenvolvimento (Diegues, 1983; Maldonado, 1986; Melo, 2008; Organon, 2015). Portanto, em última instância, o apoio institucional de diferentes organizações, vem buscando combater a invisibilidade e marginalização social de milhares de comunidades pesqueiras, atuando em prol da conservação dos recursos pesqueiros e da inserção de todos os pescadores no mercado formal de trabalho de forma justa e equitativa, com geração de emprego e renda.

Estas iniciativas buscam implementar diretrizes internacionais, das quais o Brasil é signatário, para o alcance da Agenda 2030 proposta pelas Organizações das Nações Unidas (ONU)⁵⁸, na qual a pesca é uma importante estratégia de combate à fome e a pobreza (Lynch et al., 2017). A Agenda 2030 se consolidou em 2015, quando 193 Estados-membros da ONU assinaram o documento: *“Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”*, que preconiza a compreensão do Desenvolvimento Sustentável como uma “Declaração Global de Interdependência” das três dimensões do desenvolvimento: ambiental, econômica e social. A implementação da Agenda 2030 ocorre por meio de ações locais, nos diferentes países, de caráter multiplicador que visam cumprir os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e 169 Metas que versam, entre outros temas, sobre a erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, saúde e bem-estar, água potável e saneamento, paz, justiça e instituições eficazes, igualdade de gênero, conservação dos oceanos – vida na água, combate às mudanças do clima, conservação das florestas – vida na terra, parcerias institucionais, etc.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), por exemplo, lidera a Rede Colaborativa *To Big Too Ignore* (TBTI)⁵⁹ propondo uma parceria global entre pesquisadores da pesca de pequena escala que sistematizem informações como subsídio a políticas públicas de gestão do setor mais eficientes e inclusivas. O principal objetivo da iniciativa é promover uma ampliação e melhoria na qualidade da informação sobre a pesca de pequena escala, buscando alcançar a “Justiça Azul”, ou seja, o uso sustentável dos recursos pesqueiros e distribuição de renda justa às milhares de comunidades de pescadores extrativistas. Atualmente, o TBTI conta com cerca de 400 pesquisadores de 20 diferentes organizações, abrangendo estudos em 85 países.

O Brasil participa da iniciativa inserido no grupo América Latina e Caribe e é visto como estratégico para o sucesso da Rede, uma vez que a pesca de pequena escala é a principal fonte de alimento e renda para milhares de populações costeiras e ribeirinhas no país. Diversas organizações não governamentais e instituições de pesquisa acadêmica nacionais estão engajadas nos esforços de sistematização de informações da pesca no Brasil para compor o quadro global do TBTI, com escritórios localizados em São Paulo e Rio de Janeiro sendo os pontos focais da Rede no Brasil e, recentemente, produziram um primeiro estudo dedicado aos conflitos e problemas da sustentabilidade da pesca de pequena escala nacional⁶⁰.

⁵⁸ <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>

⁵⁹ <http://toobigtignore.net/about-tbti/>

⁶⁰ <http://toobigtignore.net/wp-content/uploads/2020/11/Brazil.pdf>

4.3.14.2. Pesca Continental no PERD e seu entorno

A pesca em águas continentais desempenha papel fundamental na produção pesqueira em muitas regiões do mundo, sendo responsável por mais de 50% dos desembarques (FAO, 2020). No Brasil, essa atividade é difusa e de limitado controle porque frequentemente é realizada em áreas de difícil acesso e, diferentemente da pesca marinha, se caracteriza por não apresentar pontos fixos de descarga de pescado e pelo contínuo deslocamento dos pescadores ao longo dos rios e lagoas à procura de locais mais produtivos (Fundação Renova, s/d).

De acordo com Welcomme et al., (2010) a pesca continental é dinâmica e, por ocorrer em ecossistemas e ambientes muito diferentes, depende da resposta das assembleias de peixes a fatores internos (ex. resiliência a intensidade da pesca) e externos (ex. vulnerabilidade a fatores naturais ou/ e antrópicos).

A pesca continental compete com diversas outras atividades produtivas, muitas vezes economicamente mais valorizadas tais como, a geração de energia, mineração, uso da água para agricultura e indústrias, navegação, turismo, aquicultura e pesca esportiva. O conjunto destes fatores afeta diretamente os estoques pesqueiros que são limitados e vulneráveis (Mendonça et al., 2018). Neste contexto, são inevitáveis os conflitos entre as partes pela contínua perda de recursos naturais, pelo controle ao acesso dos recursos assim como para uso da água e pela salvaguarda dos ambientes (Fundação Renova, s/d). Vale apontar que o rio Doce integra uma bacia hidrográfica altamente degradada (despejos inadequados advindos da mineração e demais indústrias da região, uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras etc.) e pela quase inexistência de sistema de tratamento de esgotos, destacando-se ainda, o assoreamento como um dos sérios problemas dessa bacia, especialmente em suas regiões mais baixas, as quais recebem elevada carga de sedimentos provenientes de diferentes atividades antropogênicas das áreas a montante do rio, especialmente do Médio Rio Doce (Pirh, 2010; Viana, 2016).

No estado de Minas Gerais a pesca continental é praticada, basicamente, em corpos de águas correntes e áreas represadas (represas) e em alguns lagos de várzea nos trechos mediano e baixo da bacia. Em relação às modalidades de pesca, a atividade pesqueira no estado é caracterizada pela prática da pesca comercial (artesanal profissional), de subsistência e amadora/esportiva, não havendo uma pesca de natureza industrial em rios e reservatórios do estado (Vieira et al., 2009; Marques et al., 2013). A pesca de subsistência é permitida em toda a extensão do rio Doce, enquanto a pesca profissional é proibida no trecho compreendido entre a foz do córrego Mumbaça até a confluência com o rio Piracicaba e no rio Piracicaba no trecho compreendido entre a foz do córrego do Limoeiro até a confluência com o rio Doce (Portaria IEF nº 109/2007). Vale apontar que a pesca amadora se relaciona com a cadeia do turismo praticada com finalidade de lazer ou desporto, com equipamentos ou petrechos previstos em legislação específica, sem fins comerciais (Decreto nº 8.425/2008⁶¹) (Hanazaki et al., 2007). No interior da UC a pesca amadora é a única atividade de pesca permitida e está limitada a área da lagoa Dom Helvécio sendo destinada exclusivamente à captura de espécies exóticas (IEF, 2002). A prática de pesca amadora de espécies exóticas foi liberada como uma medida de manejo pesqueiro, visando a captura de tais espécies e, conseqüentemente, a redução dos impactos de tais espécies nos recursos pesqueiros nativos. Adicionalmente, identifica-se no estado a presença de práticas de aquicultura (piscicultura), especialmente representada pela produção de tilápia em tanques-rede (Camargo e Pouey, 2005).

Em Minas Gerais, cultivo de pescado começou na década de 1980, nos reservatórios das hidrelétricas e entre os anos de 2014 e 2018 teve um aumento significativo (Kubtiza, 2003; Vidal e Ximenes, 2019). Dados recentes do IBGE (2020), registram a produção total de 34.039 kg de tilápia produzidos em tanques escavados em diversos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Além da produção de tilápia, são

⁶¹ <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2015/decreto-8425-31-marco-2015-780439-publicacaooriginal-146586-pe.html>

identificados pelo IBGE em MG os cultivos de tambaqui, tambacu e matrinxã, em menor escala.

Dados de produção pesqueira desagregados, ou seja, produção/por espécie-alvo desembarcada, foram registrados no Brasil até o ano 2007, quando o monitoramento da pesca era realizado pelo IBAMA. Após este período, os relatórios passaram a ser publicados pelo MPA e apresentam apenas a produção total desembarcada por estado, sem informar dados desagregados por espécie/estado. No caso da pesca em Minas Gerais, os dados desagregados anteriormente publicados pelo IBAMA em 2007, mostram que no período entre 2001 e 2007, espécies não nativas (exóticas e alóctones) compunham 30% do total desembarcado para MG (Fundação Renova, s/d).

As espécies exóticas foram sendo introduzidas no ambiente pela aquicultura e repovoamento e aumentaram em quantidade conforme a implantação de Usinas Hidrelétricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). O forte impacto da construção de barragens sobre as espécies nativas e consequentemente sobre a pesca das mesmas acarretou a necessidade de introduções de espécies exóticas nos reservatórios, de maneira que tais espécies acabaram por suplantam as nativas como os principais alvos da atividade dos pescadores da bacia (Vieira, 2010). A introdução de espécies não nativas, somado a outros impactos como, por exemplo, desmatamento, mineração, transformação do uso do solo, poluição da água, etc, tem comprometido a capacidade de renovação e limitado a distribuição das espécies na bacia do rio Doce, resultando, inclusive, em desaparecimentos de importantes espécies comerciais como os grandes migradores, com perdas econômicas consideráveis para a atividade pesqueira (Organon, 2015).

As informações descritivas sobre aspectos socioeconômicos da pesca e monitoramento da produção pesqueira nos municípios diretamente ligados ao PERD e seu entorno revelam uma geral escassez de informações (Latini, 2001; Vieira et al., 2009; Pirh, 2010; Marques et al., 2013; Organon, 2015; Fundação Renova, s/d). Tal realidade foi endossada na pesquisa bibliográfica e revisão de dados secundários elaborada no presente estudo.

Contudo, identificou-se que existem algumas informações disponíveis em documentos e na legislação pesqueira, que remontam ao exercício da atividade pesqueira e aos petrechos utilizados pelos pescadores. Tais referências são apresentadas a seguir para caracterizar a linha de base da atividade pesqueira.

Inicialmente, destaca-se que de acordo com o Sistema de Registro Geral da Pesca nacional, o SisRGP, em outubro de 2015 havia 2.997 pescadores registrados em 54 dos 226 municípios da bacia do rio Doce. Desta forma, 172 municípios não apresentavam pescadores profissionais registrados. Os pescadores cadastrados estavam concentrados principalmente em municípios do médio e baixo Rio Doce, a jusante de Governador Valadares (Viana, 2016).

Dentre os municípios que compõem área do PERD e seu entorno, informações do IBAMA (2015) sobre acesso ao SisRGP feito em 4/11/2015, identificaram um total de 12 profissionais da pesca: os municípios de Dionísio, Marliéria e Timóteo não registravam pescadores artesanais profissionais. Em relação ao entorno do PERD, os municípios de Córrego Novo, Pingo d'Água, Raul Soares, Santana do Paraíso, não tinham pescadores registrados, Bom Jesus do Galho e Caratinga registravam 1 pescador por município e Ipatinga, registrava 10 pescadores.

Apesar destas informações advindas de acessos feitos ao SisRGP validarem de antemão a existência de pescadores profissionais atuantes no rio Doce, sabe-se das limitações desta fonte, especialmente porque este número reflete apenas a pesca profissional, ficando de fora do registro a pesca de subsistência e a pesca amadora (Fundação Renova, s.d). Portanto, mesmo diante da relevância do SisRGP como fonte oficial do cadastro de pescadores em exercício no Brasil, quando se considera a pesca de subsistência e o relativo isolamento de diversas comunidades pesqueiras dos centros urbanos, abre-se um claro indicativo de que o número de pescadores atuantes no rio Doce e no entorno do PERD seja ainda maior.

De acordo análises feitas pela Organon (2015) com dados dos cadastros do SisRGP de 2015, a pesca profissional na porção mineira da Bacia Hidrográfica do rio Doce é totalmente artesanal se utilizando de rios (93% dos pescadores), lagos (5%) e açudes (2%) para o desenvolvimento da atividade, sendo realizada exclusivamente na parte continental e exclusivamente de peixes como único recurso pesqueiro. A pesca embarcada é realizada por cerca de 51,2% dos pescadores e a pesca desembarcada por cerca de 48,8%. Dentre os petrechos citados como utilizados pelos pescadores, os mais frequentes foram: linha de mão (29,82%); redes (24,62%); molinete (11,88%) e tarrafa (11,31%), entre outros petrechos citados por menos de 10% dos pescadores⁶². As normas de uso dos petrechos de pesca na região são destacadas em legislação datada de 2008, (IN Ibama nº 196/2008), versando sobre o exercício da pesca desembarcada com o uso de pesca linha de mão, caniço, vara com molinete ou carretilha.

Vale destacar que nos municípios de entorno do PERD, apesar de não constarem pescadores cadastrados no SisRGP consultado pelo IBAMA em 2015, os dados do cadastro integrado de pescadores autodeclarados da Fundação Renova mostraram a predominância da pesca embarcada nos municípios de Dionísio, Bom Jesus do Galho Coronel Fabriciano. Para os outros municípios de entorno do PERD não existem dados advindos desta fonte, o que se evidencia uma lacuna de informação para a área foco desse estudo.

As informações sobre os dados de produção pesqueira para a área de entorno do PERD são limitadas na literatura disponível. Portanto, neste estudo a produção da pesca continental pôde ser relatada no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Doce como um todo. Para Viana (2016), devido à conectividade entre os ambientes de rios e lagoas da bacia e o fluxo de espécies ao longo deste sistema, especialmente em períodos de migração reprodutiva, a bacia hidrográfica *strictu sensu* se apresenta como um recorte natural para caracterizar a atividade pesqueira, bem como avaliar posteriormente os potenciais impactos e as ações necessárias para a mitigação.

De forma geral os recursos pesqueiros encontrados no rio Doce são de médio e grande portes na calha principal e nos grandes afluentes. Nos riachos da bacia há predominância de espécies de pequeno porte. Grande parte das espécies são migradoras, ou seja, utilizam a calha do rio para deslocamentos reprodutivos, alimentares e desenvolvimento (INSTITUTOS LACTEC, 2017). Os estudos de Teixeira (2007) e Oliveira (2011) registram espécies como o pacumã, cascudo, curimba, traíra, piau branco e piau vermelho, dourado, tilápia, robalo, tainha, curvina, mandi, piranha vermelha, bagre africano, lambarí, sarapó, tucunaré, lagosta (lagostim) e camarões em toda a extensão da bacia do rio Doce.

Para Vieira (2010), existem cerca de 80 espécies nativas em ambientes de água doce da bacia do rio Doce, sendo 13 destas endêmicas, ou seja, só existem no rio Doce, e cerca de 30 espécies introduzidas na bacia. Contudo, Sarmento-Soares et al., (2017), após uma revisão da ictiofauna da bacia em coleções zoológicas, apontam que tais informações podem estar amplamente subestimadas e que o número real de peixes na região como um todo pode chegar a 400 espécies.

Para a área do PERD, o Plano de Manejo destaca que no período entre 1994 e 1997, o tucunaré, seguido pela piranha, traíra e apaiari foram as quatro espécies mais capturadas na Lagoa Dom Helvécio (IEF, 2002). A lagoa é a única área da UC na qual a pesca é permitida e somente para a categoria de pesca amadora.

Nesse caso, a prática de pesca amadora de espécies exóticas foi liberada como uma medida de manejo pesqueiro, visando a captura de tais espécies e, conseqüentemente, a redução dos impactos de tais espécies nos recursos pesqueiros nativos. Desde 1994, é realizado o acompanhamento desta medida por estudos de monitoramento pesqueiro, por meio da captura por unidade de esforço para cada espécie capturada na lagoa.

⁶² Tais informações constam dos resultados da primeira campanha do cadastro integrado da Fundação Renova que investigou a atividade pesqueira na Bacia do Rio Doce através de entrevistas com pescadores auto declarados entre os anos de 2016 e 2017.

No período entre 1994 e 1997, por exemplo, os estudos registraram um total de 10 espécies diferentes, sendo que das quatro espécies mais capturadas, três são espécies introduzidas (tucunaré, piranha e apari) e estão próximas de seus respectivos limites máximos de captura, o que indicou que, no caso da pesca amadora, a medida de manejo implementada ainda não é suficiente para o controle das espécies introduzidas (IEF, 2002).

O Plano de Manejo da UC também destaca as práticas de pesca ilegal dentro do Parque como um uso conflitante que afeta a UC e seu entorno. De acordo com o documento, antes da criação do Parque ⁶³ as pessoas utilizavam a área como colônia de férias, onde ficavam 15 dias dentro da mata para pescar e caçar. O documento evidencia, ainda, que a proibição da pesca é entendida por algumas comunidades do entorno como uma restrição de uso imposta pelo Parque, com a qual elas não concordam.

Destaca-se, por exemplo, que as comunidades de Celeste e Baixa Verde, que mantêm uma relação mais intensa com o PERD, são responsáveis pelo maior número de infrações de pesca, seguida por Cava Grande, Macuco e Licuri. Em Alphaville, a maioria da população discorda da proibição da pesca, argumentando que esta é uma atividade de lazer importante, que pode contribuir para melhorar a qualidade da alimentação das pessoas (IEF, 2002). Outros argumentos utilizados pelas comunidades que se manifestaram contra a proibição da pesca nas lagoas do Parque foram: (i) as restrições deveriam limitar-se ao período de desova; (ii) as restrições deveriam variar conforme o tipo de equipamento utilizado na pesca, devendo ser liberada a pesca com anzol; (iii) em decorrência da distância e dos problemas em relação ao acesso à Lagoa Dom Helvécio, outras lagoas mais próximas de Timóteo deveriam ser abertas à pesca. Estas informações endossam a importância da atividade pesqueira para as comunidades que vivem no entorno do PERD.

Sobre a atividade pesqueira no PERD e entorno, as informações advindas dos órgãos públicos de gestão da pesca, como o cadastro de pescadores profissionais do SisRGP, a Portaria IEF nº 109/2007 e demais normativas que regulamentam uso de petrechos e períodos de defeso, bem como dados disponibilizados pelo Plano de Manejo do PERD e pelo cadastro integrado de pescadores auto declarados da Fundação Renova, possibilitaram remontar aspectos da atividade pesqueira na área de estudo para traçar a linha de base e, mais que isto, indicaram sua importância para as comunidades do médio rio Doce.

4.4. Lacunas de informação sobre as condições da UC e da área de entorno

A seguir são destacadas as principais lacunas de informação relacionadas à linha de base.

Hidrogeologia

Na linha de base, as informações de águas subterrâneas da área de estudo consistiram em análises de mapa de unidades hidrogeológicas 1:1000.000 e dados cadastrais do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas-SIAGAS/CPRM, de poços instalados em período pré-desastre (15/11/2015). Como lacunas de conhecimento destacam-se a falta de mapas hidrogeológicos em escala compatível com a área de estudo (1:100.000 ou 1:250.000) e a ausência de dados completos dos poços cadastrados, sobretudo o perfil geológico-constutivo e as análises químicas.

Limnologia e Qualidade da água

⁶³ Decreto-Lei nº 1.119/1944: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/riodoce/decreto1119.pdf>

Não foram identificados estudos com dados históricos sobre a qualidade da água e, mais amplamente, à limnologia dos tributários ao rio Doce e ao rio Piracicaba que drenam o PERD. Da mesma forma, muito embora haja uma rica tradição de pesquisa limnológica no PERD, não encontramos dados históricos publicados sobre a limnologia e à qualidade da água nos lagos nos terrenos mais baixos e próximos ao rio Doce e, portanto, mais vulneráveis à inundação em seus ciclos de cheia.

Pedologia

Na linha de base, buscou-se uma caracterização geoquímica dos solos pré-desastre com base nos estudos regionais de FEAM (2013) e Souza *et al.* (2015). No entanto verificou-se que as informações são generalizadas para as classes de solos do Estado de Minas Gerais e não condizentes com a escala de detalhe necessária.

Geomorfologia fluvial e hidrossedimentologia

Para a linha de base, no que se refere aos estudos de hidrossedimentologia, encontram-se disponíveis séries temporais de dados fluviométricos e sedimentométricos em duas estações de particular interesse para o PERD, ambas operadas pela CPRM:

- Estação Cachoeira dos Óculos (estação 56539000), localizada no rio Doce, logo à montante da fronteira leste do PERD, com séries de dados fluviométricos e de concentração de sedimentos em suspensão a partir de 1974;
- Estação Mário de Carvalho (56696000), localizada no rio Piranga, na fronteira norte do PERD, com séries de dados fluviométricos e de concentração de sedimentos em suspensão a partir de 1986.

Além dessas estações, há uma estação fluviométrica localizada no rio Doce, a jusante da confluência com o rio Piracicaba, a estação Belo Oriente (56719998), que foi utilizada sobretudo nos estudos de diagnóstico aqui desenvolvidos sobre o período posterior à ruptura da barragem de Fundão.

Dados da rede de estações climatológicas operada na bacia do rio Doce pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram utilizados para a caracterização do clima da bacia, com ênfase na região de localização do PERD e em análises das séries temporais de precipitação.

As principais lacunas de conhecimento, no que se refere aos estudos sedimentométricos, para a etapa de formulação da linha de base são:

- Não há monitoramento de sedimentos de fundo em nenhuma das estações de monitoramento fluviométrico e sedimentométrico,
- Não há análises de composição físico-química dos sedimentos em suspensão e de fundo, não sendo possível estabelecer uma linha de base para comparação dessas variáveis com o período pós-ruptura.

No que tange à geomorfologia fluvial, as principais lacunas referem-se à resolução dos mapas topográficos e à ausência de levantamentos topobatimétricos da calha do rio Doce ao longo da UC e da ZA. Com isso, não há informações relevantes e com a devida precisão sobre a geometria da calha principal do rio Doce e de sua planície fluvial, a geometria dos vários controles hidráulicos ao longo do rio Doce nesse trecho (afloramentos de rocha, corredeiras, estreitamentos), a geometria das confluências com cursos d'água que

drenam o PERD e a ZA, o perfil longitudinal do rio Doce.

Em face disso, as análises sobre a geomorfologia fluvial para caracterizar a geomorfologia fluvial na área de estudos basearam-se na revisão de literatura, na análise de mapas (mapas hipsométrico, de declividades, de unidades geomorfológicas), na análise de imagens de satélite disponibilizadas pelo programa Google Earth, bem como na análise de perfis transversais do rio Doce na seção de medição a estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos. Complementaram essa análise, os estudos hidrológicos desenvolvidos para a linha de base, notadamente as curvas de permanência de vazões e a análise de frequência de eventos extremos de vazão que permitiram estimar a vazão de margens plenas e sua frequência de ocorrência, igualmente para a estação Cachoeira dos Óculos

Patrimônio Cultural e Arqueológico

São diminutas as informações sobre o patrimônio cultural (material e imaterial) nos municípios da região estudada. Todos os tombamentos identificados ocorreram no âmbito municipal, não havendo qualquer procedimento do IPHAN ou do IEPHA. A carência de pesquisas abrange principalmente os municípios de Dionísio, Marliéria, Córrego Novo e Pingo-D'Água.

Comunidades tradicionais, Quilombolas e Indígenas

Os resultados das pesquisas sobre comunidades tradicionais presentes na área de estudo foram insuficientes para se traçar panorama preciso sobre as relações entre as comunidades ali localizadas e o Parque Estadual do Rio Doce. Sabe-se que o estado de Minas Gerais abriga enorme diversidade étnica e cultural, responsável por inúmeras manifestações religiosas, laborais, lúdicas, entre outras. Para a compreensão dos vínculos das comunidades vizinhas com o PERD é de fundamental importância o conhecimento das visões de mundo que orientam seus atos, o universo simbólico, os modos de fazer, de se organizar e todo o universo cultural a eles associados. A percepção que os grupos sociais locais têm do território em que vivem contribui para um estudo também considerado importante para a compreensão da relação que se estabelece com o PERD: a oferta de serviços ecossistêmicos. Considerando que essas comunidades são potencialmente beneficiárias de uma série de serviços prestados pelo Parque, recomenda-se a realização de estudo com essa temática.

Lazer e Turismo

Informações sobre as práticas de lazer dos bairros fronteiriços ao setor norte do PERD, notadamente na calha do rio Piracicaba, que é o limite norte do Parque. Infere-se que, embora o rio tenha certa poluição, ele pode ser usado para esportes náuticos em seu leito, e, ranchos de pesca podem exercer função de sociabilidade entre os moradores dessas cidades industriais ao norte, com fuga de seu cotidiano de trabalho com ligação à natureza que o rio e a paisagem da margem direita do rio Piracicaba podem proporcionar;

Informações sobre as práticas de uso público no interior do PERD, em seu setor sul, no município de Marliéria, verificando se tais práticas estão associadas ao entendimento do lazer e turismo em seu caráter cultural contraditório, e não apenas como elemento de valorização da natureza (biocêntrica) numa abordagem de ensino formal aos visitantes, embora para escolares essa abordagem seja oportuna;

Informações sobre as empresas e associações voltadas ao turismo e entretenimento nos municípios de Dionísio, Marliéria e Timóteo (entorno oeste do PERD), avaliando se práticas de inclusão social são desenvolvidas.

Informações sobre as práticas de lazer na margem direita e na calha do rio Doce, em toda sua extensão de face leste do PERD, junto às empresas de silvicultura. Trata-se de verificar informações sobre o uso de lazer do rio pelos funcionários dessas empresas e demais habitantes dos municípios dessa face leste. Este é setor de maiores impactos diretos do rompimento da barragem e da chegada da lama de rejeito e no qual não há informações sobre as práticas de lazer e turismo. Considerando, é claro, que estes municípios não têm apelo para o turismo.

Informações sobre conflitos entre populações locais (tradicionais ou não) e turistas/veranistas no entorno imediato do PERD.

Pesca

Identificou-se lacunas de informações referentes à pesca e aos pescadores no rio Doce, em seus afluentes e nas diversas lagoas existentes no entorno do PERD. Conforme afirmaram Vieira et al. (2009), não existe um sistema de monitoramento (acompanhamentos rotineiros organizados e temporalmente definidos) sobre a atividade pesqueira para o estado de Minas Gerais e os registros, de caráter temporário e pouco abrangentes, estão usualmente limitados a estudos de impacto ambiental para licenciamento de empreendimentos hidrelétricos de difícil acesso.

Na região do PERD e entorno não foi localizado um número significativo de trabalhos voltados à descrição socioeconômica da pesca para elaboração da linha de base. Tal fato está destacado em diferentes estudos disponíveis (Latini, 2001; Vieira et al., 2009; Pirh, 2010; Marques et al., 2013; Organon, 2015). Ou seja, no período antecedente ao rompimento da Barragem de Fundão, a pesca recebeu escassa atenção (Fundação Renova, s/d).

Considerando a pouca informação existente e disponível sobre a atividade pesqueira continental no médio rio Doce relacionada aos pontos de descarga do pescado, petrechos de pesca, produção pesqueira desembarcada, esforço de pesca, espécies-alvo, municípios de abrangência, número de comunidades pesqueiras, subsistência e consumo de pescado, comercialização, entre outros aspectos, a reconstrução do quadro da atividade pesqueira na bacia do rio Doce não é simples. A ausência de registros organizados sobre a produção da atividade, portanto, limitou uma avaliação confiável sobre a pesca e as condições dos pescadores no contexto do estudo de linha de base do meio socioeconômico.

5. ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO E CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO

5.1. Descrição do rompimento e da dispersão da lama

A Samarco é uma *joint venture*, de propriedade das empresas Vale e BHP, que atua no segmento da mineração de ferro desde 1977. A empresa tem sede em Belo Horizonte (MG) e duas unidades operacionais, sendo uma delas a Mina de Germano, em Bento Rodrigues, Mariana, Minas Gerais, e a outra é a unidade de Ubu, no município de Anchieta, no Espírito Santo (Samarco, 2021).

A Figura 41 abaixo pode ser utilizada para auxiliar no entendimento da dimensão da unidade industrial da Samarco em Bento Rodrigues. O denominado “Complexo da Alegria” composto por duas minas (Germano e Alegria), duas barragens de rejeito (Fundão e Germano), uma barragem de contenção (Santarém) e a usina de concentração de minério (Passos, 2017).

Figura 41. Localização do Complexo da Alegria com relação ao subdistrito Bento Rodrigues antes do rompimento da barragem do Fundão. Fonte: Passos, 2017.



A ruptura da barragem de Fundão ensejou um conjunto de ações de monitoramento emergencial empreendidas pela ANA/CPRN, o IGAM e o IEMA, de visitas técnicas e estudos preliminares por pesquisadores (SAADI e CAMPOS, 2015; FELIPPE et al, 2016) e técnicos (e.g.: GOLDER ASSOCIATES, 2016) e de ações emergenciais, em particular buscando remediar os impactos imediatos sobre o abastecimento de água urbano e rural.

A CPRM realizou um monitoramento emergencial no rio Doce, entre as estações de monitoramento hidrológico Cachoeira dos Óculos e Povoação, junto à foz do rio Doce no oceano Atlântico (CPRM, 2015-a, 2015-b, 2016-a, 2016-b). Essas campanhas enfocaram o acompanhamento da passagem da onda de cheia resultante da ruptura por intermédio de leituras de nível de régua, de medições de vazões (descargas líquidas), de levantamento do perfil de linha d'água, de monitoramento de parâmetros de qualidade de água (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura e turbidez) e coleta de amostras de água para análises geoquímicas em laboratório, como a curva granulométrica e a concentração de sedimentos.

Em razão do rompimento da barragem de rejeitos Fundão, no dia 05 de novembro de 2015, em um curto

espaço de tempo, cerca de 44 milhões de m³ de rejeito de minério de ferro foram liberados para a drenagem, dentre os quais “cerca de 18 milhões m³ foram carreados diretamente para a calha do rio Gualaxo do Norte e cerca de 16 milhões de m³ 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, a 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).

Cerca de 663 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 da UHE Risoleta Neves, também conhecida como Candonga. A partir da jusante dessa barragem foram sendo transportados pelo escoamento de rejeitos de granulometria mais fina, em grande parte como carga em suspensão (VERVLOET, 2016).

IBAMA (2016) estima em 7 milhões de m³ o volume dos rejeitos retidos no Reservatório da UHE Risoleta Neves. Essas estimativas variam conforme a metodologia de cálculo, sendo que Lactec (2020) estima em 9,9 milhões de m³ o volume armazenado na UHE, porém dentro da mesma ordem de grandeza.

Lactec (2019) forneceu estimativas dos volumes de rejeitos que permaneceram retidos na barragem de Fundão assim como os volumes de rejeitos que se depositaram nas calhas e planícies fluviais dos rios Gualaxo do Norte e do Carmo, no trânsito entre Fundão e a UHE Risoleta Neves, nesta UHE e nas UHE Baguari e Aimorés):

- Volume liberado imediatamente após a ruptura: 33,0 hm³
- Volume total liberado ao longo do tempo: 44,1 hm³
- Entre Fundão e Santarém: 5,81 hm³
- Volume intracalha entre Santarém e UHE Risoleta Neves: 2,9 hm³
- Volume extracalha entre Santarém e UHE Risoleta Neves: 10,75 hm³
- Volume retido na UHE Risoleta Neves: 9,9 hm³
- Volume retido na UHE Baguari: 3,56 hm³
- Volume retido na UHE Aimorés: 3,35 hm³

Segundo Lactec (2020), na UHE Mascarenhas o trânsito da onda de cheia e dos rejeitos levou à erosão dos sedimentos previamente aí depositados, uma vez que o reservatório já estava assoreado.

O volume do rejeito e a energia de deslocamento do fluxo ejetado na bacia causaram alterações na morfologia e dinâmica hidrossedimentológica do sistema fluvial, notadamente nos cursos d'água Gualaxo do Norte e Carmo. 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 da UHE Risoleta Neves (também chamada de barragem de Candonga) o fluxo de rejeito se

comportou como fluido de detritos. Porém, desse trecho em direção à foz do rio Doce o transporte foi sobretudo de sedimentos mais finos (e.g. silte e argila) na coluna d'água (CPRM/ANA, 2015a; 2015b. Vervloet, 2016).

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

Sob a perspectiva do diagnóstico de alterações pós-desastre sobre a morfologia fluvial no trecho concernido pelo PERD, o monitoramento realizado pela CPRM nas estações Cachoeira dos Óculos, a montante, e Belo Oriente, a jusante, é relevante por acompanhar o trânsito da onda de cheia que se caracteriza por ser de curta duração, com tempo de base de 26 horas, entre 06/11/2015 às 22:00h e 07/11/2015 às 24:00h, em Cachoeira dos Óculos, e vazão máxima de 810 m³/s na manhã do dia 07/11.

A passagem da massa de água com maior concentração de rejeitos da barragem de Fundão, identificada pelas medições de turbidez, ocorre algumas horas após a ocorrência da vazão máxima da cheia, com pico em 822.000 NTU às 14:00h do dia 07/11. A cota da régua, nesse horário, estava a 285 cm, quando próximo ao pico da cheia, por volta de 8:00h do mesmo dia, superou 550 cm. Essa defasagem entre os trânsitos das ondas de cheia e das maiores concentrações de sedimentos acentua-se para os trechos bem mais a jusante; a título de exemplo, em Governador Valadares, a diferença horária entre os valores máximos das duas variáveis é de cerca de 24h. Esse é um efeito das características morfológicas da calha do rio Doce, de jusante para montante, acentuando os efeitos de amortecimento de cheia e de deposição de frações do rejeitos de maior granulometria.

Em Belo Oriente, o pico da cheia ocorre por volta de 7:30 h do dia 08/11/2015, com vazão igualmente estimada em 810 m³/s, sendo que o pico de turbidez, em 446.000 NTU, ocorre às 9:00h do mesmo dia. Entre Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, o rio Doce recebe as águas do rio Piracicaba, além de outros pequenos afluentes, uma das razões da redução de turbidez entre as duas estações no rio Doce.

Considerando-se a vazão de sessão plena em Cachoeira dos Óculos, aqui estimada em 1.000 m³/s, a onda de cheia decorrente da ruptura da barragem de Fundão não resulta em extravasamento do escoamento para a planície de inundação nesse trecho e não sugere que possua energia suficiente para produzir significativas alterações morfológicas, como observadas nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo. Relatos da CPRM como resultado do monitoramento emergencial realizado em novembro e dezembro de 2015 (CPRM, 2015-a), resultados de simulação da propagação da onda de cheia resultante da ruptura da barragem de Fundão ao longo do rio Doce, entre a barragem da UHE Risoleta Neves e a foz do rio Doce, com o emprego do modelo HEC-RAS realizadas por Lactec (2020) e, posteriormente, por HidroBR (2021), assim como estimativas baseadas em análise morfológica da calha do rio Doce e de séries temporais de vazão monitoradas em Cachoeira dos Óculos (e.g.: GOLDER, 2021, RHAMA, 2020) corroboram essa afirmativa.

Por outro lado, estimativas de volumes de rejeitos depositados intracalha, entre as estações de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, por CPRM (2015-a) e Palu e Julien (2019) situam-se entre 3,1 e 1,8 hm³, respectivamente. A possibilidade de deposição de rejeitos intracalha nos trechos a jusante da UHE Risoleta Neves é bem enfatizada e discutida em Golder (2021) e pode conduzir a alterações de morfologia fluvial, em trechos da calha, não identificáveis por meio de imagens de satélite ou levantamentos com técnicas como o LiDAR, exceto depósitos em barras e ilhas fluviais e junto às margens, na calha principal do rio. Em cheias de tempos de retorno superiores aos da vazão de margens plenas, parte desses depósitos de rejeitos podem

ser deslocados para a planície de inundações.

Os anos subsequentes à ruptura da barragem de Fundão foram secos, com poucas ocorrências de cheias de maior magnitude. O maior pico de cheia da série temporal observada em Cachoeira dos Óculos data de 27/01/2020, com tempo de retorno aqui estimado em cerca de 10 anos. Os itens 6.1.3 e 6.1.4 do presente relatório trazem uma análise detalhada dos temas aqui mencionados.

5.2. Caracterização físico-química do rejeito da barragem de Fundão

As características físico-químicas do rejeito oriundo da barragem de Fundão são pertinentes à compreensão dos contaminantes que ingressaram na rede hidrográfica da bacia do rio Doce e visam dar subsídios aos estudos ambientais e sociais decorrentes. Os trabalhos de Lactec (MPF, 2018 e 2020) foram sistemáticos na caracterização físico-química dos rejeitos pós-rompimento. Neles foram analisados os rejeitos de mineração da barragem de Germano, área não afetada pelo desastre (Golder, 2016 apud MPF, 2020), rejeitos remanescentes nas barragens de Fundão e Santarém e os rejeitos depositados nas margens fluviais, no trecho compreendido entre a barragem de Santarém e a UHE Risoleta Neves.

Os estudos envolveram análises físicas, composição mineralógica, análises químicas e análises de resíduos sólidos, de amostras coletadas em cinco campanhas, efetuadas de julho de 2017 a maio de 2019. Os resultados das análises químicas foram comparados aos valores orientadores para solo da Resolução CONAMA no 420/2009, valores de referência para a qualidade dos solos da bacia do rio Doce proposto por Guevara et al. (2018), valores orientadores para solos da Deliberação Normativa COPAM no 166/2011 e classificação dos resíduos sólidos conforme norma ABNT NBR 10.004/2004.

A caracterização físico-químicas a seguir, aborda os principais resultados obtidos em MPF (2020), enfocando os rejeitos remanescentes de Fundão e Santarém (n=27) e os depositados nas margens fluviais dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até a UHE Risoleta Neves (n=16).

Os rejeitos das barragens de Fundão e Santarém foram caracterizados como uma mistura de material argiloso e arenoso, com predomínio de siltes (diâmetro médios de 0,003 a 0,1 mm), medianamente plástico (IP=11), massa específica dos grãos de 3,11 g/cm³, e massa específica natural de 1,94 g/cm³ e pH na faixa entre 7 e 9.

Conforme os resultados de difratometria de raio x (DRX), mineralogicamente há ocorrência de quartzo, hematita, goethita, birnessite e muscovita e pontualmente magnetita (óxido de ferro) e greenalite (serpentina rica em ferro).

A composição química elementar realizada por fluorescência de raio x (FRX) indica predominância na forma de óxidos principais de ferro, silício e alumínio e em menores teores, potássio, fósforo, titânio, sódio, magnésio, manganês e cálcio. Dentre os elementos analisados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), foi verificada a ocorrência de arsênio, bário, chumbo, cobalto, cobre, cromo, níquel, vanádio e zinco, em diferentes proporções entre as amostras.

Quanto aos elementos analisados por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), considerado de maior precisão, foram detectadas concentrações de predominantes de ferro, alumínio e manganês, além de arsênio, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, chumbo, zinco, níquel, prata, bário, cobalto, antimônio, selênio e estanho. Os resultados indicam concentrações médias de cromo acima dos valores orientares de CONAMA no 420/2009 e também manganês, cobalto (apenas barragem de Fundão), antimônio e selênio acima dos valores de referência proposto por GUEVARA et al. (2018).

Dentre os compostos orgânicos analisados, apenas fenol, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol, tolueno, etilbenzeno e TPH tem concentrações acima do limite de quantificação do laboratório. Na 2ª campanha realizada nas barragens de Fundão e Santarém, parte das amostras apresentou concentrações de fenol e 2,4,5-triclorofenol acima valores orientadores para solo da Resolução CONAMA no 420/2009.

Frente à classificação da ABNT NBR 10.004/2004, os rejeitos das barragens de Fundão e Santarém foram categorizados como Classe IIA – não inertes ou Classe II B – Inertes. No entanto, destaca-se a presença de substâncias capazes de conferir periculosidade, tais como arsênio, antimônio, cromo, chumbo, níquel, bário, cádmio, selênio, mercúrio, prata e fenóis, listados no Anexo C na norma. Uma amostra da barragem de Fundão apresentou em massa bruta, concentrações de cromo hexavalente. O fenol inclui-se também no Anexo D na norma que lista substâncias agudamente tóxicas. O extrato lixiviado apresentou concentrações de bário, embora abaixo dos limites preconizados pelo Anexo F da norma. O extrato solubilizado apresentou concentrações de ferro, manganês e alumínio acima dos limites máximos constantes no anexo G da norma, além de bário, sódio e pontualmente cloreto e sulfato.

Já os rejeitos depositados nas margens fluviais no trecho entre a barragem de Santarém e a UHE Risoleta Neves, apresentam textura siltosa (diâmetros médios da ordem de 0,003 a 0,1 mm) e pontualmente areno argilosa, são não plásticos e não líquidos, tem massa específica dos grãos em torno de 2,98 g/cm³ e pH entre 6,2 e 8,1. Conforme os resultados de DRX, mineralogicamente há predomínio de quartzo, hematita, goethita, birnessite e muscovita.

Por ICP-OES, foi verificada a ocorrência, de arsênio, bário, chumbo, cobalto, cobre, cromo, níquel e zinco, em diferentes proporções entre as amostras. Todos os demais elementos, incluindo o vanádio, apresentaram concentrações inferiores aos limites de quantificação da técnica.

Quanto aos elementos analisados por CP-MS, foram detectadas concentrações de predominantes de ferro, alumínio e manganês, além de arsênio, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, chumbo, zinco, níquel, prata, bário, cobalto, antimônio, selênio e estanho. Apenas manganês teve concentrações médias acima valores de referência para a qualidade dos solos proposto por Guevara et al. (2018). Os resultados de análise de compostos orgânicos indicaram, valores inferiores aos limites de quantificação do laboratório, exceto para TPHs (faixa óleo diesel) e m, p-xilenos.

Na classificação da ABNT NBR 10.004/2004, os rejeitos depositados entre a barragem de Santarém e a UHE Risoleta Neves foram categorizados como Classe II B – Inerte e pontualmente como IIA – Não Inerte. As amostras coletadas em sondagem da UHE Risoleta Neves foram classificadas em maioria como IIA-Não Inerte. Cabe destacar a presença de substâncias capazes de conferir periculosidade, tais como arsênio, antimônio, cromo, chumbo, níquel, bário, cádmio, selênio, mercúrio, e prata, constantes no Anexo C na norma. O extrato lixiviado apresentou bário, clorofórmio e pontualmente na sondagem da UHE Risoleta Neves, cádmio e chumbo, com concentrações abaixo dos limites do Anexo F da norma. O extrato solubilizado apresentou concentrações de ferro, manganês e alumínio, acima dos limites máximos constantes no anexo G da norma, além de concentrações de bário, cloreto, sódio, sulfato e zinco. com concentrações abaixo dos limites preconizados.

Diante dos resultados obtidos, MPF (2020) associa a presença das concentrações de metais nos rejeitos analisados ao próprio beneficiamento do minério de ferro e ao background natural do Quadrilátero Ferrífero (QF). Num contexto geológico da porção leste do QF, a explicação da presença desses elementos no rejeito analisado envolve as contribuições vulcano-exalativas como fonte dos grandes depósitos de ferro, a presença de cromo, níquel, molibdênio e vanádio de contribuição mantélica (SELMÍ et al. 2009 apud MPF, 2020), o bário e outros metais alcalinos relacionados às atividades magmáticas de natureza alcalina ou a processos hidrotermais e o arsênio tendo como fonte as atividades minerárias de ouro, que associa-se a sulfetos como a arsenopirita (FeAsS) e a calcopirita (CuFeS₂), esfalerita (ZnS) e a galena (PbS).

Quanto as concentrações de fenol e fenóis clorados detectados nas análises das amostras de rejeito das barragens de Fundão e Santarém, MPF (2020) dá como hipótese o uso destas substâncias em reagentes orgânicos específicos nas etapas de floculação e dispersão do minério, conforme apontado nos trabalhos de CASTRO (2012) e RABELO (1994).

Por fim, dada a existência de elementos e substâncias potencialmente tóxicos no rejeito de mineração, especificamente em relação aos compostos fenólicos encontrados, o MPF (2020) reforça a necessidade de consideração destes parâmetros para a avaliação das demais matrizes, no contexto dos estudos ambientais desenvolvidos na área impactada.

6. DIAGNÓSTICO PÓS-ROMPIMENTO

6.1. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Físico

6.1.1. Aspectos Metodológicos

Os aspectos relacionados aos itens Clima, Geologia, Geomorfologia e Pedologia permanecem os mesmos descritos na linha de base como caracterização da Área de Estudo, uma vez que não foram identificadas informações aplicáveis ao diagnóstico das alterações pós-desastre.

Hidrogeologia

O diagnóstico na área de estudo foi feito a partir da compilação de dados secundários, informações científicas e acervos técnicos gerados no período pós-rompimento. Inclui-se a pesquisa no cadastro do SIAGAS/CPRM buscando poços tubulares instalados após novembro/2015 e/ou dados analíticos históricos que possam indicar alterações da qualidade ambiental em água subterrânea.

Geomorfologia fluvial, hidrossedimentologia e dinâmica fluvial

Os métodos empregados e as bases de dados (e.g.: imagens de satélite e dados fluviossedimentométricos) são, basicamente, os mesmos descritos e empregados para a construção da linha de base do presente estudo.

A literatura técnica e científica foi ampliada para incorporar documentos que enfocam o estado da área de estudo após a ruptura da barragem de Fundão, contemplando o período crítico da propagação da onda de cheia e da massa de água com maior concentração de sedimentos bem como os anos subsequentes. São exemplos, as ações de monitoramento emergencial empreendidas pela ANA/CPRN, o IGAM e o IEMA, visitas técnicas e estudos preliminares por pesquisadores (Saadi e Campos, 2015; Felipe et al, 2016) e técnicos (e.g.: Golder Associates, 2016).

As imagens históricas obtidas no Google Earth, logo após a ruptura da barragem de Fundão, datam de fevereiro de 2016. Não estão disponíveis imagens entre 05/11/2015 e 02/2016. Para o confronto dessas com imagens pré-evento, buscou-se selecionar aquelas que correspondem ao mesmo mês em anos anteriores de forma a comparar contextos semelhantes em termos de estação. Nesse caso, foram utilizadas imagens de fevereiro de 2014. Conforme relatado nos itens subsequentes, as imagens selecionadas retratam o rio Doce em cotas fluviométricas bem semelhantes, em 2013 e em 2016. A interpretação das imagens foi visual, selecionando-se escalas e definição que permitem a visualização de possíveis efeitos do trânsito da pluma de rejeitos.

Além dos resultados do monitoramento emergencial realizado pela CPRM (CPRM, 2015-a e b; CPRM, 2016-a e b), utilizaram-se, igualmente, os dados provenientes do monitoramento hidrológico da rede básica da ANA, na bacia do rio Doce operada pela CPRM, bem como dados de monitoramento produzidos pelo programa PMQQS.

Qualidade da Água

Para o diagnóstico dos efeitos da passagem da pluma de rejeitos da Barragem de Fundão na qualidade da água do entorno do Parque Estadual do rio Doce utilizamos os dados registrados pelas Estações de Monitoramento Fluviométrico de Mariéria (RD023) e Timóteo (RD034) do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) após 5 de novembro de 2015. Estes dados foram complementados com os dados de duas novas estações instaladas em agosto de 2017 pelo Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo

Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS) da Fundação Renova. A estação RDO04 (ANA 56338250) foi instalada em Bom Jesus do Galho cerca de 24 km (distância aérea) a jusante da estação RD023 (IGAM) no rio Doce. Já a estação RPC03 foi instalada em Timóteo cerca de 4 km (distância aérea) a montante da estação RD034 (IGAM) no rio Piracicaba. Ambas são estações de amostragem manual (em oposição a estações de registro automático e contínuo de dados do mesmo programa) e monitoram 61 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade de água. Do ponto de vista de frequência temporal, por ocasião do rompimento da Barragem de Fundão o IGAM manteve as amostragens trimestrais nas estações em tributários e intensificou as amostragens de parte dos parâmetros nas estações do rio Doce num 'Monitoramento Emergencial'. Este Monitoramento Emergencial incluiu amostragens diárias durante novembro de 2015 e amostragens mensais múltiplas (de 1 a 11) entre dezembro de 2015 e dezembro de 2017. A frequência de amostragem do PMQQS foi mensal.

Com base nos dados disponíveis, pôde-se avaliar a dinâmica de 4 parâmetros relacionados aos sólidos na água, 5 parâmetros básicos de qualidade de água, 26 elementos e íons (incluindo uma variedade de metais e metalóides, bem como as séries de nitrogênio e fósforo, importantes macronutrientes para produtores primários), 2 indicadores de contaminação microbiológica, 2 indicadores de contaminação orgânica e 3 parâmetros indicadores de biomassa do fitoplâncton.

A mesma base de dados foi usada para caracterizar a plausibilidade de uma contribuição da passagem da pluma de rejeitos para a qualidade da água do rio Piracicaba.

Os parâmetros de qualidade da água foram agrupados da maneira sugerida por 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 e/ou no restante da mesma estação chuvosa.
- Grupo III. Parâmetros com alteração persistente (continuada) ou recorrente (sazonal), isto é, com evidência de alteração logo após a chegada da pluma de rejeitos, e que persistiram ou voltaram a ocorrer nas estações seca e/ou chuvosa subsequentes.
- Grupo IV. Parâmetros para os quais há dados limitados.

Infelizmente, não foram encontradas publicações avaliando a qualidade da água dos tributários do rio Doce que drenam o PERD, ou do complexo de lagos do PERD.

6.1.2. Hidrogeologia

Na caracterização em Hidrogeologia foram selecionados estudos de água subterrânea elaborados após o evento de rompimento da barragem de Fundão. A compilação inclui resultados obtidos em áreas do entorno da UC, nos municípios mineiros de Belo Oriente (Torres et al., 2017) e Ipatinga (Oliveira e Galvão, 2019) e Ipaba (MPF, 2018).

Torres et al. (2017), apresentam um levantamento visando avaliar a contaminação por metais pesados na água utilizada por agricultores familiares, por meio de entrevistas e análises químicas em poços de três localidades. O local investigado mais próximo da área de estudo está em Belo Oriente - MG, distante cerca de 37 km a jusante do limite do PERD.

Na região foram coletadas 16 amostras de água, incluindo poços, rios e águas cedidas pela prefeitura ou SAMARCO. Os resultados analíticos de água subterrânea (água dos poços) amostradas em julho/2016, indicaram concentração acima dos padrões de referência (CONAMA no 396/2008) para Ferro e Manganês.

Estes mesmos parâmetros foram ultrapassados em análise de poços amostrados regiões mais a jusante da área de estudo (Governador Valadares-MG e Colatina-ES). Os registros fotográficos do estudo indicam a coleta em poços tipo cacimba, porém faltam dados de geolocalização e detalhes sobre o aquífero amostrado estar em aluvião ou em solo de alteração.

Os resultados do estudo são indicativos de que houve concentrações em água subterrânea dos metais Ferro e Manganês acima dos padrões de referência em algumas localidades do médio-baixo rio Doce, muito embora, a falta de monitoramentos pré rompimento (05/11/2015) impede estabelecer uma relação entre as concentrações obtidas e o impacto do rompimento da barragem.

Cabe ponderar que na linha de base de Hidrogeologia, foram identificadas concentrações de Ferro acima dos padrões de referência (CONAMA no 396/2008) em parte dos poços próximos ao rio Doce (Poços SIAGAS 3100007073, 3100022248, 3100022249, 3100022250), evidenciando uma possível abundância natural deste metal.

Oliveira e Galvão (2019) apresentam um estudo num aquífero aluvionar nas margens do rio Piracicaba, em Ipatinga-MG, local próximo ao limite oeste do PERD. Embora o rio Piracicaba não tenha sido diretamente afetado pela lama dos rejeitos, os resultados do estudo são indicativos da qualidade ambiental dos aquíferos aluvionares presentes na área de estudo.

No trabalho foi caracterizado um aquífero aluvionar raso (± 28 m), de caráter livre, elevados valores de transmissividade e poços bombeamento em altas vazões. Fica evidente nos Mapas potenciométricos a direção de fluxo no sentido rio-aquífero e a formação de cones de rebaixamento em poços em bombeamento. O estudo não conclui se o padrão de fluxo é integralmente gerado pelo bombeamento dos poços da área ou se há alguma contribuição do rio Piracicaba ao aquífero, como um “rio influente” que atua em sua recarga.

Com relação à qualidade das águas subterrâneas, as concentrações de Alumínio, Ferro e Manganês ultrapassaram os padrões de referência (CONAMA no 396/2008). A amostragem foi atribuída à Companhia de Saneamento de Minas Gerais-COPASA no segundo semestre de 2015, não sendo possível assim precisar se os resultados refletem a qualidade ambiental da água subterrânea no período pós rompimento da barragem.

O relatório elaborado pelo MPF (2018), traz resultados preliminares de diagnóstico de água subterrânea da bacia hidrográfica rio Doce. Dentre os poços monitorados em 2017 estão presentes três poços do Município de Ipaba-MG, cujos dados físico-químico indicam águas subterrâneas levemente ácidas (pH entre 6,75 e 9,92) e condutividades entre 137, 2 e 153,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Quatro poços presentes no mesmo município constam na linha de base, porém aparentemente não são coincidentes com os mencionados em MPF (2018). O monitoramento destes poços no primeiro trimestre de 2015 indica pH levemente alcalino (pH entre 7,1 e 7,8) e condutividades entre 138 e 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Constata-se assim que os dados comparativos disponíveis dos poços em Ipaba-MG ainda não são conclusivos sobre quaisquer mudanças de qualidade ambiental pós rompimento.

Segundo informações fornecidas pelo gestor do PERD, Sr. Vinicius Moreira do IEF, em entrevista realizada em 12 de abril de 2021, há poços de captação de água subterrânea na UC e próximo de seus limites (p/ex. Ponte Perdida), muito embora sem histórico de monitoramento analítico. Verifica-se que tais poços não constam em cadastros oficiais disponíveis (Siagas/CPRM).

O gestor também cita a presença de poços destinados a irrigação de culturas de subsistência no entorno da Zona de Amortecimento, mas desconhece se tenham algum tenha sido abandonado com a chegada da lama de rejeitos.

6.1.3. Geomorfologia fluvial

A ruptura da barragem de Fundão ensejou um conjunto de ações de monitoramento emergencial empreendidas pela ANA/CPRN, o IGAM e o IEMA, de visitas técnicas e estudos preliminares por pesquisadores (Saadi e Campos, 2015; Felipe et al, 2016) e técnicos (e.g.: Golder Associates, 2016) e de ações emergenciais, em particular buscando remediar os impactos imediatos sobre o abastecimento de água urbano e rural.

A CPRM realizou um monitoramento emergencial no rio Doce, entre as estações de monitoramento hidrológico Cachoeira dos Óculos, a montante do PERD, e Povoação, junto à foz do rio Doce no oceano Atlântico (CPRM, 2015a, 2015b, 2016a, 2016b). Essas campanhas enfocaram o acompanhamento da passagem da onda cheia resultante da ruptura por intermédio de leituras de nível de régua, de medições de vazões (descargas líquidas), de levantamento do perfil de linha d'água, de monitoramento de parâmetros de qualidade de água (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura e turbidez) e coleta de amostras de água para análises geoquímicas em laboratório, como a curva granulométrica e a concentração de sedimentos.

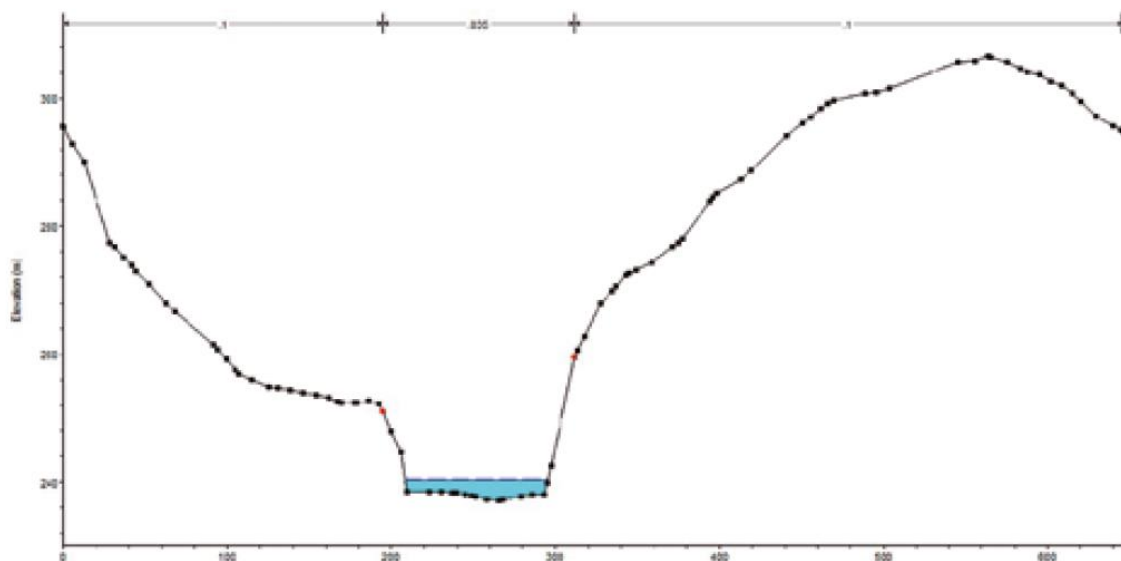
Sob a perspectiva do diagnóstico de alterações pós-desastre sobre a morfologia fluvial no trecho concernido pelo PERD, o monitoramento realizado pela CPRM nas estações Cachoeira dos Óculos, a montante, e Belo Oriente, a jusante, é relevante por acompanhar o trânsito da onda de cheia que se caracteriza por ser de curta duração, com tempo de base de 26 horas, entre 06/11/2015 às 22:00h e 07/11/2015 às 24:00h, em Cachoeira dos Óculos, e vazão máxima de 810 m³/s na manhã do dia 07/11.

A passagem da massa de água com maior concentração de rejeitos da barragem de Fundão, identificada pelas medições de turbidez, ocorre algumas horas após a ocorrência da vazão máxima da cheia, com pico em 822.000 NTU às 14:00h do dia 07/11. A cota da régua, nesse horário, estava a 285 cm, quando próximo ao pico da cheia, por volta de 8:00h do mesmo dia, superou 550 cm. Essa defasagem entre os trânsitos das ondas de cheia e das maiores concentrações de sedimentos acentua-se para os trechos bem mais a jusante; a título de exemplo, em Governador Valadares, a diferença horária entre os valores máximos das duas variáveis é de cerca de 24h.

Em Belo Oriente, o pico da cheia ocorre por volta de 7:30 h do dia 08/11/2015, com vazão igualmente estimada em 810 m³/s, sendo que o pico de turbidez, em 446.000 NTU, ocorre às 9:00h do mesmo dia. Entre Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, o rio Doce recebe as águas do rio Piracicaba, além de outros pequenos afluentes, uma das razões da redução de turbidez entre as duas estações no rio Doce.

Considerando-se a vazão de sessão plena em Cachoeira dos Óculos, aqui estimada em 1.000 m³/s, a onda de cheia decorrente da ruptura da barragem de Fundão não resulta em extravasamento do escoamento para a planície de inundação nesse trecho e não sugere que possua energia suficiente para produzir significativas alterações morfológicas, como observadas nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo. Relatos da CPRM como resultado do monitoramento emergencial realizado em novembro e dezembro de 2015 (CPRM, 2015-a) e resultados de simulação da propagação da onda de cheia resultante da ruptura da barragem de Fundão ao longo do rio Doce, entre a barragem da UHE Risoleta Neves e a foz do rio Doce, com o emprego do modelo HEC-RAS realizadas por Lactec (2020) corroboram essa afirmativa (Figura 42).

Figura 42. Seção transversal do rio Doce na estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos durante o trânsito da onda de cheia decorrente da ruptura da barragem de Fundão (Fonte: LACTEC, 2020)



Um volume de rejeitos considerável foi retido pelo Reservatório da UHE Risoleta Neves, resultando em que sobretudo frações mais finas do rejeito propagam-se para jusante, predominantemente em suspensão na massa líquida. IBAMA (2016) estima em 7 milhões de m³ o volume de rejeitos retidos no Reservatório da UHE Risoleta Neves. Essas estimativas variam um pouco conforme a metodologia de cálculo, sendo que Lactec (2020) estima em 9,9 milhões de m³ o volume armazenado na mesma UHE, porém dentro da mesma ordem de grandeza. Embora Felipe et al (2016) não reportem sobre o trecho do rio Doce nos limites do PERD, observações e coletas de amostras de água e de depósitos de sedimentos nas margens, realizadas em seu trecho logo a jusante da confluência com o rio Piracicaba, enfatizam a elevada turbidez nas águas do rio Doce (Figura 43) e registros de depósitos de rejeitos em barras aluvionares formadas nas margens do rio, conforme citação a seguir:

Os danos no curso d'água, por outro lado, foram sensíveis. Além da água com elevada turbidez e coloração avermelhada (já verificada desde o estado do Espírito Santo), foram encontrados depósitos dos rejeitos em barras laterais pré-existent no leito do rio Doce. Como nesse trecho a calha está em leito rochoso, há poucos depósitos aluviais, tendo sido encontradas apenas pequenas barras sedimentares longitudinais na margem esquerda, com menos de um metro de largura. Nessas barras, originalmente formadas por areia (de média a fina), encontramos aproximadamente 5cm de depósitos mal selecionados referentes a rejeitos de Fundão. Além de uma matriz fina, foi possível identificar hematita, quartzo e mica em granulometria areia. Sobre esse material, encontrou-se esparsos no depósito, manchas de coagulações ferruginosas relacionadas à oxidação do ferro solubilizado na água (com iridescência), formando o que a população local chamou de "óleo". Ressalta-se que análises laboratoriais ainda estão sendo realizadas e interpretações aqui descritas são macroscópicas e sensoriais (in loco) (FELIPE et al, 2016)

A despeito do predomínio de impactos físicos na calha principal do rio Doce, registros fotográficos em trechos não precisamente identificados do rio Doce, na região do PERD, mostram remoção de vegetação e mortandade de peixes (Figura 44). Não está claro na fotografia se as marcas de vegetação removida pela cheia, os peixes e depósitos de rejeitos, em primeiro plano, encontram-se em um trecho de margem ou sobre uma barra fluvial.

Figura 43. Rio Doce em Ipatinga (fonte: FELIPPE et al, 2016).



Figura 44. Rio Doce na área do PERD em 08/11/2015 (Fonte: ANA, 2016).



A mortandade de peixes ilustrada pela Figura 44 está certamente associada às elevadas concentrações de sedimentos na água e à drástica redução de concentração de oxigênio dissolvido. Entre Cachoeira dos Óculos e Governador Valares, esse parâmetro não é monitorado pelo monitoramento emergencial da CPRM. Valores obtidos em Governador Valadares, durante a passagem da onda de rejeitos, situam-se entre 4,0 e 6,0 mg/l de OD, entre 08/11 e 09/11/2015, com turbidez entre 3,0 e 103,0 NTU. Os primeiros registros de elevada turbidez nesse trecho do rio Doce foram feitos às 7:40 h do dia 10/11, atingindo 82.000 NTU nesse momento, com a concentração de OD caindo a 0,27 mg/l.

Por outro lado, relatos dos administradores do PERD, notas técnicas e relatórios elaborados logo após o

trânsito da massa de água com maiores concentrações de rejeitos relatam depósitos igualmente na planície fluvial (Figura 45). Esses relatos indicam que em trechos de curvas acentuadas do rio ou sob o efeito de controles hidráulicos de seção (e.g.: afloramentos de rocha, corredeiras, estreitamentos), presentes ao longo dos limites com o PERD, extravasamentos do escoamento e deposição de rejeitos na planície fluvial foram observados.

Os tributários do rio Doce que cruzam o PERD ou que se encontram em sua ZA foram, igualmente, afetados pela propagação da onda de ruptura e do escoamento com elevada concentração de rejeitos. Há registros fotográficos e relatos de representantes da administração do PERD, inclusive documentados em notas técnicas (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), que indicam deposição de rejeitos nos afluentes em até 30 m de extensão para montante das confluências, como é o caso do ribeirão Belém, que cruza o parque (Figura 46).

Esses relatos são corroborados pela equipe do PELD Rio Doce sítio 4 (Pesquisa Ecológica de Longa Duração), projeto de pesquisa desenvolvido na área do PERD desde 1999 sob a coordenação da Universidade Federal de Minas Gerais. O relato do PELD Rio Doce informa que rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão depositaram-se em vários trechos da planície fluvial do rio Doce, com destaque para a área da Ponte Queimada. No relato, destaca-se que há um desnível muito grande entre a planície fluvial do rio Doce e os lagos do PERD, entretanto considera que águas contaminadas do rio Doce podem atingir os lagos via os tributários, em períodos de grandes cheias. A título de exemplo, menciona o caso do ribeirão Mombaça que, quando transborda, suas águas podem atingir a Lagoa Verde no Distrito de Baixa Verde. Segundo o relato, é possível que outras lagoas também sejam atingidas, como a lagoa dos Patos, dentro do PERD, a Palmeirinha e a Amarela.

Figura 45. Rio Doce na área do PERD a montante de Ponte Perdida, junto ao Centro de Pesquisa da Ponte Perdida, registro de depósitos de rejeitos na planície fluvial (Fonte: IEF, 2015)



Figura 46. Ribeirão Belém, junto à confluência com o rio Doce, na área do PERD (Fonte: IEF, 2015).



Análises de feições do rio Doce, no trecho de interesse, antes e após o desastre, por meio de imagens Google Earth (Figuras 47 a 52) ilustram as inferências aqui feitas com base em resultados de monitoramento e fotografias obtidas durante visitas técnicas de técnicos e pesquisadores, logo após a ruptura da barragem de Fundão.

As imagens históricas obtidas no Google Earth, logo após a ruptura da barragem de Fundão, datam de fevereiro de 2016. Não estão disponíveis imagens entre 05/11/2015 e 02/2016. Também não estão disponíveis imagens de 02/2015, tendo-se optado por utilizar as imagens mais recentes do mesmo mês no ano, como referência pré-evento, as de 02/2014.

Os registros de vazão nos meses de fevereiro de 2014 e fevereiro de 2016 são bastante semelhantes, caracterizando meses mais secos, a despeito do período ser chuvoso, com valores sempre abaixo da vazão mediana plurianual diária, em ambos os anos, no mesmo período. A vazão média diária registrada em Cachoeira dos Óculos, em 03/02/2014, é de 103,7 m³/s; trate-se do ramo de recessão de uma cheia que se iniciou em 25/11/2013, com pico de 608,6 m³/s, em 25/12/2013. Em 09/02/2016, a vazão média diária registrada, na mesma estação, é de 148,5 m³/s, também em trecho de recessão de uma cheia com início em 12/01/2016 e pico de 682,2 m³/s, em 20/01/2016.

O trecho do Rio Doce junto à estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos ilustra uma diferença de coloração na água entre 2014 (Figura 47-A) e 2016 (Figura 47-B), que na imagem de 2016 pode estar associada à persistência de rejeitos no escoamento. Nesse trecho, depósitos aluvionares ou de rejeitos não são identificáveis.

Figura 47. Rio Doce no trecho onde encontra-se instalada a estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos (Fonte: Google Earth).



Figura 48. Rio Doce em Corredeiras de Sant'Ana (Fonte: Google Earth).



As Corredeiras de Sant'Ana formam um barramento natural por afloramento rochoso que produz um significativo estreitamento na calha principal do rio Doce e uma descontinuidade no leito, caracterizando uma das falhas que segmentam a depressão neotectônica do rio (SAADI e CAMPOS, 2015). Logo a jusante, forma-se uma bacia natural de dissipação de energia hidráulica que absorve parte da energia cinética do escoamento adquirida no trânsito pela corredeira. Trata-se de uma área de transição de escoamento supercrítico a subcrítico, com turbulência mais elevada do escoamento em eixo coincidente com o da corredeira, e velocidades de escoamento bem mais reduzidas junto às margens, com possíveis fluxos reversos, o que favorece a deposição de sedimentos e a formação de barras aluvionares nessas áreas, notadamente, como se vê no conjunto das figuras, junto à margem esquerda do rio. O conjunto de fotos, em diferentes datas, ilustra a dinâmica de expansão e contração dessa barra, em decorrência da variabilidade de vazões, das cargas de sedimento e de sua sazonalidade.

Na imagem do dia 09/02/2016, a coloração escura da barra aluvionar junto à margem esquerda do rio sugere a deposição de um volume significativo de rejeitos, o que também se observa ao longo da margem direita do rio, na bacia. A cor da água na calha do rio, nesse dia, é semelhante àquela da imagem do mesmo dia para o trecho do rio Doce onde localiza-se a estação Cachoeira dos Óculos (Figura 47) e tal se observa em todos as imagens do rio ao longo do PERD. As imagens de anos mais recentes (2017, 2019 e 2020) mostram o progressivo esmaecimento de marcas de rejeitos sobre a barra da margem esquerda como também sobre a margem direita do rio. Deve-se ressaltar que (i) se trata, nesse contexto, de análise qualitativa de imagens em datas precisas que são dependentes de eventos chuva-vazão nas semanas precedentes e da dinâmica do transporte de sedimentos; (ii) a ausência de indícios de rejeitos nas imagens em anos mais recentes não implica em que depósitos de rejeitos ainda disponíveis na calha do rio não passem por processos de ressuspensão e transporte.

Outros trechos fluviais no rio Doce apresentam formações de barras aluvionares associadas à sequência de meandros e outras variações morfológicas com feições semelhantes. Dois casos são dignos de registro e concernem os impactos de deposição de rejeitos sobre trechos vegetados do sistema fluvial.

A Figura 49 ilustra uma ilha fluvial em 03/02/2014 e em 09/02/2016. É possível constatar que a ilha é ocupada por um pequeno bosque, ao sul, áreas de pastagem e uma pequena construção. Em 03/02/2014 a ilha não possui solo exposto, a exceção de alguns caminhos (trilhas). Na imagem de 2016 é possível ver uma área enegrecida cobrindo toda a ilha, mais visível nas áreas de pastagens, podendo ser associada à disposição de rejeitos provenientes da ruptura da barragem de Fundão.

No caso da Figura 50, nota-se, em 03/02/2014, uma barra aluvionar próximo à margem esquerda do rio Doce, e outra, menor, localizada mais ao centro do fluxo. Em 14/06/2015, há uma ampliação de barras ao sul, no centro do fluxo, e a barra mais junto à margem esquerda começa a ser colonizada por vegetação. Em ambas as imagens, há uma barra aluvionar estável, integralmente vegetalizada e já associada à planície fluvial da margem direita do rio. Na imagem do dia 02/02/2016, essas feições mostram coloração bem enegrecida e destruição de boa parte da cobertura vegetal junto à margem direita do rio, ilustrando os impactos do trânsito e da deposição de rejeitos nas áreas ribeirinhas em cotas mais baixas e nas barras fluviais.

Essa dinâmica fluvial repete-se em Ponte Perdida, a jusante de um trecho de importante estreitamento da calha do rio, em decorrência de afloramento de rocha (Figura 51). A jusante, a calha principal abre-se em uma bacia natural de dissipação de energia do escoamento e nota-se, igualmente, a formação de barras aluvionares, nesse caso próximas às duas margens, em trechos da calha de menor velocidade de escoamento. A imagem desse trecho, em 09/02/2016, traz as mesmas feições de cor da água e de possíveis depósitos de rejeitos sobre os sedimentos depositados em suas barras aluvionares.

Finalmente, a Figura 52 mostra as imagens pré e pós-desastre junto à confluência dos rios Piracicaba e Doce, com feições semelhantes. Nessa Figura, em 06/02/2016, as vazões médias diárias são de 107,6 m³/s,

no rio Doce, e 61,0 m³/s, no rio Piracicaba. É possível observar a diferença de cores entre as águas de escoamento nos dois cursos d'água, com as águas do rio Doce transportando uma carga de sedimentos muito superior. Também é perceptível que o processo de mistura das duas águas intensifica-se em trecho a jusante da seção de confluência. Nessas circunstâncias de vazões de mesma ordem de grandeza e de águas baixa nos dois rios, a confluência não resulta em efeito de remanso do rio Doce sobre o rio Piracicaba. Um contexto distinto a analisar refere-se ao comportamento da confluência em cheias.

Figura 49. Ilha fluvial no rio Doce (Fonte: Google Earth).



Figura 50. Barras aluvionares no Rio Doce (Fonte: Google Earth).



Figura 51. Rio Doce em Ponte Perdida (Fonte: Google Earth).



Figura 52. Confluência entre os rios Doce e Paraopeba (Fonte: Google Earth).



6.1.4. Hidrossedimentologia e dinâmica fluvial

Nesse tópico, descrevem-se, inicialmente, os resultados de monitoramento hidrossedimentométrico empreendido logo após a ruptura da barragem de Fundão tendo por base, sobretudo, os trabalhos realizados pela CPRM (CPRM, 2015-a e b; CPRM, 2016-a e b), além da base de dados pré-evento da rede básica de monitoramento hidrológico disponibilizada pela ANA. Para os anos posteriores, utilizam-se os dados da rede básica e os produzidos pelo programa PMQQS.

Neste tópico, enfocam-se as análises de dados de vazão (descarga líquida) e sedimentométricos sob os aspectos de concentração de sedimentos em suspensão, estimativas de descarga sólida e granulometria dos sedimentos em suspensão (composição granulométrica da fração inorgânica). O PMQQS e a CPRM disponibilizam dados de sedimentos de fundo que são, igualmente, objeto de análise. No caso da CPRM, coletaram-se amostras de sedimentos de fundo apenas durante o monitoramento emergencial.

A ruptura da barragem de Fundão ocorreu no início do ano hidrológico 2015-2016, durante sua estação chuvosa (01/10/2015 a 31/03/2016). Conforme relatado na linha de base, os anos precedentes, entre 2012 e 2015, foram secos, um comportamento das precipitações que atingiu todo o sudeste do Brasil.

Na estação Cachoeira dos Óculos, entre 31/03/2015, início do período seco do ano, e 05/11/2015, já no período chuvoso, há uma longa recessão do hidrograma, com vazões diárias reduzindo-se progressivamente, de 91,1 m³/s (31/03) a 42,4 m³/s (06/11), tendência que é interrompida em curtos períodos por cheias que não atingem 200 m³/s. Em praticamente todo esse período, as vazões estimadas nessa estação são inferiores à vazão mediana diária estimada com base na série completa (Figura 53).

Em seu monitoramento de emergência, realizado entre Cachoeira dos Óculos, logo a montante do PERD, e Povoação, na foz do rio Doce, no período de 07 de novembro a 19 de dezembro de 2015, em quatro campanhas, a CPRM (CPRM, 2015-a) mediu vazões acompanhando o trânsito da onda de cheia que resultou da ruptura de Fundão (Figura 54).

A vazão máxima atingiu 810 m³/s em Cachoeira dos Óculos, em 07/11, notando-se um progressivo amortecimento da onda de cheia para jusante, atingindo em Linhares um máximo de 295 m³/s no dia 10/11 (CPRM, 2015-a). A vazão de pico na estação Belo Oriente, a jusante do PERD, é também de 810 m³/s, após receber as águas do rio Piracicaba e outros pequenos afluentes, compensando um efeito amortecimento da cheia entre as duas estações, que é pouco pronunciado, o que se observa pela semelhança entre os dois hidrogramas, em termos de tempos de subida e de base. Em 07/11/2015 a vazão do rio Piracicaba, na estação Mário de Carvalho, foi de 19,0 m³/s, significativamente inferior às maiores vazões em trânsito no rio Doce, no mesmo dia.

Figura 53. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos, localizada à montante do PERD. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2014/2015 e 2015/2016.

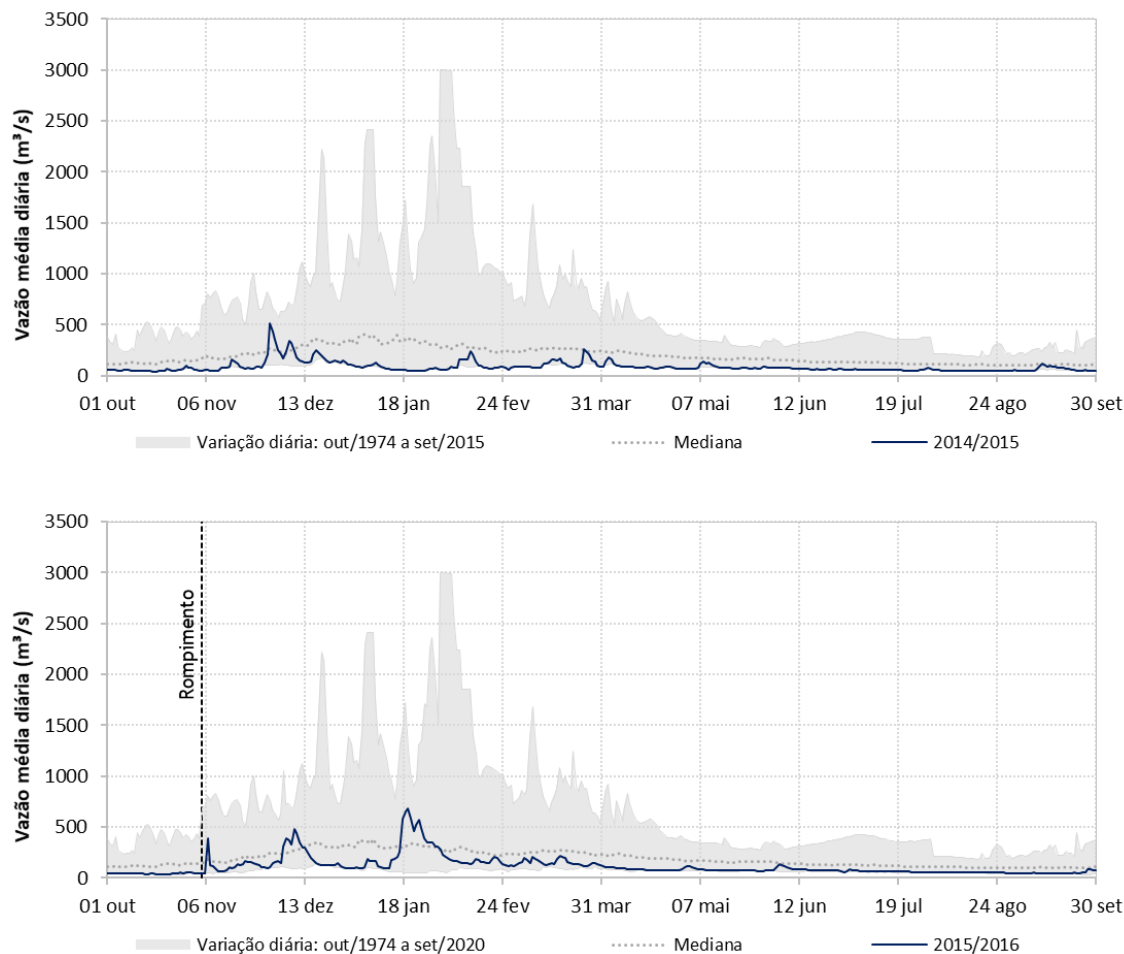


Figura 54. Hidrogramas de vazões monitoradas nas estações operadas pela CNPRM entre Cachoeira dos Óculos e Linhares, acompanhando o trânsito da onda de cheia resultante da ruptura da barragem de Fundão, em 05/11/2015 (retirado de CPRM, 2015-a).

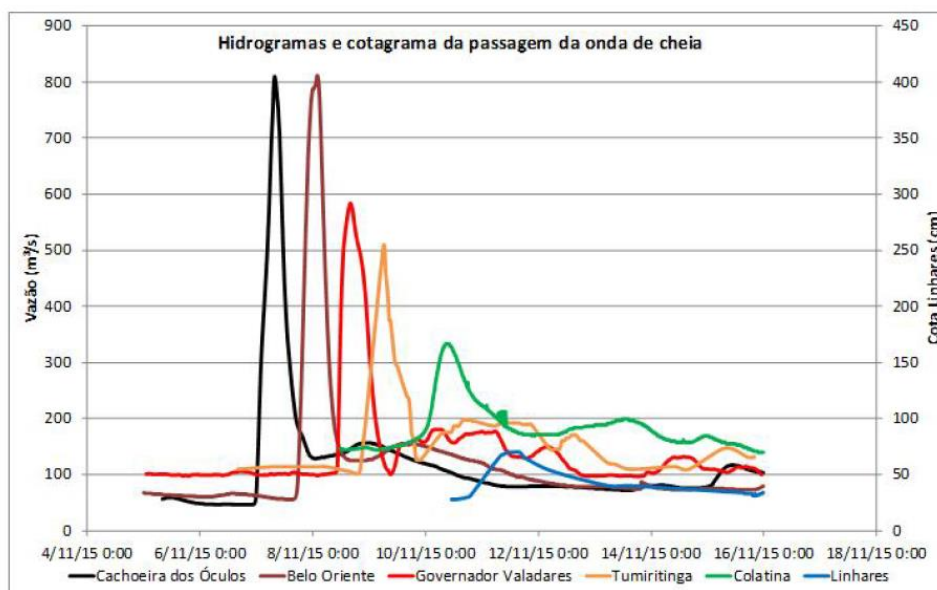
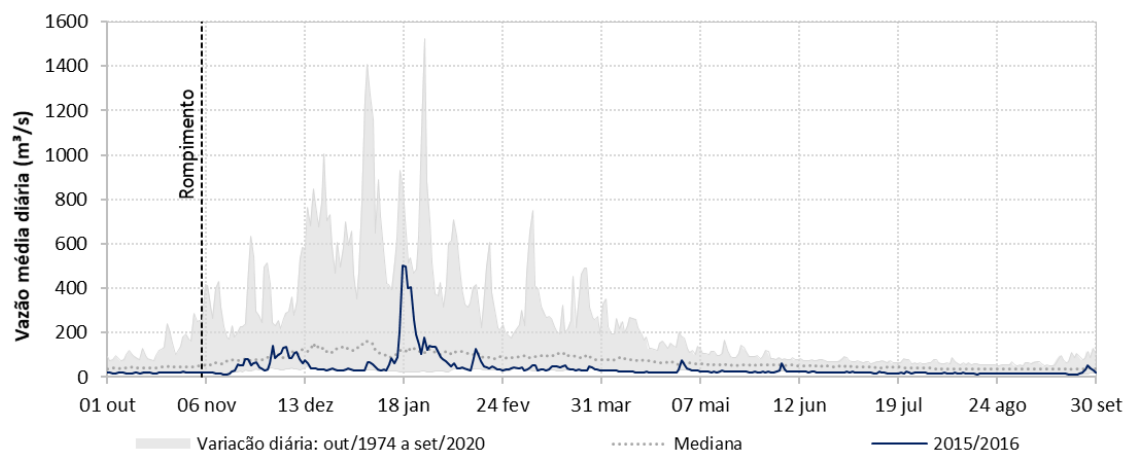


Figura 55. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Mário de Carvalho, localizada no rio Piracicaba, cuja confluência com o rio Doce delimita o PERD, ao norte, para o ano hidrológico de 2015/2016.



Não se notam, em Mário de Carvalho, efeitos de remanso causados pelo trânsito da onda de cheia de 07 a 08/11/2015 no rio Doce. Porém, é possível que a rio Piracicaba tenha sido afetado por um remanso junto à confluência com o Doce, em razão da grande diferença de vazões entre os dois cursos d'água. Não há dados topobatimétricos dessa área de confluência que permitam estimar, por modelagem hidráulica, a extensão desse possível remanso no rio Piracicaba.

Em Cachoeira dos Óculos, o monitoramento sedimentométrico inicia-se em 07/11/2015, às 8:20h, quando a concentração de sedimentos em suspensão já se encontra em 118.396 mg/l. Nesse dia, o maior valor monitorado nessa estação foi de 418.848 mg/l, às 12:01h. Às 14:00h, quando da última coleta de amostras de água, a concentração de sedimentos em suspensão ainda estava em 397.428 mg/l. A título de comparação, em Cachoeira dos Óculos, valores de 2013 para a concentração de sedimentos em suspensão situam-se entre um mínimo de 12 mg/l e um máximo de 1.290 mg/l.

Em Belo Oriente, a concentração de sedimentos em suspensão, às 7:23h do dia 08/11, quando se inicia o monitoramento, é de 301.692 mg/l, atingindo o máximo de 304.594 mg/l, às 8:00h do mesmo dia. Tendo em conta os dados de turbidez, na mesma estação, consta-se que a pluma de sedimentos começa a transitar pela sessão entre as 19:16h do dia 07/11 (86 NTU) e 07:23h do dia 08/11 (414.800 NTU). Às 14:00h de 08/11, quando da última coleta de amostras de água, a concentração de sedimentos em suspensão estava em 326.000 mg/l.

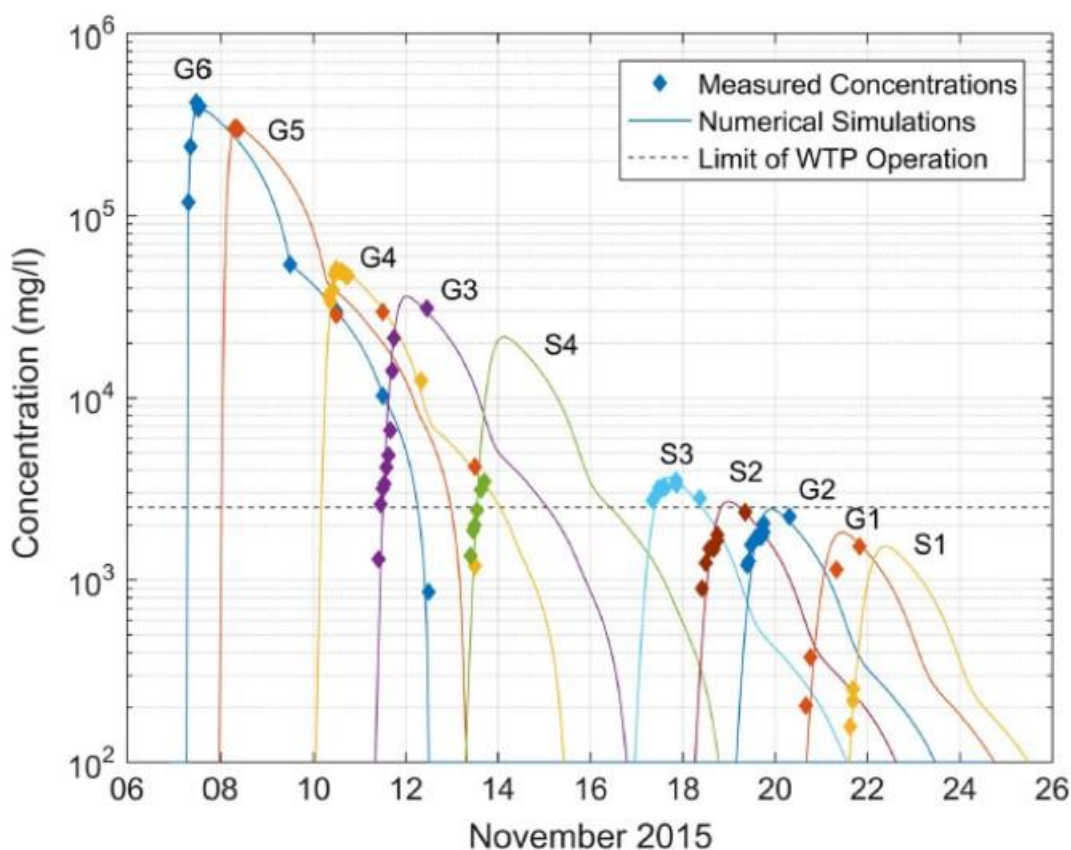
A CPRM estimou as descargas sólidas de sedimentos em suspensão nas estações de monitoramento do rio Doce ao longo do trânsito da pluma de rejeitos utilizando, como referência para a duração da propagação, os dados de descarga líquida e turbidez por ela monitorados, completados pelos dados de turbidez obtidos pelo IGAM (IGAM, 2015). Em Cachoeira dos Óculos a descarga sólida, entre 06 e 12/11, é estimada em 16.561.084 toneladas, e em Belo Oriente, de 10.164.843 toneladas (CPRM, 2015-a). Adotando a densidade específica aparente do rejeito de 2,0 t/m³ e subtraindo as descargas sólidas estimadas no mesmo período, caso a ruptura não tivesse ocorrido, a CPRM estima os volumes transitados de rejeitos em 8,3 milhões de m³ em Cachoeira dos Óculos e 5,1 milhões de m³ em Belo Oriente. A diferença de volumes entre as duas estações sugere um volume depositado de rejeitos nesse trecho do rio, que engloba a zona de amortecimento e a fronteira leste do PERD, em 3,2 milhões de m³.

A distância entre as duas estações é cerca de 72 km. A jusante da confluência com o rio Piracicaba, a seção transversal do rio Doce alarga-se de cerca de 140 m para em torno de 200 m de base e nota-se a formação de grandes barras aluvionares junto às margens e em trechos centrais do rio em um padrão

morfológico do tipo multicanal. O trecho entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o Rio Piracicaba é de padrão meandrante, existindo, igualmente, aí uma sequência de controles hidráulicas que resultam, a montante, em reduções de velocidade de escoamento. Esses padrões favorecem a deposição de sedimentos, com maiores volumes possivelmente depositados nos trechos sujeitos a controle hidráulica pelas singularidades mencionadas, junto a barras aluvionares pré-existentes e em terraços fluviais localizados em cotas mais baixas

Palu e Julien (2019), modelaram a propagação dos rejeitos originários da barragem de Fundão, entre a estação Cachoeira dos Óculos e a Foz do rio Doce, utilizando os dados de monitoramento emergencial produzidos pela CPRM, já descritos. Os autores utilizaram um modelo unidimensional de advecção e dispersão, com deposição de sedimentos, ao longo do rio Doce e seus reservatórios. O modelo foi calibrado com os dados do monitoramento emergencial. A Figura 56 ilustra os resultados dessa modelagem.

Figura 56. Simulação da concentração de sedimentos (mg/l) ao longo do rio Doce após a ruptura da barragem de Fundão (retirado de PALU e JULIEN, 2019).



Na Figura 56, representam-se, por meio das curvas, os resultados da modelagem contínua de concentração de sedimentos em suspensão no tempo e no espaço, ao longo do rio Doce, tendo por referência as estações de monitoramento utilizadas pela CPRM para o monitoramento emergencial. Os pontos são os resultados em concentração de sedimentos em suspensão do monitoramento emergencial realizado pela CPRM. O PERD encontra-se entre as curvas G6 e G5, na Figura 56, respectivamente Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente. A Figura 56 também contém o limite de concentração de sedimentos para a operação de estações de tratamento de água para fins de potabilização.

Os autores estimaram o volume de rejeitos transitado igualmente entre Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, respectivamente estações G6 e G5 na Figura 56, tendo obtido 4,41 milhões de m³ na estação de montante e 2,63 milhões de m³ na estação de jusante (PALU e JULIEN, 2019). Como o modelo incorpora a deposição de sedimentos, é possível estimar em 1,78 milhões de m³ o volume de rejeitos depositados nesse trecho fluvial no período considerado (novembro de 2015).

Os valores obtidos por CPRM (2015-a) e Palu e Julien (2019) para o volume de rejeitos depositados divergem em função de diferenças metodológicas, ressaltando-se a representação de processos físicos de transporte e deposição de rejeitos, no caso do modelo de advecção e dispersão, e sua aderência aos dados empíricos, a despeito de que se trata de um resultado de calibração.

Depreende-se, de toda forma, que um significativo volume de rejeitos oriundos de Fundão depositou-se no trecho fluvial em foco, o que explica a persistência de efeitos de ressuspensão de rejeitos ao longo do tempo. Considerando-se os resultados de simulação obtidos por Palu e Julien (2019), entre Cachoeira dos Óculos e a foz do rio Doce, excetuando-se o reservatório de Baguari, o trecho Cachoeira dos Óculos-Belo Oriente é o mais afetado por deposição dos rejeitos.

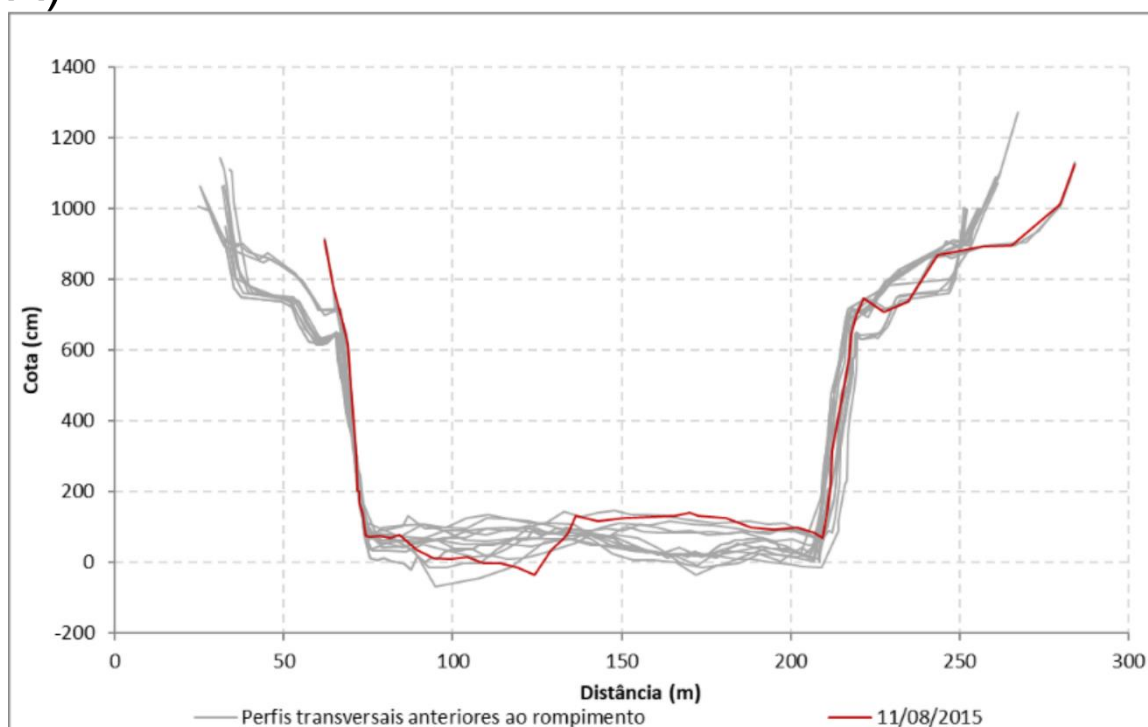
Ao se observar, em Cachoeira dos Óculos, a evolução temporal dos perfis de seção transversal, não se destacam mudanças significativas logo após o trânsito da cheia e da pluma de rejeitos por comparação com a variabilidade desses perfis de seção transversal obtidos pelos levantamentos topobatimétricos realizados antes do desastre (Figura 57). Na Figura 57, o perfil da seção transversal obtido em 11/08/2015 é destacado por representar o último levantado antes do trânsito da onda de ruptura.

Como observado pela análise dos dados de vazão, a onda de cheia decorrente da ruptura da barragem de Fundão não seria suficiente, nesse trecho do rio Doce, para produzir mudanças importantes da morfologia fluvial como ocorreu nos trechos de cursos d'água logo a jusante da barragem de Fundão, muito alterados pelo escoamento da lama e a deposição de grande volume de rejeitos. Por outro lado, a deposição de rejeitos nesse trecho não seria facilmente detectada pelo levantamento topobatimétrico padrão do monitoramento hidrológico e apenas nas seções de medição das estações fluviométricas.

A Figura 58 contém a representação dos pares cota-descarga obtidos pelas medições de descarga líquida em Cachoeira dos Óculos (curva-chave da seção de medição), antes e após o trânsito da onda de ruptura, evidenciando que não houve alteração do controle hidráulico nesse trecho, como esperado tendo em conta as análises e discussões dos parágrafos precedentes. O afloramento de rocha a jusante da estação de monitoramento assegura, de fato, um controle hidráulico estável e a possível deposição de rejeitos nesse trecho não foi suficiente para alterar a relação cota-descarga na seção de medição.

Figura 57. Perfis transversais do rio Doce na estação Cachoeira dos Óculos, montante do PERD: A) Antes do rompimento da barragem de Fundão. B) Após o rompimento da barragem de Fundão.

A)



B)

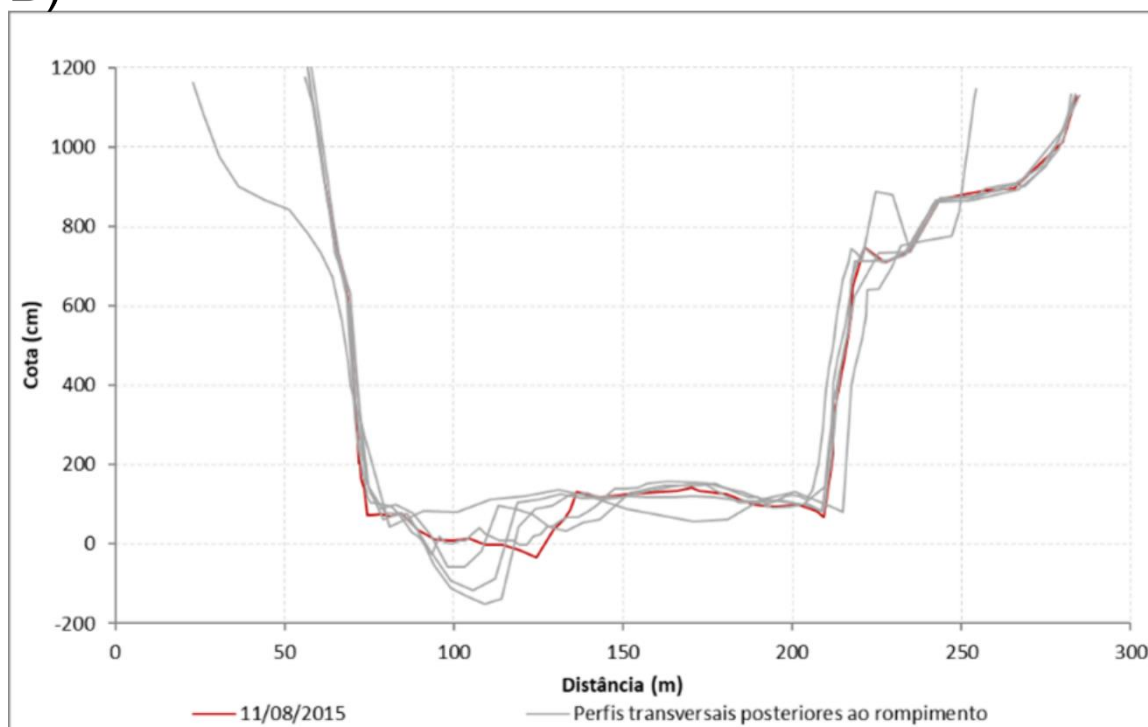
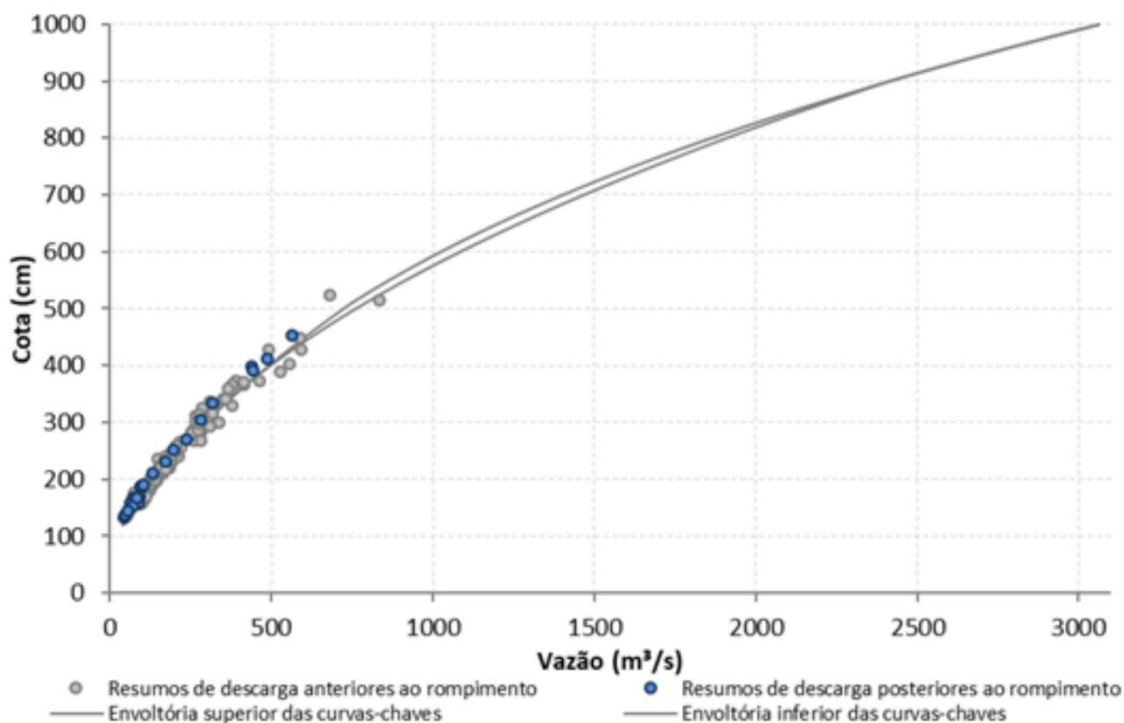
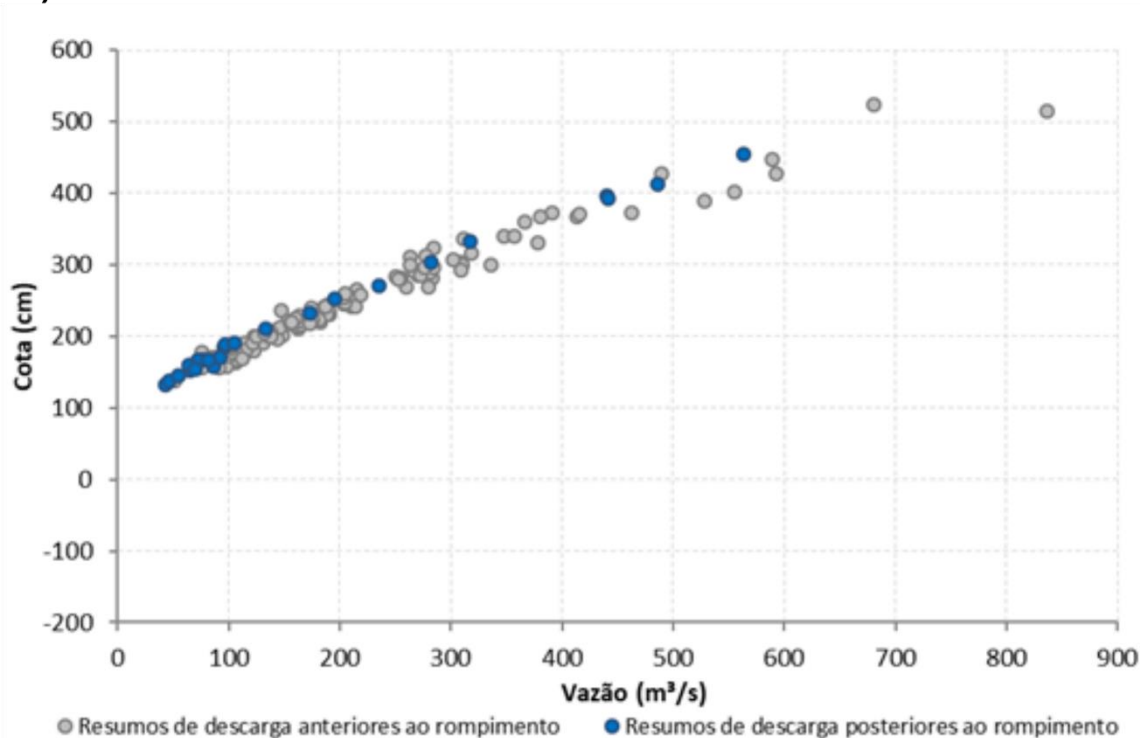


Figura 58. Curvas cota-descarga para a estação Cachoeira dos Óculos, montante do PERD: A) curvas completas; B) detalhe dos pares cota-descarga oriundos das medições de descarga líquida.

A)



B)



Os resultados da análise granulométrica dos sedimentos em suspensão amostrados nas duas estações encontram-se listados na Tabela 67.

Tabela 67. Análise granulométrica de sedimentos em suspensão nas estações Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente (Fonte: CPRM, 2015-a)

Estação	Data	Hora	Cota Fluviom. (cm)	D10% (μm)	D50% (μm)	D90% (μm)
Cachoeira dos Óculos	07/11/2015	08:20	517	3,378	11,499	55,362
		09:00	484	3,873	17,819	103,470
		12:01	345	3,891	21,310	132,636
		13:16	303	3,816	20,604	131,596
		14:00	285	3,768	19,438	110,950
Belo Oriente	08/11/2015	07:10	226	3,809	19,227	122,640
		08:00	203	3,716	17,995	110,508
		09:00	184	3,818	18,709	106,389
		10:00	171	3,613	15,589	98,776

Segundo a classificação granulométrica proposta pela American Geophysical Union, em Cachoeira dos Óculos, as características granulométricas dos sedimentos mais finos (diâmetro D10%) são típicas de argila média a grossa, dos medianos (D50%) de silte médio e dos mais grosseiros (D90%) de areia fina. Não há mudança significativa na distribuição granulométrica dos sedimentos em suspensão entre as duas estações.

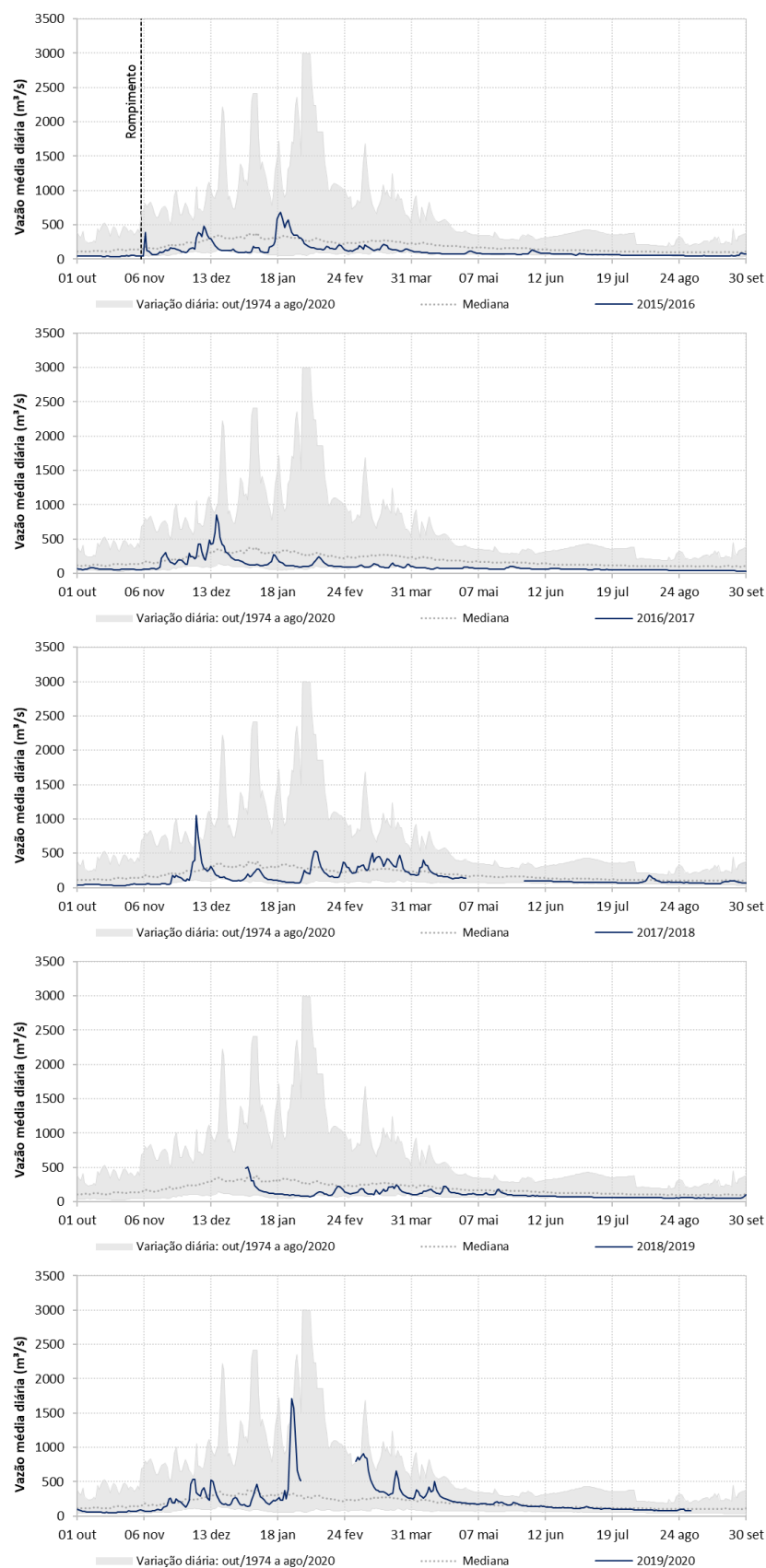
Vale (2021) apresenta a distribuição granulométrica de amostras de rejeitos depositados na barragem de rejeitos de Fundão Santarém. A distribuição é construída para D10% (2,50 μm), D30% (18,00 μm), D60% (55 μm) e D80% (80 μm), sugerindo materiais de granulometria mais grossa (silte grosso a areia grossa) para as frações intermediárias. Análises granulométricas sobre amostras de rejeitos coletadas no remanescente depositado na barragem do Fundão e nos trechos de jusante, entre Fundão e a UHE Risoleta Neves também foram realizadas por Lactec (2020) e mostram materiais com diâmetro característico entre 0,003 mm e 0,1 mm. Esses valores são próximos aos descritos por Vale (2021).

Deve-se considerar, por outro lado, a significativa deposição de rejeitos tendo origem na ruptura da barragem de Fundão no leito dos cursos d'água Gualaxo do Norte, do Carmo e no próprio rio Doce, além do reservatório Risoleta Neves (IBAMA, 2016; LACTEC, 2020), o que resulta na propagação de rejeitos mais finos para jusante. Esse efeito é também constatado pelo monitoramento emergencial realizado pela CPRM, notadamente nas estações localizadas a jusante de Belo Oriente (CPRM, 2015-a).

Um dos impactos potenciais dos rejeitos que permaneceram depositados no sistema fluvial, incluindo os reservatórios, está associado à ocorrência de cheias nos anos subsequentes ao trânsito da pluma de rejeitos. A ressuspensão de rejeitos, além de degradar a qualidade de água com implicações para o uso da água e a ecologia do curso d'água, pode levar à deposição de parte desses rejeitos nas planícies fluviais, resultando em riscos de contaminação por metais dos terraços aluvionares e das águas subterrâneas, além de impactos físicos e biológicos sobre a vegetação ripária.

Os registros de vazão em Cachoeira dos Óculos após o trânsito da pluma de rejeitos estão reproduzidos na Figura 59, para os anos hidrológicos 2015-2016 a 2019-2020.

Figura 59. Hidrogramas de vazões diárias monitoradas na estação Cachoeira dos Óculos. Estão representados, de cima a baixo, os anos hidrológicos de 2015/2016 a 2019/2020.



Os anos subsequentes à ruptura da barragem de Fundão são predominantemente secos, com poucas ocorrências de cheias superiores à mediana diária da série histórica, com exceção de 2017-2018 e 2019-2020. Tendo em conta o trecho fluvial onde localiza-se a estação Cachoeira dos Óculos, as vazões de margens plenas são atingidas em 2017 e largamente ultrapassadas, com extravasamento para a planície fluvial, em 2020. Nota-se a existência de algumas descontinuidades no monitoramento com perda de informação em 2018 e 2020.

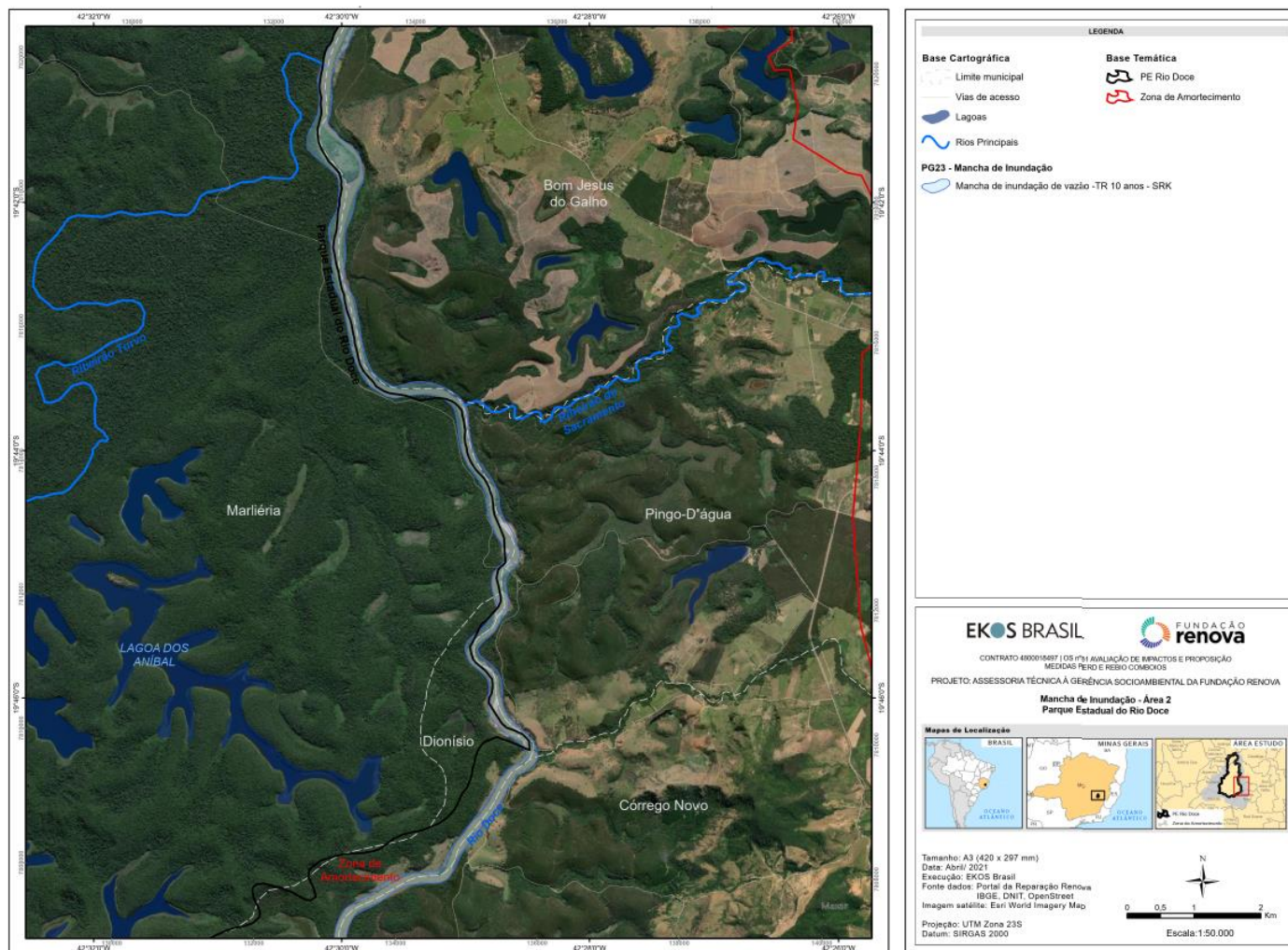
As falhas na série temporal em Cacheiras dos Ótimos foram reconstituídas com base na cronologia de vazões monitoradas em Belo Oriente, que não apresenta falhas nesses períodos, utilizando-se por referência a proximidade de vazões específicas entre as duas estações, $0,0128 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ em Cachoeira dos Óculos e $0,0127 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ em Belo Oriente. Essa reconstituição permite assegurar que as vazões máximas diárias entre os anos hidrológicos 2015-2016 e 2019-2020 ocorreram fora dos períodos de falha, sendo $855,10 \text{ m}^3/\text{s}$, em 16/12/2016, $1054,40 \text{ m}^3/\text{s}$, em 05/12/2017, $488,80 \text{ m}^3/\text{s}$, em 01/01/2019 e $1710,00 \text{ m}^3/\text{s}$, em 26/01/2020.

As vazões susceptíveis de produzir extravasamento em Cachoeira dos Óculos no período pós-evento são $1054,40 \text{ m}^3/\text{s}$, em 05/12/2017, $1710,00 \text{ m}^3/\text{s}$, em 26/01/2020, a máxima do período, seguida, no mesmo evento de cheia, por $1565,70 \text{ m}^3/\text{s}$, em 27/01, $1227,40 \text{ m}^3/\text{s}$, em 28/01 e a vazão reconstituída de $1146,50 \text{ m}^3/\text{s}$, em 15/02 do mesmo ano. Considerando-se a análise de frequência elaborada por SRK Consulting para a Fundação Renova (SRK, 2019), a vazão máxima de 27/01/2020 registrada em Cachoeira dos Óculos apresenta tempo de retorno pouco inferior a 10 anos.

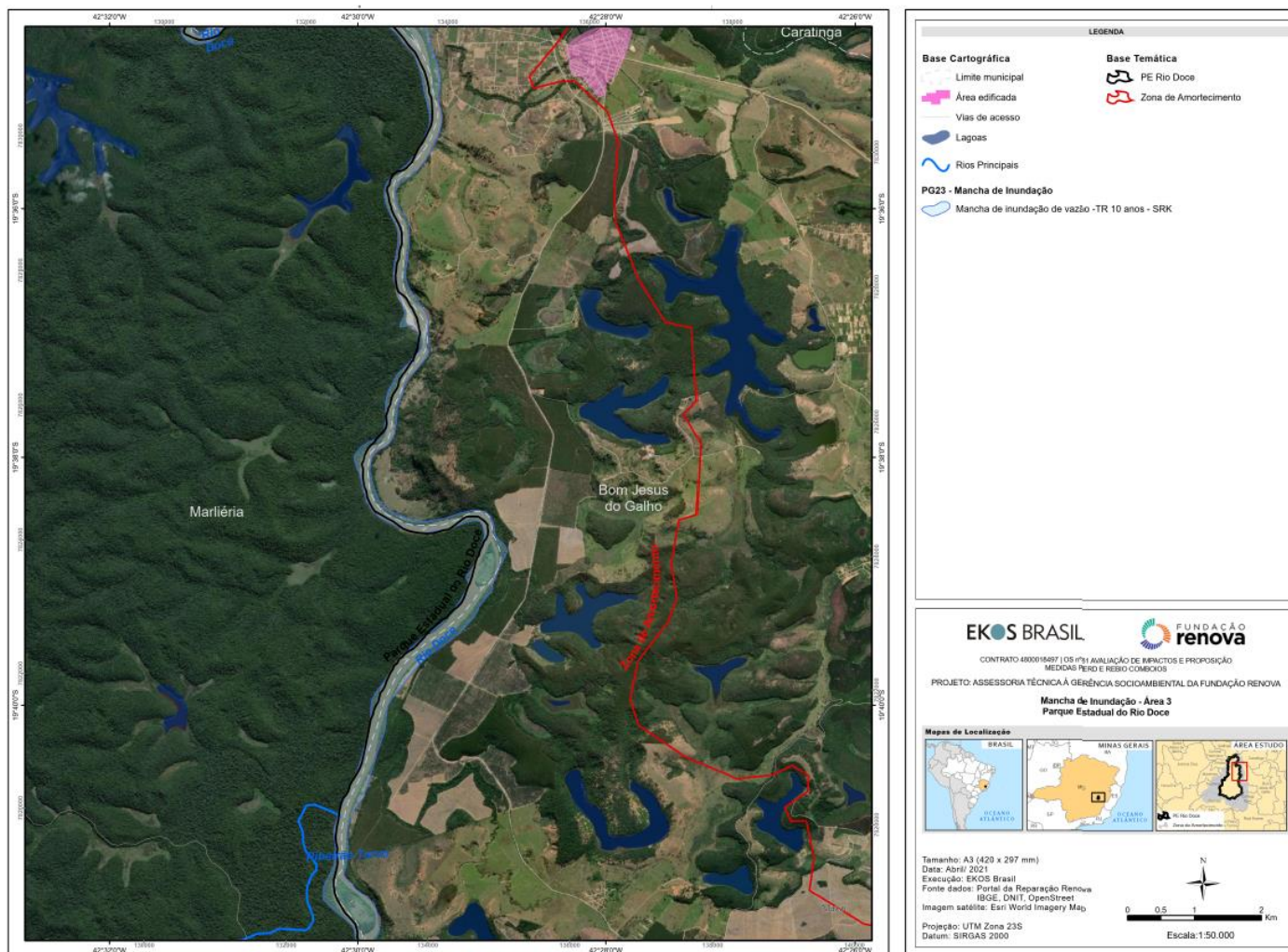
SRK (2019) elaborou um mapeamento de áreas inundáveis para o vale do rio Doce, entre a UHE Risoleta Neves e Linhares, no Espírito Santo, utilizando o modelo HEC-RAS, para eventos de tempos de retorno 2, 3, 5 e 10 anos. A base topográfica e topobatimétrica adotada nessa simulação é bastante simplificada, não incorpora a geometria de controles hidráulicos de seção, como os existentes no trecho do rio Doce na fronteira do PERD, nem as confluências com tributários, entre outras simplificações. Com isso, as estimativas de áreas inundáveis são pouco precisas. Porém, na ausência de resultados mais precisos, ainda em fase de desenvolvimento para a Fundação Renova, os mapas aqui reproduzidos para o evento de cheia de tempo de retorno 10 anos (Mapas 19 a 21), são indicativos da área potencial de impacto de cheias transportando rejeitos ressuspensos da calha principal do rio para a planície de inundação.

Os Mapas 19 a 21 mostram que o vale do rio Doce, no trecho de fronteira com o PERD, apresenta margens íngremes e estreita planície de inundações, em grande parte de sua extensão. Com isso, a largura da mancha de inundação nas áreas inundáveis, a partir das margens da calha principal do rio é da ordem de 10 a 20 m, com alguns trechos mais largos em vales mais abertos.

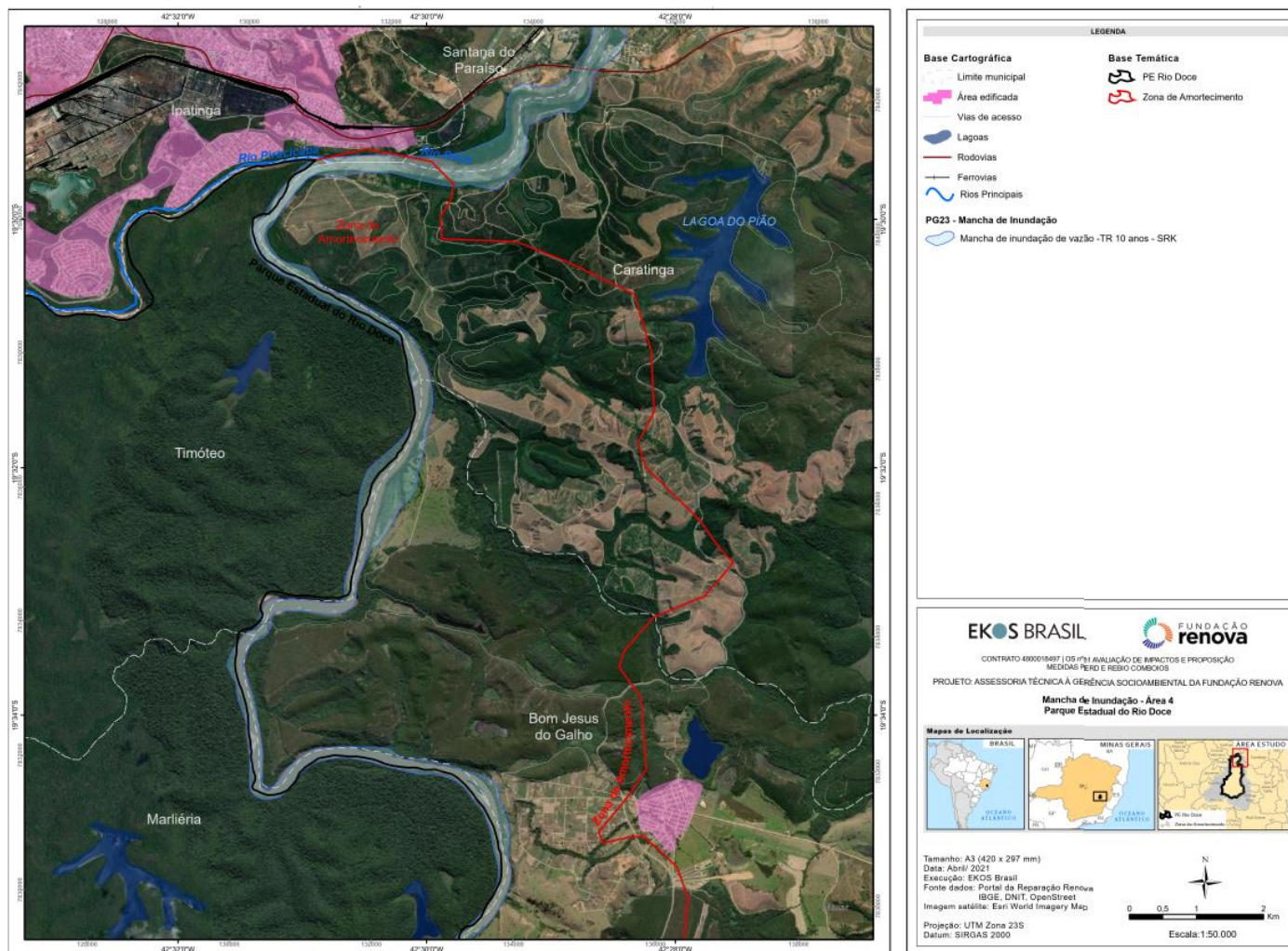
Mapa 19. Rio Doce entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o ribeirão Turvo: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).



Mapa 20. Rio Doce entre a confluência com o ribeirão Turvo e Bom Jesus do Galho: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).



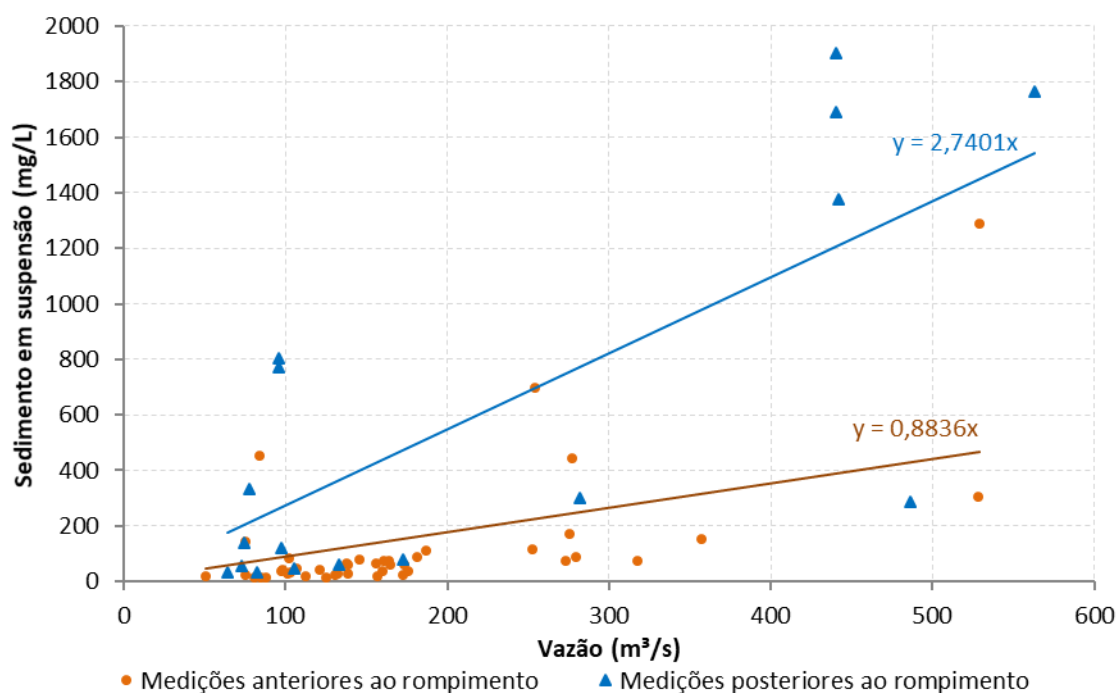
Mapa 21. Rio Doce entre Bom Jesus do Galho e a confluência com o rio Piracicaba: Mapa de inundação para o evento de cheia de TR = 10 anos (Mapa elaborado a partir de resultados de simulação de SRK, 2019).



A Figura 60 contém as curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus as descargas líquidas (curva chave de sedimentos) em Cachoeira dos Óculos para as amostras coletadas antes do trânsito da onda de ruptura, entre 1999 e 11/08/2015, data da última medição antes de 05/11/2015, e após essa data, até 31/01/2020. Os dados após novembro de 2015 provêm do monitoramento corrente da rede de estações fluviossedimentométricas e não incluem os dados do monitoramento especial realizado pela CPRM em novembro e dezembro de 2015, ou seja, eles refletem as concentrações de sedimentos em suspensão que resultam da persistência dos rejeitos originários da barragem de Fundão no rio Doce.

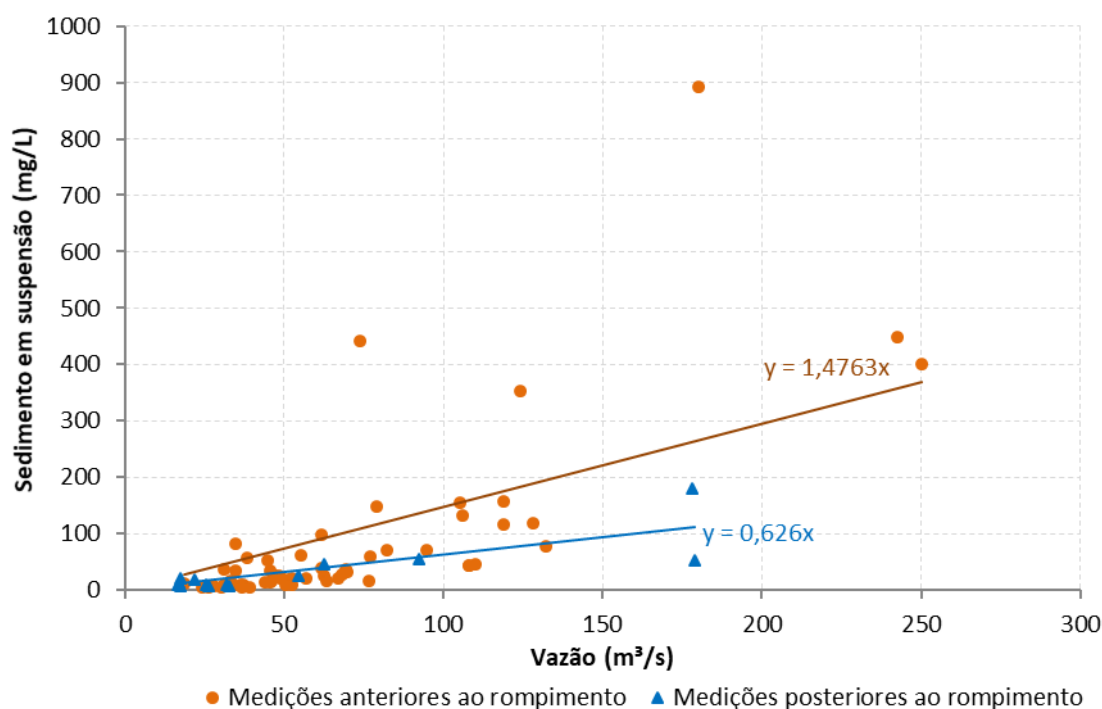
Há uma clara mudança de tendência da função concentração de sedimentos em suspensão versus vazão pós desastre que apresenta uma declividade muito superior à obtida para o período histórico pré-evento. Nota-se, igualmente, uma maior dispersão dos valores de concentração de sedimentos em suspensão o que sugere um comportamento não-estacionário da relação, associado ao progressivo transporte para jusante dos rejeitos depositados nesse trecho fluvial.

Figura 60. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.



Como referência da dinâmica do transporte de sedimentos em suspensão não impactado pelo trânsito da pluma de rejeitos na mesma bacia, construíram-se as mesmas funções para dados provenientes da estação de Mário Campos, no rio Piracicaba (Figura 61).

Figura 61. Rio Piracicaba em Mário de Carvalho: curvas de concentração de sedimentos em suspensão versus descargas líquidas.



É curioso notar que, nesse caso, o comportamento é o oposto, há uma redução de declividade na função para o período pós desastre, com menores valores de concentração de sedimentos para mesmos valores de descarga líquida. Esse comportamento pode estar refletindo o longo período de precipitações significativamente abaixo da média plurianual na bacia do rio Doce, entre 2012 e 2019, o que deve ter conduzido a uma redução de aporte de sedimentos finos com origem em processos erosivos na bacia e transportados pelo escoamento superficial.

Na hipótese em que esse comportamento também se reproduziu na bacia do rio Doce, a montante de Cachoeira dos Óculos, os valores elevados de concentração de sedimentos em suspensão observados nessa estação têm uma proporção superior de rejeitos de granulometria mais fina do que seria de se esperar supondo-se a estacionariedade da relação.

Ressalta-se que a medição de baixa frequência (não contínua) de sedimentos resulta em maior incerteza nas estimativas da curva-chave de sedimentos (Figuras 60 e 61) quando comparada a medições de alta frequência (e.g.: MEZZOMO et al, 2019). Há, ademais, outras incertezas associadas aos procedimentos de medição que não são usualmente estimadas no monitoramento sedimentométrico corrente. A despeito dessa ressalva, considera-se que a ordem de grandeza das diferenças de valores de concentração de sedimentos em suspensão antes e após o trânsito da pluma de rejeitos proveniente da ruptura da barragem de Fundão reforçam as hipóteses e conclusões aqui estabelecidas.

As Figuras 62 e 63 trazem, respectivamente, as concentrações de sedimento em suspensão monitoradas em Cachoeira dos Óculos entre os anos 1994 e 2020 e as estimativas de descarga sólida diária na mesma estação para o período entre os anos hidrológicos 2014-2020, utilizando-se as curvas-chave de concentração de sedimentos em suspensão versus descarga líquida mostradas na Figura 61, com exceção de dados provenientes do monitoramento de emergência.

Na Figura 62, o maior valor de concentração de sedimentos em suspensão, de 418.848 mg/l, foi medido em 07/11/2015.

Figura 62. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: concentrações de sedimento em suspensão monitoradas entre 1994 e 2020.

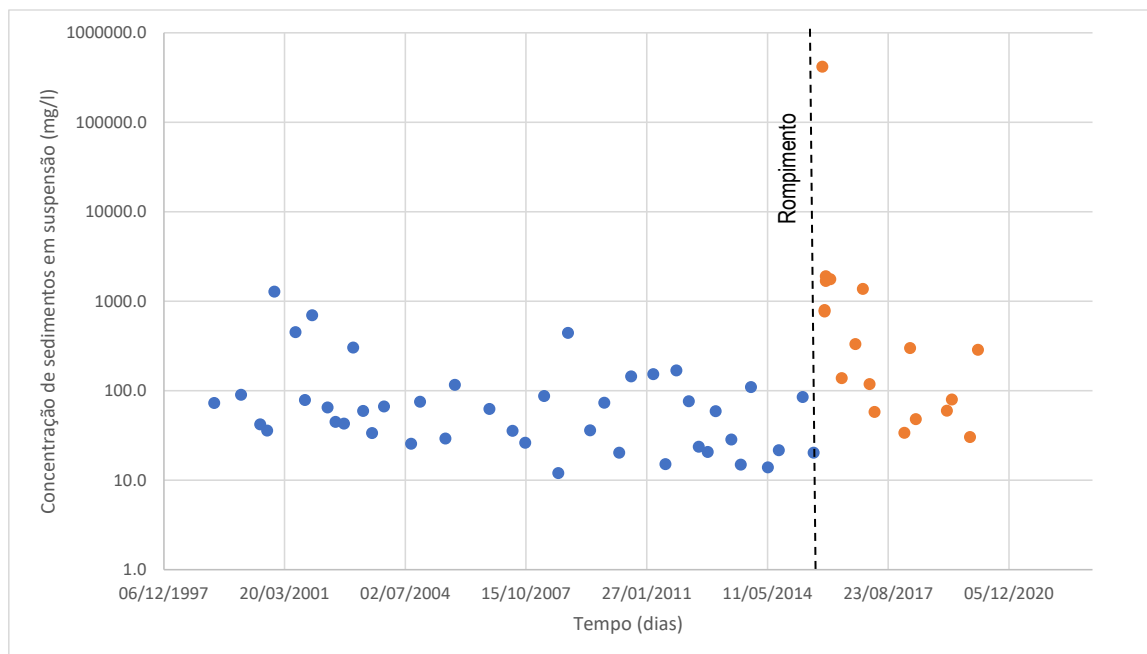
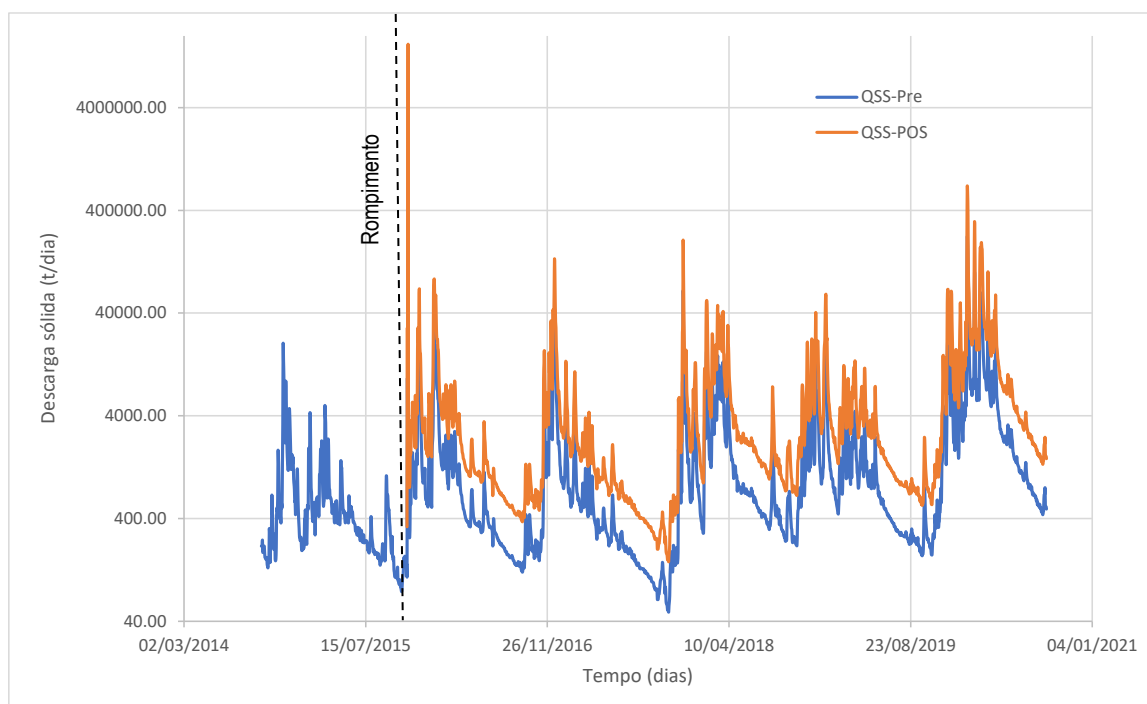


Figura 63. Rio Doce em Cachoeira dos Óculos: descargas sólidas diárias em suspensão estimadas entre 2014 e 2020.



Na Figura 63, o maior valor de descarga sólida em suspensão, de 16.561.084 t/dia foi estimado pela CPRM com base nas vazões e concentrações de sedimentos em suspensão provenientes do monitoramento de

emergência feito no dia 07/11/2015 (CPRM, 2015-a). Os valores de descarga sólida de sedimentos em suspensão em 29/11/2015 e em 10/12/2015 foram estimados com base em vazões e concentrações de sedimentos em suspensão também originários do monitoramento de emergência (CPRM, 2015-d).

Conforme relatado, a estimativa de descarga sólida específica anual de sedimentos em suspensão foi de 142,70 t/ano.km² segundo a linha de base. A Figura 63 permite estimar essa mesma variável em 410,87 t/ano.km² após a ruptura da barragem de Fundão. A descarga sólida específica é estimada aqui apenas como uma referência comparativa, uma vez que, conforme discutido nos parágrafos anteriores, esse aumento na variável está associado aos depósitos de rejeitos provenientes da barragem de Fundão, feitas as ressalvas relacionadas às incertezas no monitoramento de sedimentos.

Amostras de sedimentos de fundo coletados pela CPRM, em Cachoeira dos Óculos, em 29/11 e 10/12 de 2015 foram submetidos a análise granulométrica, resultando em diâmetros D50% típicos de areia grossa, 0,57 mm e 0,66 mm respectivamente (CPRM, 2015-d).

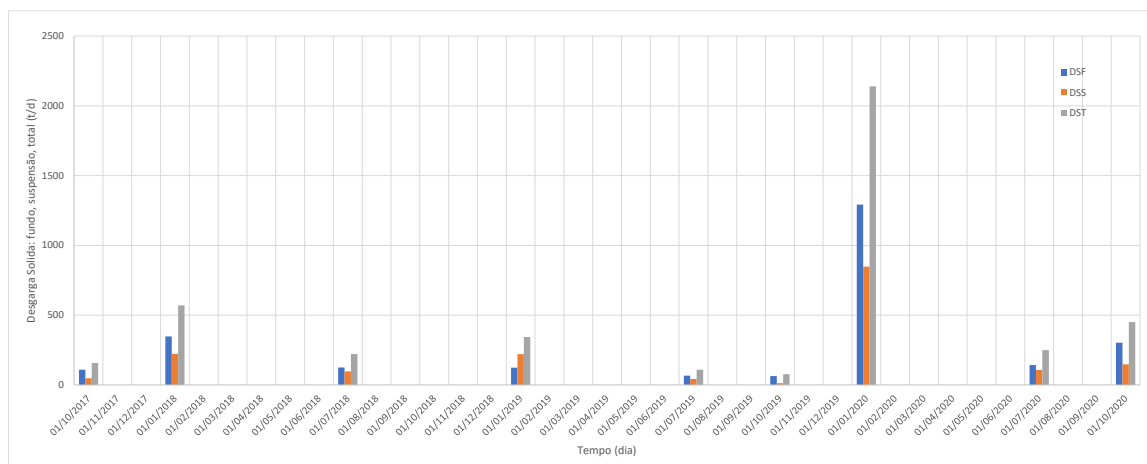
O PMQQS realiza amostragens de sedimentos na estação RDO-03, no rio Doce em São Domingos do Prata, a montante do PERD, a cerca de 65 km de Cachoeira dos Óculos. As equações de Einstein e de Colby são utilizadas para as estimativas de descarga sólida de fundo, descarga sólida em suspensão e descarga sólida total. São também construídas as curvas granulométricas para as amostras de sedimentos e as curvas chave de sedimentos para as seções monitoradas, inclusive a RDO-03.

Tabela 68. Rio Doce em RDO-03: descargas sólidas de fundo (DSF), em suspensão (DSF) e total (DST), em t./dia (Fonte: ECOLOGY BRASIL e Fundação Renova, 2019).

Data	Colby (t./dia)			Einstein (t./dia)		
	DSF	DSS	DST	DSF	DSS	DST
17/10/2017	109	48	157	94	43	211
17/01/2018	347	223	570	154	210	775
17/04/2018	655	522	1178	147	504	931
24/07/2018	125	96	221	1	92	109

A Figura 64 contém as descargas sólidas calculadas pelo método de Colby, em RDO-03 até 14/07/2020.

Figura 64. Rio Doce em RDO-03: descargas sólidas de fundo (DSF), em suspensão (DSS) e total (DST), em t./dia estimados pelo método de Colby (Fonte: dados provenientes de <https://portal-de-monitoramento-rio-doce-fundacaorenova.hub.arcgis.com/pages/pa-documentos>, consultado em 05/03/2021)



Em 16/01/2020, os valores de descarga sólida destoam como muito superiores aos monitorados entre 2017 e 2020. Por um problema de exportação de dados, não foi possível obter a descarga líquida nesse dia. Trata-se do período chuvoso do ano e janeiro de 2020 é o mês de ocorrência das maiores cheias no rio Doce, desde a ruptura da barragem de Fundão. Entretanto, em Cachoeira dos Óculos os maiores valores de vazão desse mês são observados a partir de 24/01, o que é superior ao tempo de propagação da cheia entre as duas estações fluviossedimentométricas.

As análises granulométricas das amostras de sedimentos obtidas nas campanhas de 2017 a 2018 resultaram em diâmetros medianos de grãos (D50%) entre 0,008 mm e 0,02 mm, para sedimentos em suspensão, e entre 0,04 mm e 0,5 mm, para sedimentos de fundo. Esses resultados são típicos de silte muito fino a silte fino, para sedimentos em suspensão, e silte grosso a areia média, para sedimentos de fundo, classes de granulometria de sedimentos que são próximas aos sedimentos monitorados em Cachoeira dos Óculos. São características granulométricas compatíveis com material depositado em barragens de rejeitos no Quadrilátero Ferrífero, segundo Guimarães (2011) apud Ecology Brasil e Fundação Renova (2019), sugerindo a permanência de rejeitos oriundos da barragem de Fundão no leito do Rio Doce, o que pode ser mais bem identificado pela análise de composição química dos sedimentos.

A caracterização físico-química dos rejeitos, em sua origem (rejeitos depositados na barragem de Germano, rejeitos remanescentes na barragem de Fundão, rejeitos depositados entre a barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves), foi realizada por diferentes iniciativas (ver LACTEC, 2020 para uma síntese dos estudos realizados). Os resultados desses estudos, notadamente os realizados por Lactec (2020) indicam, para os rejeitos remanescentes na barragem de Fundão e nos depósitos no sistema fluvial entre Fundão e a UHE Risoleta Neves a presença de ferro, silício, alumínio, manganês, cobalto, antimônio, selênio, cromo, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol e fenol. As concentrações desses elementos foram comparadas às referências de qualidade (VRQ: Valor de Referência de Qualidade) estabelecidas para Minas Gerais pela Deliberação COPAM/CERH 166 e, para a bacia do rio Doce, por Guevara et al, 2018. Foram também comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009. Os elementos cromo, manganês, antimônio e selênio superaram em concentração os valores de referência de qualidade, seja nos depósitos remanescentes em Fundão ou a jusante desse barramento, em Santarém ou no trecho entre Santarém e a UHE Risoleta Neves. Os materiais em maior volume aportados aos cursos d'água Gualaxo do Norte, Carmo e Doce foram ferro, alumínio, manganês, cromo, zinco, bário, níquel e cobre (LACTEC, 2020).

A caracterização físico-química dos sedimentos em suspensão e de fundo transportados pelo rio Doce junto ao PERD ou nas proximidades de sua zona de amortecimento foi realizada pela CPRM, em 2015, logo após a ruptura da barragem de Fundão (CPRM, 2015-b, 2016-a e 2026-b) e pelo programa PMQQS para sedimentos em suspensão a partir de 2017.

A CPRM realizou cinco campanhas de monitoramento emergencial ao longo do rio Doce, entre 7 de novembro e 22 de novembro de 2015, a partir da estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos até a zona estuarina, com coleta de sedimentos em suspensão e de fundo para análises físico-químicas na segunda (12 a 23/11/2015), terceira (24/11 a 10/12/2015) e quarta campanhas (27/11 a 19/12/2015). Os resultados de análises físico-químicas de amostras de sedimentos em suspensão e de fundo coletadas pela CPRM no rio Doce, na seção da ponte Ipatinga-Caratinga, durante a segunda e terceira campanhas mostram que os elementos arsênio, bário, cobalto, chumbo, cromo, manganês e níquel superaram os valores de referência VRQ (Deliberação COPAM/CERH 166 e Guevara, 2018) e os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009. No caso do cromo e do níquel, o limiar superado é o N1 da resolução CONAMA 454/2012. Porém, nota-se uma redução significativa de concentrações do conjunto de elementos químicos avaliados em amostras de sedimento de fundo, na mesma seção do Rio Doce, entre a terceira e a quarta campanhas. Para sedimentos de fundo, todas as amostras da quarta campanha estão abaixo dos VRQ para a bacia do rio Doce e dos limiares estabelecidos pelas resoluções CONAMA citadas.

Com relação aos sedimentos em suspensão (material particulado em suspensão), não há padrões de concentração de metais e outros elementos químicos. Porém, tomando-se por referência os VRQ (Deliberação COPAM/CERH 166 e Guevara, 2018), as concentrações nos sedimentos em suspensão obtidas para as amostras provenientes das campanhas da CPRM, entre novembro e dezembro de 2015, superaram os limiares para o arsênio, o bário, o cobalto, o mercúrio, o chumbo e o zinco. Há uma persistência de valores de concentração para todos os elementos analisados nas três campanhas. As campanhas do PMQQS entre outubro de 2017 e janeiro de 2018 relatam valores mais elevados do que os encontrados pela CPRM para as concentrações de alumínio e zinco em sedimentos em suspensão, para amostras coletadas em São Domingos do Prata, cerca de 45 km a montante do PERD. Para o percentual de ferro e para as concentrações de manganês em sedimentos em suspensão, os valores obtidos pelo PMQQS são bem inferiores aos relatados pela CPRM em suas campanhas de 2015.

6.1.5. Qualidade da água

6.1.5.1. Águas superficiais na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce

Rio Doce. As séries históricas completas de 42 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos monitorados na Zona de Amortecimento do PERD no rio Doce são apresentadas no Anexo 4 e sumarizadas na Tabela 69. Apenas uma seleção de Figuras mostrando estas séries históricas é apresentada abaixo no corpo do Relatório; o leitor é encaminhado para o Anexo 4 para visualizar as demais Figuras.

O rompimento da Barragem de Fundão teve consequências pronunciadas para a qualidade da água do Rio Doce a jusante. Oito 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 69). Treze outros parâmetros extrapolaram a linha de base tanto nas primeiras semanas e meses após a passagem da pluma de rejeitos como nas temporadas secas e/ou chuvosas subsequentes, sendo, portanto, consideradas alterações persistentes ou recorrentes (Parâmetros do Grupo III) (Tabela 69). Em efeito, alguns parâmetros aparentam extrapolar a linha-de-base até os dias de hoje, passados cinco anos do desastre.

Sólidos totais (Figura 65), sólidos em suspensão totais, sólidos dissolvidos totais e turbidez (Gráficos A1 a A4) são os parâmetros de qualidade de água mais diretamente relacionados à injeção da carga de rejeitos de mineração no sistema fluvial. Com a chegada da pluma de rejeitos estes parâmetros tiveram picos de 6 (sólidos dissolvidos totais) a 3343 vezes (turbidez) maiores do que os limites superiores da linha-de-base (Tabela 69). Picos progressivamente menores foram registrados até a temporada seca de 2018 (sólidos totais, sólidos totais em suspensão), chuvosa de 2019-2020 (sólidos dissolvidos totais) ou mesmo chuvosa de 2020-2021 (turbidez). Ou seja, efeitos persistentes ou recorrentes da passagem da pluma de rejeitos, mesmo que atenuados, aparentam ocorrer até os dias de hoje.

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 e 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 e Likens 2000).

Todas estas grandezas – alcalinidade, dureza e pH – foram elevadas após o rompimento da Barragem de Fundão em várias localidades do rio Doce (Golder 2018). Em Marliéria/Bom Jesus do Galho não há dados para as semanas que se seguiram à chegada da pluma de rejeitos, mas valores de alcalinidade total (Gráfico A8), cálcio total (Gráfico A15), magnésio total (Gráfico A23) e dureza total (Gráfico A9) estiveram ligeiramente acima do limite superior da linha de base ao longo de um ano e meio de monitoramento (Tabela 69). Com o monitoramento mais frequente do PMQQS, a partir de agosto de 2017 valores elevados de alcalinidade e magnésio total (mas não de dureza ou cálcio total) passaram a ser registrados com alguma frequência, o que aparenta apontar para uma tendência real de aumento.

Tabela 69. Síntese das alterações na qualidade da água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015. São apresentados (i) a força de evidência para uma ocorrência de alteração resultante da passagem da pluma de rejeitos; (ii) a direção da alteração; (iii) a duração e ocorrência temporal da alteração (valores desviando da linha-de-base (LB)) nas temporadas de cheias e seca desde 2015 até 2020, e (iv) o tamanho relativo do pico observado na temporada de cheias de 2015-2016 (valor mais extremo observado dividido pelo limite superior da LB). Dados das Estações de Monitoramento Fluviométrico de Marliéria (IGAM, RD023, 2015-2020) e de Bom Jesus do Galho (PMQGS, RDO04, 2017-2020). As alterações foram consideradas aparentes quando o parâmetro desviou consistentemente (em frequência e/ou magnitude) da linha-de-base na estação da passagem da pluma de rejeitos (cheias 2015-2016). Alguns parâmetros foram assinalados como tendo 'dados limitados' (por exemplo, com um ponto de dado a cada semestre). Neste caso 'sem alteração aparente' ou 'com alteração aparente' foi assinalado em cinza dependendo das tendências apresentadas tanto nos esparsos dados pós-rompimento como nos dados mais frequentes do PMQGS a partir de agosto de 2017. A 'duração da alteração' segue classificação empregada pela Golder (2018) e está descrita em 'Aspectos Metodológicos'. NA: não se aplica.

	Evidência de Alteração			Direção da Alteração	Duração da Alteração	Ocorrência Temporal da Alteração (valores desviando da linha-de-base)										Tamanho Relativo do Pico					
	Dados Limitados	Sem Alteração Aparente	Com Alteração Aparente			Cheias 2015-2016	Seca 2016	Cheias 2016-2017	Seca 2017	Cheias 2017-2018	Seca 2018	Cheias 2018-2019	Seca 2019	Cheias 2019-2020	Seca 2020	Cheias 2020-2021	Tamanho do pico	Pico < 0,1 X LB	Pico > 1X LB	Pico ≥ 10X LB	Pico ≥ 100X LB
Sólidos																					
Sólidos totais				↑	III												1542,8				
Sólidos dissolvidos totais				↑	III												6,2				
Sólidos em suspensão totais				↑	III												2059,5				
Turbidez				↑	III												3343,6				
Parâmetros Básicos																					
Condutividade				↑	III												4,9				
Oxigênio dissolvido				↓	II												0,1				
pH				↓↑	I												1,03				
Alcalinidade total				↑	III												1,3				
Dureza total				↑	I												1,2				

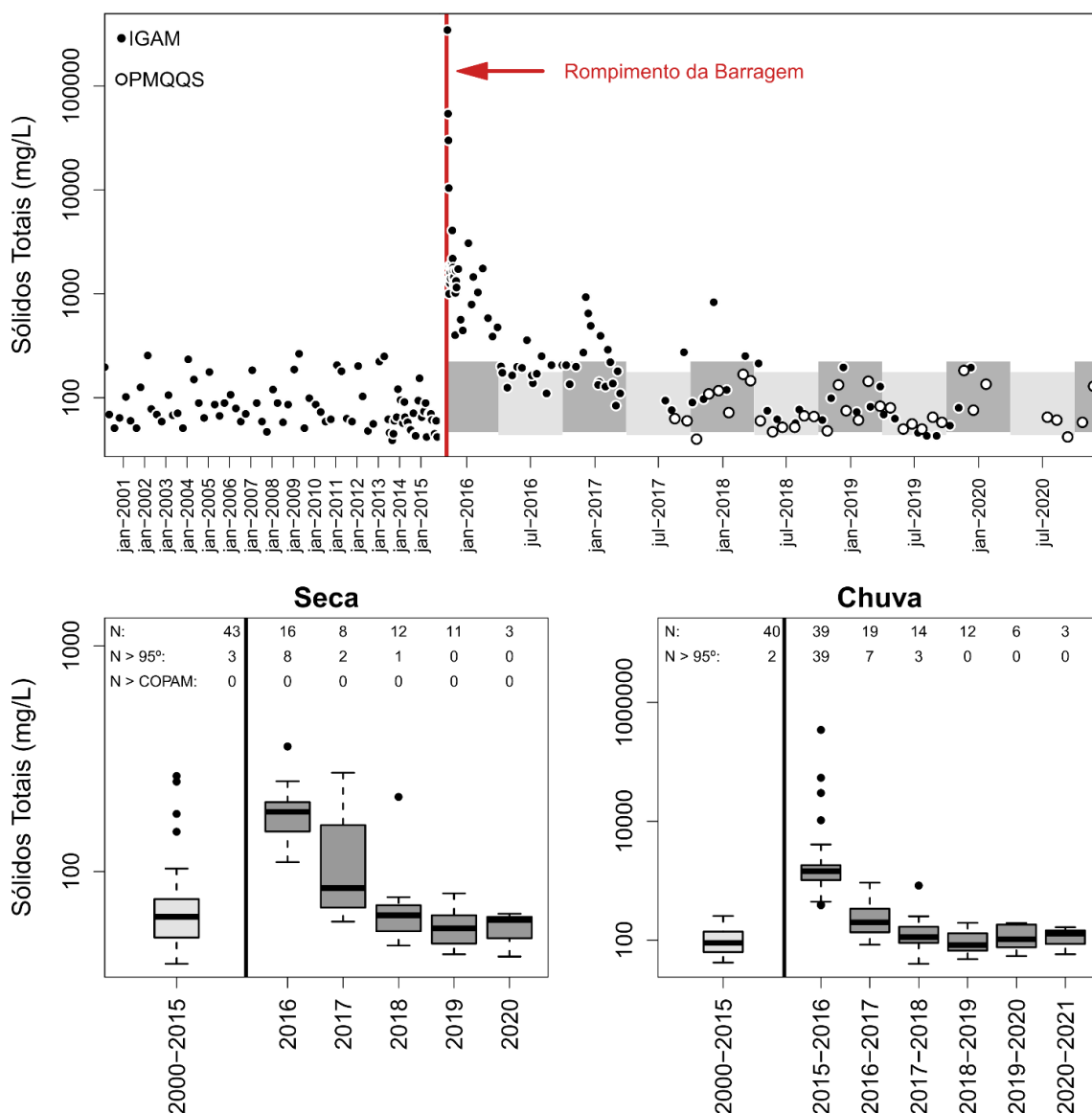
Continuação da Tabela 69.

	Evidência de Alteração			Direção da Alteração	Duração da Alteração	Ocorrência Temporal da Alteração (valores desviando da linha-de-base)										Tamanho Relativo do Pico						
	Dados Limitados	Sem Alteração Aparente	Com Alteração Aparente			Cheias 2015-2016	Seca 2016	Cheias 2016-2017	Seca 2017	Cheiras 2017-2018	Seca 2018	Cheias 2018-2019	Seca 2019	Cheias 2019-2020	Seca 2020	Cheias 2020-2021	Tamanho do pico	Pico < 0,1 X LB	Pico > 1X LB	Pico ≥ 10X LB	Pico ≥ 100X LB	Pico ≥ 1000X LB
Inorgânicos																						
Alumínio dissolvido				↑	III												120,8					
Alumínio total					IV												NA					
Arsênio total				↑	II												18,7					
Bário total					I												NA					
Cádmio total				↑	II												27,0					
Cálcio total				↑	I												1,1					
Chumbo total				↑	II-III												41,2					
Cianeto livre					I												NA					
Cloreto total				↑	III												2,2					
Cobre dissolvido				↑	III												1,5					
Cobre total					IV												NA					
Cromo total				↑	II												38,6					
Ferro dissolvido				↑	III												58,9					
Magnésio total				↑	III												1,1					
Manganês total				↑	III												2728,9					
Mercurio total				↑	I												2,3					
Níquel total				↑	II												190,0					
Sódio dissolvido				↑	III												1,2					
Sulfato total				↑	I												1,8					
Zinco total					I												NA					

Continuação da Tabela 69.

	Evidência de Alteração			Ocorrência Temporal da Alteração (valores desviando da linha-de-base)														Tamanho Relativo do Pico					
	Dados Limitados	Sem Alteração Aparente	Com Alteração Aparente	Direção da Alteração	Duração da Alteração	Cheias 2015-2016	Seca 2016	Cheias 2016-2017	Seca 2017	Cheias 2017-2018	Seca 2018	Cheias 2018-2019	Seca 2019	Cheias 2019-2020	Seca 2020	Cheias 2020-2021	Tamanho do pico	Pico < 0,1 X LB	Pico > 1X LB	Pico ≥ 10X LB	Pico ≥ 100X LB	Pico ≥ 1000X LB	
Macronutrientes																							
Fósforo total				↑	I													2,8					
Nitrato					I													NA					
Nitrito				↑	II													2,5					
Nitrogênio amoniacal total				↑	I													1,6					
Nitrogênio orgânico					I													NA					
Potássio dissolvido				↑	II													1,5					
Orgânicos																							
Demanda Bioquímica de Oxigênio					I													NA					
Demanda Química de Oxigênio				↑	I													1,7					
Microbiológicos																							
Coliformes totais					I													NA					
Escherichia coli					I													NA					
Fitoplâncton																							
Clorofila a					I													NA					
Feofitina a					I													NA					
Densidade de cianobactérias					I													NA					

Figura 65. Série histórica dos sólidos totais na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020. No gráfico de dispersão (acima) note que (i) as séries pré- e pós-rompimento estão em escalas diferentes para melhor avaliação das consequências da passagem da pluma de rejeitos na qualidade da água, e que (ii) no período pós-rompimento estão indicadas a linha de base da temporada de cheias (caixas cinza-escuras) e de seca (caixas cinza-claras). No gráfico de caixas (boxplot; abaixo) são comparadas a distribuição das observações por temporada (seca versus cheias) e indicados o número de observações, o número de observações desviando da linha de base e o número de observações desviando do valor de referência do órgão regulatório.



Ao contrário do que se observa no Rio Doce como um todo (Golder 2018), e em outras localidades a jusante (como Governador Valadares e Aimorés) os valores de pH em Marliéria/Bom Jesus do Galho estiveram na maior parte dos casos dentro dos valores históricos (Gráfico A7).

O aumento na concentração de íons dissolvidos na água, evidenciado pela elevação na alcalinidade e na dureza, e confirmado pelas concentrações de nitrito (Gráfico A32), nitrogênio amoniacal (Gráfico A33), potássio (Gráfico A35), sulfato (Gráfico A28), cloreto (Gráfico A18), sódio dissolvido (Gráfico A27), cálcio total (Gráfico A15), magnésio (Gráfico A23) e uma dezena de metais (Tabela 69), parte dos quais decerto na forma iônica, explicam a elevação em valores de condutividade elétrica na água do Rio Doce após a passagem da pluma de rejeitos. Esta importante variável de síntese foi mantida acima dos valores históricos

nada menos que 9 semestres consecutivos, atingindo um pico 5 vezes maior que o limite superior da linha-de-base (Tabela 69).

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 (Tabela 69). Na verdade, sete leituras abaixo dos limites mínimos da linha-de-base foram registradas nas primeiras horas e dias da chegada da pluma de rejeitos. Mais importante, as concentrações de oxigênio dissolvido logo após o desastre chegaram a uma severa hipoxia (0,5 mg/L). Considerando que as medidas foram tomadas próximos da superfície, e que a profundidade do rio Doce em Cachoeira dos Óculos é de 11 a 12 m, é certo que em profundidades maiores o rio Doce foi, na passagem da pluma de rejeitos, virtualmente desprovido de oxigênio.

Juntamente com as alterações na turbidez, as elevações nas concentrações de ferro dissolvido (Figura 67), alumínio dissolvido (Gráfico A10) e manganês total (Gráfico A24) são testemunho inequívoco da passagem da pluma de rejeitos na Zona de Amortecimento do PERD. Tratam-se, afinal, dos elementos dominantes na composição química do rejeito (Hydrobiology 2015). O ferro dissolvido excedeu os limites superiores da linha-de-base em 9 dos 11 semestres desde o rompimento da Barragem do Fundão, inclusive na temporada de chuvas atual (2020-2021) (Tabela 69). O alumínio dissolvido excedeu os limites superiores da linha-de-base em todas as estações chuvosas de 2015-2016 a 2019-2020 tendo, portanto, uma dinâmica de picos recorrentes. Finalmente, o manganês excedeu os limites superiores da linha-de-base em 6 dos 11 semestres desde o rompimento da Barragem do Fundão. Os picos nas concentrações de ferro, alumínio e manganês foram 59, 121 e 2729 vezes superiores ao limite superior de suas respectivas linhas-de-base (Tabela 69).

A maior parte dos outros metais e metalóides registrados pelo IGAM no período pré-rompimento também tiveram suas concentrações elevadas em Marilândia/Bom Jesus do Galho após o rompimento da Barragem do Fundão (Tabela 69). Arsênio total (Gráfico A12), cádmio total (Gráfico A14), cromo total (Gráfico A21) e níquel total (Gráfico A26) apresentaram claros picos de curto prazo; já o chumbo total (Figura 68) teve um pico na estação chuvosa da passagem do rejeito (2015-2016) e, dois anos depois, apresentou valores isolados também excedendo os limites superiores da linha-de-base.

Em outras localidades do rio Doce (Golder 2018), a passagem da pluma de rejeitos foi acompanhada de concentrações elevadas de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, da carga orgânica, e da contaminação microbiológica. Destes apenas a carga orgânica, conforme indicada pela

Figura 66. Série histórica do oxigênio dissolvido na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020.

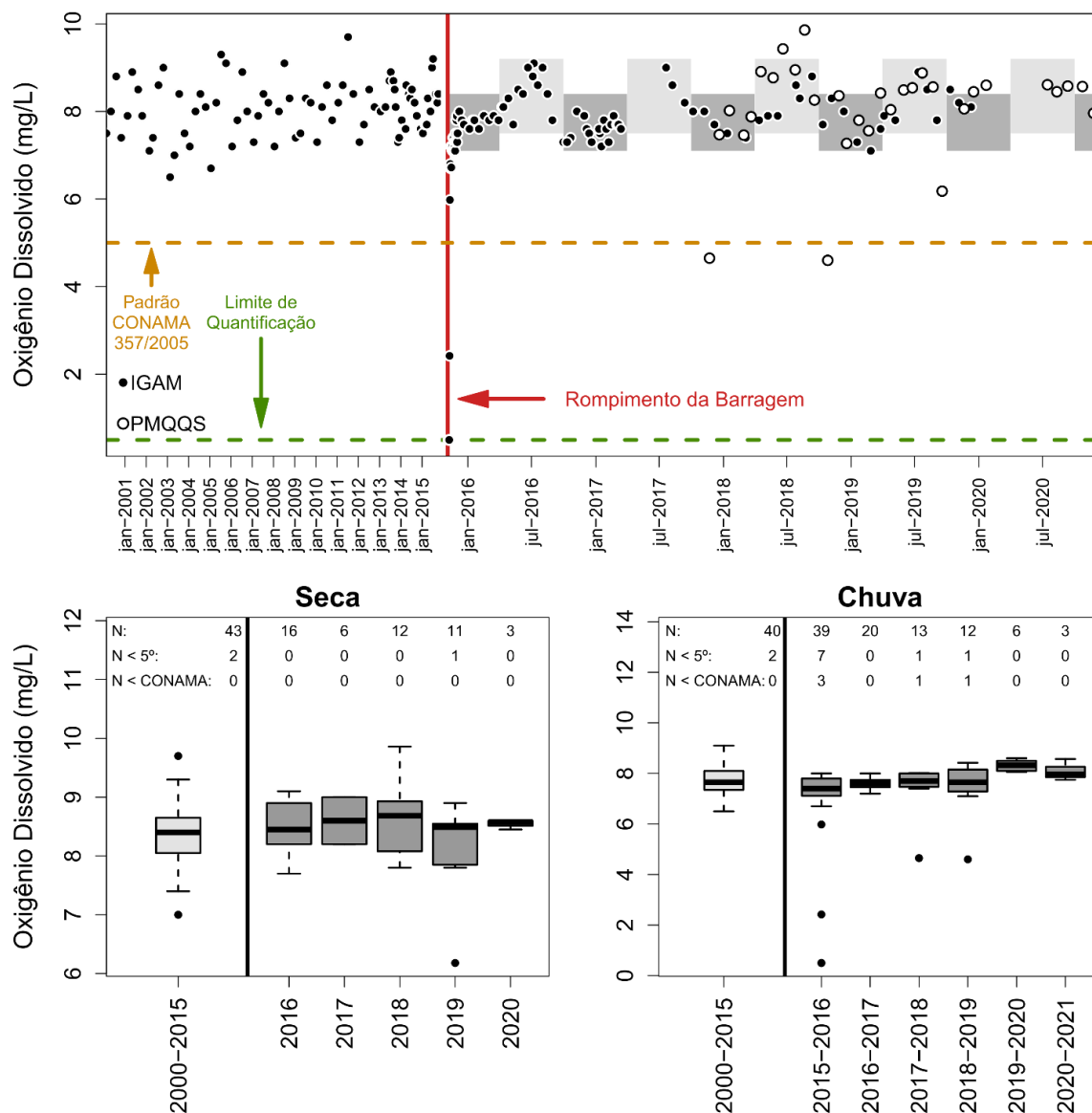


Figura 67. Série histórica do ferro dissolvido na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce de 2000 a 2020. Alumínio e manganês, que junto com o ferro são os elementos dominantes na composição química do rejeito da Barragem de Fundão, apresentaram padrões similares (Tabela 1, Anexo 4).

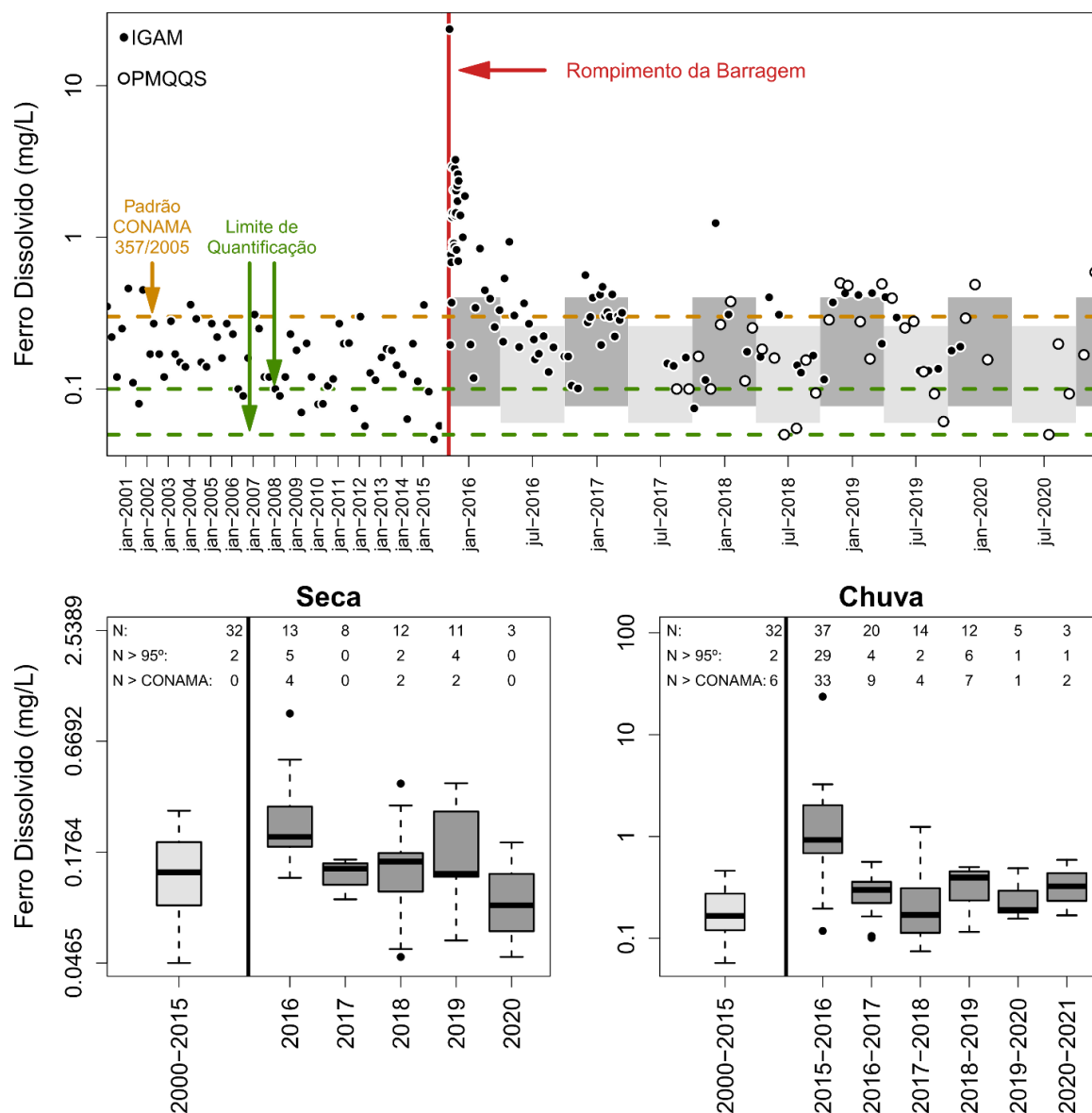


Figura 68. Série histórica do chumbo total na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, de 2000 a 2020. Alguns metais e semi-metais de relevância toxicológica e ecotoxicológica como o arsênio, o cádmio, o cromo e o níquel apresentaram um único pico de concentrações, concomitante com a passagem da pluma de rejeitos. O chumbo teve um comportamento semelhante, exceto que concentrações ligeiramente acima do limite superior da linha-de-base foram registradas em temporadas subsequentes.

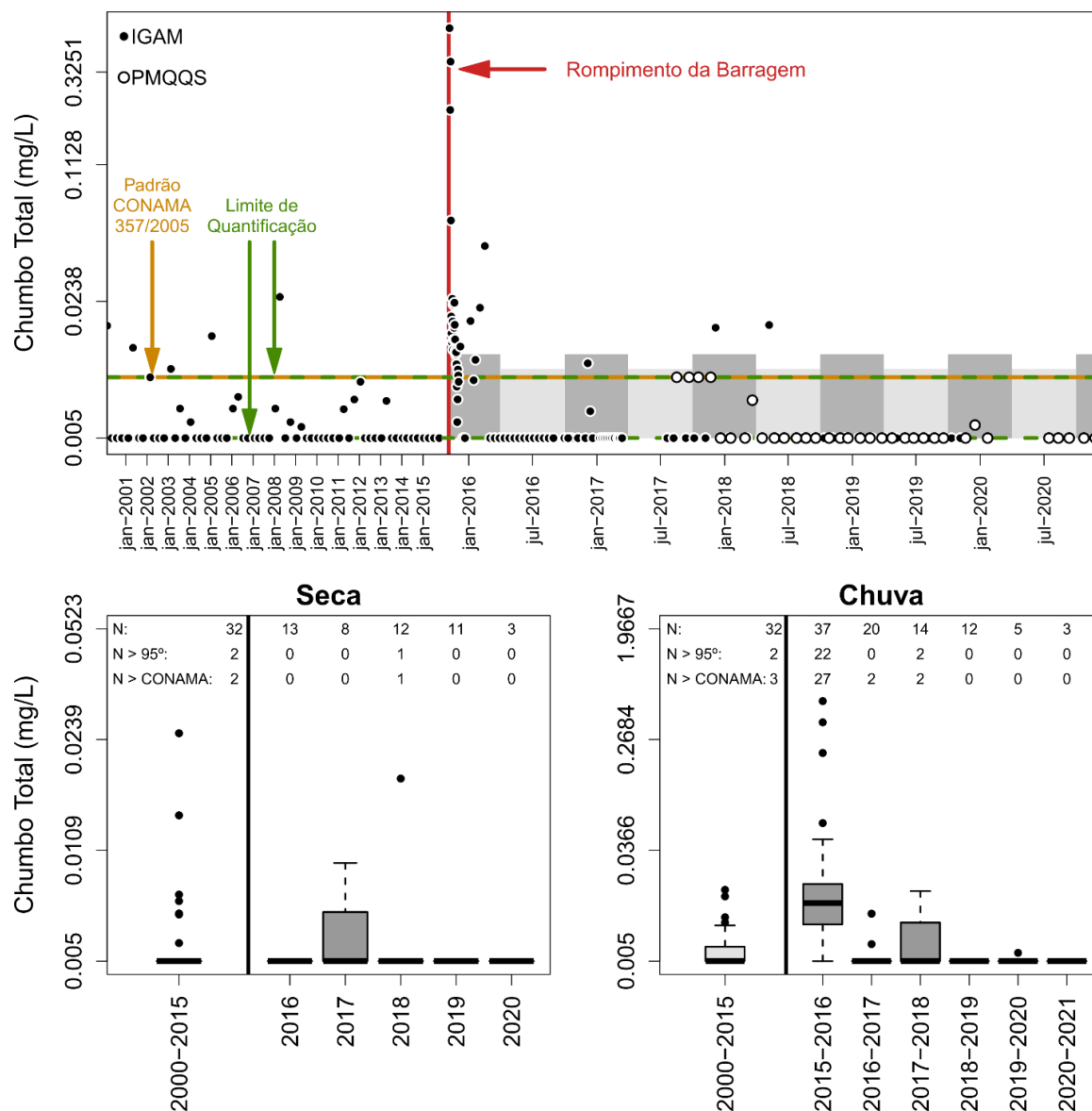
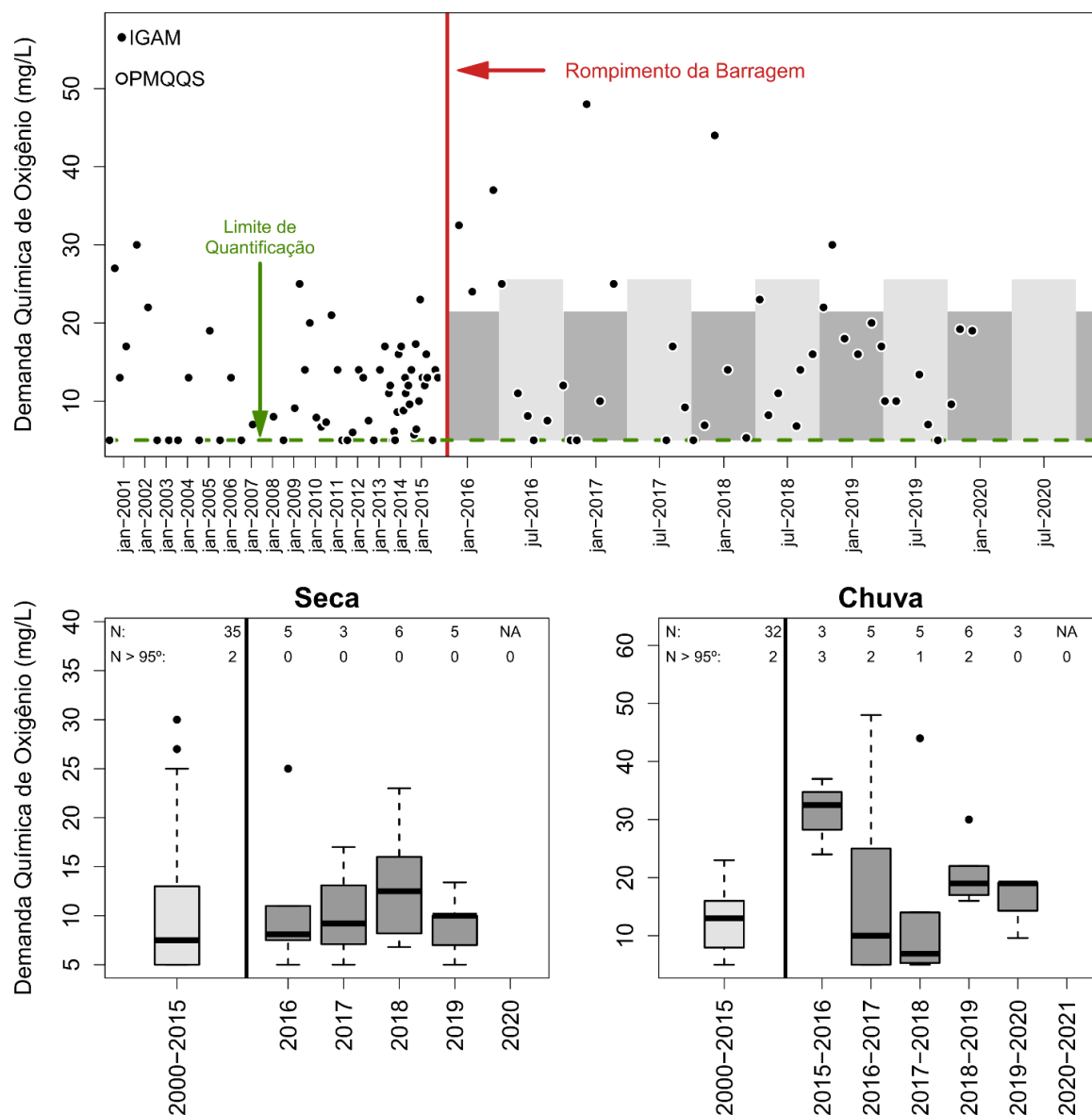


Figura 69. Série histórica da Demanda Química de Oxigênio na água do Rio Doce na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce de 2000 a 2020. A DQO é uma medida da carga orgânica de uma amostra de água.



Demanda Química do Oxigênio (Figura 69), teve valores consistentemente acima do limite superior da linha-de-base na temporada chuvosa de 2015/2016, com recorrência de valores elevados ocasionais na temporada chuvosa de 2016/2017, 2018/2019, e 2019/2020. Fósforo total (Gráfico A30), nitrito (Gráfico A32), nitrogênio amoniacal (Gráfico A33) e potássio dissolvido (Gráfico A34) apresentaram tendências de valores elevados na temporada chuvosa de 2015/2016, com um ou outro valor acima do limite superior da linha-de-base. Dada a massiva mortandade da fauna do rio Doce por ocasião da passagem da pluma de rejeitos, é altamente provável que estes parâmetros tenham atingido valores elevados, mas que estes valores elevados não foram representados nas poucas leituras (de uma a quatro) realizadas na temporada de cheias de 2015/2016.

Especificamente no que diz respeito à contaminação microbiológica, na Estação de Santana de Paraíso (IGAM RD035), no Rio Doce imediatamente a jusante da confluência com o Rio Piracicaba, o limite superior da linha-de-base de coliformes termotolerantes no período chuvoso foi de 90.000 UFC/100 mL (sendo o máximo histórico registrado de 160.000 UFC/100 mL). Na passagem da pluma de rejeitos a concentração de coliformes termotolerantes atingiu 200.000 UFC/100 mL, valor superior ao limite superior da linha de base de virtualmente todas as estações de monitoramento do Rio Doce (ver Tabela 15 do Anexo de Golder 2017b). Esta mesma tendência foi observada em duas estações de Governador Valadares ainda mais a jusante, onde o limite superior da linha-de-base no período chuvoso foi de 17.000 (valor máximo 24.000) e 30.000 UFC/100 mL (valor máximo 30.000). Nos dias e semanas que se seguiram à passagem de rejeitos um pico em 140.000 UFC/100 mL foi medido. Considerando estas observações, parece provável que uma alteração de curto prazo na contagem de coliformes termotolerantes tenha acontecido na Zona de Amortecimento do PERD, mas que tenha passado despercebida (note que 'coliformes termotolerantes', especificamente, pararam de ser registrados na estação RD023 em Marliéria em 2013).

Não foram observadas alterações na biomassa de fitoplâncton, conforme evidenciado pela concentração de clorofila *a* ou na contagem de cianobactérias (Gráficos A40-A42).

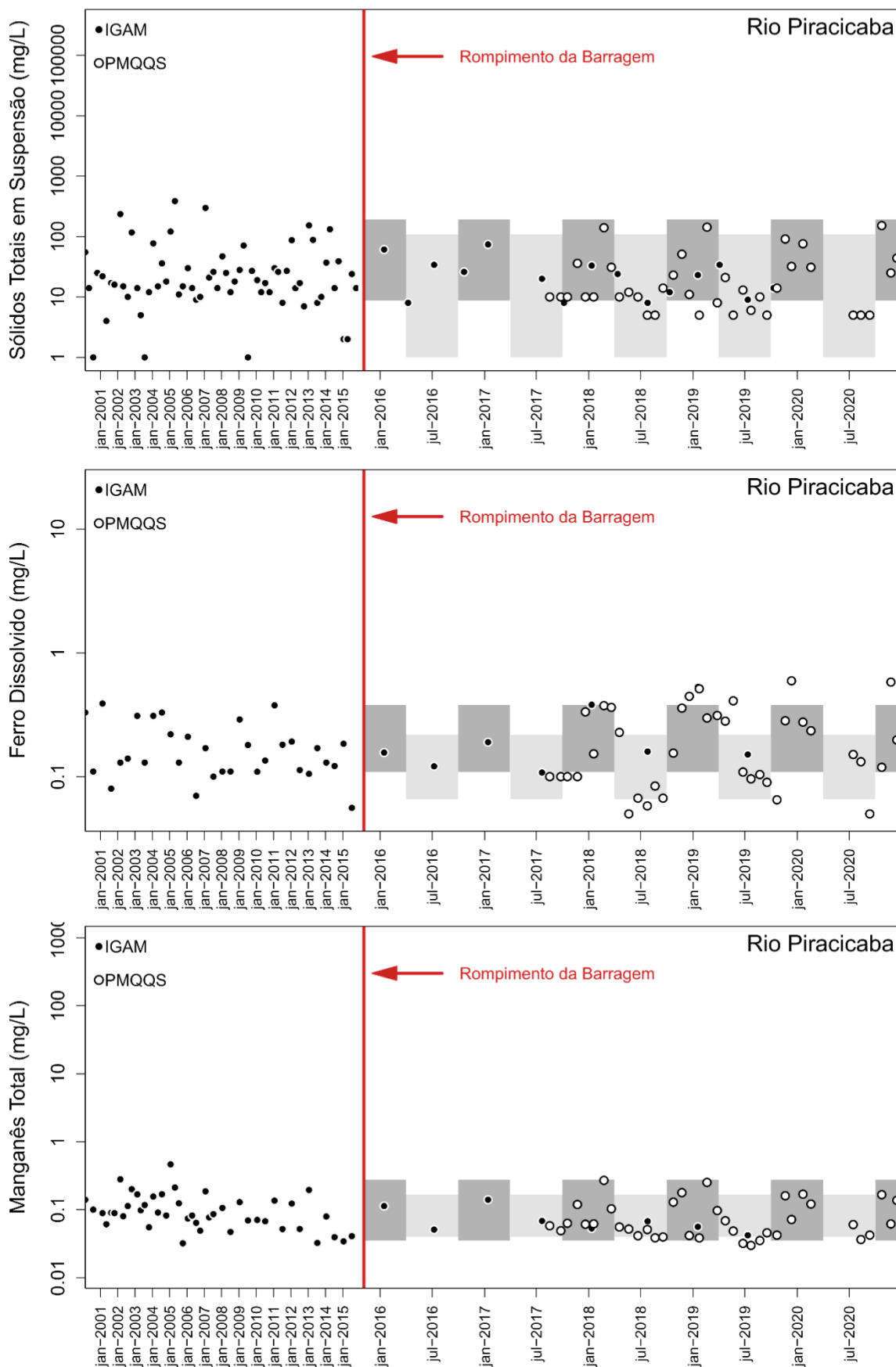
Rio Piracicaba. Uma vez que o limite norte do Parque Estadual do Rio Doce é definido pelo curso do Rio Piracicaba, convém analisar uma eventual influência da passagem da pluma de rejeitos na qualidade da água deste importante tributário. As Estações de Monitoramento Fluviométrico em Timóteo (IGAM RD034 e RPC03) estão entre 9 e 14 km a montante da confluência com o rio Doce e, portanto, uma influência do rompimento da Barragem de Fundão detectável a esta distância não seria esperada. Coerentemente, uma análise da dinâmica temporal dos principais marcadores da pluma de rejeito (sólidos totais em suspensão, ferro dissolvido e manganês total; Figura 70) no rio Piracicaba mostra padrões incompatíveis com a dinâmica temporal observada no rio Doce (veja ainda os Gráficos A43-A47 para linhas do tempo e Gráficos de caixa dos dois rios comparadas lado a lado para estes parâmetros, bem como para alumínio dissolvido e oxigênio dissolvido).

6.1.5.2. Águas superficiais no interior do Parque Estadual do Rio Doce

Não encontramos publicações ou dados que permitam analisar as eventuais consequências do rompimento da Barragem de Fundão sobre a qualidade da água dos ribeirões que drenam o Parque Estadual do Rio Doce, ou seu sistema de lagos. No entanto, o Gestor do Parque, Vinicius de Assis Moreira relatou, a partir de testemunhos dos guarda-parques, que após anos comparativamente secos, em 2020/2021 um maior transbordamento rio Doce atingiu 14 lagoas na ZA e entorno (Lagoa Ariranha, Lagoa Barra, Lagoa Amarela, Lagoa Palmeirinha, Lagoa Jacaré, Lagoa Alméciga, Lagoa Poço Redondo, Lagoa Caxote, Lagoa Timbure, Lagoa Remoarda, Lagoa Carvão com Azeite, Lagoa da Quadra, Lagoa Café, Lagoa Aguapé). Também o Professor Francisco Barbosa (UFMG), experiente limnólogo com décadas de pesquisa no PERD, testemunhou em anos de grandes cheias a inundação de lagos por riachos intermitentes ou permanentes que são ligados ao rio Doce. Isso aconteceu com o Ribeirão Mombaça, que transbordou e atingiu com suas

águas a Lagoa Verde no Distrito de Baixa Verde. Isso possivelmente também aconteça com outros lagos, como por exemplo Patos (dentro do PERD), Palmeirinha, Amarela e outras. Em 2012, pescadores entrevistados pela Doutora Lorena Oporto (UFMG), ao serem indagados sobre a dispersão de peixes invasores no sistema, também relataram a ocorrência de conexões entre o rio Doce e a lagoa da Barra (localizada no entorno do PERD) em épocas de grandes cheias, bem como desta com outros lagos da região, também através do Mombaça.

Figura 70. Séries históricas de sólidos totais em suspensão, ferro dissolvido e manganês total na água do Rio Piracicaba, de 2000 a 2020. Note a ausência de um padrão temporal de alteração, nestes que são importantes marcadores da passagem da pluma de rejeito no rio Doce.



6.1.6. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Físico

6.1.6.1. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Físico

A Fundação Renova formulou, e vem desenvolvendo e executando, 42 Programas Socioambientais e Socioeconômicos para a compensação, reparação e recuperação dos danos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão em Mariana. Dentre eles, 6 englobam ações de manejo de rejeitos e controle de sedimentos, e um engloba ações de melhoria do saneamento básico a montante do Parque Estadual do Rio Doce. Tratam-se, portanto, de ações que podem incidir sobre a quantidade e qualidade da água e sedimento na calha e margens do rio Doce, nos tributários e nos lagos na Zona de Amortecimento e mesmo na Unidade de Conservação. Um oitavo Programa, com caráter de monitoramento pretende gerar as informações necessárias para o acompanhamento da variação espaço-temporal na qualidade de águas e sedimentos e, portanto, é importante para avaliar a efetividade dos demais programas (Fundação Renova 2021a, b, c).

6.1.6.2. Programas voltados ao manejo de rejeitos e controle de sedimentos

PG009. Recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves (Candonga). Este programa tem por objetivo o restabelecimento das condições de operação da Usina Hidroelétrica Risoleta Neves por meio da implantação de ações de reparo na infraestrutura e desassoreamento na área de alagamento da hidrelétrica.

PG023. Programa de Manejo de Rejeitos. Este programa tem por objetivo conduzir estudos detalhados da deposição de rejeitos na Área Ambiental 1 e, a partir deles, realizar seu manejo.

PG024. Programa de Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto. Este programa tem por objetivo construir e operar estruturas de contenção de sedimentos para armazenamento dos materiais retirados das calhas dos rios e seu entorno, visando a redução gradativa da turbidez dos rios.

PG025. Programa de Revegetação, enrocamentos e outros métodos. Este programa tem por objetivo revegetar 800 ha e, em seguida, recuperar 2.000 ha na Área Ambiental 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e Ponte Nova.

PG026. Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas. Este programa tem por objetivo promover a recuperação, em 10 anos,

de 40.000 ha de APPs e áreas de recarga hídrica degradadas no rio Doce e em subbacias de rios definidos como fontes superficiais alternativas de abastecimento. Destes 40.000 ha, 10.000 ha deverão ser recuperados por meio de reflorestamento e 30.000 por meio de regeneração.

PG027. Programa de Recuperação de Nascentes. Este Programa tem como objetivo recuperar 5.000 nascentes, definidas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Doce, numa taxa de 500 nascentes ao ano, por 10 anos.

Justificadamente, estas ações estiveram concentradas na porção mais afetada pelo desastre ao longo do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e Alto rio Doce (Figuras 43 e 44). Uma visão global mostra que ações emergenciais conduzidas até dezembro de 2017 incluíram a limpeza de leitos e a reconformação de margens, ações de controle de erosão com plantio de 800 ha de margens, e recuperação de 113 afluentes. No Reservatório de Candonga 3 barramentos metálicos foram construídos para contenção de rejeitos e 959 mil

dos 10,5 milhões de m³ de material sólido depositados foram bombeados. Um plano geral de manejo de rejeitos dividiu o curso atingido do rio Doce em 17 trechos em função da forma e tipo da deposição, as características dos cursos d'água e seu relevo, e a abrangência espacial das áreas afetadas. Planos de ação específicos foram elaborados para cada trecho, e, com exceção das ações emergenciais, a execução do PG023 foi iniciada apenas no final de 2019. Até o momento foram definidas as ações de manejo de rejeitos para o trecho compreendido entre Mariana e a divisa de Barra Longa; iniciada a renaturalização do rio Gualaxo do Norte com a instalação de troncos na calha do rio para restabelecer condições mais favoráveis à biota; e promovida a retirada de rejeitos em Barra Longa e Cachoeira de Camargos em Mariana. Entre Mariana e Santa Cruz do Escalvado foram ainda construídos enrocamentos ao longo de 1500 ha de margens para evitar erosão; promovidos a renaturalização do curso do rio com criação de remansos para redução do fluxo; e aplicadas mantas biodegradáveis que seguram sementes nas margens. A Fundação Renova afirma ainda que 1000 nascentes estariam com processo de restauração iniciado (Fundação Renova 2021c).

O programa de recuperação de nascentes em Minas Gerais conta com a colaboração e segue diretrizes do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce, em particular dentro do Programa de Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Nascentes (P52) do Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia Hidrográfica do rio Doce (PIRH-Doce).

6.1.6.3. Programas voltados ao saneamento básico

PG031. Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos. O objetivo deste programa, de cunho compensatório, é disponibilizar R\$ 500 milhões aos municípios da Área Ambiental 2 (municípios banhados pelo Rio Doce e pelos trechos impactados dos Rios Gualaxo do Norte e Carmo) para custeio na elaboração de planos básicos de saneamento básico, elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos, erradicação de lixões e implantação de aterros sanitários regionais.

Apesar do montante significativo disponibilizado, apenas 22 milhões foram investidos até o momento. Foram contemplados 39 municípios, inclusive alguns de interesse imediato para o Parque Ecológico do Rio Doce, tais como os vizinhos Marliéria, Dionísio, Ipatinga e Córrego Novo. Segundo a Renova (Renova 2021) Dionísio recebeu recursos para obras de coleta e tratamento de esgotos no distrito de Baixa Verde, e Córrego Novo para a implantação de sistema de esgotamento sanitário na sede do município.

Este programa conta com a colaboração das prefeituras e do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce, em particular dentro do Programa de Saneamento da Bacia (P11 do PIRH-Doce) e do Programa de Universalização do Saneamento (P41 do PIRH-Doce).

6.1.6.4. Programas voltados ao monitoramento ambiental

PG038. Programa de Monitoramento da Bacia do rio Doce. Este programa tem por objetivo desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

O PMQQS foi efetivamente estabelecido em agosto de 2017 com os seguintes objetivos específicos: (i) Identificar e avaliar as alterações na dinâmica temporal e espacial dos parâmetros físicos e químicos amostrados para qualidade da água e do sedimento, bem como as comunidades aquáticas e os possíveis efeitos tóxicos; (ii) formar uma rede de alerta da qualidade da água para subsidiar ações nos principais sistemas de abastecimento de água; (iii) avaliar a inter-relação dos parâmetros analisados ao longo do rio

Doce, tributários, lagoas, zona costeira e estuarina adjacente; (iv) comparar dados amostrados atuais com dados históricos da bacia do rio Doce, quando disponíveis; (v) averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água e sedimento em relação aos limites dos parâmetros preconizados pelos instrumentos legais aplicáveis (vi) avaliar, ao longo do tempo, a recuperação dos ambientes impactados diante das intervenções permanentes realizadas pela Fundação Renova; e (vii) validar os dados do programa de monitoramento por meio do Programa de Garantia de Qualidade e Controle da Qualidade (QA/QC). Para tal, baseia-se em

malha de amostragem compreendendo 56 estações de amostragem na Bacia do rio Doce sendo 42 em rios (32 no rio Doce, 10 em tributários) e 14 em lagoas marginais (6 lagoas marginais), além de 18 pontos amostrais em 11 estuários e 18 pontos amostrais na isóbata de 10 m na zona costeira do ES e BA.

6.2. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Biótico

6.2.1. Aspectos Metodológicos

Diversas fontes foram consultadas para a caracterização da vegetação e fauna, tanto em revistas científicas quanto em relatórios técnicos. O intervalo considerado compreendeu o momento posterior ao rompimento da barragem de Fundão, até o mês de fevereiro de 2021.

Para a **vegetação**, após o rompimento da Barragem de Fundão no final de 2015, estudos e avaliações sobre danos e impactos foram conduzidos ao longo do Rio Doce. Diversas entidades, como Ibama, Secretarias de Meio Ambiente e Ministérios Públicos (estaduais e federal) desenvolveram avaliações no intuito de estimar a perda dessa vegetação.

Em 2015, o IF-MG apresentou dados preliminares relacionados aos impactos sofridos pela fauna e flora no PERD. Logo após o Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2015, 2016) verificou os danos diretos e indiretos causado ao Parque.

No ano de 2016, foi desenvolvido um levantamento fitossociológico em trechos dos municípios de Mariana, Barra Longa, Ponte Nova, Santa Cruz do Escalvado e Rio Doce, pela Econservation Estudos e Projetos Ambientais e publicado em 2017. Porém este estudo não foi utilizado no presente diagnóstico, já que não contempla a área do PERD.

A Consultoria Bicho do Mato desenvolveu estudos da flora terrestre lenhosa no ano de 2018 ao longo da Bacia, de Minas Gerais até o Espírito Santo, utilizando coleta de dados primários para o monitoramento nos módulos RAPELD e dados secundários da flora da região. Ele traz dados primários sobre a estrutura da vegetação, composição de espécies e ocorrência de espécies ameaçadas, nos quais baseou-se o diagnóstico aqui apresentado.

A Ello Consultoria realizou em 2019 e 2020 a “Avaliação de Impactos do Monitoramento da Flora Terrestre nos Estados de MG e ES”. Esta avaliação ao longo da Bacia do Rio Doce, constou de amostragem de solo, florística, ecologia da paisagem, análise integrada flora, solo e paisagem, índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), além de análise genética. Para a coleta de dados desta avaliação foi adotado novamente o método módulos RAPELD.

As informações sobre a **mastofauna** após o rompimento da Barragem de Fundão consistem em relatórios técnicos (IEF, 2015; IEF, 2016; LACTEC, 2018; Bicho do Mato, 2020) e um artigo publicado compilando impactos imediatamente posteriores (Espíndola et al., 2016). Os relatórios técnicos do IEF sistematizam informações sobre os impactos derivados do rompimento da barragem sobre o PERD, inclusive aqueles

específicos para a mastofauna, listando as diversas alterações observadas no período pós-rompimento. O relatório elaborado pela LACTEC (2018) compila as diversas fontes de informação disponíveis até a data de sua publicação sobre os impactos relacionados ao meio biótico em diversas UCs. Os relatórios da empresa Bicho do Mato (2020) foram contratados pela RENOVA, e apresentam resultados do monitoramento de pequenos mamíferos terrestres, voadores e de médio e grande porte na área do parque, em áreas de floresta considerada terrestre e em áreas ripárias, em áreas que incluem o PERD. Foram conduzidos alguns estudos preliminares sobre a contaminação de pequenos mamíferos por metais pesados, e houve tentativas de relacionar a diversidade neste grupo com a distância de áreas potencialmente impactadas.

Embora existam dados de monitoramento conduzidos dentro do programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD/CNPq) especificamente sobre a Dinâmica Biológica e a Conservação da mata Atlântica do Médio rio Doce e tendo como foco a mastofauna de pequeno e de médio/grande porte, os relatórios não se encontram disponíveis para consulta.

Para a caracterização pós-desastre da **avifauna** do PERD foram consultadas as mesmas fontes de dados que embasaram a caracterização pré-desastre. Foi consultado também o relatório técnico produzido pelo Bicho do Mato Instituto de Pesquisa (RENOVA, 2020), o qual incluiu a coleta de dados pós-acidente. De forma complementar, foram utilizados dados provenientes de observações inéditas conduzidas de maneira não sistematizada pelos biólogos Wagner Nogueira e Hans Thomassen no PERD (com. pessoal). Impressões colhidas por Leonardo Lopes durante uma breve visita de dois dias ao PERD em outubro de 2016, durante uma saída de campo com estudantes da UFV-Florestal, foram também bastante úteis para suportar as conclusões apresentadas nesse diagnóstico (dados primários sobre a avifauna, no entanto, não foram coletados durante esta breve visita de campo).

Para a caracterização da **herpetofauna** do PERD pós rompimento, a delimitação geográfica do esforço de busca por dados secundários que contivessem registros de espécies e informações que pudessem ser utilizadas no diagnóstico pós-desastre do PERD seguiu a mesma circunscrição espacial utilizada para confecção da linha de base (ver 4.1.1 Aspectos Metodológicos).

Considerando esse recorte espaço-temporal, foi realizada a revisão da literatura científica indexada, de bases de dados on-line e de registros em coleções, seguindo a metodologia proposta na linha de base (ver 4.1.1 Aspectos Metodológicos).

Para referências que utilizaram, além de dados primários coletados pós-desastre, dados secundários obtidos antes do rompimento (i.e. Guimarães et al., 2019; Thomassen, 2019), foram considerados apenas os dados primários. Todas as espécies registradas por meio de dados primários em ambos os referidos trabalhos, incluindo répteis, foram depositadas na coleção UFVF. Assim, na Lista de espécies 10, do Anexo 5, a fonte dos registros correspondentes a esses dois trabalhos foi citada como o acervo da UFVF.

Ainda, foram utilizados os dados obtidos durante os dois primeiros anos da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, executada entre 2018 e 2020, que foram acessados por meio das planilhas de dados brutos fornecidas pela Renova. Os registros de algumas espécies provenientes da Avaliação Ecológica Rápida foram excluídos ou precisaram ser corrigidos para que pudessem ser incluídos na lista de espécies registradas no PERD pós-desastre.

Quatorze espécies (*Chiasmocleis* sp., *Dendropsophus* cf. *anceps*, *Dendropsophus* gr. *rubicundulus*, *Elachistocleis* sp., *Ischnocnema* sp., *Physalaemus* sp., *Rhinella* cf. *crucifer*, *Rhinella* cf. *ornata*, *Rhinella* gr. *granulosa*, *Trachycephalus* sp., *Tropidurus* cf. *torquatus*, *Tropidurus* sp., *Scinax* gr. *fuscovarius*, *Trachycephalus* cf. *mesophaeus*) não foram incluídas devido às imprecisões na sua identificação.

Chiasmocleis carvalhoi não ocorre no Brasil, visto que *Chiasmocleis carvalhoi* Cruz, Caramaschi, and

Izecksohn, 1997 foi considerado um homônimo júnior de *Chiasmocleis carvalhoi* (Nelson, 1975) (Peloso et al., 2014). O nome correto para a espécie da Mata Atlântica é *Chiasmocleis lacrimae*. Entretanto, não há registro desta espécie em Minas Gerais. A espécie registrada trata-se provavelmente de *Chiasmocleis schubarti* espécie comum no PERD. Dessa forma, o registro de *Chiasmocleis lacrimae* não foi considerado.

O registro de *Physalaemus signifer* não foi considerado, já que a espécie foi registrada por meio de um único indivíduo, que não foi coletado, capturado em armadilha do tipo *pitfall*. Sem o auxílio da vocalização é muito pouco provável que a espécie possa ter sido identificada em campo sem a coleta do espécime. Ademais, apesar de ser conhecida em Minas Gerais (Leite et al., 2019), a espécie pode ser facilmente confundida com *Physalaemus* aff. *crombiei* que ocorre no PERD (Guimarães et al., 2019).

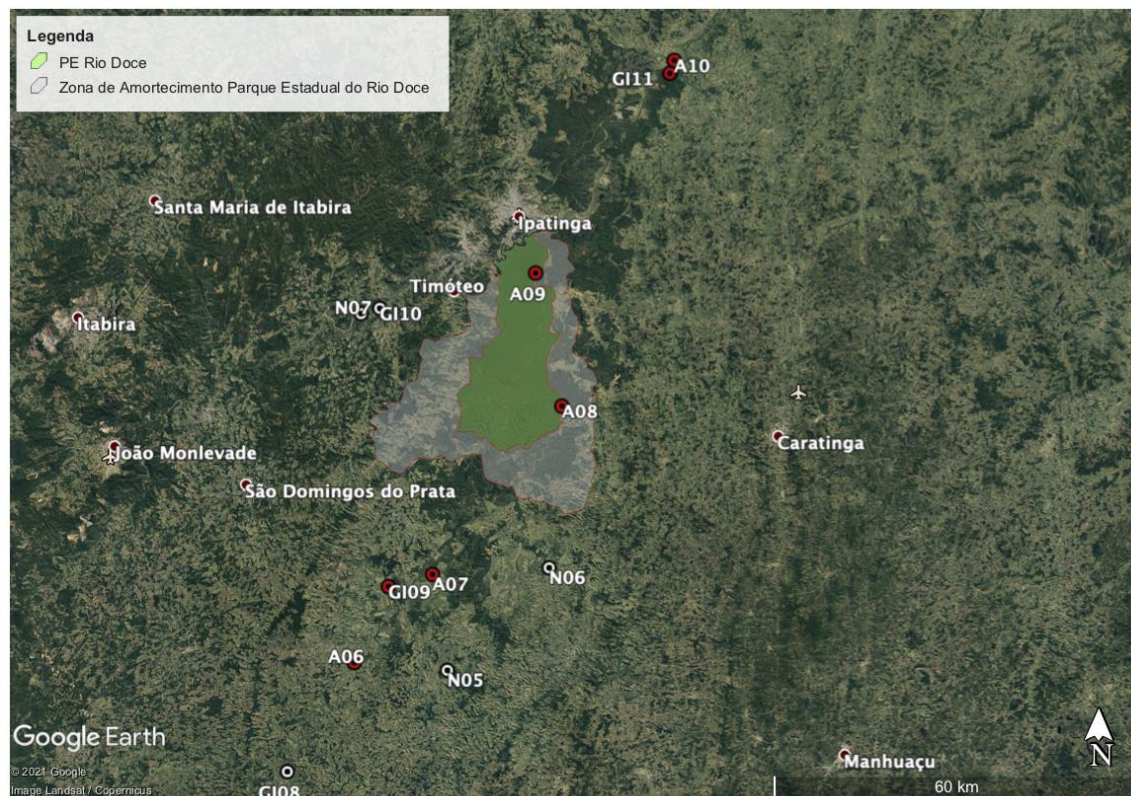
Por fim, *Leptodactylus spixi* foi considerado como *Leptodactylus watu*, que é o nome correto que deve ser atribuído às populações do PERD (Silva et al., 2020).

Para o diagnóstico das alterações da **ictiofauna** pós-rompimento da barragem de Fundão foram considerados os dados dos levantamentos do Grupo Independente de Avaliação de Impacto Ambiental (doravante GIAIA) referente ao ano de 2016 (Dergan et al. 2017) e do monitoramento de ictiofauna da Econservation (2019), que foram comparados com a ictiofauna da linha de base pré-rompimento. Foram considerados os pontos de monitoramento inseridos dentro do Trecho Médio 1 (Figura 71), que compreende o trecho do rio Doce do ponto à jusante da UHE Risoleta Neves até a região da Cachoeira Escura. Foram considerados os dados de riqueza e abundância de locais afetados e não afetados pelo rejeito de minério proveniente da barragem de Fundão.

- - Dados de 2016 (GIAIA): GI09 e GI11 (Afetados); GI08 e GI10 (Não Afetados);
- - Dados de 2017 (Ecoservation): A06, A07 e A10 (Afetados); N05, N06 e N07 (Não Afetados);
- - Dados de 2018 (Ecoservation): A06, A07, A08, A09 e A10 (Afetados); N05, N06 e N07 (Não Afetados);

Para visualização de tendências de mudanças nos padrões de riqueza e abundância ao longo dos 3 anos de monitoramento, os dados foram plotados em box-plots.

Figura 71. Localização dos pontos de monitoramento de ictiofauna nas proximidades do Parque Estadual do Rio Doce e de sua Zona de Amortecimento. Pontos vermelhos: locais afetados pelo rejeito de minério proveniente do rompimento da Barragem de Fundão. Pontos brancos: locais não afetados pelo rejeito de minério proveniente do rompimento da Barragem de Fundão.



Como é possível notar pela distribuição dos pontos na Figura 71, optou-se por considerar os pontos de monitoramento fora dos limites da UC e de sua ZA. A decisão está baseada na presença de espécies com potencial migratório, identificadas na linha de base, que tem habilidade de transitar pelo trecho considerado. Além disso, pela própria natureza contínua dos sistemas fluviais (Vannote *et. al.* 1980), os impactos são propagados e acumulados no sentido montante-jusante, exigindo uma visão mais ampla para compreender os seus possíveis efeitos.

6.2.2. Caracterização das alterações pós-desastre no Meio Biótico

6.2.2.1. Vegetação

O Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2016) verificou os danos diretos e indiretos causado ao PERD pelo rompimento da barragem de Fundão e pelo lançamento de rejeitos das atividades de mineração da empresa Samarco. Na abordagem sobre a flora, destacou que os efeitos do dano superaram a capacidade de resiliência do local, sendo necessário reflorestamento e recuperação das áreas profundamente impactadas pelos rejeitos de lama. A perícia realizada e descrita no Relatório nº 4 (MINAS GERAIS, 2015) alerta ainda sobre o acúmulo de minério de ferro ao longo das margens do rio dentro do Parque Estadual do Rio Doce, que pode impactar a floração de espécies florestais e, consequentemente, as interações ecossistêmicas da biota local.

O Relatório Técnico nº 1/2016, emitido pelo IEF, traz uma avaliação feita no Parque Estadual do Rio Doce entre os meses de janeiro e novembro de 2016 ao longo dos 42,39 km do rio que estão dentro da UC, e alerta para os riscos de incêndios florestais devido ao aumento na intensidade de atividades humanas no parque gerado por consequência do evento, podendo colocar em perigo toda a biodiversidade protegida no local

Para os estudos da vegetação conduzidos pela Consultoria Bicho do Mato em 2018 foram instaladas 10 parcelas localizadas no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), MG e no norte do estado do ES. Nesta investigação foram identificados cerca 3900 indivíduos em 66 famílias, 217 gêneros e 488 espécies, e não foram registradas espécies invasoras e/ou exóticas (Bicho do Mato/Fundação RENOVA, 2019).

Os dados secundários e as espécies identificadas neste estudo indicaram que o rio Doce apresenta diversidade vegetal caracterizada por famílias que estão entre as mais diversas para a Mata Atlântica, tais como Fabaceae, Myrtaceae e Rubiaceae. Famílias cujas espécies não apresentam lenho, tais como Bromeliaceae e Orchidaceae e que não foram amostradas na coleta de dados e ainda sim foram amplamente presentes nos dados secundários, também estão entre as mais abundantes para o domínio da Mata Atlântica. Nenhuma espécie Criticamente Ameaçada e Quase Ameaçada levantada nos dados secundários foi encontrada entre as espécies identificadas. No entanto oito espécies Em Perigo e 5 espécies Vulneráveis foram coletadas e identificadas no PERD e no Norte do Espírito Santo, evidenciando a importância das áreas de preservação para numerosas espécies vegetais (Bicho do Mato/ Fundação RENOVA, 2019).

Os resultados levantados não indicaram diretamente que as diferenças observadas na densidade e área basal foram decorrentes de impactos advindos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana (MG), pois podem ser derivadas de variáveis não analisadas. Fitofisionomias observadas na prática em campo aparentaram explicar melhor as diferenças observadas entre as parcelas para os parâmetros área basal e densidade de indivíduos por hectare (Bicho do Mato/ Fundação RENOVA, 2019).

A Ello Consultoria realizou em 2019 e 2020 a “Avaliação de Impactos do Monitoramento da Flora Terrestre nos Estados de MG e ES”.

A prioridade desta segunda campanha da avaliação foi o recenseamento da comunidade vegetal, obtendo dados quantitativos (DAP, altura estimada, “x” e “y”) e dados qualitativos relacionados ao aspecto da vitalidade dos indivíduos e a fenologia.

Na amostragem das faixas sensíveis das parcelas ripárias afetadas e não afetadas selecionadas foram registrados 2466 indivíduos, dos quais 1926 puderam ser identificados ao menos no nível de família, pertencentes a 61 famílias. Foram classificados 1842 indivíduos em 311 morfotipos diferentes, dos quais 104 foram identificados em nível de espécie, 171 em nível de gênero e 36 em nível de família. Dentre as 16 parcelas analisadas, Fabaceae (220 indivíduos), Myrtaceae (213), Meliaceae (159), Rubiaceae (116), Anacardiaceae (95) e Euphorbiaceae (93) foram as famílias com maior número abundância, e Fabaceae (50 spp) Myrtaceae (36 spp), Rubiaceae (20 spp), Euphorbiaceae (17 spp) e Sapotaceae (16 spp) foram as famílias mais ricas no total das 16 parcelas.

Através do cálculo de NDVI (o qual permite monitorar, o “vigor” da vegetação, em que, quanto mais densa a fitomassa foliar fotossinteticamente ativa menor será a porcentagem de radiação vermelha refletida e maior a porcentagem de radiação infravermelha refletida) obteve-se como resultado que a região do PERD e adjacências apresentou pouca variação, o que pode ser explicado pela localização das parcelas em uma Unidade de Conservação, ou seja, vegetação mais íntegra.

Segundo a Ello (2020), o impacto da barragem parece ter sido um fator de menor intensidade sobre as comunidades amostradas, apenas uma fração da resposta da diversidade pode ser atribuída a este efeito de

maneira independente dos demais efeitos estudados. Uma hipótese é que as espécies de plantas das áreas analisadas podem ser resistentes ao tipo de impacto agudo ocasionado pelo rompimento da barragem e contato com a lama. Entretanto, isto não descarta mudanças nas assembleias em longo prazo, devido a impactos crônicos que o acidente possa ter causado por modificação dos solos nas margens do rio. A resposta das árvores, com aumento de mortalidade e substituição pode ser um processo lento, podendo haver um atraso no tempo de resposta destas assembleias, o que já foi observado em relação a outros tipos de impacto.

Outra hipótese é de que os impactos foram sentidos pelo componente juvenil apenas, plantas menores do que o critério de inclusão adotado. Neste caso, se o efeito for apenas agudo, as comunidades podem se recuperar, entretanto se houver um efeito crônico, selecionando espécies que conseguem se estabelecer, os efeitos sobre as assembleias se darão em longo prazo (Ello/ Fundação RENOVA, 2020).

Apesar destas duas avaliações terem gerado dados sobre a diversidade da vegetação, eles não podem ser comparados aos estudos pré rompimento pois utilizaram métodos de coleta diferentes. Além disso, não foram direcionados unicamente para a região do PERD, apresentando dados de outras localidades ao longo da Bacia.

Mesmo assim, eles apontam que ainda é necessário mais avaliações e monitoramentos para que se possa ligar danos e impactos na vegetação ao rompimento da barragem.

O que se pode depreender dessas avaliações é que se houve impacto direto sobre a flora, ele foi localizado na calha do rio atingindo a flora aquática e subaquática, e a vegetação da margem por onde a lama de rejeitos deve ter passado e se depositado, causando seu soterramento ou influenciando na sua fisiologia e causando sua morte pela alta concentração de componentes químicos do rejeito.

Quanto aos possíveis impactos indiretos, avaliação do IF (2015) e entrevista realizada pela CEPEMAR (2020) com o gestor do PERD, Vinícius Assis de Moreira, foi percebido o aumento na quantidade de espécies exóticas na margem do rio como o capim colônia (*Panicum maximum*) e de calabura (*Muntingia calabura*). Além disso, relatou que houve maior supressão da vegetação causada pela procura e extração de bromélias, orquídeas e palmito, além de picadas dentro da mata com risco de incêndio causado por fogueiras.

O PERD e sua ZA enfrentam um histórico de impactos ambientais, em consequência de ações antrópicas que antecedem o rompimento da Barragem de Fundão, tais como: caça de animais silvestres, incêndios, ocupações irregulares e supressão da vegetação nativa. Nesse contexto, os impactos específicos e relacionados à chegada de rejeitos podem ter amplificado os problemas históricos enfrentados na UC e em sua ZA.

6.2.2.2. Mastofauna

O conhecimento sobre os mamíferos de ocorrência na Bacia do Rio Doce e especificamente no PERD no período pós rompimento baseia-se nos estudos contratados pela Fundação Renova (RENOVA 2020a, 2020b). O diagnóstico de linha de base pós rompimento realizado para subsidiar o monitoramento deste grupo foi feito empregando a metodologia RAPELD, com amostragens em 103 parcelas e módulos distribuídos ao longo do rio Doce, em duas campanhas de campo, uma na estação seca e uma na chuvosa. Um dos blocos amostrais (BA3) abrange a área do PERD. Os resultados abaixo, que embasam o diagnóstico pós rompimento da mastofauna do PERD, são derivados desta avaliação ecológica rápida e análise de impactos, realizada entre 2018 e 2020.

Para a obtenção de dados primários, os pequenos mamíferos terrestres foram amostrados através de armadilhas de contenção do tipo Sherman e armadilhas de queda, durante cinco noites consecutivas em

cada módulo e em cada uma das duas campanhas. Os indivíduos capturados foram marcados e soltos, ou coletados e preparados para depósito em coleções científicas.

Os quirópteros foram amostrados como uso de redes de neblina no sub-bosque e busca ativa em abrigos diurnos, capturados, medidos, pesados, e parte dos indivíduos receberam anilhas sendo soltos a seguir. Uma parcela dos animais capturados foi coletada para identificação e registro, e depositada em coleção científica.

Os mamíferos de médio e grande porte foram inventariados através de transecção linear e armadilhas fotográficas.

As espécies registradas, apresentadas nas Lista de espécies 5, 6 e 7 do Anexo 5, são em sua grande maioria aquelas já conhecidas e registradas anteriormente para o PERD, com o acréscimo de algumas devido principalmente à combinação de métodos utilizados e ao esforço empregado. Para pequenos mamíferos os levantamentos anteriores ao rompimento não empregaram armadilhas de queda do tipo pitfall, que permitem a captura de algumas espécies que dificilmente são registradas através de armadilhas de contenção. O uso de armadilhas fotográficas para o inventário e monitoramento de mamíferos de médio e grande porte permitiu o registro de uma espécie de veado adicional à lista do PERD, o veado mateiro *Mazama guazoubira*. Os demais mamíferos de médio e grande porte são de ampla distribuição na bacia, e já registrados anteriormente para o parque. Para quirópteros, o esforço amostral empregado justifica o registro de 7 espécies adicionais, embora a quiropterofauna do PERD já fosse bem estudada em tempos recentes. Nenhuma das espécies registradas é inesperada para a região, e as diferenças entre as listas de ocorrência de mamíferos anteriores ao rompimento e as registradas após este refletem apenas a necessidade de amostragens de longa duração, em estações do ano diferentes e combinando mais de um método.

Para pequenos mamíferos foram registradas 16 espécies para o PERD, sendo 10 marsupiais e 7 roedores, a grande maioria já conhecida para o parque. Todos são espécies comuns, de ampla distribuição e esperadas para esta área da Mata Atlântica.

Um dos pontos importantes registrados durante o monitoramento realizado no período pós rompimento diz respeito aos resultados de análises de concentração de metais pesados em tecidos (fígado) de pequenos mamíferos. Embora tenham sido encontrados valores altos para Ferro e Zinco em espécies de roedores e marsupiais, os indivíduos e espécies coletados no PERD não apresentaram valores altos para estes metais ou para nenhum outro metal analisado.

Os resultados e a discussão do estudo realizado (RENOVA 2020a e 2020b) apresentados apontam um aspecto importante: as espécies de pequenos mamíferos não são bons indicadores de qualidade ou impacto ambiental por serem generalistas em não associadas aos ambientes supostamente afetados pelo rompimento da barragem e suas consequências. Os pequenos mamíferos terrestres não informam sobre os impactos do rompimento, constituindo um conjunto de espécies generalistas esperado para áreas preservadas e degradadas de Mata Atlântica.

O levantamento nos módulos RAPELD registrou 18 espécies de quirópteros, nenhum deles endêmico ou ameaçado. Foram realizadas análises para a presença de metais pesados para 5 espécies, e os resultados para a área do PERD não mostraram níveis altos que poderiam relacionar-se com os impactos do rompimento da barragem. Por outro lado, os resultados sugerem que a riqueza de espécies parece estar negativamente influenciada pela distância do rio. No entanto, o baixo número amostral não permite conclusões definitivas, sendo necessário o monitoramento de médio e longo prazo.

Os resultados do estudo no que diz respeito aos mamíferos de médio e grande porte apontam a ocorrência de 25 espécies, das quais 24 já eram conhecidas para o PERD. São em sua maioria espécies de ampla distribuição, embora principalmente entre os primatas existam endemismos e espécies de grande

preocupação quanto ao seu status de conservação, conforme já descrito no diagnóstico pré-rompimento. Não foram feitas análises para metais pesados, e os resultados parecem sugerir alguma relação entre a riqueza de espécies e a distância do rio Doce. Os resultados obtidos para este grupo nos estudos realizados após o rompimento não permitem determinar impactos relacionados ao rompimento e isolar estes impactos daqueles que resultam das interferências antrópicas históricas na bacia do Rio Doce.

Impactos do rompimento sobre mamíferos de médio e grande porte em momento imediatamente posterior ao rompimento foram registrados por Espíndola et al. (2016), que reportam a morte de mamíferos de médio e grande porte como a lontra (*Lontra longicaudis*), anta (*Tapirus terrestris*) e capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no ápice da passagem da lama de rejeitos no trecho do rio Doce que margeia o parque. Os mesmos autores sugerem que o rompimento bloqueou a passagem de animais silvestres entre o PERD e sua zona de amortecimento, isolando populações. No entanto, os impactos de médio e longo prazo que afetem de forma direta a comunidade de mamíferos do PERD ainda precisam ser investigados.

6.2.2.3. Avifauna

A revisão de literatura e museológica aqui conduzida não localizou nenhuma publicação científica ou espécime tombado em museus com dados pós-desastre. Portanto, a caracterização aqui apresentada é baseada em RENOVA (2020) e nos dados coletados por Wagner Nogueira, Hans Thomassen e usuários do WikiAves.

Considerando apenas os registros pós-desastre, 238 espécies foram registradas para o PERD (Lista de Espécies 8 do Anexo 5). Nove dessas espécies não possuíam registros anteriores para a área de estudos, elevando para 398 o número total de espécies já registradas no PERD. Todas as nove espécies registradas pela primeira vez para a área de estudos são invasoras recentes da Mata Atlântica de baixada do leste de Minas Gerais (tucanuçu *Ramphastos toco*, petrim *Synallaxis frontalis*, ferreirinho-relógio *Todirostrum cinereum*, gralha-do-campo *Cyanocorax cristatellus*, corrupeira *Icterus jamaicai* e chopim-do-brejo *Pseudoleistes guirahuro*) ou são localmente raras e com padrão de movimentação pouco conhecido (batuíra-de-coleira *Charadrius collaris*, papa-lagarta-acanelado *Coccyzus melacoryphus* e cigarra-do-coqueiro *Tiaris fuliginosus*) (Lopes, 2008; Sick, 1997; Somenzari et al., 2018). Portanto, não é possível fazer qualquer associação entre os primeiros registros dessas nove espécies e o desastre.

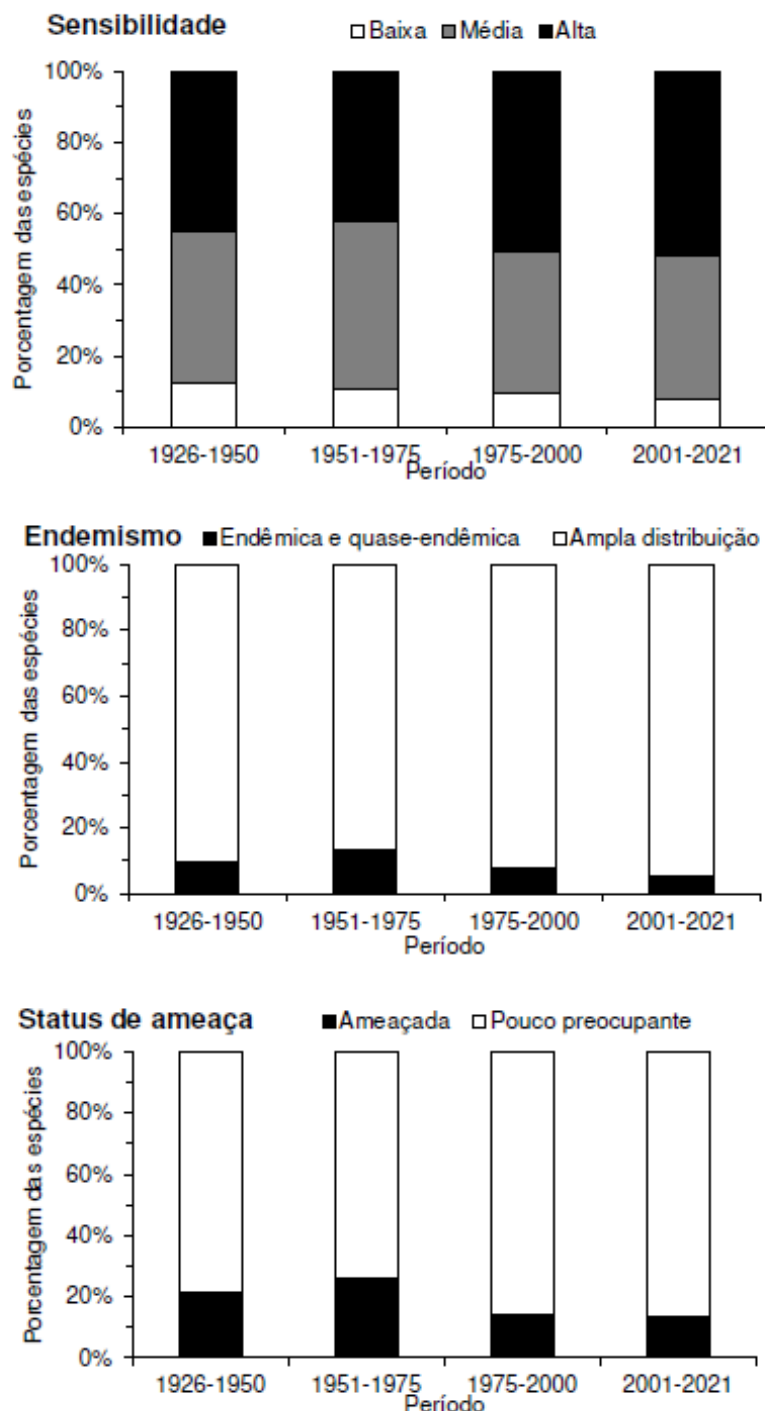
Dentre as espécies registradas pós-desastre, constam 34 endêmicas ou quase endêmicas da Mata Atlântica (14,3% do total registrado). Quinze (6,7%) espécies encontram-se listadas em alguma categoria de ameaça, valor este que se eleva para 24 (10,5%) espécies se forem consideradas as Deficientes em Dados. Exemplos de espécies ameaçadas com registros pós-desastre são papagaio-moleiro *Amazona farinosa*, tiriba-de-orelha-branca *Pyrrhura leucotis*, tiriba-grande *Pyrrhura cruentata*, pica-pau-dourado-grande *Piculus polyzonus*, anambzinho, choquinha-chumbo *Dysithamnus plumbeus*, lodopleura pipra e fruxu-baiano *Neopelma aurifrons*.

Comparações pré- e pós-desastre são difíceis de serem realizadas tendo como base um conjunto de dados tão heterogêneo, pois as metodologias de coleta de dados e o esforço de campo conduzido por diversos estudos dos disponíveis sequer são conhecidos, o que impede análises quantitativas. Além do mais, métodos distintos de amostragem geralmente resultam em conjuntos de dados muito distintos. Por exemplo, as amostragens conduzidas na primeira metade do século XX foram largamente baseadas nas coletas com armas de fogo. Já na segunda metade do século XX, as redes de neblina e observações com binóculos passaram a ser utilizadas intensivamente. Foi apenas no final do século XX e início do século XXI que as vocalizações de muitas das espécies registradas no PERD passaram a ser amplamente conhecidas pelos ornitólogos brasileiros, o que facilitou a detecção de algumas espécies intensamente vocais, porém esquivas. Já no século XXI, com a popularização das plataformas online de ciência cidadã, quantidades massivas de

dados foram obtidas por observadores de aves. Porém, a maior parte desses registros é baseada em fotografias, gerando uma nova forma de enviesamento (e.g. espécies que vivem em meio à vegetação densa ou pouco responsivas ao playback são geralmente subamostradas). Portanto, todos esses fatores aqui listados, associados à grande variação temporal no número dos registros disponíveis, fazem com que mesmo uma análise qualitativa dos dados disponíveis seja muito difícil e cheia de limitações. Apesar de tudo, alguns padrões simples podem ser evidenciados.

A Figura 72 mostra a variação na composição da comunidade de aves registrada no Parque Estadual do Rio Doce em diferentes períodos em relação à sua sensibilidade a distúrbios antrópicos (acima), ao seu status de endemismo em relação à Mata Atlântica (centro) e ao seu status de ameaça de extinção (abaixo). Nenhuma tendência clara de variação temporal nos parâmetros analisados pôde ser evidenciada.

Figura 72. Variação na sensibilidade a distúrbios antrópicos (acima), no status de endemismo em relação à Mata Atlântica (centro) e no status de ameaça de extinção (abaixo) da comunidade de aves registrada no Parque Estadual do Rio Doce em diferentes períodos. O número de espécies registradas varia grandemente entre período (n = 174, 38, 337, 321, respectivamente).



Tendo como base a lista de espécies compiladas no diagnóstico pré-desastre, 160 espécies de aves permanecem sem registro para a área após novembro de 2015 (Lista de Espécies 8 do Anexo 5). Tal ausência de registro, no entanto, pode ser explicada por diversos fatores outros que não os impactos negativos causados pelo desastre, dentre os quais destacam-se:

1. Grandes diferenças no esforço de amostragem: embora não seja possível sequer estimar o esforço de amostragem pré- e pós-desastre, a grande diferença entre o número de fontes de dados pré- e pós-desastre localizadas (105 x 4, respectivamente) deixa evidente a magnitude dessa diferença. Portanto, espécies que ocorrem naturalmente em baixa densidade (e.g. gavião-pega-macaco *Spizaetus tyrannus*, uru *Odontophorus capueira*), de comportamento elusivo (e.g. *Neomorphus geoffroyi* jacu-estalo), de identificação complexa (andorinhão-de-sobre-cinzentos *Chaetura cinereiventris*), e de hábitos noturnos (e.g. bacurau-tesoura *Hydropsalis torquata*, tuju *Lurocalis semitorquatus*), entre outros complicadores, podem facilmente ter passado despercebidas.
2. Espécies vagantes: várias das espécies registradas para o PERD ao longo da última década não possuem atualmente, e provavelmente jamais possuíram, populações estabelecidas na região de estudos. Os poucos registros históricos disponíveis para estas espécies provavelmente se referem a indivíduos vagantes (e.g. marreca-caucau *Nomonyx dominicus* e maguari *Ciconia maguari*) ou transientes (i.e., flagrados durante deslocamentos migratórios, tais como o papa-moscas-cinzentos *Contopus cinereus* e o tuque *Elaenia mesoleuca*).
3. Espécies de baixo interesse documental. Espécies comuns, especialmente em áreas degradadas, e sem grandes atrativos estéticos, tais como o tico-tico *Zonotrichia capensis* e o pardal *Passer domesticus*, geralmente não são documentadas por observadores de aves, cujos registros fotográficos contribuíram para a maior parte dos registros pós-desastre. Isso porque observadores de aves geralmente devotam um maior esforço para fotografar espécies de interesse biogeográfico/conservacionista ou forte apelo estético.
4. Espécies extintas antes do desastre. Conforme discutido na caracterização pré-desastre, diversas espécies de aves, muitas das quais ameaçadas de extinção em nível global, não contam com registros para o PERD há mais de cinco décadas, podendo ser consideradas extintas localmente (e.g. juriti-vermelha *Geotrygon violacea*, ipecuá *Thamnomanes caesius*, trepador-sobrancelha *Cichlocolaptes leucophrys*, maria-pequena *Phylloscartes sylviolus* e o piolhinho-serrano *Phyllomyias griseicapilla*). Além destas espécies provavelmente extintas localmente, outras 74 espécies não possuem registros obtidos no século XXI, estando, portanto, há pelo menos duas décadas sem detecção. Destas, 34 (46%) encontram-se incluídas em alguma categoria de ameaça de extinção (espécies DD também consideradas).

Os dados disponíveis sugerem fortemente que a composição da comunidade de aves do PERD tem sofrido alterações dramáticas ao longo das décadas, mesmo tendo-se em mente todas as limitações metodológicas enumeradas acima. Ao que tudo indica o PERD sofreu e vem sofrendo com um processo acelerado de perda de espécies, o qual certamente tem causas múltiplas, conforme já discutido na caracterização pré-desastre da avifauna local. Associar a extinção de qualquer uma dessas espécies ao desastre seria um ato, no mínimo, prematuro, pois isso exigiria dados quantitativos de longa duração, os quais, infelizmente, não se encontram disponíveis para o PERD.

Além do mais, existe um lapso de tempo entre um dado impacto e a extinção de espécies (“*extinction debt*”), o qual pode se estender por vários anos (Brooks et al., 1999b; Kuussaari et al., 2009). Associar ao desastre a colonização do PERD por qualquer uma das espécies recém-chegadas à região seria também prematuro, especialmente considerando as dramáticas mudanças no uso do solo pelos quais a região passou ao longo das últimas décadas. Portanto, somente um monitoramento cuidadoso, apoiado em dados quantitativos de longo prazo, e com uma equipe multidisciplinar, será capaz de responder a estas perguntas.

6.2.2.4. Herpetofauna

Apenas três foram os estudos envolvendo a herpetofauna que foram realizados no PERD após o rompimento da barragem em 2015. O primeiro foi o projeto de pesquisa “Anfíbios e répteis do Parque Estadual do Rio Doce revisitados após o maior desastre ambiental do Brasil”, iniciado em 2017 e ainda em execução, coordenado pelo professor Felipe Leite, da Universidade Federal de Viçosa. Essa pesquisa resultou na realização de uma dissertação de mestrado (Thomassen, 2019) e na publicação de um livro (Guimarães et al., 2019), ambos sobre os anfíbios do PERD. Além desse projeto, foram realizadas pela Renova amostragens relativas aos dois primeiros anos da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce. Por fim, há uma publicação sugerindo a existência de caça do jacaré-do-papo-amarelo no PERD (Yves et al., 2018).

Por meio dos dados provenientes dos trabalhos supracitados, desde o rompimento da barragem, foram registradas 41 espécies de anfíbios e 29 de répteis, sendo 10 lagartos, duas anfisbenas, 14 serpentes, dois cágados e um jacaré no PERD e sua zona de amortecimento (Lista de espécies 10 do Anexo 5).

A riqueza de anfíbios registrada no intervalo pós-rompimento corresponde a 85% da riqueza registrada na linha de base (pré-rompimento). Com relação aos répteis, a riqueza pós-rompimento equivale a 74% do número de espécies registrados antes do rompimento. A menor riqueza registrada na diagnóstico pós-rompimento pode ser explicada principalmente pelo fato de o intervalo de tempo utilizado para este diagnóstico ser inerentemente menor que o do pré-rompimento. De qualquer maneira, assim como antes do rompimento, o PERD continua a abrigar uma rica e diversificada herpetofauna.

Nove espécies (*Bokermannohyla circumdata*, *Scinax alter*, *Acanthochelys radiolata*, *Polychrus marmoratus*, *Epicrates cenchria*, *Chironius laevicollis*, *Erythrolamprus macrosoma*, *Helicops nentur*, *Oxyrophus petolarius*) foram registradas pela primeira vez após o rompimento da barragem. Nenhuma dessas espécies encontra-se ameaçada de extinção. O cágado-do-brejo *Acanthochelys radiolata* encontra-se classificado na categoria Dados Insuficientes (DD) em Minas Gerais (Biodiversitas, 2007). Por outro lado, 26 espécies registradas antes do rompimento não foram registradas após o desastre (Lista de espécies 10 do Anexo 5). Sessenta e uma espécies foram registradas tanto antes quanto após o desastre. Dentre as sete espécies listadas na Tabela 12, por serem de maior relevância para conservação, cinco foram registradas nos períodos pré e pós-desastre. As duas espécies de maior relevância para conservação que foram registradas apenas antes do rompimento, os viperídeos *Lachesis muta* e *Bothrops bilineatus bilineatus*, são espécies naturalmente muito raras no PERD.

Com relação ao jacaré-de-papo-amarelo *Caiman latirostris*, o banco de dados fornecido pela Renova indica ter havido a visualização de 43 indivíduos da espécie na lagoa do Anibal, indicando que a espécie é abundante dentro do PERD. Yves et al. (2018) relata o avistamento de 15 indivíduos da espécie no interior do PERD, na lagoa dos Patos, em 2016. Baseado em evidências frágeis, esses autores sugerem a ocorrência de caça da espécie nessa lagoa. Entretanto, esse artigo não menciona qualquer tipo de relação entre o desastre e a suposta caça da espécie dentro do parque.

Baseado no banco de dados fornecido pela Renova foram capturados cinco indivíduos do cágado-de-barbicha *Phrynops geoffroanus* na calha do rio Doce, demonstrando que a espécie continua a ocorrer no rio após o rompimento.

Assim como verificado para o período pré-desastre, há um volume considerável de dados disponível que permitiu acessar a composição de espécies da herpetofauna do PERD após o rompimento. Diferenças na composição de espécies foram verificadas entre os períodos pré e pós-desastre, com algumas espécies registradas exclusivamente em um ou outro período. Entretanto, devido às diferenças metodológicas

utilizadas na obtenção dos dados pré e pós-desastre, especialmente no que diz respeito à ausência de informações sobre o esforço amostral utilizado na obtenção dos dados pré-desastre, não é possível avaliar se as diferenças verificadas são reais ou espúrias. Dessa maneira, também não faz sentido correlacioná-las ao rompimento.

6.2.2.5. Ictiofauna

Comparado com o levantamento histórico realizado para a construção da linha de base, onde foram registradas 68 espécies, pertencentes a 7 ordens e 19 famílias, é possível notar uma drástica redução na diversidade de peixes ao longo dos três primeiros anos após o rompimento da barragem de Fundão, onde foi registrado um total de 39 espécies. Em 2016, o Prof. Júlio Dergan (UFV) e colaboradores, amostraram no trecho considerado neste diagnóstico 13 espécies (19% da riqueza observada na linha de base), distribuídas em 5 ordens e 9 famílias (Dergan *et al.* 2017). Já os monitoramentos da Econservation (2019) registraram 27 espécies (40% da riqueza observada na linha de base), pertencentes a 6 ordens e 15 famílias, no ano de 2017, e 32 espécies (47% da riqueza observada na linha de base), pertencentes a 6 ordens e 17 famílias. Ainda vale ressaltar que das 68 espécies registradas nos levantamentos para a construção da linha de base, 49 delas não foram detectadas durante os monitoramentos, e das 39 espécies registradas durante os 3 anos de monitoramento, 20 delas não estavam presentes nos estudos utilizados para a composição da linha de base, e dessas 20 espécies 12 correspondem a espécies introduzidas na bacia do rio Doce.

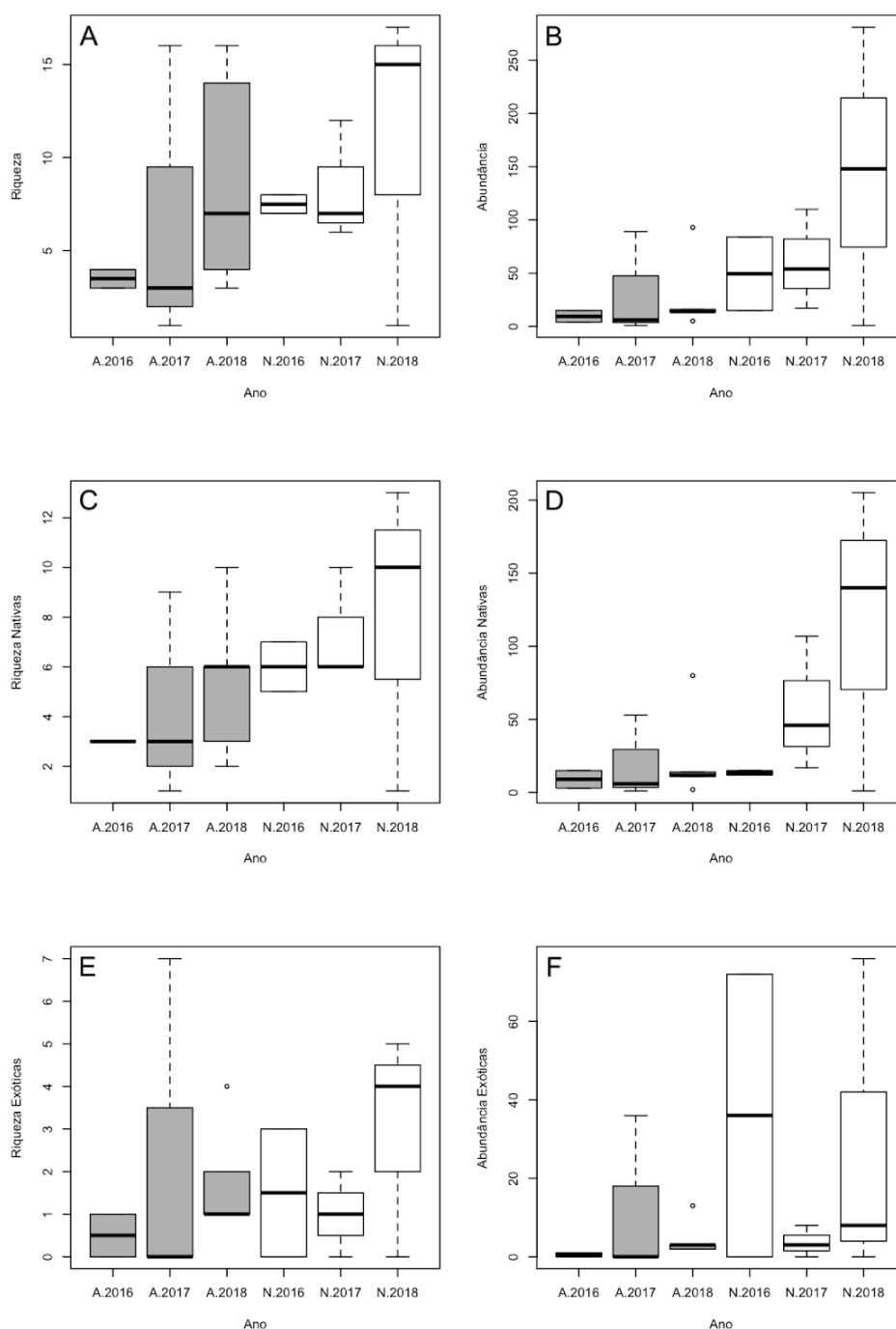
Apesar da grande redução na diversidade de peixes, nota-se que há uma tendência gradativa de aumento no número de espécies e de indivíduos registrados ao longo dos levantamentos realizados nos três primeiros anos pós-rompimento (Figura 73), principalmente quando observamos os dados de riqueza e abundância para toda a amostra (Figura 73 – A e B) e com foco nas espécies nativas (Figura 73 – C e D), onde os valores para as áreas afetadas são mais baixos do que os observados para as áreas não afetadas. Já para as espécies introduzidas apresentam a mesma tendência de aumento gradual para a riqueza (Figura 73 – E), mas em relação a abundância, aparentemente, há uma tendência de redução da abundância nos locais não afetados (Figura 73 – F), o que, de fato, pode indicar que aparentemente a recuperação das populações espécies nativas desses locais não está sendo afetado pela presença das espécies introduzidas, podendo funcionar como futuras fontes de dispersão para o rio Doce.

No entanto, parte das espécies não registradas após o rompimento, são espécies de hábitos bentônicos muito restritos, intimamente relacionadas com habitats de fundo rochoso, altas velocidades de correnteza e grande oxigenação da água, como os Parodontidae (*Apareiodon* e *Parodon*) e os cascudos-laje da subfamília Hypoptopomatinae (*Pareiorhaphis*, em especial). Os Parodontidae possuem corpo fusiforme, nadadeiras peitorais e pélvicas amplas e pedúnculos caudais robustos, que permitem aos indivíduos da família manterem-se estáveis em águas muito turbulentas e deslocarem-se rapidamente entre as manchas de habitat (Casatti e Castro 2006). As três espécies de *Pareiorhaphis* registradas na linha de base são endêmicas da bacia do rio Doce, sendo que *Pareiorhaphis scutula* e *P. nasuta* estão classificadas na Lista Vermelha de peixes de água doce (ICMBIO/MMA, 2018), como Em Perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR), respectivamente. *Pareiorhaphis* tipicamente ocorre em ambientes encachoeirados com substrato composto por blocos grandes de rocha (ICMBIO/MMA, 2018). Nesse sentido, o depósito dos sedimentos de rejeito de minério, procedentes do rompimento da barragem de Fundão podem ter soterrado os ambientes que permitiriam a presença dessas espécies no trecho avaliado.

Prochilodontidae, um grupo migrador, formador de grandes cardumes, importante para a pesca é sempre muito representativo para a biomassa dos grandes sistemas fluviais neotropicais, embora registrado nos três anos avaliados, apresentou um número muito baixo de indivíduos (n=6). Devido ao seu hábito de forrageio, que consiste em consumir a matéria orgânica depositada no fundo dos corpos d'água, *Prochilodus* tem um

papel ecossistêmico fundamental, evitando o acúmulo de matéria orgânica e atuando ativamente na ciclagem e disponibilização de nutrientes para manter o bom funcionamento dos sistemas fluviais (Flecker, 1996). A baixa abundância das espécies de *Prochilodus* pode estar afetando esse processo de disponibilização de nutrientes, mas sua presença provavelmente também está sendo afetada pelo depósito dos sedimentos de rejeito de minério.

Figura 73. Riqueza e abundância dos peixes amostrados durante os levantamentos do GIAIA (2016) e os monitoramentos da Econservation (2017 e 2019). A e B (respectivamente): Riqueza e Abundância de todas as espécies amostradas; C e D: (respectivamente): Riqueza e Abundância das espécies nativas; E e F (respectivamente): Riqueza e Abundância das espécies introduzidas. Caixas cinzas: Locais afetados; Caixas brancas: Locais não afetados



Precisamos ressaltar que a grande maioria dos levantamentos de ictiofauna realizados na região do ressaltase a ausência de levantamentos ictiofaunísticos realizados na área do PERD e sua zona de amortecimento no período anterior ao rompimento da Barragem de Fundão, que não sejam relacionados às espécies exóticas e os impactos provocados por elas. No entanto, o rompimento da Barragem de Fundão potencialmente se apresenta como um dos principais impactos sofridos pela ictiofauna no trecho médio da bacia do rio Doce, essencialmente no leito do rio Doce, também na área da ZA, principalmente pela perda de qualidade da água de maneira geral (aumento de sólidos em suspensão totais, turbidez, oxigênio dissolvido, metais dissolvidos) (IGAM, 2018). Neste contexto de degradação, o rompimento da Barragem de Fundão, a partir do avanço de sedimentos e rejeitos de mineração sobre a calha do rio Doce e demais áreas afetadas, deve ser entendido como mais um (e possivelmente o mais grave dentre todos) impacto causador da degradação dos corpos d'água bem como de sua biodiversidade íctica associada.

6.2.3. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Biótico

Os impactos diretos do rompimento da barragem de Fundão no meio biótico concentraram-se principalmente na calha do rio Doce e em suas margens, expandindo-se por uma área maior através da provável contaminação da fauna e vegetação a partir dos rejeitos depositados ao longo do rio e por cerca de 30m ao longo dos tributários. As alterações nos parâmetros físico-químicos e a contaminação da água, além da deposição da lama nas margens, são os aspectos mais importantes que impactaram a fauna. Indiretamente, houve impactos resultantes do aumento da caça e pesca como decorrência das mudanças nas atividades econômicas na região do entorno do parque, também associadas ao rompimento da barragem. Desta forma, todas as medidas relacionadas à melhoria da qualidade da água no rio Doce e tributários, de revegetação das APPs e aumento da conectividade entre fragmentos, e de conservação da biodiversidade (incluindo-se aí estudos que levem ao aumento do conhecimento sobre as espécies presentes, monitorem os efeitos da contaminação sobre animais e plantas, e levem à reintrodução de espécies-chave no PERD, têm potenciais efeitos positivos no meio biótico.

Os programas da Fundação Renova que abrangem tais medidas encontram-se listados abaixo:

PG 25 – Revegetação, enrocamentos e outros métodos

O programa envolve a recuperação da vegetação e regularização de calhas e margens dos rios impactados. Pretende revegetar inicialmente 800 hectares e, em seguida recuperar, 2.000 hectares 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) nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

PG 26 - Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas.

Este programa tem por objetivo promover a recuperação, em 10 anos, de 40.000 ha de APPs e áreas de recarga hídrica degradadas no rio Doce e em sub-bacias de rios definidos como fontes superficiais alternativas de abastecimento. Destes 40.000 ha, 10.000 ha deverão ser recuperados por meio de reflorestamento e 30.000 por meio de regeneração. No âmbito do programa, a Fundação Renova vem realizando um Inventário Florestal das áreas com floresta na bacia do rio Doce. Esses estudos de diagnóstico começaram em julho de 2019, e avaliam a biodiversidade da flora e as condições do solo nas áreas de

nascentes, margens de rios e de recarga hídrica. Vem também sendo desenvolvida a produção e o plantio de mudas, com a criação da primeira rede de sementes e mudas da bacia do Rio Doce. Em 2019, foi feita a adesão ao Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, no qual todas as ações de restauro da Fundação Renova passam a integrar as iniciativas deste.

PG 27 - Programa de Recuperação de Nascentes.

Este Programa tem como objetivo recuperar 5.000 nascentes, definidas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Doce, numa taxa de 500 nascentes ao ano, por 10 anos. Ele engloba nascentes no Alto, Médio e Baixo Rio Doce. O programa de recuperação de nascentes em Minas Gerais conta com a colaboração e segue diretrizes do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce, em particular dentro do Programa de Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Nascentes (P52) do Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia Hidrográfica do rio Doce (PIRH-Doce). A Fundação Renova afirma, em seu site, que 1000 nascentes estariam com processo de restauração iniciado. (<https://www.fundacaorenova.org/programa/programa-de-recuperacao-de-nascentes/>). O programa prevê e tem conduzido o treinamento de pessoal, criação de viveiros de mudas com parceiros (i.e. Instituto Terra), plantio de mudas, envolvimento de proprietários rurais através de cadastramento no programa, produtores cadastrados receberam PSA, manutenção dos plantios.

PG 28 – Conservação da Biodiversidade

O programa tem como objetivo a recuperação e conservação da fauna aquática impactada na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Até o momento, foram desenvolvidos estudos populacionais e estudos da biodiversidade na porção costeiro marinha, além do acompanhamento da qualidade do pescado.

A Fundação Biodiversitas foi contratada para a Oficina de Avaliação do estado de conservação de peixes e invertebrados aquáticos nativas da bacia do rio Doce, e foi realizada a “Oficina de Avaliação do estado de conservação de peixes e invertebrados aquáticos nativas da bacia do rio Doce”, para avaliar o risco de extinção de cada espécie alvo do estudo seguindo os critérios da IUCN. Posteriormente, foi realizada a “Oficina de Validação da Avaliação do estado de conservação de peixes e invertebrados aquáticos nativas da bacia do rio Doce”, que teve como objetivo validar se a aplicação dos critérios de avaliação condiz com a metodologia da IUCN. Ambas as oficinas contaram com a participação dos coordenadores de taxa da Biodiversitas, ponto focal do ICMBio, membros da Fundação Renova, CTBio e da comunidade científica. A empresa Bicho-do-Mato foi contratada para realização do Plano de Ação para a Reparação e Conservação da Biodiversidade Aquática do rio Doce.

PG 29 – Recuperação da fauna silvestre

O programa prevê, como medida compensatória, a construção de Centros de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres em (Nova Lima) MG e Serra (ES). O objetivo destes centros é tratar e reintroduzir no meio ambiente os animais silvestres resgatados ou apreendidos pelos órgãos fiscalizadores, bem como recepcionar os animais silvestres que tenham sido mantidos em cativeiro doméstico como animais de estimação.

PG 30 – Fauna e flora terrestre

O programa tem como objetivo a análise do impacto do rompimento da barragem nas espécies ameaçadas de extinção. A empresa Golder Associates foi contratada para fazer a avaliação de impacto sobre a fauna e flora terrestres, a fim de subsidiar a elaboração do Plano de Ação Nacional para fauna e flora segundo o TTAC. Foi também realizada a Avaliação Ecológica Rápida da fauna e flora terrestres do Rio Doce pela empresa Bicho do Mato, e o monitoramento da flora terrestre através do método RAPELD pela empresa Ello Consultoria. Elaborou-se o Plano de Ação para Conservação da Fauna e Flora Terrestres afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, e foi feita uma nova proposta de monitoramento terrestre da bacia do Rio Doce.

PG 31 – Coleta e tratamento de esgoto e destinação de resíduos sólidos

O programa prevê a disponibilização de recursos para planos de saneamento básico, esgoto, lixões e aterros. Como compensação, prevê-se a disponibilização de R\$ 500 milhões aos municípios banhados pelo Rio Doce e pelos trechos impactados dos Rios Gualaxo do Norte e Carmo para custeio na elaboração de planos básicos de saneamento básico, elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos, erradicação de lixões e implantação de aterros sanitários regionais.

PG 33 – Programa de educação para a revitalização da bacia do rio Doce

O programa contempla a implementação de medidas de educação ambiental em parceria com as prefeituras dos municípios atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão, atuando na formação de educadores e gestores de diversas áreas e promovendo oficinas sobre o tema no Rio Doce.

PG 39 – Unidades de Conservação

O objetivo do programa é custear estudos referentes aos impactos nas Unidades de Conservação diretamente afetadas pelo rompimento e implementar ações de reparação. Além disso, tem por objetivo custear, em caráter compensatório, ações referentes à consolidação de duas Unidades de Conservação e implementação da Área de Proteção Ambiental na Foz do Rio Doce.

6.3. Diagnóstico das Alterações Pós-rompimento no Meio Socioeconômico

6.3.1. Aspectos Metodológicos

Um desastre tecnológico de grande proporção, como foi rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, em 05 de novembro de 2015, gera impactos de grandes dimensões, alguns perceptíveis já no primeiro momento; outros surgem posteriormente ou, mesmo quando já existentes, são de mais difícil observação e medição.

A dimensão social do desastre engloba uma série de variáveis, muitas delas vinculadas às condições pretéritas. Na construção da linha de base buscou-se trazer dados e informações que mostram, em diversas dimensões, o grau de vulnerabilidade das populações atingidas, pois sabe-se que quanto maior a vulnerabilidade de uma população, menor é sua capacidade de resposta diante de um desastre, seja de ordem natural, seja tecnológica.

Ademais, além das condições objetivas, reveladas pelo grau de vulnerabilidade de uma população, grupos sociais distintos podem sentir de forma diferenciada as mudanças em seus cotidianos, em suas vidas. Portanto, é importante considerar a diversidade presente em determinado território para caracterizar as alterações e as implicações dessas alterações no conjunto de relações sociais e socioespaciais (FGV, 2019b).

A metodologia utilizada para a construção do diagnóstico das alterações resultantes do desastre no Meio Socioeconômico consistiu na revisão de dados secundários realizada a partir de pesquisa documental e bibliográfica. O período considerado engloba os cinco anos posteriores ao desastre de rompimento da barragem de Fundão (2015-2020). Segundo Raupp e Beuren (2004), a diferença básica entre a pesquisa documental e a bibliográfica está no tipo de fonte analisada. A pesquisa bibliográfica focaliza essencialmente na contribuição de diferentes autores sobre uma determinada temática. Já a pesquisa documental está baseada em materiais que ainda não foram analisados ou que podem ser analisados e reelaborados, conforme os objetivos de um estudo específico.

A pesquisa bibliográfica analisou as principais contribuições conceituais e teóricas a partir do conhecimento científico disponível, publicadas em artigos científicos e produções acadêmicas de dissertações de mestrado e teses de doutorado, utilizando-as como base ou fundamentação na construção do diagnóstico pós-rompimento. A pesquisa documental analisou relatórios e outros tipos de documentos, produzidos por órgãos do Estado, departamentos e agências governamentais, empresas, organizações não governamentais e agências internacionais, visando identificar as alterações causadas pelo desastre no Meio Socioeconômico, verificando suas conexões com o Parque Estadual do Rio Doce.

Foram consultadas as bases de dados nacionais e estaduais, em particular o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Fundação João Pinheiro (FJP) para atualização das informações analisadas na Linha de Base.

Ademais, foram feitas consultas nos sites dos órgãos ambientais e legislativos federal e estadual ao arcabouço legal que orienta e regula a atividade pesqueira e demais temas aqui tratados, no site da Fundação Renova em “Programas de Medidas de Reparação”, e em matérias publicadas em diferentes mídias que pudessem subsidiar o escopo do estudo. Todos os estudos e documentos utilizados estão devidamente listados no item referências bibliográficas.

6.3.2. Caracterização das alterações pós-rompimento no Meio Socioeconômico

6.3.2.1. O contexto dos municípios de abrangência do PERD, de sua Zona de Amortecimento e de seu entorno no período pós-rompimento

Os dados apresentados na caracterização da linha de base do Meio Socioeconômico serão aqui atualizados e analisados, conforme apresentem alterações significativas ou que permitam considerações sobre suas causas e suas eventuais influências sobre o Parque Estadual do Rio Doce. O contexto das áreas de contato com o PERD (municípios da zona de amortecimento e entorno) no período pós-rompimento da barragem de Fundão pode oferecer elementos para a compreensão dos efeitos do desastre, mesmo para fenômenos que não sejam decorrentes dele, uma vez que a identificação das vulnerabilidades regionais permite o entendimento de riscos para a população local porque houve o desastre.

A dinâmica demográfica indica que em todos os municípios houve estimativa de queda no crescimento populacional, acompanhando a tendência nacional e do estado de Minas Gerais, no período entre 2015 e 2020. Em Santana do Paraíso nos períodos 2010/15 e 2015/20 houve crescimento populacional bastante

acima dos demais municípios. Destaca-se que o município, dentre os quatro que compõe a Região Metropolitana do Vale do Aço (Ipatinga, Coronel Fabriciano, Timóteo e Santana do Paraíso) é o menos populoso, o que apresentou o menor PIB e os piores indicadores de saúde, educação e economia.

Estudo realizado pela Fundação João Pinheiro (2020)⁶⁴ apontou que; “Santana do Paraíso é um dos municípios que mais atraiu imigrantes no estado – 14º, com saldo líquido migratório de 5,6 mil pessoas – dos quais a maioria da própria RGIInt (saldo intrarregional de 4,2 mil pessoas)” (p. 4). E ainda, “A maior taxa líquida migratória positiva foi também a do município de maior saldo absoluto, Santana do Paraíso, no qual, para cada mil habitantes, 202,5 foram resultado de processo migratório” (p.5).

Ainda que o município de Santana do Paraíso não tenha fronteira com o PERD, nem esteja em sua Zona de Amortecimento, a extensão de seu território banhado pelo rio Doce e sua condição de crescente urbanização e de aumento populacional podem ser motivo de atenção. O Mapa 2 – Municípios da área de estudo – Parque Estadual do Rio Doce, apresentado na linha de base, mostra como caminha a ocupação urbana entre Ipatinga e Santana do Paraíso, apresentando características de conurbação ente os municípios.

A Tabela 70 registra a variação estimada da população em dois períodos: 2010/15 e 2015/20 nos municípios da área de estudo.

Tabela 70. Variação estimada da população entre os anos 2010/15 e 2015/20 nos municípios da área de estudo.

	Variação (2010/15)	Variação (2015/20)
Dionísio	-3,20%	-10,09%
Marliéria	2,90%	-2,25%
Timóteo	7,80%	3,46%
Bom Jesus do Galho	1,20%	-4,38%
Caratinga	6,50%	2,01%
Coronel Fabriciano	5,50%	0,85%
Córrego Novo	-3,00%	-10,03%
Ipatinga	7,50%	3,13%
Jaguaraçu	4,90%	0,19%
Pingo d'Água	8,30%	4,11%
Raul Soares	2,40%	-2,80%
Santana do Paraíso	15,90%	11,91%
Total Municípios	6,80%	2,37%
Minas Gerais	6,50%	2,03%
Brasil	7,20%	3,57%

Fonte: IBGE, Sidra. Elaboração dos autores.

Dentre os três índices que medem qualidade de vida, utilizados no panorama da linha de base (IDH-M, IFDM e IVS), apenas o Índice Firjan têm atualização anual. Ainda assim, estão disponíveis apenas os dados de 2016.

Verifica-se, na comparação entre os desempenhos municipais de 2015 e 2016, pequena variação: entre 0,01

⁶⁴ FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). Aspectos Demográficos da Região Geográfica Intermediária de Ipatinga – Informativo FJP – Estudos Populacionais – Demografia v. 2 n. 5 10 junho 2020.

e 0,04 pontos positivos, no caso dos municípios de Dionísio, Caratinga, Coronel Fabriciano e Córrego Novo. As variações negativas foram iguais ou menos do que 0,02 pontos, sendo que nos municípios de Marliéria e de Pingo D'Água o indicador que contribuiu para a queda no índice foi o de Saúde; em Timóteo e Santana do Paraíso, o indicador de emprego e renda; em Raul Soares e Jaguará, contribuíram os indicadores de saúde e de emprego e renda. Os municípios de Bom Jesus do Galho e Ipatinga apresentaram crescimento em todos os indicadores apurados (emprego e renda, saúde e educação).

Uma aproximação maior com os dados e indicadores dos municípios pode ser verificada por meio do Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS). O índice reúne dados organizado em seis dimensões, sendo que alguns indicadores se apresentam atualizados até o ano de 2019 e outros têm como fonte o Censo Demográfico 2010, todos eles coletados em fontes oficiais do governo central. A Tabela 71 apresenta as dimensões e seus respectivos indicadores.

Tabela 71. Índice Mineiro de Responsabilidade Social: dimensões e indicadores

Dimensão	Peso no IMRS	Indicador
Saúde	20	Taxa de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis
		Taxa de mortalidade por câncer de colo de útero
		Cobertura vacinal de Pentavalente em menores de 1 ano
		Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal
		Proporção da população atendida pela Estratégia de Saúde da Família
		Proporção de óbitos por causas mal definidas
		Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária (portaria N.º 221 de 17 de abril 2008)
		Proporção das internações de média complexidade de pacientes do SUS encaminhados para outra microrregião
Educação	20	Proporção de pessoas de 15 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo
		Índice de Qualidade Geral da Educação
		Taxa de distorção idade-série dos anos finais do Ensino Fundamental
		Taxa de distorção idade-série do Ensino Médio
		Percentual de docentes com formação classificada como grupo 1 na Educação Infantil
		Percentual de docentes com formação classificada como grupo 1 nos anos iniciais do Ensino Fundamental
		Percentual de docentes com formação classificada como grupo 1 nos anos finais do Ensino Fundamental
		Percentual de docentes com formação classificada como grupo 1 no Ensino Médio
Segurança Pública	15	Taxa de atendimentos da educação básica
		Taxa de ocorrências de homicídios dolosos (instituições de segurança pública)
		Taxa de crimes violentos contra o patrimônio
Vulnerabilidade	15	Habitantes por policial militar
		Percentual da População no Cadastro Único
		Percentual da população pobre ou extremamente pobre no Cadastro Único em relação a população total do município
		Percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família
		Percentual de pessoas em idade produtiva (18 a 64 anos) e sem ocupação do Cadastro Único
		Percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária no Cadastro Único
		Percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de saneamento básico

		Taxa de emprego no setor formal
		Indicador de Desenvolvimento do Conselho Municipal de Assistência Social (IDConselho) normalizado
		Indicador de Desenvolvimento de Centros de Referência da Assistência Social (IDCRAS) médio normalizado
		Indicador de Desenvolvimento do Centro de Referência Especializado em Assistência Social (IDCREAS) normalizado
Saneamento e Meio Ambiente	15	Percentual da população urbana em domicílios com abastecimento de água (rede)
		Percentual da população urbana em domicílios com esgotamento sanitário (rede)
		Percentual de esgoto tratado
		Percentual da população urbana atendida com coleta direta de lixo
		Disposição final do lixo coletado
		Índice de Esforço de Gestão das Políticas de Saneamento Básico
Cultura e Esporte	15	Existência de biblioteca
		Pluralidade de equipamentos culturais exceto biblioteca
		Existência de banda de música
		Pluralidade de grupos artísticos
		Gestão e preservação do patrimônio cultural
		Percentual de alunos em escolas com quadra de esporte

Fonte: FJP, IMRS⁶⁵.

Os dados municipais são coletados e organizados pela Fundação João Pinheiro e disponibilizados como índice geral a cada dois anos. Segundo o cálculo, os municípios são organizados em “carentes”, os que apresentam pontuação menor ou igual a 0,570, e “afluentes”, os que apresentam pontuação maior ou igual a 0,649 (FJP, 2019, p. 4). O desempenho dos municípios da área de estudo no IMRS está registrado na Tabela 72.

Segundo Informativo da FJP, “a RGInt de Ipatinga possui grau de carência em termos do IMRS significativamente superior ao do estado: 40,9% de seus municípios são considerados carentes por esse índice, enquanto, no estado, 25,7% dos municípios se encontram nessa situação” (FJP, 2020, p. 2). No caso dos municípios da área de estudo, inseridos na Região Geográfica Intermediária de Ipatinga, o IMRS apresentou elevação, entre os anos de 2014 e 2018, com exceção do município de Córrego Novo. Destaca-se, ainda, que em 2018 apenas os municípios de Ipatinga e Jaguaraçu estiveram entre os “afluentes”.

⁶⁵ Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Home/IMRS>. Acesso em 24.fev.2021.

Tabela 72. Índice Mineiro de Responsabilidade Social (2014-2018)

Municípios	IMRS		
	2014	2016	2018
Dionísio	0,524	0,605	0,603
Marliéria	0,566	0,601	0,608
Timóteo	0,611	0,665	0,619
Bom Jesus do Galho	0,512	0,560	0,523
Caratinga	0,574	0,675	0,640
Coronel Fabriciano	0,569	0,634	0,637
Córrego Novo	0,535	0,522	0,507
Ipatinga	0,593	0,708	0,706
Jaguaraçu	0,572	0,622	0,687
Pingo D'Água	0,543	0,546	0,573
Raul Soares	0,534	0,637	0,630
Santana do Paraíso	0,557	0,568	0,580

Fonte: Fonte: FJP, IRMS⁶⁶.

Na composição do IMRS, um dos indicadores atualizados e de interesse para a compreensão da situação dos municípios e para a identificação de eventuais alterações é o percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de saneamento básico. Nos municípios da área de estudo os percentuais são aqueles apresentados na Tabela 73.

Verifica-se que em alguns municípios o percentual de pessoas nessa condição aumentou entre os anos 2015 e 2016. Esse é o caso dos municípios de Dionísio, Timóteo, Caratinga, Córrego Novo, Pingo D'Água, Raul Soares e Santana do Paraíso, com destaque para Jaguaraçu, município onde o aumento foi expressivo. No entanto, no período entre 2016 e 2019, na maioria dos municípios da área de estudo, houve queda nesse indicador, com exceção de Timóteo e Santana do Paraíso que continuaram apresentando aumento.

Não é possível atribuir o aumento da vulnerabilidade às consequências do rompimento da barragem de Fundão, tampouco dissociá-lo inteiramente, uma vez que, com exceção de Santana do Paraíso, nos demais municípios não houve estimativa de aumento populacional que pudesse, eventualmente, justificar a precariedade da oferta de boas condições de saneamento básico. De todo o modo, é possível afirmar que, se houve implicações num primeiro momento, na maioria dos municípios essas eventuais implicações não se mantiveram.

⁶⁶ Todas as consultas sobre o IMRS estão disponíveis em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em 24 fev. 2021.

Tabela 73. Percentual de pessoas em situação de vulnerabilidade pelas condições de saneamento básico, por município IMRS (2015-2019)

	2015	2016	Variação (2015-2016)	2017	2018	2019	Variação (2016-2019)
Dionísio	2,49	2,79	12%	2,67	2,62	2,64	-5%
Marliéria	12,02	11,72	-2%	11,72	11,58	11,47	-2%
Timóteo	4,53	5,11	13%	5,41	6,01	6,14	20%
Bom Jesus do Galho	5,08	5,06	0%	4,73	4,73	4,13	-18%
Caratinga	9,66	10,57	9%	10,66	11,01	10,89	3%
Coronel Fabriciano	6,68	6,64	-1%	6,55	6,33	6,58	-1%
Córrego Novo	10,2	10,97	8%	11,43	10,73	11,08	1%
Ipatinga	6,05	6,02	0%	5,96	6,03	6,02	0%
Jaguaraçu	0,8	1,97	146%	1,7	1,29	1,34	-32%
Pingo D'Água	9,1	9,42	4%	7,5	7,79	7,14	-24%
Raul Soares	13,69	14,76	8%	14,84	14,85	14,05	-5%
Santana do Paraíso	9,43	10,86	15%	12,26	14,02	14,08	30%

Fonte: FJP, IRMS⁶⁷.

Registra-se que foi num contexto de vulnerabilidade acentuada que o rompimento da barragem de Fundão atingiu os municípios de abrangência do PERD e de sua Zona de Amortecimento. Segundo informações do Programa 001 - Levantamento e Cadastro dos Impactados, da Fundação Renova, estiveram cadastradas 5.808 pessoas, até fevereiro de 2021, nesses municípios.

Verifica-se que os maiores quantitativos se encontram nos municípios de Bom Jesus do Galho, Santana do Paraíso e Ipatinga, conforme a Tabela 74.

Tabela 74. Pessoas cadastradas no PG001, por município de abrangência do PERD e sua Zona de Amortecimento, 2021

Município	Pessoas Cadastradas
Dionísio	136
Marliéria	3
Timóteo	64
Bom Jesus do Galho	2.725
Caratinga	472
Coronel Fabriciano	67
Córrego Novo	23
Ipatinga	858
Pingo D'Água	268
Santana do Paraíso	1.192
TOTAL	5.808

Fonte: Fundação Renova, PG001, 2021.

As condições de vida nesses municípios são expressas também pelo “Percentual da população pobre ou

⁶⁷ Todas as consultas sobre o IMRS estão disponíveis em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em 24.fev.2021.

extremamente pobre no Cadastro Único em relação a população total do município”, indicador medido pelo IMRS.

Embora apresentando queda no percentual da população pobre ou extremamente pobre na maioria dos municípios, os percentuais são especialmente altos nos municípios onde mais de um terço da população está nessa condição. Caso dos municípios de Marliéria, Bom Jesus do Galho, Córrego Novo, Pingo D'Água e Raul Soares, em 2015; e Pingo D'Água, Córrego Novo e Bom Jesus do Galho, em 2019. Destaca-se que Bom Jesus do Galho, em 2019, apresentou 51,73% de sua população em precárias condições objetivas de sobrevivência, conforme a Tabela 75.

Tabela 75. Percentual da população pobre ou extremamente pobre no Cadastro Único em relação a população total do município (2015-2019).

	2015	2016	Variação (2015-2016)	2017	2018	2019	Variação (2016-2019)
Dionísio	29,70	28,20	-5%	26,77	26,95	25,37	-10%
Marliéria	32,79	30,77	-6%	32,07	30,56	28,27	-8%
Timóteo	10,04	10,45	4%	10,21	10,25	10,96	5%
Bom Jesus do Galho	48,25	47,08	-2%	45,92	46,22	51,73	10%
Caratinga	25,66	22,05	-14%	19,56	16,11	15,18	-31%
Coronel Fabriciano	15,59	15,69	1%	17,20	16,90	16,67	6%
Córrego Novo	47,93	45,27	-6%	41,70	39,16	39,59	-13%
Ipatinga	17,71	17,05	-4%	16,43	15,76	16,09	-6%
Jaguaráçu	20,82	17,44	-16%	18,52	15,49	15,83	-9%
Pingo D'Água	45,18	42,12	-7%	39,68	34,14	30,60	-27%
Raul Soares	33,69	30,87	-8%	29,31	26,79	26,19	-15%
Santana do Paraíso	29,74	26,16	-12%	26,86	24,27	22,45	-14%

Fonte: FJP, IRMS.

Com altos percentuais da população em situação de pobreza ou de extrema pobreza, os municípios da área de estudo contaram com o programa Bolsa Família. O indicador medido pelo IMRS é o “Percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família”, sendo que essas famílias receberam mensalmente em 2019, em média, valores entre R\$ 216,68 (a mais alta média mensal, identificada em Bom Jesus do Galho) e R\$ 134,92 (a mais baixa média mensal, identificada em Caratinga). A Tabela 76 registra os percentuais de acesso ao Bolsa Família entre os anos 2015 e 2019.

Tabela 76. Percentual de pessoas pertencentes às famílias beneficiárias do Bolsa Família (2015-2019).

	2015	2016	Variação (2015-2016)	2017	2018	2019	Variação (2016-2019)
Dionísio	25,66	25,37	-1%	24,79	23,55	21,85	-14%
Marliéria	29,10	28,42	-2%	28,11	25,17	22,73	-20%
Timóteo	8,19	8,18	0%	8,81	8,49	8,33	2%
Bom Jesus do Galho	43,58	41,83	-4%	44,02	42,29	44,61	7%
Caratinga	21,74	18,66	-14%	16,16	13,15	13,44	-28%
Coronel Fabriciano	14,53	13,78	-5%	15,45	14,26	13,2	-4%
Córrego Novo	39,77	38,16	-4%	37,86	32,59	34,64	-9%
Ipatinga	14,81	14,1	-5%	14,13	12,99	12,55	-11%
Jaguaráçu	17,76	16,63	-6%	17,08	12,55	11,39	-32%
Pingo D'Água	38,11	35,32	-7%	36,96	30,30	28,01	-21%

Raul Soares	30,05	27,53	-8%	27,52	24,82	23,12	-16%
Santana do Paraíso	23,57	21,81	-7%	23,73	20,52	18,2	-17%

Fonte: FJP, IRMS.

A comparação entre a variação percentual da população pobre ou extremamente pobre e a concessão do Bolsa Família entre os períodos 2015/2016 e 2016/2019 (Tabela 77) indica que embora tenham se reduzido ambos os percentuais, o acesso ao Bolsa Família, na maioria dos municípios, foi menor do que a queda da população pobre ou extremamente pobre, significando que há uma maior precariedade nas condições de vida dessa parcela da população que, como registrado na Tabela 75, não é pequena.

Tabela 77. Comparação entre os percentuais de variação (positiva ou negativa) da população pobre ou extremamente pobre e das pessoas pertencentes a famílias que acessam o programa Bolsa Família (2015/16 e 2016/19).

	População pobre ou extremamente pobre	Pessoas pertencentes a famílias que acessam o Bolsa Família	População pobre ou extremamente pobre	Pessoas pertencentes a famílias que acessam o Bolsa Família
	Variação (2015-2016)	Variação (2015-2016)	Variação (2016-2019)	Variação (2016-2019)
Dionísio	-5%	-1%	-10%	-14%
Marliéria	-6%	-2%	-8%	-20%
Timóteo	4%	0%	5%	2%
Bom Jesus do Galho	-2%	-4%	10%	7%
Caratinga	-14%	-14%	-31%	-28%
Coronel Fabriciano	1%	-5%	6%	-4%
Córrego Novo	-6%	-4%	-13%	-9%
Ipatinga	-4%	-5%	-6%	-11%
Jaguaraçu	-16%	-6%	-9%	-32%
Pingo D'Água	-7%	-7%	-27%	-21%
Raul Soares	-8%	-8%	-15%	-16%
Santana do Paraíso	-12%	-7%	-14%	-17%

Fonte: FJP. Elaboração própria.

Indicadores de Educação e Saúde são os que têm maior peso na composição do IMRS. Alguns dados referentes a essas áreas sociais também contribuem para a identificação da situação nos municípios e a eventual vulnerabilidade de sua população.

No item Educação, na linha de base, foram registrados os números de estabelecimentos de ensino das diferentes etapas da escolarização básica: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. Na maioria dos municípios da área de estudo, os números de estabelecimentos se mantiveram muito próximos entre os anos 2015 e 2019. Em 2015 eram 702, em 2019, 682 estabelecimentos.

Observa-se que a incidência de redução no número de escolas se dá no setor privado e na rede estadual. Foram 30 escolas privadas e dez escolas estaduais que deixaram de funcionar no conjunto dos municípios. Embora tenham sido apenas cinco escolas municipais que deixaram de funcionar no período, chama a atenção o fato de que quatro delas se encontravam em áreas rurais. Destacam-se as alterações no período, na Tabela 78.

Tabela 78. Aumento ou diminuição no número de estabelecimentos educacionais, segundo etapa da Educação Básica, por município – alterações entre 2015 e 2019.

	Educação Infantil	Ensino Fundamental – Anos Iniciais	Ensino Fundamental – Anos Finais	Ensino Médio
Dionísio	S/alterações	Redução de uma escola estadual	Redução de uma escola estadual urbana	Redução de uma escola privada urbana
Marliéria	S/alterações	S/alterações	S/alterações	S/alterações
Timóteo	Duas novas escolas municipais urbanas e redução de cinco escolas privadas	S/alterações	Redução de uma escola estadual urbana	S/alterações
Bom Jesus do Galho	S/alterações	Redução de uma escola municipal rural	S/alterações	S/alterações
Caratinga	Uma nova escola privada urbana	Redução de duas escolas estaduais, uma nova escola municipal e uma nova escola privada, em áreas urbanas. Redução de uma escola municipal rural	S/alterações	S/alterações
Coronel Fabriciano	Duas novas escolas municipais urbanas e redução de duas escolas privadas urbanas	S/alterações	Redução de duas escolas estaduais urbanas	Redução de uma escola estadual urbana
Córrego Novo	Redução de uma escola municipal urbana	S/alterações	S/alterações	S/alterações
Ipatinga	10 novas escolas municipais urbanas e redução 15 escolas privadas urbanas	Redução de quatro escolas privadas urbanas	Redução de uma escola estadual urbana e duas escolas privadas urbanas	S/alterações
Jaguaraçu	S/alterações	S/alterações	S/alterações	S/alterações
Pingo D'Água	S/alterações	S/alterações	S/alterações	S/alterações
Raul Soares	S/alterações	Redução de duas escolas municipais rurais	S/alterações	S/alterações
Santana do Paraíso	Cinco novas escolas municipais urbanas e redução de uma escola privada. Em 2020, tem-se uma escola municipal rural	Redução de uma escola estadual urbana	S/alterações	S/alterações

Fonte: Inep/MEC. Censo Escolar 2015 e Censo Escolar 2019.

A matrícula também variou entre os anos 2015 e 2019, sendo que no município de Dionísio as perdas foram maiores nesse período, em todas as etapas da Educação Básica, chegando a 75% na Educação Infantil. Marliéria é o único município na área de estudo que apresentou crescimento de matrículas no período. A Tabela 79, a seguir, registra essa movimentação.

Tabela 79. Aumento ou diminuição nas matrículas, segundo etapa da Educação Básica, por município – alterações entre 2015 e 2019.

	Educação Infantil			Ensino Fundamental			Ensino Médio		
	2015	2019	Variação 2015-2019	2015	2019	Variação 2015-2019	2015	2019	Variação 2015-2019
Dionísio	158	40	-75%	899	714	-21%	256	222	-13%
Marliéria	154	184	19%	593	597	1%	172	218	27%
Timóteo	3.328	3.292	-1%	10.141	9.348	-8%	3.610	3.182	-12%
Bom Jesus do Galho	344	343	0%	1.934	1.779	-8%	533	449	-16%
Caratinga	3.426	3.598	5%	11.727	10.718	-9%	3.317	2.972	-10%
Coronel Fabriciano	4.499	4716	5%	12.622	11.390	-10%	3.952	3.298	-17%
Córrego Novo	136	140	3%	450	404	-10%	136	134	-1%
Ipatinga	8.454	9.651	14%	32.283	30.091	-7%	9.511	8.565	-10%
Jaguaraçu	100	117	17%	334	305	-9%	74	77	4%
Pingo d'Água	227	245	8%	745	641	-14%	152	205	35%
Raul Soares	604	664	10%	3.085	2.759	-11%	755	826	9%
Santana do Paraíso	539	1.182	119%	3.659	3.524	-4%	1.041	1.054	1%
Minas Gerais	720.421	802.844	11%	2.671.665	2.461.094	-8%	787.359	751.103	-5%
Brasil	5.577.430	6.379.551	14%	22.756.164	21.413.391	-6%	6.811.005	6.192.819	-9%

Fonte: Inep/MEC. Censo Escolar 2015 e Censo Escolar 2019.

A qualidade da oferta, conforme registrado na linha de base, é medida pelo Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb). Assim como no período anterior (Tabela 80), nos anos iniciais do Ensino Fundamental quase todos os municípios alcançaram ou ultrapassaram suas metas no período entre 2015 e 2019, sendo que apenas em Dionísio, Timóteo e Córrego Novo não foram alcançadas no ano de 2019. Nos anos finais do Ensino Fundamental as metas foram atingidas no município de Marliéria, em 2015 e 2019; em Bom Jesus do Galho, em 2015; em Coronel Fabriciano, em 2015 e 2017; em Ipatinga, em 2017 e 2019; em Raul Soares, em 2015 e 2019; e em Santana do Paraíso, em 2015. Nos demais municípios, as metas não foram alcançadas no período (Tabela 80). Destaca-se que a oferta é majoritariamente realizada em escolas da rede estadual, com exceção de Jaguaraçu, onde a oferta é toda realizada pela esfera municipal.

Tabela 80. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) – Resultados por município de abrangência do PERD, 2011-2015.

Município	Ensino Fundamental Anos Iniciais						Ensino Fundamental Anos Finais					
	2015		2017		2019		2015		2017		2019	
	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result	Meta	Result
Dionísio	5,5	6,1	5,8	6,3	6,0	5,9	5,4	4,4	5,6	4,9	5,9	5,4
Marliéria	5,5	não apurado	5,8	6,4	6,1	6,7	4,4	5,9	4,6	4,6	4,9	4,9
Timóteo	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,6	5,1	4,9	5,3	4,8	5,6	5,2
Bom Jesus do Galho	5,5	5,7	5,7	6,5	6,0	6,3	4,1	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5
Caratinga	5,7	6,3	6,0	6,5	6,2	6,4	4,5	4,4	4,7	4,4	5,0	4,6
Coronel Fabriciano	5,6	6,4	5,9	6,3	6,1	6,3	4,5	4,6	4,8	4,8	5,0	4,9
Córrego Novo	5,3	5,8	5,6	6,6	5,9	5,6	5,2	4,6	5,4	3,8	5,9	5,0
Ipatinga	5,6	5,4	5,9	6,7	6,2	6,6	4,8	5,1	5,1	5,3	5,3	5,3
Jaguaraçu	4,7	6,0	5,0	6,0	5,3	6,0	4,9	3,5	5,2	4,1	5,4	4,7
Pingo D'Água	5,5	6,5	5,7	6,2	6,0	6,4	5,1	5,0	5,4	4,7	5,6	4,6
Raul Soares	5,7	6,2	6,0	6,5	6,2	6,7	4,9	5,1	5,2	5,1	5,5	5,5
Santana do Paraíso	5,0	6,1	5,3	6,3	5,6	6,2	4,2	4,4	4,5	4,2	4,7	4,5
Minas Gerais	5,9	6,1	6,1	6,3	6,4	6,3	4,8	4,6	5,0	4,5	5,3	4,7
Brasil	5,0	5,3	5,2	5,5	5,5	5,7	4,5	4,2	4,7	4,4	5,0	4,6

Obs: Em azul, as situações em que a meta foi atingida ou ultrapassada.

Fonte: Inep/MEC. Resultados do Ideb, 2015, 2017 e 2019.

Um indicador que se destaca para maior compreensão das fragilidades nesses municípios, é o “Percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária no Cadastro Único”. Entre os anos de 2015 e 2016, houve queda nesse percentual em todos os municípios, com exceção de Raul Soares e Santana do Paraíso. Nos anos seguintes verifica-se o crescimento desse percentual em todos os municípios da área de estudo, com exceção de Raul Soares.

Considerando o dado anterior, coletado em 2010, pelo Censo Demográfico e descrito na linha de base deste relatório, a escolarização da população já não apresentava um cenário promissor, uma vez que o percentual da população adulta de 25 anos e mais sem instrução ou com Ensino Fundamental incompleto passava de 50% em quase todos os municípios (com exceção de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga) e atingia mais de 70% nos municípios de Bom Jesus do Galho, Córrego Novo, Pingo D'Água e Raul Soares. O registro da situação de analfabetismo nos municípios está na Tabela 81, a seguir.

Tabela 81. Percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária no Cadastro Único.

	2015	2016	2017	2018	2019
Dionísio	7,56	7,37	8,03	8,38	8,98
Marliéria	8,39	7,30	7,19	7,85	8,04
Timóteo	6,16	6,02	6,38	7,36	7,77
Bom Jesus do Galho	7,62	7,12	7,82	7,82	8,25
Caratinga	7,55	7,32	7,62	8,60	9,65
Coronel Fabriciano	5,26	5,27	6,05	6,93	7,28
Córrego Novo	10,56	9,94	10,71	12,66	12,80
Ipatinga	6,94	6,79	7,44	7,78	8,17
Jaguarapu	8,64	7,96	8,00	11,61	12,25
Pingo d'Água	13,06	12,01	11,09	11,25	11,34
Raul Soares	13,06	13,13	12,45	11,36	11,03
Santana do Paraíso	6,98	7,25	8,31	8,53	9,33

Fonte: FJP, IRMS.

Na área da Saúde, a taxa de mortalidade infantil é um dos principais indicadores de qualidade de vida, uma vez que permite identificar tendências relativas às expectativas de vida da população residente na Zona de Amortecimento do PERD. Assim como registrado na linha de base, esse indicador é uma referência de contexto, que permite uma aproximação na identificação do panorama socioeconômico dos municípios, não guardando, necessariamente, relação direta ou indireta com o rompimento da barragem de Fundão.

Em metade dos municípios da área de estudo as taxas apresentadas entre os anos 2015 e 2019 são superiores às verificadas no estado de Minas Gerais e na média nacional e em metade deles se ultrapassa o número considerado desejável, que é de até 12 mortes por 1.000 nascidos vivos. Esse é o caso dos municípios de Dionísio, Marliéria, Bom Jesus do Galho, Caratinga, Córrego Novo e Pingo D'Água que, com Timóteo (que não se apresenta na mesma situação), compõem o conjunto de maior interesse para o entorno do PERD, uma vez que três deles possuem parte de seu território dentro do Parque e os outros quatro abrigam setores censitários na Zona de Amortecimento e são banhados pelo rio Doce. A Tabela 82 registra as taxas de mortalidade infantil (até um ano de idade), por município.

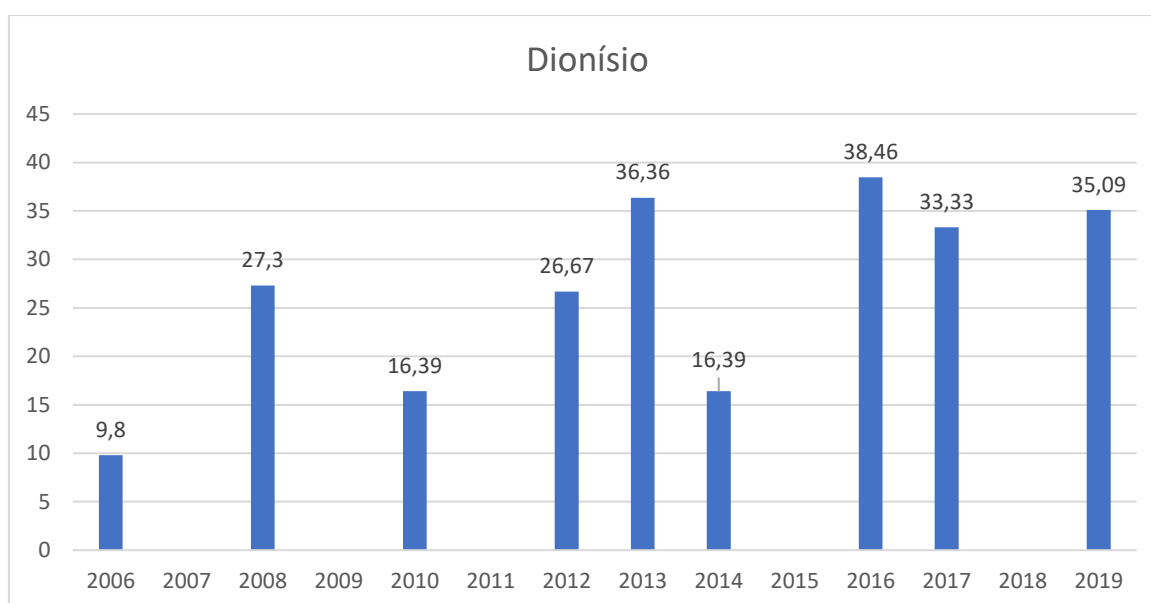
Tabela 82. Taxa de mortalidade infantil, por município (2015-2019).

	2015	2016	2017	2018	2019
Dionísio	--	38,46	33,33	--	35,09
Marliéria	--	52,63	44,44	35,09	18,52
Timóteo	12,66	12,24	4,08	5,82	5,20
Bom Jesus do Galho	--	12,35	--	5,85	19,61
Caratinga	14,53	14,06	21,03	13,22	16,49
Coronel Fabriciano	6,96	17,23	9,80	12,20	7,45
Córrego Novo	--	--	26,32	--	24,39
Ipatinga	10,40	8,58	8,89	8,88	10,41
Jaguaraçu	--	31,25	34,48	--	--
Pingo D'Água	--	17,86	--	--	16,95
Raul Soares	7,69	14,08	11,11	3,88	3,72
Santana do Paraíso	13,45	9,52	2,97	13,93	5,42
MG	11,44	11,49	11,43	10,96	11,45
Brasil	12,43	12,72	12,39	12,18	12,39

Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades.

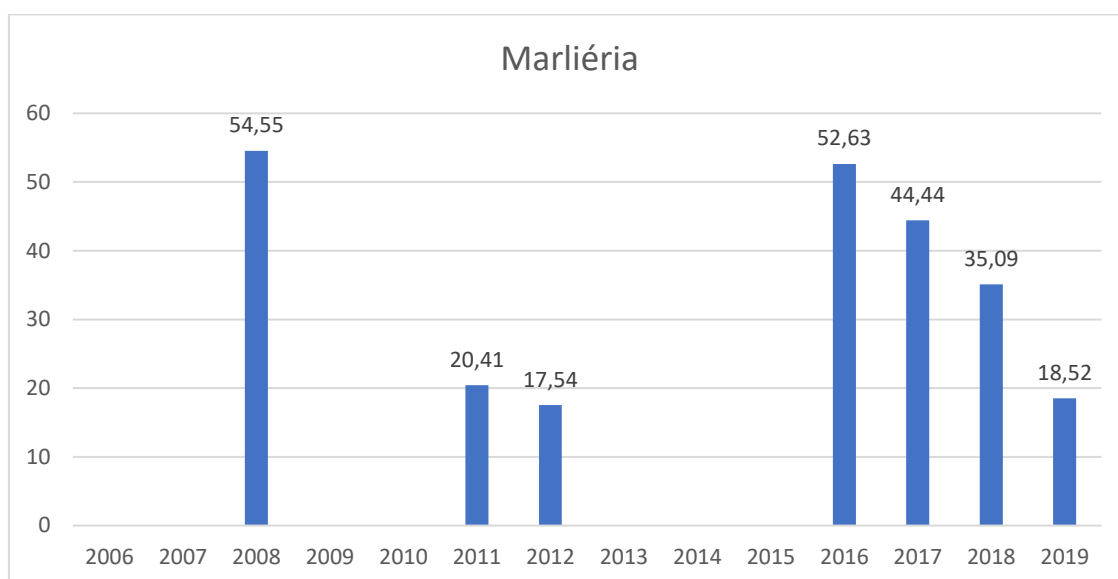
As Figuras a seguir apresentam as taxas de mortalidade infantil, entre os anos de 2006 e 2019, nos municípios de abrangência do PERD (Dionísio – Figura 74; Marliéria – Figura 75; e Timóteo – Figura 76) e também nos municípios de Bom Jesus do Galho (Figura 77), Caratinga (Figura 78), Córrego Novo (Figura 79) e Pingo D'Água (Figura 80), que estão na ZA e são banhados pelo rio Doce, visando evidenciar um pouco mais a situação nesses municípios. Conforme já registrado, nem sempre os municípios apresentam as taxas em todos os anos pesquisados.

Figura 74 - Taxa de mortalidade infantil, Dionísio (2006-2019).



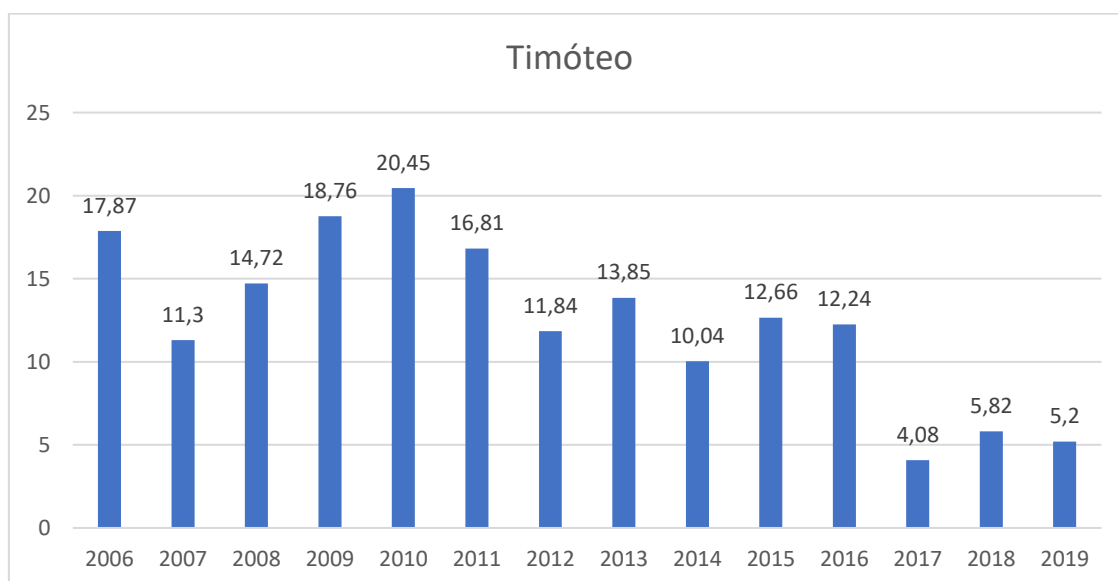
Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 75 - Taxa de mortalidade infantil, Marliéria (2006-2019).



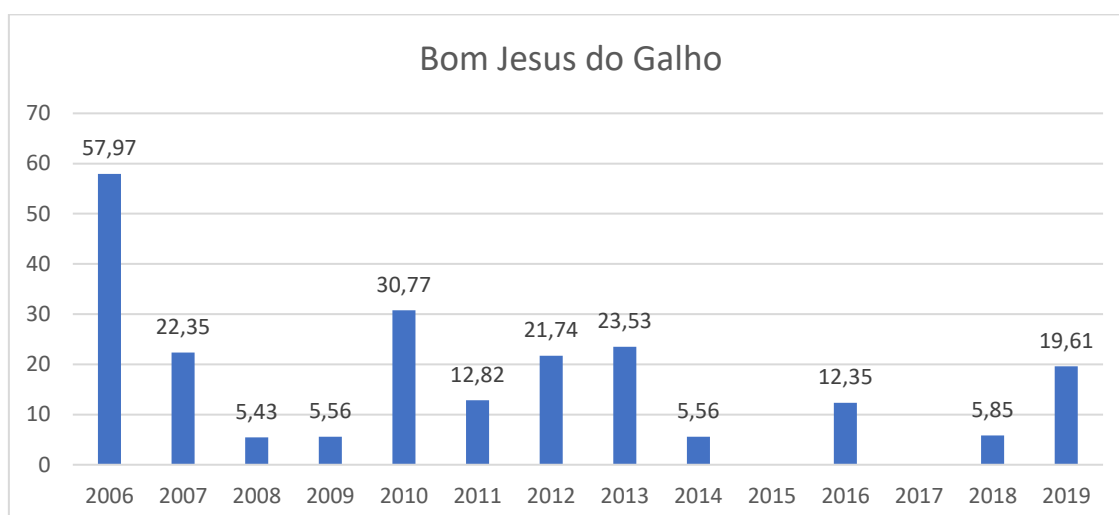
Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 76 - Taxa de mortalidade infantil, Timóteo (2006-2019).



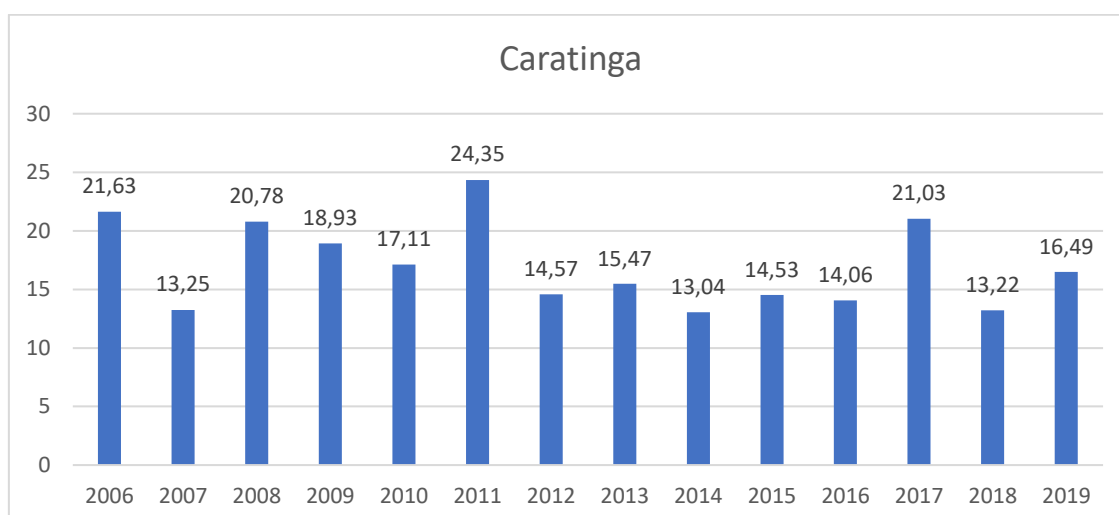
Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 77 - Taxa de mortalidade infantil, Bom Jesus do Galho (2006-2019).



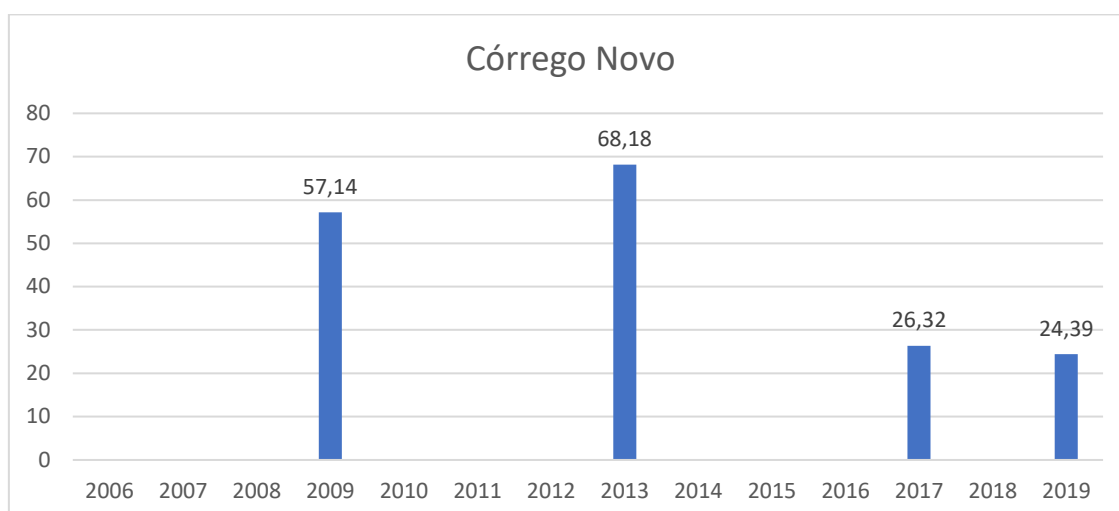
Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 78 - Taxa de mortalidade infantil, Caratinga (2006-2019).



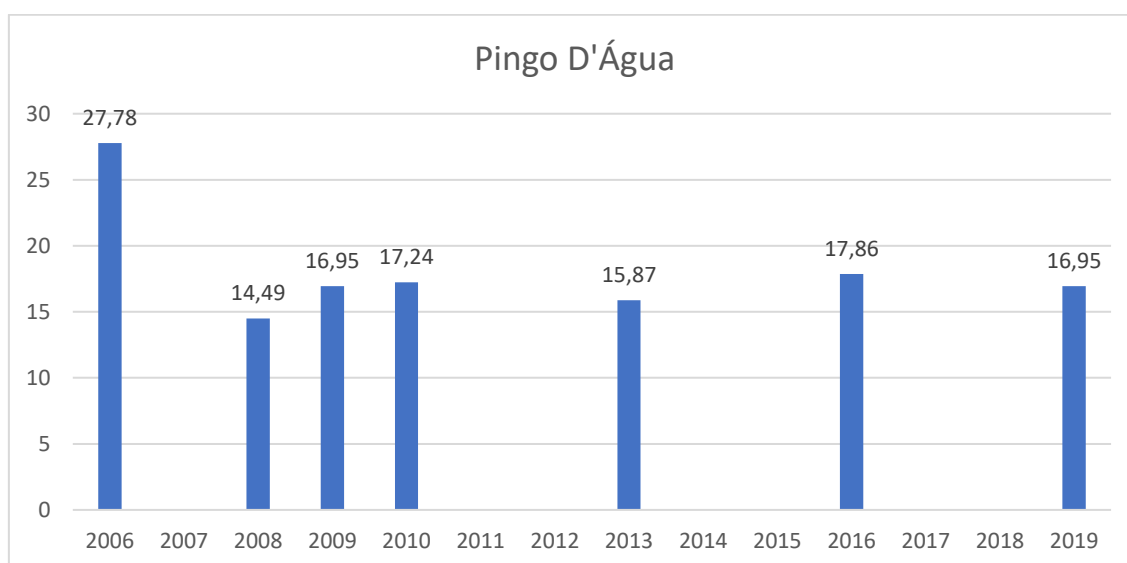
Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 79 - Taxa de mortalidade infantil, Córrego Novo (2006-2019).



Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Figura 80 - Taxa de mortalidade infantil, Pingo D'Água (2006-2019).



Fonte: Ministério da Saúde, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS 2019. In: IBGE Cidades

Conforme se verificou na linha de base deste estudo, as condições de atendimento à saúde são precárias na maioria dos municípios, uma vez que poucos contam com unidades de saúde. Destaca-se que estas são as condições verificadas nos municípios estudados, quando do rompimento da barragem de Fundão e após, evidenciando as possibilidades de atendimento à população nos casos em que, eventualmente, alguma demanda tenha derivado do rompimento.

O atendimento à saúde é precário na maioria dos municípios, uma vez que poucos contam com unidades de saúde. Na área de estudo, as populações contam com hospitais gerais públicos nos municípios de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga e com Centros de Atenção Psicossocial (CAPS) em Timóteo, Caratinga, Coronel Fabriciano, Ipatinga e Jaguaráçu. Em nenhum dos municípios há atendimento especializado público (Tabela 83). Observa-se que em Bom Jesus do Galho houve o decréscimo de uma unidade básica de saúde

(UBS) no período entre 2015 e 2019.

Tabela 83. Aumento ou diminuição no número de estabelecimentos de saúde da administração pública, por município – alterações entre 2015 e 2019.

	Hospital Geral	Hospital especializado	UBS/ posto de saúde	Pronto socorro especializado	Centro de Atenção Psicossocial
Dionísio	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia quatro e manteve-se	Não havia e não há	Não havia e não há
Marliéria	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia três e manteve-se	Não havia e não há	Não havia e não há
Timóteo	Instalado um	Não havia e não há	Havia 16, instalado mais um	Não havia e não há	Havia um e manteve-se
Bom Jesus do Galho	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia seis, um foi fechado	Não havia e não há	Não havia e não há
Caratinga	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia 25, instalado mais um	Não havia e não há	Havia três e manteve-se
Coronel Fabriciano	Instalado um	Não havia e não há	Havia 14, instalados mais 2	Não havia e não há	Havia um, instalado mais um
Córrego Novo	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia três e manteve-se	Não havia e não há	Não havia e não há
Ipatinga	Havia um e manteve-se	Não havia e não há	Havia 23 e manteve-se	Não havia e não há	Havia um, instalado mais um
Jaguaraçu	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia dois e manteve-se	Não havia e não há	Havia um e manteve-se
Pingo D'Água	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia dois e manteve-se	Não havia e não há	Não havia e não há
Raul Soares	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia 10 e manteve-se	Não havia e não há	Não havia, foi instalado um
Santana do Paraíso	Não havia e não há	Não havia e não há	Havia seis, instalados mais seis	Não havia e não há	Não havia, foi instalado um

Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil - CNES

A disponibilidade de leitos também revela as possibilidades de atendimento da população nos municípios. Entre os anos 2015 e 2020 houve redução no número de leitos do SUS nos municípios de Dionísio, Bom Jesus do Galho, Coronel Fabriciano, Ipatinga e Raul Soares e aumento em Timóteo e Caratinga. Nos demais municípios não havia e não há leitos administrados pelo SUS, conforme se verifica na Tabela 84.

Tabela 84. Número de leitos no SUS e outras redes e taxa por 1.000 habitantes, por município, 2020.

	Total de Leitos						Percentual de leitos SUS		N. de leitos SUS/1.000 hab.	
	SUS		Não SUS		total		2015	2020	2015	2010
	2015	2020	2015	2020	2015	2020				
Dionísio	9	0	0	9	9	9	100,0	0,0	1,1	-
Marliéria	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Timóteo	33	41	36	28	69	69	47,8	59,4	0,4	0,5
Bom Jesus do Galho	48	0	2	50	50	50	96,0	0,0	3,1	-
Caratinga	116	128	57	72	173	200	67,1	64,0	1,3	1,4
Coronel Fabriciano	50	38	101	65	151	103	33,1	36,9	0,5	0,3
Córrego Novo	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Ipatinga	414	360	200	242	614	602	67,4	59,8	1,6	1,4
Jaguarapu	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Pingo D'Água	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Raul Soares	40	34	16	22	56	56	71,4	60,7	1,6	1,4
Santana do Paraíso	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
MG	28.915	28.852	13.420	13.684	42.335	42.536	68,3	67,8	1,4	1,4
Brasil	311.917	313.038	129.884	134.766	441.801	447.804	70,6	69,9	1,5	1,5

Fonte: Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES

Por fim, visando compor um quadro sintético que permita identificar o cenário da Saúde nos municípios da área de estudo no período posterior ao rompimento da barragem de Fundão, pode-se examinar a Tabela 85 que registra a proporção de internações por doenças de veiculação hídrica (razão entre número de internações por doenças de veiculação hídrica e número total de internações da população residente). Constata-se que todos os municípios da área de estudo apresentaram aumento na proporção de internações entre os anos 2015 e 2016.

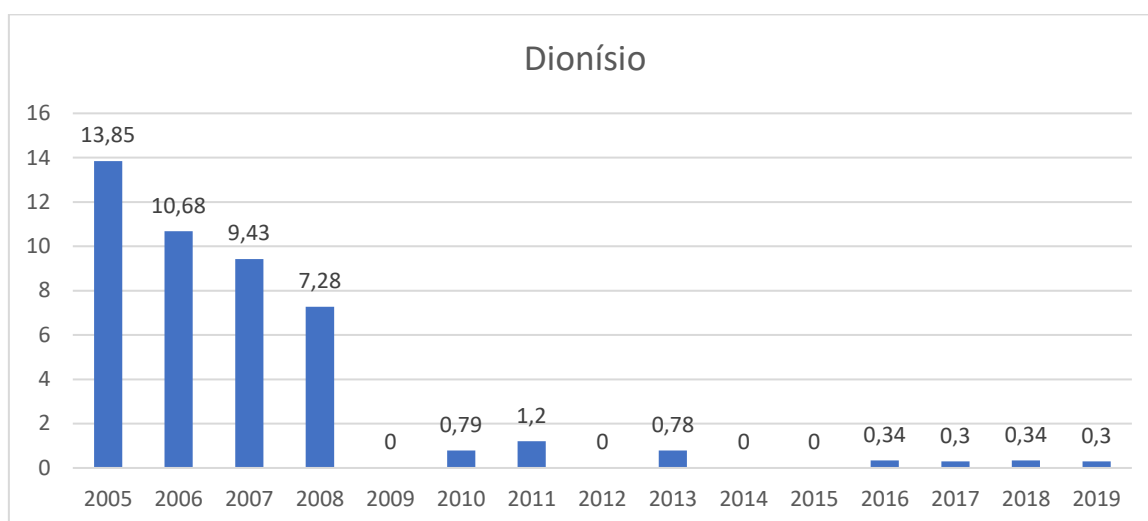
Tabela 85. Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica.

	2015	2016	2017	2018	2019
Dionísio	0	0,34	0,30	0,34	0,30
Marliéria	0,69	0,77	0	0,33	0,38
Timóteo	0,20	0,50	0,21	0,69	0,64
Bom Jesus do Galho	0,08	0,24	0,41	0,23	0,34
Caratinga	0,12	0,39	0,38	0,39	0,38
Coronel Fabriciano	0,58	0,66	0,58	0,5	0,5
Córrego Novo	0	1,70	0,56	0	0
Ipatinga	0,61	0,70	0,59	0,57	0,58
Jaguaraçu	0	1,04	0,67	0,94	0,94
Pingo D'Água	0,53	0,74	0	0,43	0,36
Raul Soares	1,40	2,01	2,48	1,04	1,10
Santana do Paraíso	0,26	0,64	0,29	0,63	0,56

Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRSFJP.

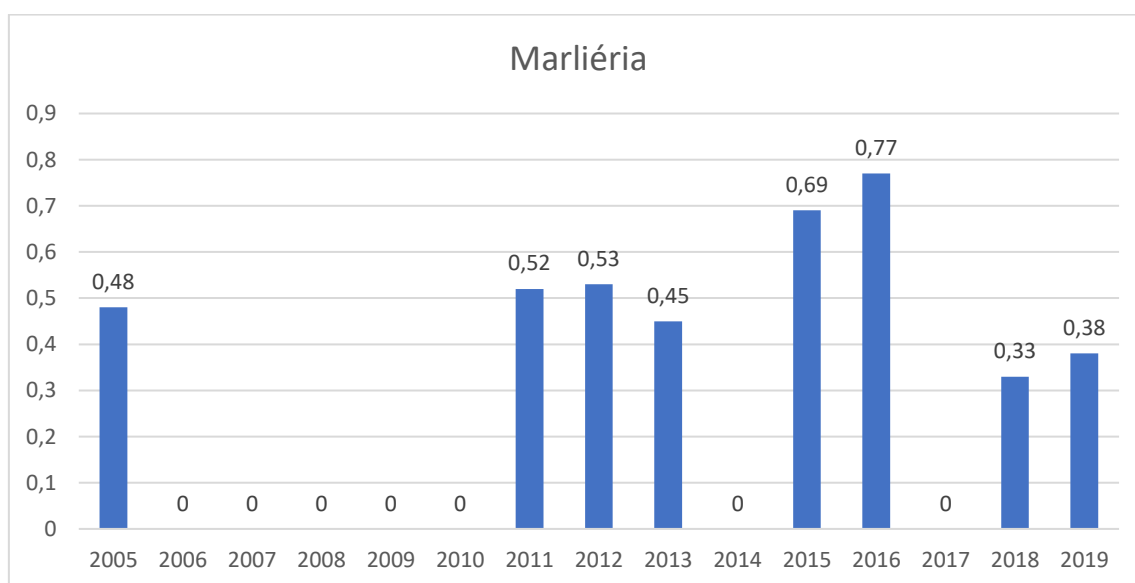
Visando aproximar ainda mais o cenário da Saúde nos municípios de abrangência do PERD e de sua Zona de Amortecimento em interface direta com o rio Doce, seguem gráficos que registram os percentuais de internação por doenças de veiculação hídrica no período entre 2005 e 2019, nos municípios de Dionísio (Figura 81), Marliéria (Figura 82), Timóteo (Figura 83), Bom Jesus do Galho (Figura 84), Caratinga (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**85), Córrego Novo (Figura 86) e Pingo D'Água (Figura 87).

Figura 81 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Dionísio (2005-2019)



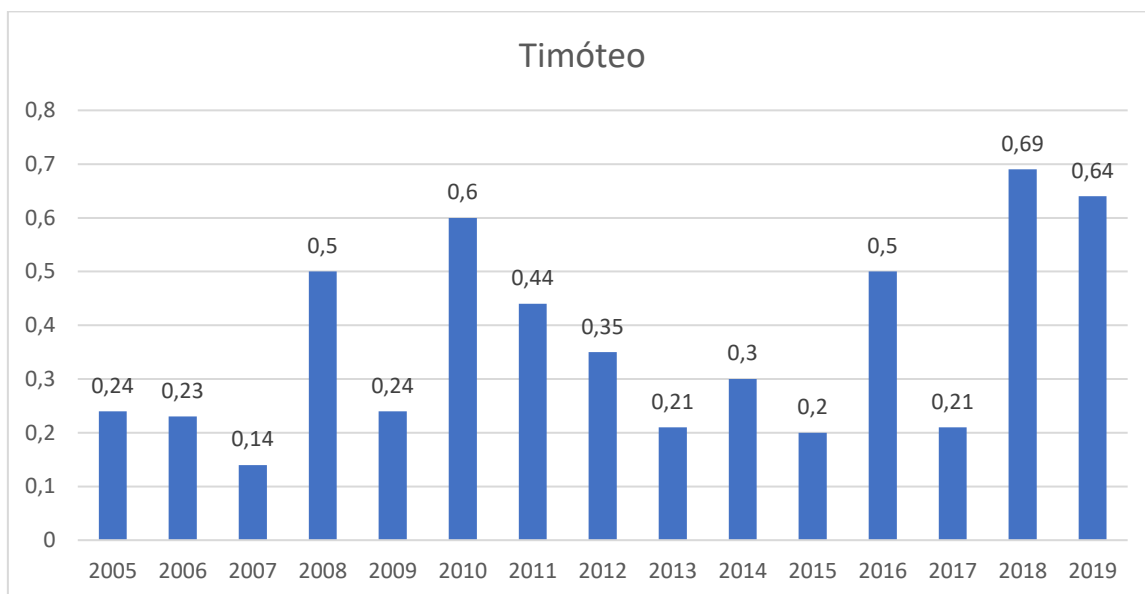
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 82 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Marliéria (2005-2019)



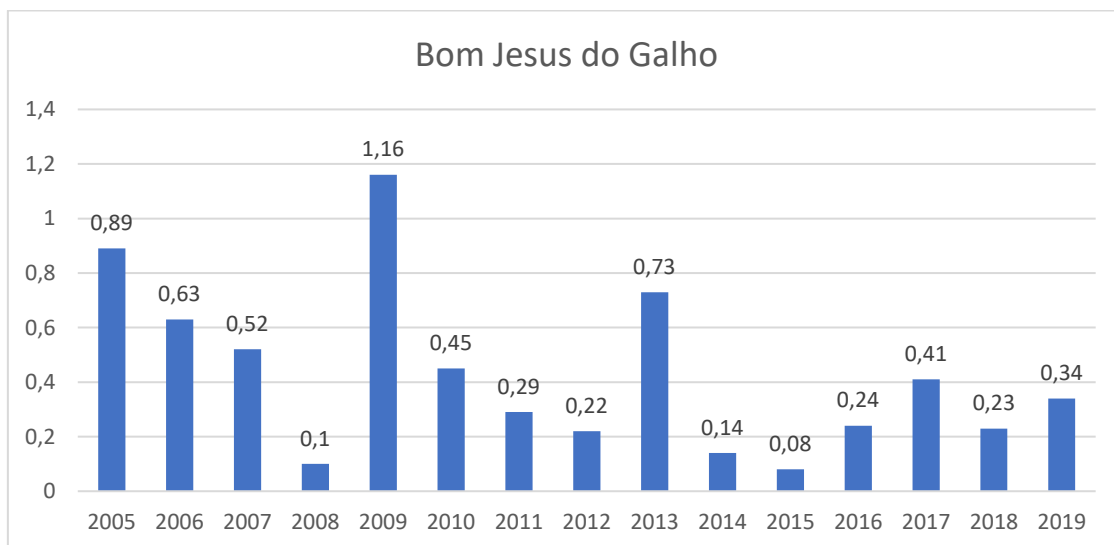
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 83 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Timóteo (2005-2019)



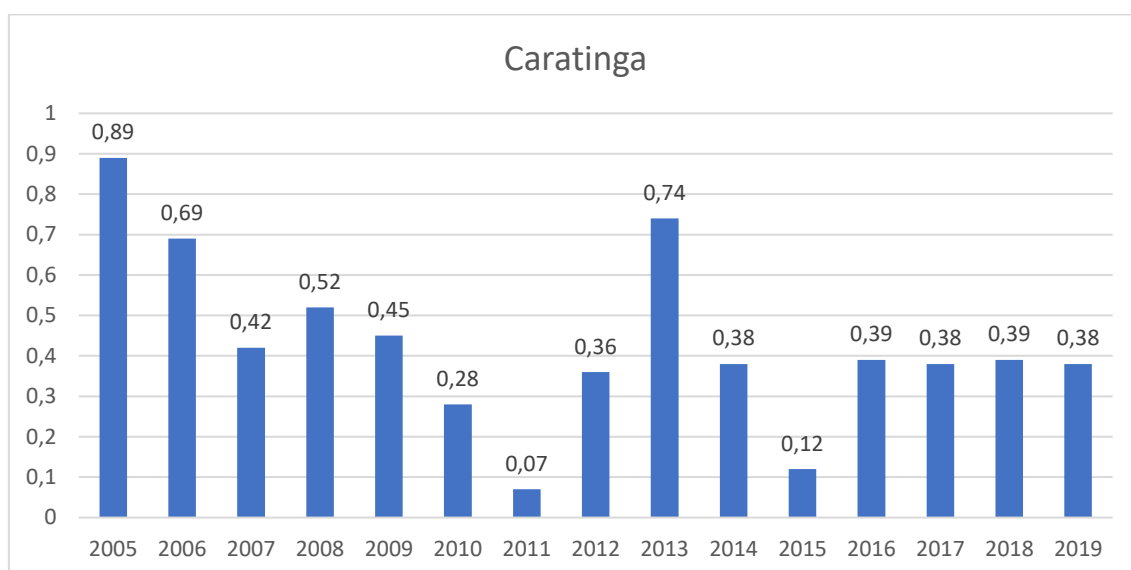
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 84 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Bom Jesus do Galho (2005-2019)



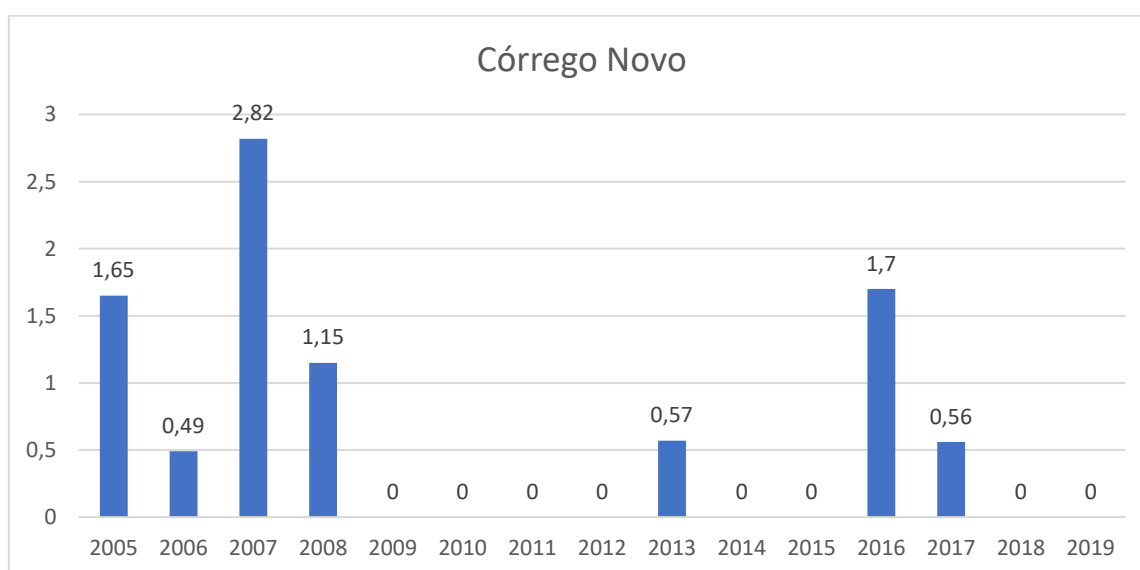
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 85 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Caratinga (2005-2019)



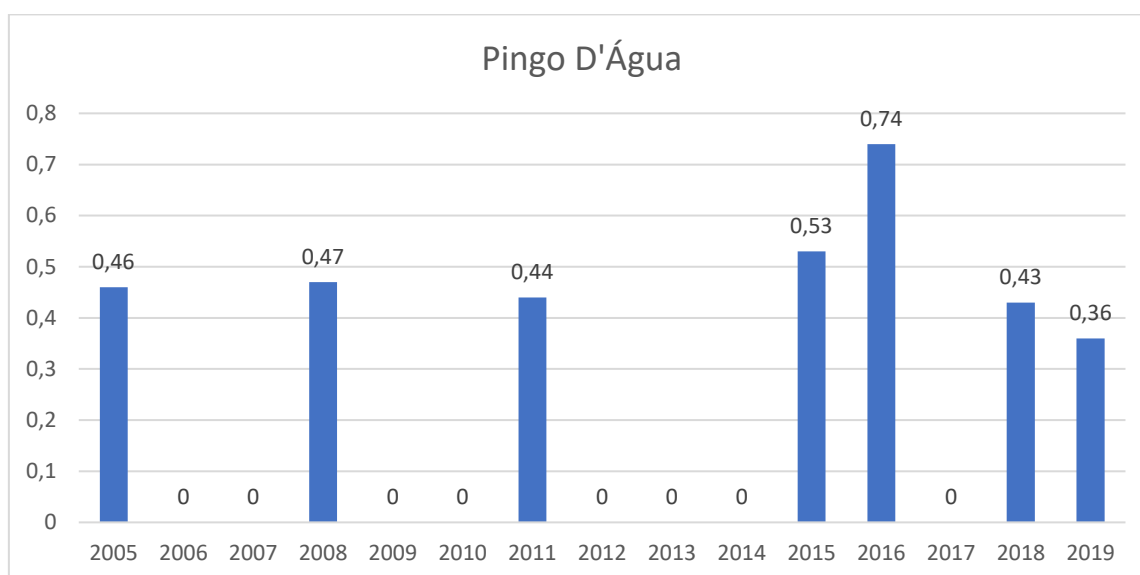
Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 86 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Córrego Novo (2005-2019)



Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Figura 87 - Proporção de internações por doenças de veiculação hídrica, Pingo D'Água (2005-2019)



Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Uma outra fonte para a composição do cenário nos municípios é o indicador “Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado⁶⁸”, registrado na Tabela 86.

Mais uma vez se verifica aumento entre os anos 2015 e 2016 e grande queda no indicador entre 2016 e 2019, sugerindo que a situação no conjunto dos municípios retornou aos patamares apresentados em 2015 e, em alguns casos, está ainda melhor.

Tabela 86. Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (2015-2019)

	2015	2016	Variação (2015-2016)	2017	2018	2019	Variação (2016-2019)
Dionísio	0	0,34	34	0,3	1,01	0,3	-12%
Marliéria	1,03	0,77	-25%	0	0,66	0,38	-51%
Timóteo	0,72	1,2	67%	0,45	0,81	0,52	-57%
Bom Jesus do Galho	0,94	3,89	314%	3,76	2,83	0,51	-87%
Caratinga	0,61	1,31	115%	2,32	0,58	0,44	-66%
Coronel Fabriciano	1,27	1,28	1%	0,69	0,59	0,64	-50%
Córrego Novo	0	1,14	114%	0,56	0	0,78	-32%
Ipatinga	1,03	1,07	4%	0,65	0,6	0,65	-39%
Jaguaraçu	0,91	2,08	129%	0,67	0,94	0,47	-77%
Pingo D'Água	1,05	1,11	6%	0	0,43	0	-100%
Raul Soares	1,84	2,53	38%	2,17	1,1	1,5	-41%
Santana do Paraíso	0,42	1,06	152%	0,35	0,63	0,66	-38%

Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) – Datasus, In: FJP, IMRS

Em relação ao abastecimento de água, registra-se que dentre os municípios da área de estudo, Santana do

⁶⁸ “Razão entre o número de internações realizadas por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e o total de internações da população residente, multiplicado por 100.” Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas/Resultado>. Acesso em 24.fev.2021.

Paraíso é o único mencionado no Termo de Transação e Ajustamento de Conduta como tendo o abastecimento público de água “inviabilizado temporariamente”. Segundo Relatório Dossiê das Águas (Ramboll, 2020, p. 72), em Santana do Paraíso havia sistemas de abastecimento individuais, captação superficial no rio Doce ou em poços perfurados às margens do rio Doce. Depois do rompimento o abastecimento de água tratada se dá “a partir da ETA de Cachoeira Escura, por meio de caminhão pipa”.

No Cadastro dos Impactados (PG001) constam, até fevereiro de 2021, 1692 pessoas que declararam problemas de abastecimento, sendo 316 registros de desabastecimento de água tratada, conforme se verifica na Tabela 87.

Tabela 87. Pessoas cadastradas no PG001, segundo problemas referentes ao abastecimento de água, 2021

	Total de cadastros referentes a problemas de abastecimento de água	Abastecimento afetado	Desabastecimento de água tratada
Dionísio	6	6	0
Marliéria	0	0	0
Timóteo	20	16	4
Bom Jesus do Galho	546	410	136
Caratinga	258	247	11
Coronel Fabriciano	26	21	5
Córrego Novo	0	0	0
Ipatinga	209	163	46
Pingo D'Água	49	40	9
Santana do Paraíso	578	473	105
Total	1692	1376	316

Fonte: Fundação Renova, PG001, 2021.

Em relação ao esgotamento sanitário, registra-se que na Linha de Base foi identificada a precariedade vivenciada em 2010 nos setores censitários do PERD e de sua ZA em interface com o rio Doce, apenas sete domicílios em Marliéria contavam com esgotamento sanitário por rede pública. Em todos os demais domicílios do entorno do Parque a destinação do esgoto se dava por fossa rudimentar (173 domicílios), fossa séptica (61 domicílios), rio ou lago (51 domicílios) e outro destino (4 domicílios).

A situação é precária em quase todos os municípios da área de estudo, com exceção de Ipatinga e Caratinga que, em 2020, apresentaram índices de tratamento de esgoto de 100% e de 50% a 80% respectivamente, conforme o “Relatório de Monitoramento Mensal dos Programas Socioeconômicos e Socioambientais para Restauração da Bacia do Rio Doce com os Indicadores Propostos” (2020)⁶⁹. Destaca-se as considerações do referido documento (p.154) em relação aos municípios da calha do rio Doce:

O déficit de tratamento dos esgotos e a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos têm resultado em comprometimento da qualidade da água, solo e ar, pois os esgotos são lançados in natura nos corpos d'água e o descarte inadequado do lixo ocasiona contaminação do solo, ar e dos mananciais tanto superficiais quanto subterrâneos. Esse déficit no tratamento dos esgotos e resíduos sólidos causa comprometimento da qualidade do meio ambiente e provocam implicações danosas à

⁶⁹ Disponível em http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-ramboll/09_relatorio_abril20_consolidado_v05.pdf/view. Acesso em 20.mar.2021.

saúde pública das populações sem acesso ao saneamento básico adequado.

Visando atualizar alguns elementos da dinâmica econômica dos municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce e de seu entorno foram observados os seguintes indicadores: o Produto Interno Bruto (PIB), o Produto Interno Bruto per capita e indicadores de produção, ocupação e renda.

Verifica-se, entre os anos 2015 e 2018, um aumento mais expressivo no PIB dos municípios de Dionísio (11%), Caratinga (6%), Ipatinga (18%) e Santana do Paraíso (20%). Os municípios de Timóteo e Raul Soares tiveram aumento de 1% e 5% respectivamente. Os demais, apresentaram queda, sendo Córrego Novo (-6%), Bom Jesus do Galho (3%), Coronel Fabriciano (-3%) e Pingo D'Água (-1%). Em Marliéria e Jaguarau não houve variação no PIB entre os anos indicados. Os valores e a contribuição desses valores na composição do PIB mineiro estão registrados na Tabela 88.

Tabela 88. Produto Interno Bruto a preços correntes dos municípios do PERD e Minas Gerais, 2015 e 2018 (mil reais).

	2015		2018	
	PIB (em mil)	Participação no PIB Estadual (%)	PIB (em mil)	Participação no PIB Estadual (%)
Dionísio	82.568,10	0,013	91.741,88	0,014
Marliéria	47.121,44	0,007	47.026,63	0,007
Timóteo	3.490.608,73	0,538	3.516.698,92	0,524
Bom Jesus do Galho	170.297,64	0,026	165.453,54	0,025
Caratinga	1.743.833,15	0,269	1.854.766,49	0,276
Coronel Fabriciano	1.920.690,36	0,296	1.859.421,99	0,277
Córrego Novo	36.786,06	0,006	34.447,83	0,005
Ipatinga	10.597.127,69	1,633	12.485.773,25	1,860
Jaguarau	77.878,94	0,012	78.069,09	0,012
Pingo D'Água	44.542,59	0,007	44.315,65	0,007
Raul Soares	326.494,08	0,050	341.612,32	0,051
Santana do Paraíso	589.768,92	0,091	706.812,19	0,105
Todos os municípios	19.127.717,70	2,948	21.226.139,77	3,162
MG	648.874.021,70		671.330.213,00	
Brasil	7.491.385.702,54		7.647.221.303,02	

Fonte: IBGE, Base de Dados, Produto Interno dos Municípios, Consulta em: 28 jan. 2021

(<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/2036-np-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>)

Os municípios de Dionísio, Caratinga, Ipatinga e Santana do Paraíso que apresentaram os maiores aumentos no PIB, também apresentaram os maiores crescimentos no PIB per capita, como se pode verificar na Tabela 89, a seguir.

Tabela 89. Produto Interno Bruto per capita em 2015 e 2018 (em reais).

	2015	2018	Variação entre 2015-2018
Dionísio	9.756,36	11.683,89	19,8%
Marliéria	11.417,84	11.628,74	1,8%
Timóteo	39.873,53	39.473,55	-1,0%
Bom Jesus do Galho	10.957,25	11.022,89	0,6%
Caratinga	19.209,02	20.270,01	5,5%
Coronel Fabriciano	17.562,52	16.995,77	-3,2%

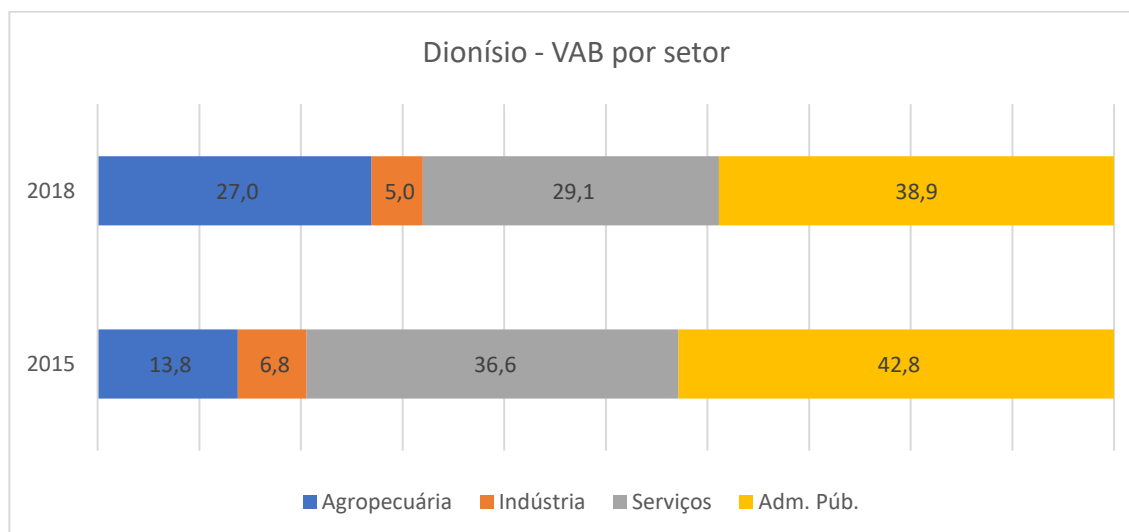
Córrego Novo	12.132,61	12.241,59	0,9%
Ipatinga	41.178,68	47.775,24	16,0%
Jaguaráçu	24.833,85	24.990,11	0,6%
Pingo D'Água	9.301,02	9.055,10	-2,6%
Raul Soares	13.384,20	14.345,02	7,2%
Santana do Paraíso	18.661,21	20.829,03	11,6%
MG	31.092,57	31.906,33	2,6%
Brasil	36.641,54	36.678,22	0,1%

Fonte: IBGE, Base de Dados, Produto Interno dos Municípios, Consulta em: 28 jan. 2021
(<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/2036-np-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>)

A composição do Valor Adicionado Bruto (VAB), permite uma aproximação com a estrutura da economia nesses municípios. As figuras a seguir registram a composição do VAB nos anos 2015 e 2018 em cada um dos municípios da área de estudo.

Em Dionísio, houve significativo aumento da contribuição do setor agropecuário e redução nos demais setores, como se verifica na Figura 88, a seguir.

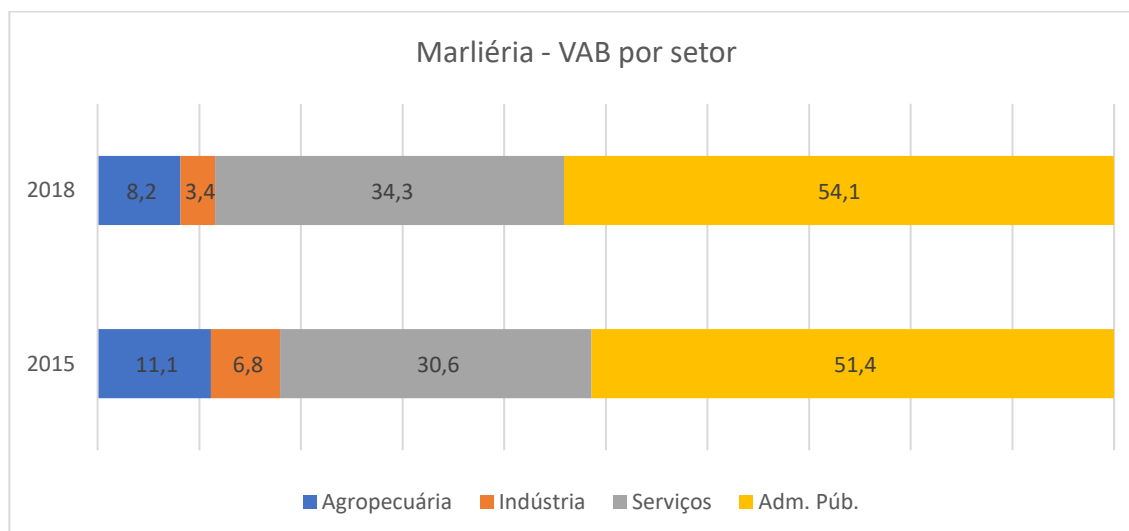
Figura 88. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Dionísio – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

No município de Marliéria a administração pública já apresentava uma contribuição na composição do VAB de mais de 50%, em 2015, crescendo quase três pontos percentuais em 2018 (Figura 89).

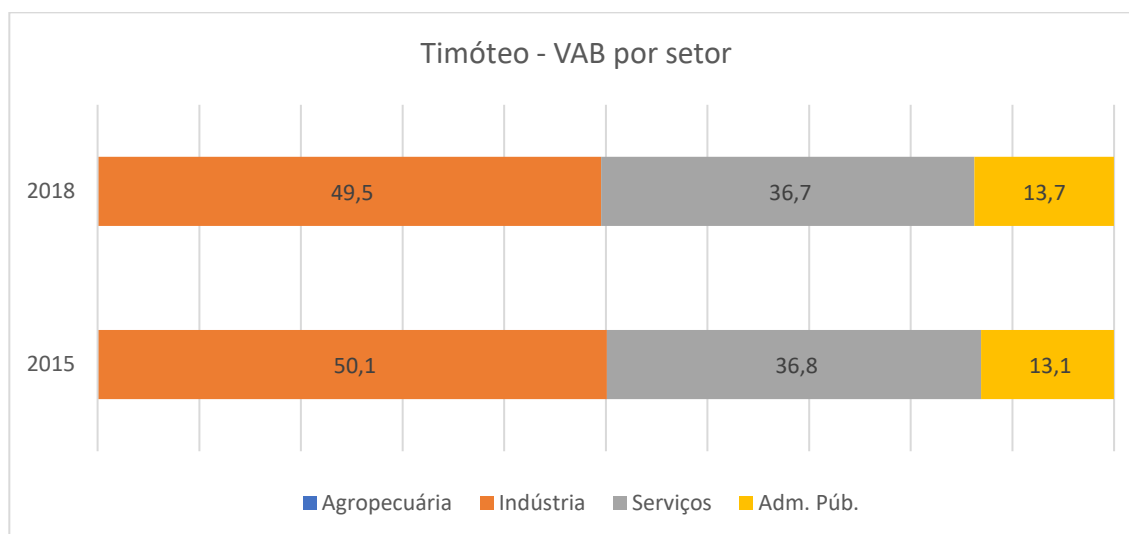
Figura 89. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Marliéria – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Em Timóteo a contribuição do setor agropecuário foi de 0,04% em 2015 e 0,03 em 2018, o que não permite sua visualização no Figura 90. O setor industrial, embora tenha apresentado ligeira queda percentual é o mais importante na composição do VAB do município.

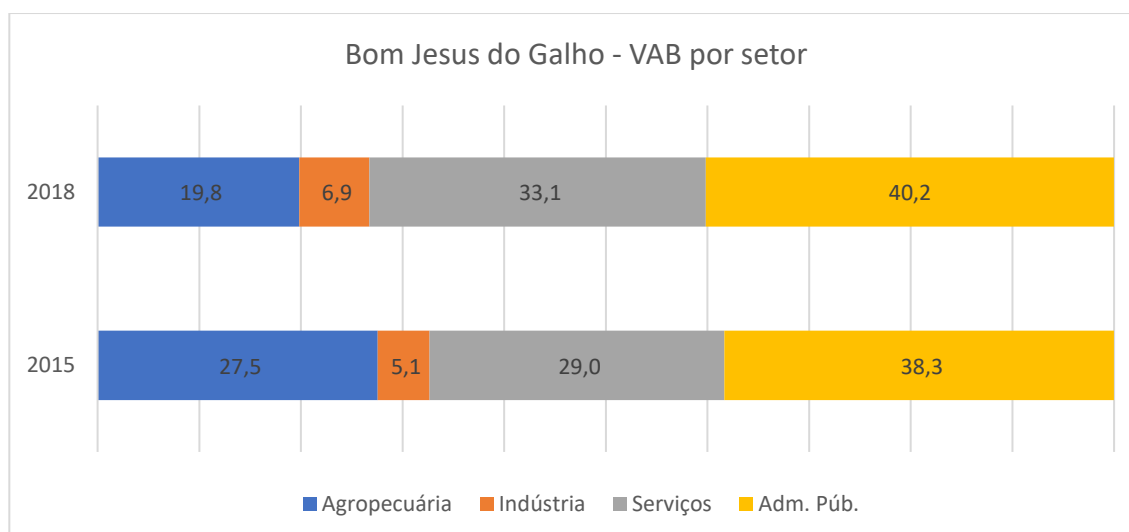
Figura 90. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Timóteo – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

No município de Bom Jesus do Galho o setor agropecuário perdeu espaço para os demais setores entre os anos de 2015 e 2018, com maior incidência para o setor de serviços (Figura 91).

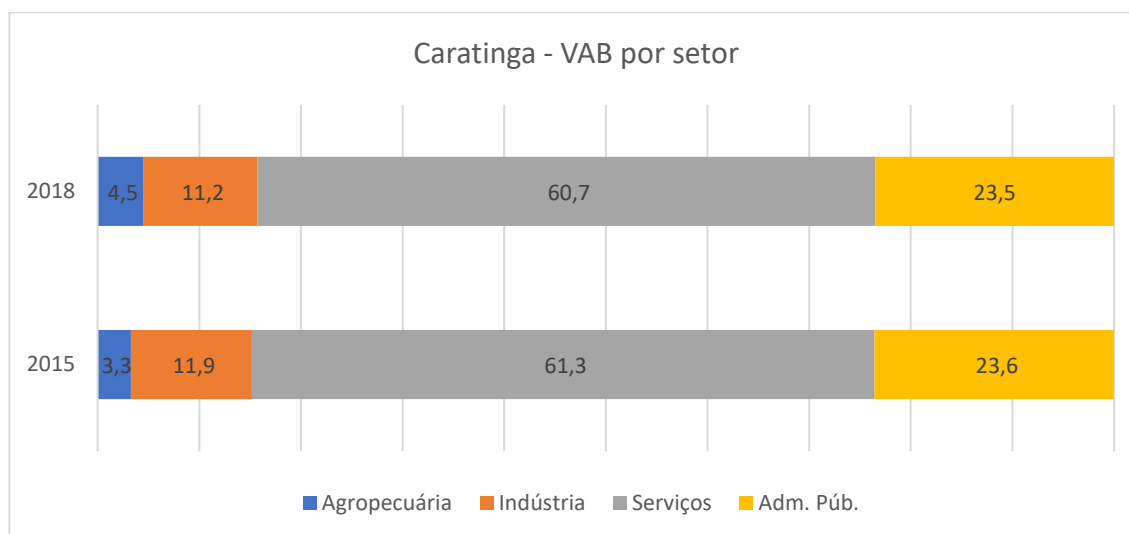
Figura 91. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Bom Jesus do Galho – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Em Caratinga, a composição do VAB não sofreu alterações significativas, havendo um ligeiro aumento da atividade agropecuária e ligeira diminuição dos percentuais de contribuição nos demais setores (Figura 92).

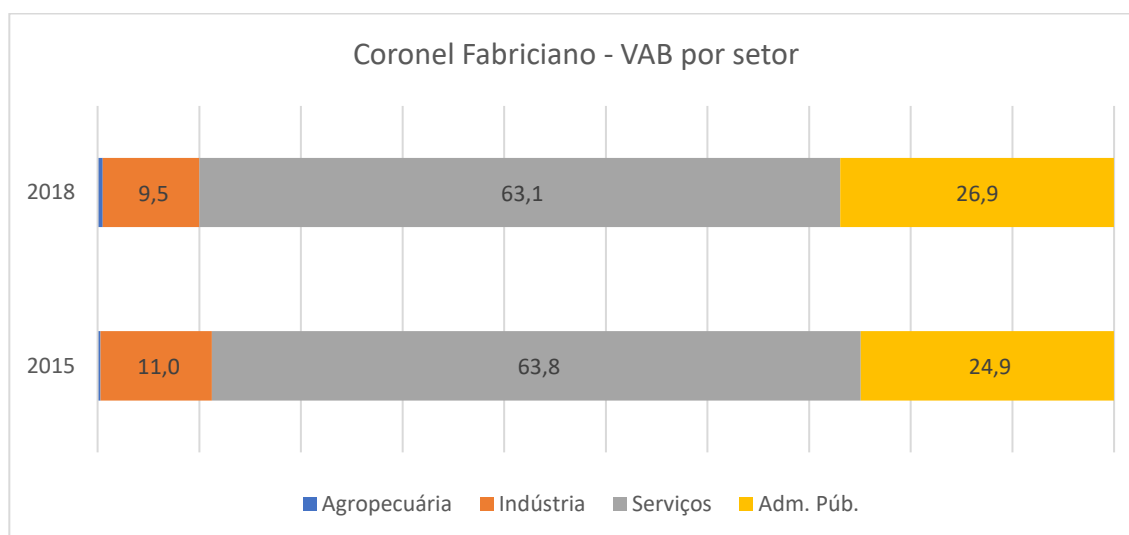
Figura 92. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Caratinga – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Em Coronel Fabriciano os percentuais de contribuição do setor agrícola são muito baixos (0,3% em 2015 e 0,5% em 2018), sendo sua visualização prejudicada no Figura 93. Trata-se do segundo município mais populoso da área de estudo e as atividades que mais contribuem para a composição do VAB são aquelas realizadas pelo setor de serviços.

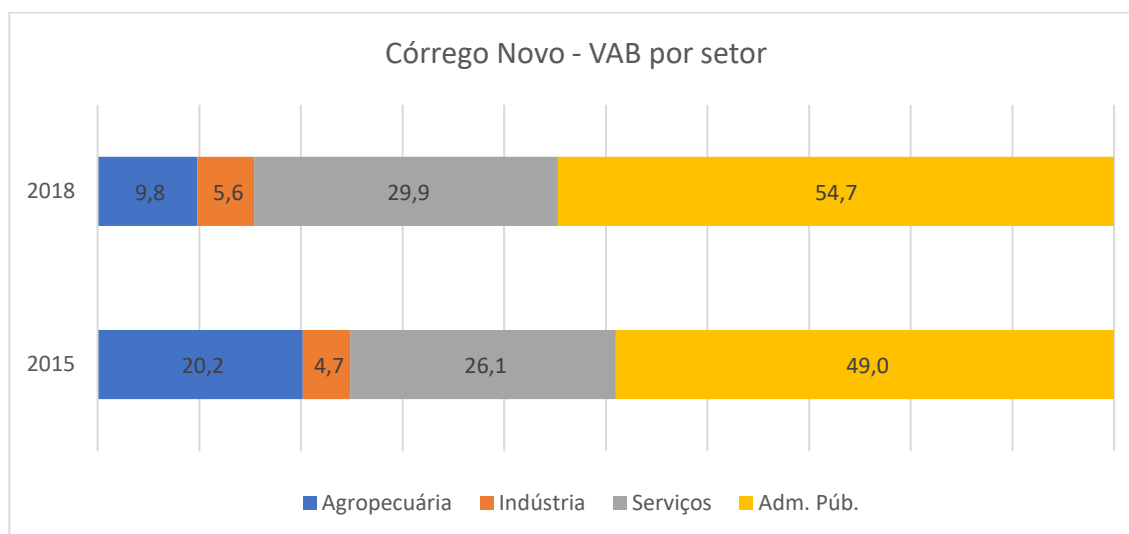
Figura 93. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Coronel Fabriciano – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Córrego Novo parece ser o município que apresentou as maiores alterações na composição do VAB no período analisado. Chama a atenção a queda no percentual do setor agropecuário que foi de 10,4 pontos percentuais. O setor que mais cresceu foi a administração pública que aumentou, no período, 5,7 pontos percentuais (Figura 94).

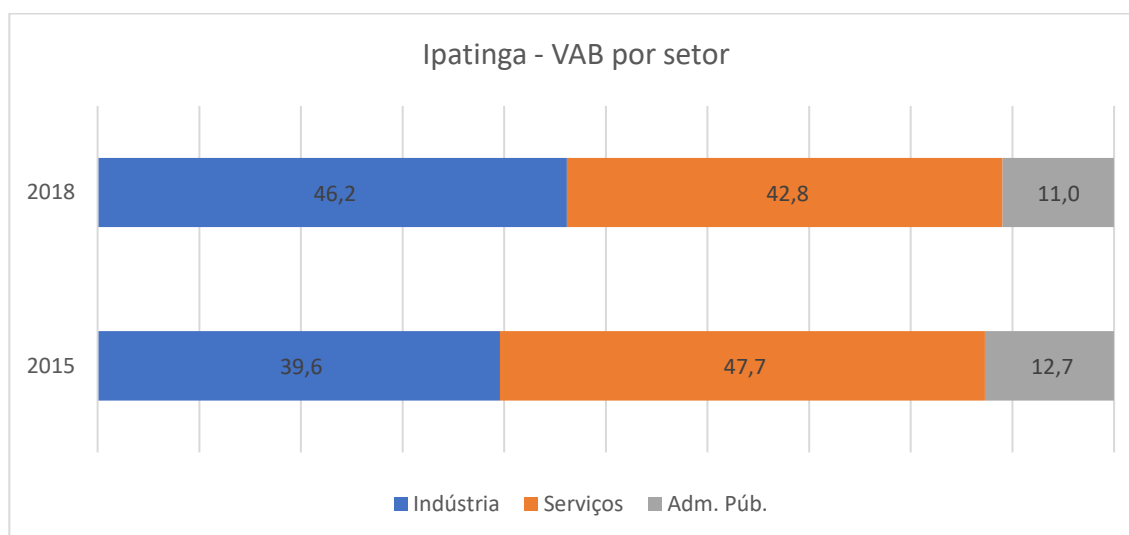
Figura 94. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Córrego Novo – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Ipatinga, município sede da Região Metropolitana do Vale do Aço, apresentou aumento no percentual do setor industrial na composição do VAB e redução nos demais setores, sendo que o setor de serviços foi o que mais retraiu, embora também tenha uma contribuição expressiva (Figura 95). O setor agropecuário representou nos dois anos verificados 0,01% do total do VAB.

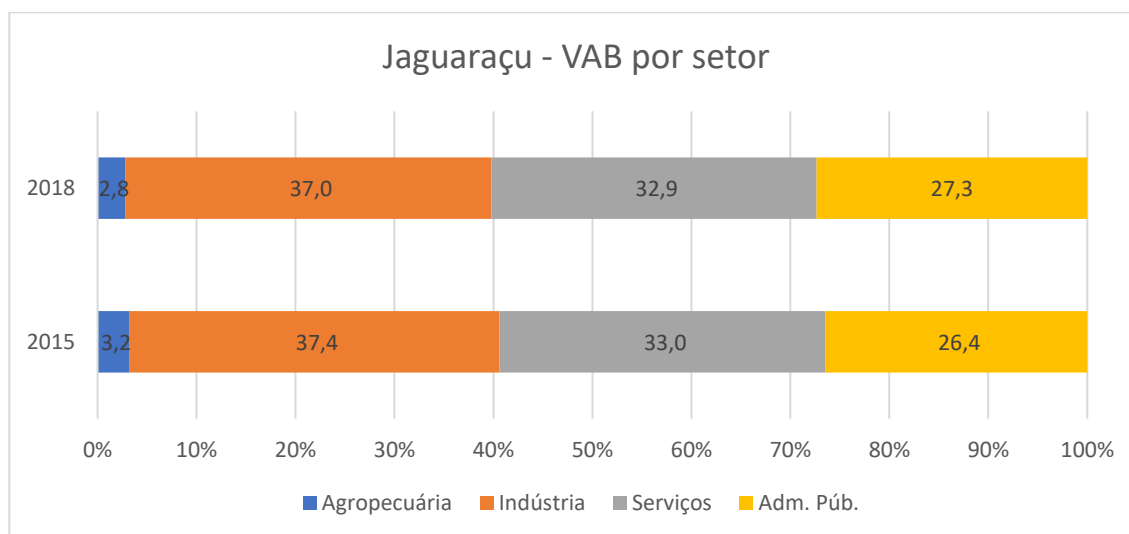
Figura 95. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Ipatinga – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Em Jaguaraçu a composição do VAB pouco variou no período analisado, conforme se verifica na Figura 96.

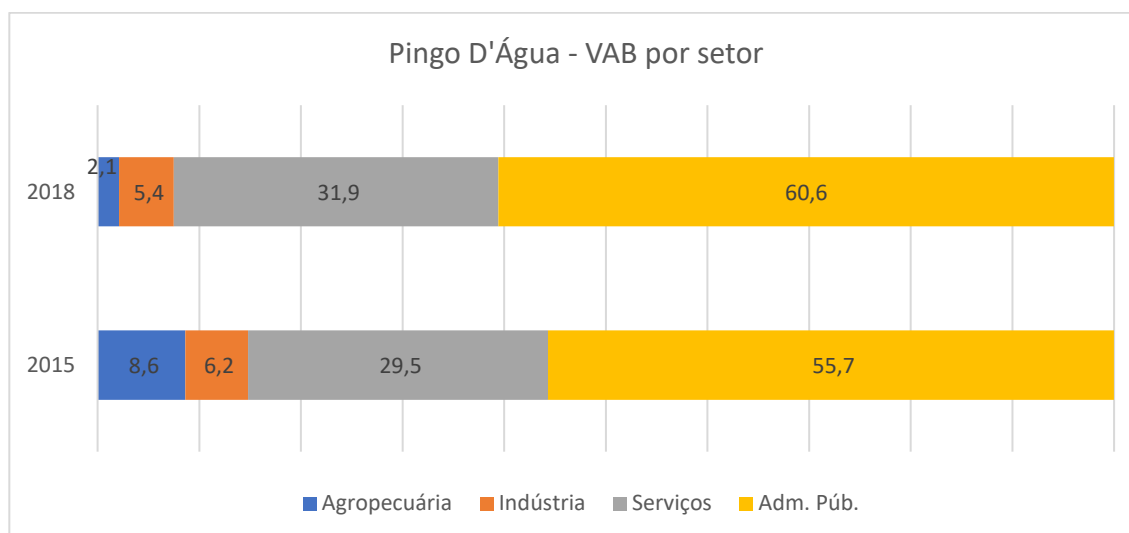
Figura 96. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Jaguaruçu – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Pingo D'Água é o município da área de estudo em que a administração pública tem maior contribuição na composição do VAB, tendo crescido no período analisado. O setor agropecuário perdeu expressão, caindo 6,5 pontos percentuais, como se verifica na Figura 97.

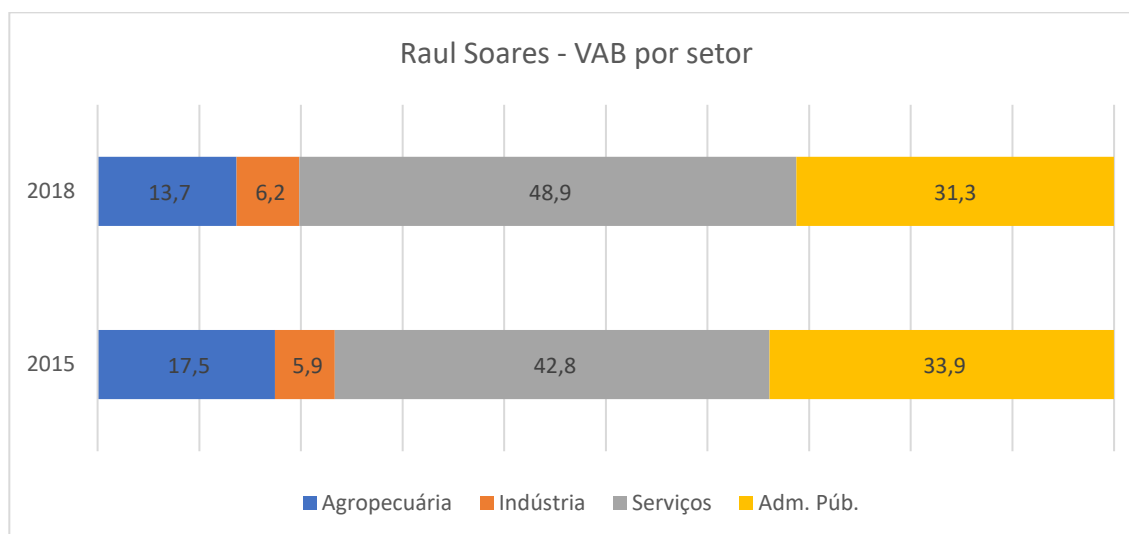
Figura 97. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Pingo D'Água – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Em Raul Soares o setor de serviços é o que mais contribui na composição do VAB e cresceu entre os anos de 2015 e 2018, enquanto os demais setores reduziram sua participação, em especial o setor agropecuário que apresentou queda de 3,8 pontos percentuais, como se verifica no Figura 98.

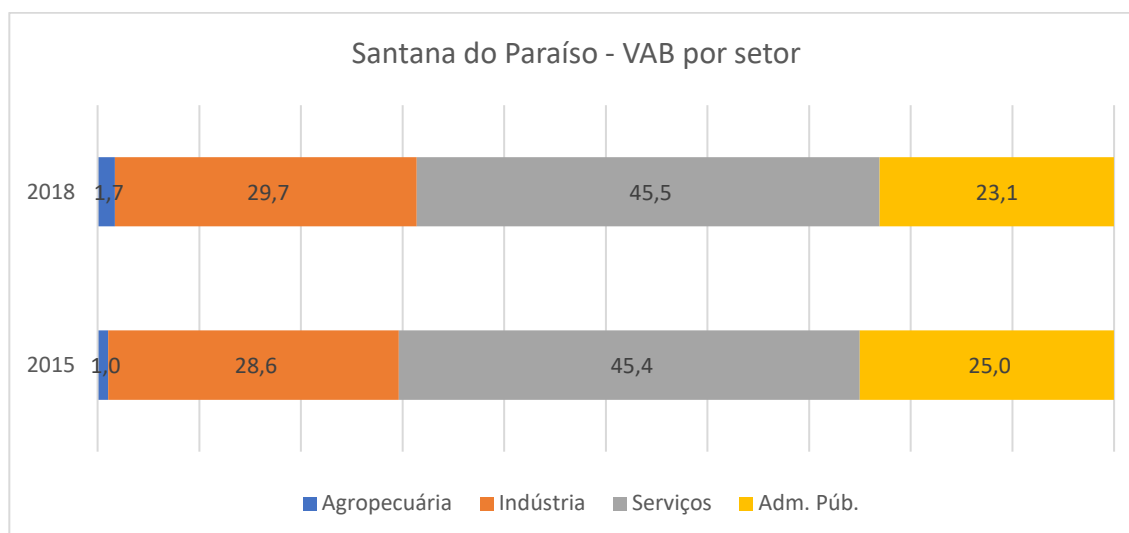
Figura 98. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Raul Soares – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

Santana do Paraíso tem no setor de serviços a maior contribuição para a composição de seu VAB. Houve, no período analisado, ligeiro aumento nos percentuais de contribuição do setor agropecuário e no setor industrial, como registrado no Figura 99.

Figura 99. Valor Adicionado Bruto, por setor, em Santana do Paraíso – 2015/2018 (em mil reais).



Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa). Consulta em: 28 jan. 2021.

O setor agropecuário não é o mais expressivo no conjunto dos municípios da área de estudo, mas está presente em oito dos doze municípios estudados com diferentes participações na composição do VAB municipal, correspondendo, em 2018, em Dionísio a 27%, em Bom Jesus do Galho a 19,8%, em Raul Soares a 13,7%, em Córrego Novo a 9,8%, em Marliéria a 8,2%, em Caratinga a 4,5%, em Jaguaraçu a 2,8% e em Pingo D'Água a 2,1%.

No Cadastro dos Impactados (PG001) encontram-se registrados 362 impactos entre produtores rurais, distribuídos nos seguintes municípios (Tabela 90):

Tabela 90. Pessoas cadastradas no PG001, segundo impactos na agropecuária e característica do estabelecimento, 2021.

Município	Minifundio	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Arrendatário	Meeiro	Quintal urbano	Total
Dionísio	2	0	1	0	0	1	0	4
Marliéria	1	0	0	0	0	0	0	1
Timóteo	9	0	0	0	0	1	0	10
Bom Jesus do Galho	54	3	2	3	1	4	1	68
Caratinga	52	1	0	2	5	0	7	67
Coronel Fabriciano	8	1	0	0	0	0	0	9
Córrego Novo	0	1	1	0	3	0	0	5
Ipatinga	80	3	2	2	0	4	4	95
Pingo D'Água	0	0	0	0	0	0	0	0
Santana do Paraíso	84	2	0	0	0	6	11	103
Total	290	11	6	7	9	16	23	362

Fonte: Fundação Renova, PG001, 2021.

Ainda segundo os dados do Cadastro dos Impactados (PG001), os impactos na agropecuária recaíram com maior incidência sobre a comercialização, embora não seja pequeno o número de pessoas que tiveram restrições ao seu próprio consumo, como se verifica na Tabela 91.

Tabela 91. Pessoas cadastradas no PG001 que declararam impactos na agropecuária, segundo a destinação da produção, 2021.

	Comercialização	Consumo próprio
Dionísio	2	1
Marliéria	1	0
Timóteo	3	6
Bom Jesus Do Galho	55	4
Caratinga	50	10
Coronel Fabriciano	8	1
Córrego Novo	3	1
Ipatinga	67	22
Pingo D'Água	0	0
Santana Do Paraíso	67	30
Total	256	75

Fonte: Fundação Renova, PG001, 2021.

Também se encontra nos registros do Cadastro dos Impactados informações sobre a produção realizada nas áreas impactadas. Caratinga e Santana do Paraíso concentram os registros em relação aos impactos em áreas de criação de animais, de hortas e de danos a animais, conforme a Tabela 92.

Tabela 92. Soma de impactos em áreas de criação de animais, hortas e danos a animais, 2021.

	Áreas de criação de animais	Horta	Dano a animais
Dionísio	6	0	6
Marliéria	0	0	0
Timóteo	0	0	0
Bom Jesus do Galho	0	4	2
Caratinga	21	58	37
Coronel Fabriciano	3	0	3
Córrego Novo	14	0	14
Ipatinga	0	0	0
Pingo D' Água	0	0	0
Santana do Paraíso	26	60	50
Total	70	122	112

Fonte: Fundação Renova, PG001, 2021.

Ainda sobre a movimentação das economias locais, destaca-se que não há registros no Cadastro dos Impactados, nos municípios da área de estudo, em relação a perdas na agroindústria, na indústria, nos serviços de hotelaria ou nos serviços ligados ao turismo. Foram registradas 59 pessoas indicando prejuízos em seus comércios, sendo 23 pessoas em Ipatinga, 15 em Bom Jesus do Galho, nove em Caratinga, seis em Santana do Paraíso, três em Pingo D'Água e uma em Coronel Fabriciano, uma em Dionísio e uma em Timóteo.

O mais recente Censo Agropecuário (2017) permite identificar quantos são os estabelecimentos e quais as atividades econômicas são realizadas em cada um dos municípios.

Assim como em todo o Brasil, o que prevalece é a pecuária, com algumas exceções: em Caratinga, o maior percentual de estabelecimento realiza lavouras permanentes (60,7%) e em Pingo D'Água, as lavouras temporárias estão em 59,3% dos estabelecimentos, percentuais muito superiores ao que ocorre nos estabelecimentos mineiros e em todo o Brasil. A Tabela 93 registra essas informações.

Tabela 93. Número de estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica, por município (2017).

	Total	Produção de lavouras temporárias		Produção de lavouras permanentes		Horticultura e floricultura		Produção de sementes e mudas certificadas		Produção florestal - florestas plantadas		Produção florestal - florestas nativas		Pesca		Aquicultura		Pecuária e criação de outros animais	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Dionísio	468	69	14,7	12	2,6	2	0,4		0,0	5	1,1		0,0		0,0	2	0,4	378	80,8
Marliéria	199	17	8,5	5	2,5		0,0		0,0	1	0,5		0,0		0,0	2	1,0	174	87,4
Timóteo	70	5	7,1	12	17,1		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	53	75,7
Bom Jesus do Galho	1.139	204	17,9	394	34,6	5	0,4		0,0	15	1,3		0,0		0,0	2	0,2	519	45,6
Caratinga	2.667	125	4,7	1.620	60,7	103	3,9	1	0,0	13	0,5		0,0		0,0	3	0,1	802	30,1
Coronel Fabriciano	183	12	6,6	39	21,3	22	12		0,0	15	8,2	10	5,5		0,0	1	0,5	84	45,9
Córrego Novo	304	136	44,7	21	6,9	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3		0,0		0,0	143	47,0
Ipatinga	114	7	6,1	9	7,9	2	1,8		0,0	4	3,5	6	5,3		0,0	1	0,9	85	74,6
Jaguaraçu	114	4	3,5	1	0,9	2	1,8		0,0		0,0		0,0		0,0	1	0,9	106	93,0
Pingo D'Água	108	64	59,3	1	0,9		0,0		0,0	1	0,9		0,0		0,0		0,0	42	38,9
Raul Soares	2.332	253	10,8	1025	44,0	11	0,5		0,0	12	0,5	1	0,0		0,0	2	0,1	1.028	44,1
Santana do Paraíso	215	17	7,9	10	4,7	3	1,4		0,0	1	0,5	1	0,5		0,0	2	0,9	181	84,2
Total dos municípios	7.176	822	11,5	3.120	43,5	149	2,1	2	0,0	62	0,9	19	0,3		0,0	12	0,2	2.990	41,7
MG	607.557	99.417	16,4	112.818	18,6	19.771	3,3	588	0,1	9.556	1,6	5.895	1,0	146	0,0	1.337	0,2	358.029	58,9
Brasil	5.073.324	1.653.742	32,6	562.682	11,1	154.247	3,0	3.709	0,1	62.780	1,2	131.706	2,6	8.775	0,2	19.054	0,4	2.476.629	48,8

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário 2017.

O percentual de trabalhadores formais nos municípios da área de estudo em relação ao total da população residente indica a fragilidade da garantia de boas condições de vida das populações. Enquanto no estado de Minas Gerais e na média nacional o percentual de trabalhadores com vínculos ativos, entre os anos 2015 e 2019, foi próximo de 23%, em alguns municípios do PERD e sua Zona de Amortecimento os percentuais se apresentaram e se apresentam bastante inferiores, com exceção de Ipatinga, que supera as médias do estado, e de Jaguarapu, que iguala a média estadual em 2015 e a ultrapassa em 2019. Houve queda no percentual da população em empregos formais entre os anos de 2015 e 2019 nos municípios de Timóteo, Bom Jesus do Galho e Coronel Fabriciano, conforme se verifica na Tabela 94, a seguir.

Tabela 94. Vínculos ativos e percentual em relação ao total de residentes, por município (2015-2019).

Município	Pop. residente estimada	Total de vínculos ativos	Pop. com vínculos ativos (%)	Pop. residente estimada	Total de vínculos ativos	Pop. com vínculos ativos (%)
		2015			2019	
Dionísio	8.463	653	7,7	7.729	811	10,5
Marliéria	4.127	457	11,1	4.039	523	12,9
Timóteo	87.542	18.191	20,8	89.842	16.434	18,3
Bom Jesus do Galho	15.542	1.008	6,5	14.935	807	5,4
Caratinga	90.782	16.684	18,4	92.062	18.894	20,5
Coronel Fabriciano	109.363	17.237	15,8	109.855	15.443	14,1
Córrego Novo	3.032	364	12,0	2.771	368	13,3
Ipatinga	257.345	65.714	25,5	263.410	71.036	27,0
Jaguarapu	3.136	725	23,1	3.133	800	25,5
Pingo D'Água	4.789	527	11,0	4.941	554	11,2
Raul Soares	24.394	2.436	10,0	23.762	2.689	11,3
Santana do Paraíso	31.604	4.843	15,3	34.663	5.394	15,6
MG	20.869.101	4.821.116	23,1	21.168.791	4.941.316	23,3
Brasil	204.450.049	48.060.807	23,5	210.147.125	47.554.211	22,6

Fonte: Ministério da Economia, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), 2020

O cenário verificado nos municípios da área de estudo é de precariedade na Saúde, na Educação, no acesso a condições de vida, como exposto na linha de base e no período pós-rompimento da barragem de Fundão, com seus inúmeros desdobramentos.

O Índice Mineiro de Responsabilidade Social contabiliza a vulnerabilidade da população de cada município do estado, considerando os indicadores informados na Tabela 71 deste documento. Segundo o Informativo FJP, n 6, de 2019 (p.2), o indicador varia, no estado de Minas Gerais, entre baixa vulnerabilidade (maior que 0,726), média vulnerabilidade (entre 0,726 e 0,666) e alta vulnerabilidade (abaixo de 0,666). Dentre os 12 municípios da área de estudo, nove apresentam alta vulnerabilidade.

Destaca-se, ainda, que houve queda no desempenho de todos os municípios da área de estudo entre os anos de 2016 e 2018. O município onde o índice menos caiu foi Caratinga (-8,8%). Os municípios de Timóteo, Ipatinga, Santana do Paraíso, Coronel Fabriciano e Jaguarapu apresentaram quedas entre 10 e 20 pontos percentuais. Dionísio, Marliéria e Raul Soares apresentaram quedas entre 20 e 30 pontos percentuais. Córrego Novo e Pingo D'Água, entre 30% e 40% e Bom Jesus do Galho, 42,8%, como

apresentado na Tabela 95.

Tabela 95. Índice Mineiro de Responsabilidade Social – Vulnerabilidade, por município (2016-2018).

	2016	2018	Varição (2016/2018)
Dionísio	0,690	0,510	-26,1%
Marliéria	0,718	0,533	-25,8%
Timóteo	0,818	0,725	-11,4%
Bom Jesus do Galho	0,722	0,413	-42,8%
Caratinga	0,715	0,652	-8,8%
Coronel Fabriciano	0,833	0,700	-16,0%
Córrego Novo	0,682	0,449	-34,2%
Ipatinga	0,804	0,694	-13,7%
Jaguaraçu	0,739	0,607	-17,9%
Pingo D'Água	0,722	0,504	-30,2%
Raul Soares	0,728	0,520	-28,6%
Santana do Paraíso	0,685	0,578	-15,6%

Fonte: FJP, IMRS.

Não é possível atribuir os desempenhos municipais e suas mazelas ao rompimento da barragem do Fundão, mas é preciso concordar com Eduardo Marandola e Daniel Hogan (2009, p. 166) quando, a propósito de explicitar o conceito de vulnerabilidade, afirmam:

Podemos entender a vulnerabilidade como neutra: não é negativa em si mesma, mas refere-se à interação risco-perigo em um determinado lugar, onde certos grupos e coletividades serão afetados (Marandola Jr., 2008a). São os recursos e as estratégias que estes terão para responder ao perigo (próprios ou externos, coletivos), absorvendo seus impactos e danos, que determinarão como aquele perigo afetará o espaço. Quando o perigo supera a habilidade da população ou do lugar em responder ao evento, pode configurar-se um desastre. A partir deste, a vida normal é quebrada e há necessidade de recompor as perdas e danos. Essa recomposição (retornar ao estado de vida normal) dependerá de capacidade acumulada para tal regeneração, que é chamada de *resiliência*, um dos conceitos fortes que surgiram na década de 1990 nos estudos sobre vulnerabilidade.

Outra resposta ao desastre é a adaptação, tanto individual quanto social, já que em muitos casos há necessidade de adaptar a forma de construção, o padrão de ocupação do solo, os hábitos em determinadas situações, adoção de protocolos de emergência, etc. (Janssen e Ostrom, 2006). Ambas visam retomar o dia-a-dia pré-desastre, reordenando o território e recuperando a chamada vida normal (Wisner et al., 2004). Contudo, em nossa sociedade contemporânea, a normalidade parece ser o risco: não há vida sem a ameaça.⁷⁰

6.3.2.2. Patrimônio Cultural e Arqueológico

Foram identificadas poucas alterações no campo do patrimônio cultural nos municípios da área de estudo. Em relação ao patrimônio arqueológico não há alterações.

⁷⁰ As citações mencionadas pelos autores foram incorporadas às referências neste documento.

Alguns dos municípios realizaram novos tombamentos no período posterior a 2015, que podem ser conferidos na Tabela 96.

Destaca-se que em Marliéria a Câmara Legislativa aprovou o tombamento da Casa de Tábua, construída em 1971 e localizada dentro do Parque Estadual do Rio Doce.

Tabela 96. Tombamentos do patrimônio cultural nos municípios do PERD e sua Zona de Amortecimento (2016-2020).

Município	Patrimônio
Marliéria	Casa de Tábua, localizada no interior do PERD (2020) Dois prédios escolares - municipal (2017) e estadual (2020) Pico do Jacroá (2019) Prédio da prefeitura (2016)
Timóteo	Abertura de processo e status de tombamento provisório do Forno Hoffmann, pelo Iphan (Processo 01514.000346/2020-87)
Bom Jesus do Galho	Festa do Senhor Bom Jesus (2019)
Coronel Fabriciano	Batuque (2017) Festa do Rosário (2017) Noite da Prosa (2017) Cerâmica Malacabado (2017)
Ipatinga	Congado de Nossa Senhora do Rosário (2016)
Santana do Paraíso	Festa de Sant'Ana (2016)

Fontes: sites das prefeituras municipais⁷¹.

Em 2009, o estado de Minas Gerais criou o ICMS Patrimônio Cultural que é “um programa de incentivo à preservação do patrimônio cultural do Estado, por meio de repasse dos recursos para os municípios que preservam seu patrimônio e suas referências culturais através de políticas públicas relevantes”⁷². No ano de 2019, todos os municípios acessaram esse item, o que não ocorreu em 2015, fato que sugere maior adequação desses municípios aos critérios de gestão de seus patrimônios culturais, conforme se verifica na Tabela 97.

⁷¹ Coronel Fabriciano: <https://turismocultura.fabriciano.mg.gov.br/pagina/patrimonios-materiais-e-imateriais> . Marliéria: <http://www.marlieria.mg.gov.br/conteudo/patrimonio.asp> . Santana do Paraíso: https://turismo.santanadoparaíso.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Decreto_646_2016?cdLocal=5&arquivo={EEAA1A35-ECEA-E3A2-D0EC-CB8ABBCD43D7}.pdf#search=Patrim%C3%B4nio%20Cultural . Timóteo: <https://www.timoteo.mg.gov.br/noticias/16088/iphon-aceita-pedido-da-pmt-e-abre-processo-para-tombamento-historico-do-forno-hoffman> . Bom Jesus do Galho: https://www.bomjesusdogalho.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Lei_Ordinaria_1270_2019?cdLocal=5&arquivo={CBADEBD6-BDD1-DBEC-AA7C-D5D6BCDDE7AA}.pdf#search=patrim%C3%B4nio%20cultural . Ipatinga: https://www.ipatinga.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Decreto_8490_2016?cdLocal=5&arquivo={D650A2BE-EEAB-50EC-BCDC-8DB6DCEACA71}.pdf#search=patrim%C3%B4nio%20cultural

⁷² Disponível em: <http://iepha.mg.gov.br/index.php/programas-e-aco/es/icms-patrimonio-cultural/#o-que-%C3%A9> . Acesso em 05.mar.2021

Tabela 97. Valores do ICMS “patrimônio cultural” distribuídos aos municípios da área de estudo, 2015.

Município	Valores (2015)	Valores (2019)
Dionísio	44.001,27	12.094,75
Marliéria	114.403,27	126.452,03
Timóteo	-	11.756,09
Bom Jesus do Galho	-	11.306,33
Caratinga	62.858,98	111.255,39
Coronel Fabriciano	306.503,92	181.977,76
Córrego Novo	177.551,51	82.402,58
Ipatinga	158.404,54	157.281,47
Jaguaráçu	81.716,64	264.350,44
Pingo D'Água	-	11.332,61
Raul Soares	20.987,18	128.002,81
Santana do Paraíso	72.916,4	13.428,93

Fonte: FJP, 2021⁷³. *A preços de dez. de 2020.

6.3.2.3. ICMS Ecológico

Conforme registrado na linha de base deste documento, em Dionísio, Marliéria e Timóteo o repasse de ICMS relativo ao meio ambiente é uma importante fonte de recursos para esses municípios. Destaca-se que em 2019 não há registro de repasse aos municípios de parcela no item “saneamento”. A Tabela 98 registra os valores recebidos nos anos 2015 e 2019.

Tabela 98. Distribuição do ICMS relativo a Unidades de Conservação aos municípios de abrangência do PERD, 2015 e 2019.

Municípios	Unidades de conservação (2015)	Unidades de conservação (2019)
Dionísio	440.108,54	546.366,88
Marliéria	2.098.590,76	2.257.347,06
Timóteo	1.417.519,63	1.572.353,23

Fonte: FJP, 2021⁷⁴. *A preços de dez. de 2020.

Alguns dos demais municípios, localizados na Zona de Amortecimento do Parque, tiveram acesso a parcela de recursos no item “saneamento”, conforme se observa na Tabela 99.

Verifica-se, na distribuição do ICMS Ecológico em 2019, que além de não haver registro de acesso pelos municípios de abrangência do PERD ao item “saneamento”, também houve seu registro na contabilidade de outros três municípios da Zona de Amortecimento: Coronel Fabriciano, Bom Jesus do Galho e Santana

⁷³ Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

⁷⁴ Idem.

do Paraíso, sendo os dois últimos banhados pelo Rio Doce.

Tabela 99. Distribuição do ICMS relativo ao “meio ambiente” nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD, 2019.

Município	Unidades de conservação (A)	Saneamento (B)	Mata Seca (C)	Meio Ambiente (A+B+C)
Bom Jesus do Galho	-	-	-	-
Caratinga	38.028,18	260.484,35	-	298.512,53
Coronel Fabriciano	-	-	-	-
Córrego Novo	183.019,99	60.481,57	-	243.501,56
Ipatinga	52.243,03	129.618,00	-	181.861,03
Jaguaráçu	347.570,66	130.990,30	-	478.560,96
Pingo D'Água	-	60.481,87	-	60.481,87
Raul Soares	-	127.530,10	-	127.530,10
Santana do Paraíso	579.150,91	-	-	579.150,91

Fonte: FJP, 2021⁷⁵. *A preços de dez. de 2020.

6.3.2.4. *Uso e ocupação da terra na Zona de Amortecimento do PERD e em seu entorno no período pós-rompimento*

O objetivo da análise é verificar as tendências de uso e ocupação da terra, particularmente em relação aos usos mais intensivos, potencialmente os que trazem maior implicação para a conservação do PERD a partir de elementos que possibilitem compreender como as tendências observadas podem, no período posterior ao rompimento, acarretar maior risco de degradação para a UC.

O entendimento das paisagens que compõem um território é fundamental para a avaliação das possibilidades de degradação e de resiliência. Há necessidade de se ter ampla visão do tempo e do espaço para a compreensão das dinâmicas presentes no território e das respostas que mudanças ambientais e de uso da terra podem gerar (Oliveira et al, 2019).

O Mapa 22 e as Tabelas 100 e 101 permitem observar a tendência de uso e ocupação da terra no PERD e em seu entorno, considerando, além dos municípios que fazem parte de sua zona de amortecimento, aqueles que, pela proximidade e consequente influência potencial sobre a UC, foram considerados neste estudo.

O Mapa 22 representa o uso e ocupação do PERD, sua zona de amortecimento e área de entorno, em período anterior ao rompimento da barragem, anos de 2010 e 2015, e em período posterior, no ano de 2019.

As Tabelas 100 e 101 apresentam as principais tipologias de uso intensivo da terra, possibilitando verificar a variação percentual das áreas utilizadas por cada um desses usos, também nos períodos anterior e posterior ao rompimento.

⁷⁵. Idem.

Mapa 22. Uso e ocupação da terra no PERD, em sua zona de amortecimento e seu entorno, 2010, 2015 e 2019.

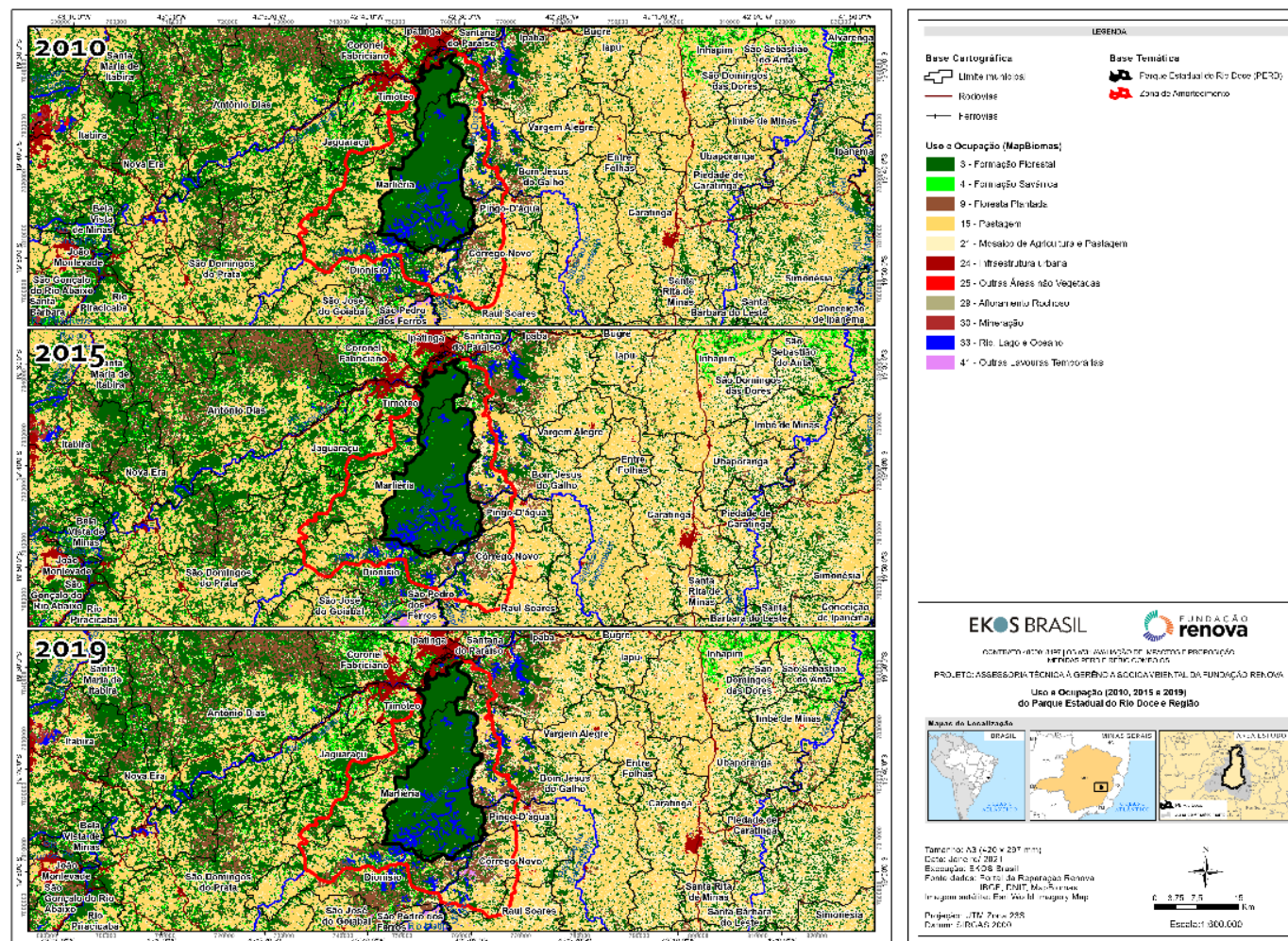


Tabela 100. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010, 2015 e 2019. Continua na Tabela 101.

Tipologia		Floresta Plantada (ha)				Pastagem (ha)				
Município/Ano	2010	2015	Varição percentual (%) 2010-2015	2019	Varição percentual (%) 2015-2019	2010	2015	Varição percentual (%) 2010-2015	2019	Varição percentual (%) 2015-2019
Bom Jesus do Galho	2.935,33	3.146,16	7,18	4.085,22	29,85	31.425,53	28.807,45	-8,33	25.816,79	-10,38
Caratinga	4.206,55	5.350,48	27,19	6.279,15	17,36	56.977,89	52.062,52	-8,63	45.361,66	-12,87
Coronel Fabriciano*	3.418,32	3.704,44	8,37	4.029,16	8,77	2.879,83	2.530,88	-12,12	2.153,15	-14,92
Córrego Novo	1.421,56	1.669,36	17,43	1.907,08	14,24	9.605,44	9.050,51	-5,78	7.809,76	-13,71
Dionísio	2.589,36	2.854,04	10,22	5.629,46	97,24	12.300,19	10.991,31	-10,64	9.776,58	-11,05
Ipatinga*	746,36	798,38	6,97	836,66	4,79	3.490,62	2.887,20	-17,29	2.586,10	-10,43
Jaguaraçu	16,19	38,48	137,70	113,72	195,56	6.010,04	5.354,45	-10,91	4.948,62	-7,58
Marliéria	747,77	765,31	2,35	1.206,50	57,65	9.955,73	9.363,93	-5,94	8.601,68	-8,14
Pingo D'Água	879,98	965,72	9,74	1.023,00	5,93	2.468,32	2.348,37	-4,86	2.168,32	-7,67
Raul Soares	652,73	662,98	1,57	749,69	13,08	49.106,28	48.216,43	-1,81	42.252,99	-12,37
Santana do Paraíso*	2.258,86	2.735,62	21,11	9,89	-99,64	7.474,21	6.241,98	-16,49	56,83	-99,09
Timóteo	22,56	17,51	-22,38	243,68	1.291,63	2.603,95	2.290,86	-12,02	1.981,14	-13,52
TOTAL	19.895,56	22.708,49	14,14	26.113,21	14,99	194298,01	180.145,89	-7,28	153.513,64	-14,78

Fonte: Mapbiomas. * Município não faz parte da zona de amortecimento, mas está no entorno do PERD.

Tabela 101. Continuação da Tabela 100. Comparativo temporal de tipologias de uso intensivo da terra nos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2010, 2015 e 2019.

Tipologia	Mosaico de Agricultura e Pastagem (ha)					Infraestrutura Urbana (ha)				
Município/Ano	2010	2015	Variação percentual (%) 2010-2015	2019	Variação percentual (%) 2015-2019	2010	2015	Variação percentual (%) 2010-2015	2019	Variação percentual (%) 2015-2019
Bom Jesus do Galho	9.881,93	12.714,74	28,67	14.780,14	16,24	123,36	130,98	6,18	146,48	11,83
Caratinga	29.879,71	35.063,65	17,35	40.915,28	16,69	976,25	1.213,56	24,31	1.296,10	6,80
Coronel Fabriciano*	2.213,75	1.628,18	-26,45	1.917,26	17,76	1.525,87	1.566,18	2,64	1.593,99	1,78
Córrego Novo	3.626,19	4.141,77	14,22	4.920,93	18,81	15,59	16,27	4,37	20,91	28,51
Dionísio	3.204,59	3.719,69	16,07	3.796,65	2,07	89,64	100,77	12,42	105,25	4,45
Ipatinga*	1.443,92	1.244,84	-13,79	1.396,52	12,18	4.121,12	4.179,99	1,43	4.211,97	0,77
Jaguaraçu	990,04	1.204,48	21,66	1.528,49	26,90	17,81	18,85	5,84	23,44	24,35
Marliéria	1.519,20	1.888,85	24,33	2.531,54	34,03	36,01	40,42	12,27	42,81	5,91
Pingo D'Água	1.470,59	1.596,86	8,59	1.631,89	2,19	71,20	77,61	9,00	83,12	7,10
Raul Soares	12.994,68	14.597,19	12,33	20.275,47	38,90	162,94	203,48	24,88	211,86	4,12
Santana do Paraíso*	3.938,91	3.923,24	-0,40	877,41	-77,64	778,85	833,37	7,00	3.655,19	338,60
Timóteo	412,31	694,46	68,43	979,37	41,03	1.657,62	1.704,07	2,80	1.736,20	1,89
TOTAL	71.575,80	82.417,94	15,15	95.550,95	15,93	9.576,25	10.085,56	5,32	13.127,31	30,16

Fonte: Mapbiomas. * Município não faz parte da zona de amortecimento, mas está no entorno do PERD.

Nos municípios a leste do PERD (Bom Jesus do Galho, Pingo D'Água e Córrego Novo) e que têm interface também com o rio Doce, em sua margem direita, é possível observar a tendência de aumento de áreas com a tipologia Floresta Plantada, ainda que no período de 2015 a 2019 apenas o município de Bom Jesus do Galho tenha tido evolução superior ao aumento total dessa tipologia em todos os municípios da área de estudo, com variação positiva de 29,85% no período. Considerando que o principal plantio é o de eucalipto, que transformado em carvão tem como destino os fornos das indústrias siderúrgicas do Vale do Aço, ou, ainda, a produção de celulose, produtos destinados prioritariamente para exportação, infere-se que tal variação associa-se muito mais à eficiência energética e aos custos de produção comparados ao coque originário do carvão mineral ou outra fonte, que às condições locais. Não há qualquer referência no material consultado de que tenha havido qualquer alteração aos processos produtivos em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. Da mesma tipologia, uma pequena parcela do município de Caratinga, a nordeste do PERD, faz limite com este e com o rio Doce. Embora os dados presentes na Tabela 100 mostrem a diminuição do número de hectares ocupados com Floresta Plantada, observa-se, no Mapa 23, o aumento dessa tipologia na zona de amortecimento do PERD.

A tipologia Pastagem, que era – e ainda é – a que ocupa maior área comparativamente às outras tipologias, vem apresentando tendência de decréscimo nos três municípios, sendo a variação entre 2015 e 2019 mais expressiva que a do período anterior. Os três municípios apresentam áreas próximas ao rio Doce (Mapa 23) dentro da tipologia Pastagem, sendo comum, nesse tipo de atividade, a utilização das águas do rio para a dessedentação animal e para irrigação dos pastos ou outra cultura para alimentação do gado. É plausível, então, que a atividade pecuária tenha sido prejudicada a partir da impossibilidade de utilização das águas do rio Doce após o rompimento. Além de perda de área, perda de produção e de prejuízos materiais, isso pode gerar situações de desemprego e de aumento de insegurança alimentar.

Mosaico de Agricultura e Pastagem é uma tipologia que teve aumento de área, em hectares, em Bom Jesus do Galho, Pingo D'Água e Córrego Novo, embora no período de 2015 a 2019 tenha sido menor a variação percentual, exceto em Córrego Novo.

Com relação à Infraestrutura Urbana, observa-se no período de 2015 a 2019 o aumento de área ocupada pela tipologia nos três municípios, em relação ao período anterior (2010-2015), sendo que a maior variação ocorreu em Córrego Novo. Não foi observado registro de que tenha sido danificada infraestrutura urbana em decorrência do rompimento nos municípios, embora o abastecimento de água aos estabelecimentos agropecuários próximos ao rio Doce tenha sido prejudicado.

Os municípios que têm parte de seu território abrangido pelo Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria e Timóteo, a oeste, e Dionísio, a sul e sudoeste, apresentam interface distinta com o rio Doce em relação àqueles localizados na porção leste do Parque. Em relação aos dois primeiros, o rio é a linha divisória com os municípios do setor leste, estando suas margens na área abrangida pelo PERD. Em Dionísio, o rio percorre a zona de amortecimento do PERD, na divisa daquele município com Córrego Novo.

A análise das tipologias de uso intensivo da terra, na tipologia Floresta Plantada, mostra um significativo aumento nos três municípios, com o dobro da área em Dionísio, uma vez em meia em Marliéria e quase 14 vezes mais em Timóteo, em relação ao período anterior. Ainda que o aumento em Timóteo tenha sido expressivo no período, observa-se que no computo geral da área de estudo, a variação não superou substancialmente o período anterior (2010-2015), o que indica a possibilidade de estar em curso uma transferência locacional dos plantios (Mapa 23).

Com relação à tipologia Pastagem, os municípios de Dionísio, Marliéria e Timóteo apresentam variações semelhantes aos outros da área de estudo, indicando o decréscimo de áreas utilizadas para a atividade pecuária. Contudo, observa-se o aumento de área na tipologia Mosaico de Agricultura e Pastagem nos três municípios, acima da média dos demais municípios.

Houve variação percentual positiva na área ocupada pela tipologia Infraestrutura Urbana nos três municípios, em todos os casos inferior à variação ocorrida no período anterior.

Os municípios localizados ao norte do PERD, fora da sua zona de amortecimento, porém, próximos a suas divisas, possuem características fortemente urbanas e em processo de conurbação, conforme pode ser visto no Mapa 23. Coronel Fabriciano e Ipatinga são separados do PERD pelo rio Piracicaba que desagua no rio Doce. Santana do Paraíso é banhada pelo rio Doce. Neste município destaca-se uma variação negativa significativa de Floresta Plantada e variação muito superior à média dos demais municípios na tipologia Infraestrutura Urbana.

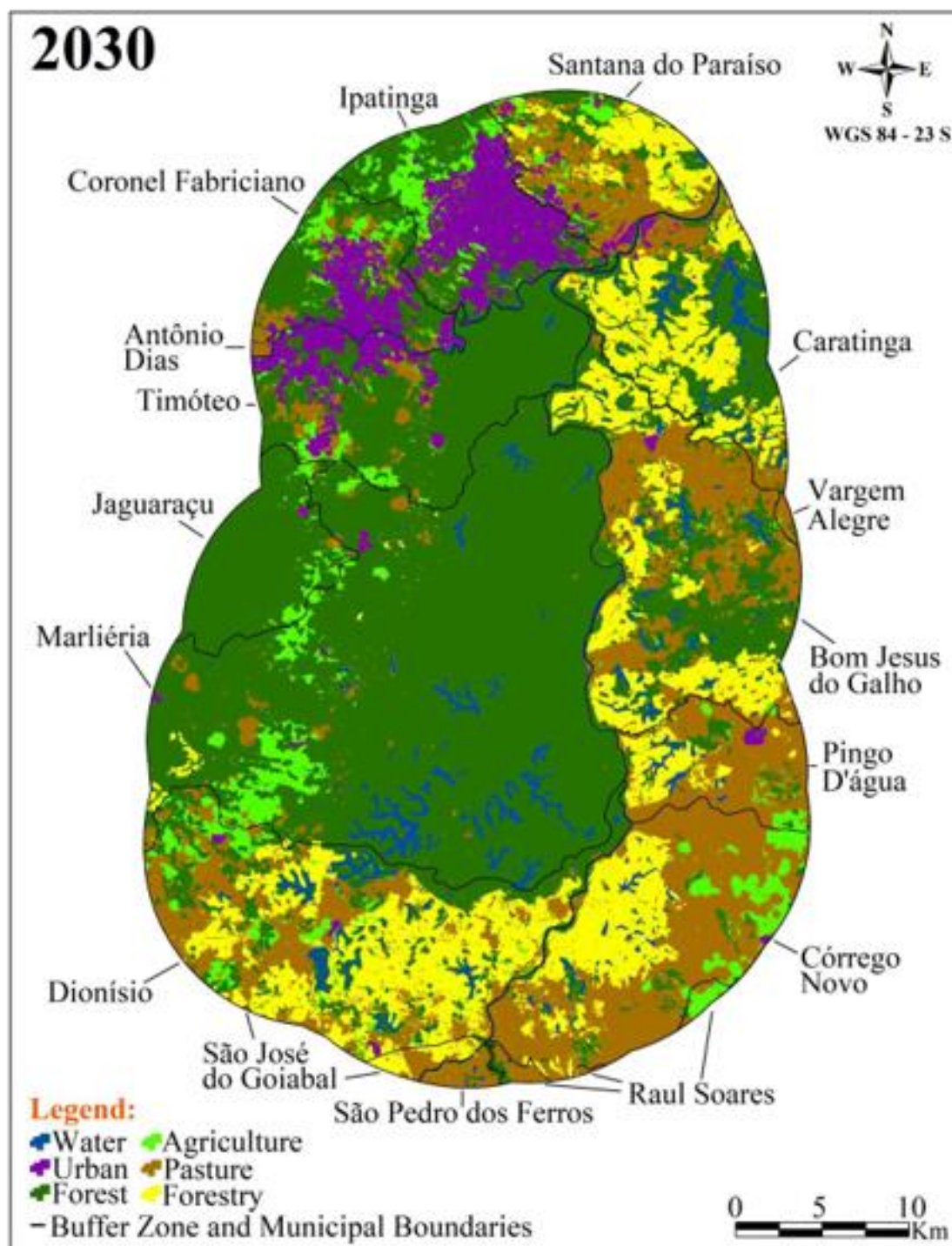
Oliveira et al (2019), formulam, com base em um estudo anterior da evolução do uso do solo no período de 30 anos, referente ao intervalo de 1985 a 2015, um cenário tendencial para 2030, que indica:

- A tipologia **Pastagem** ocupará **37,45%** da área.
- A tipologia **Silvicultura** (ou **Floresta Plantada**) ocupará **37,62%** da área.
- **Uso Urbano** ocupará **3,73%** da área.
- **Agricultura** ocupará **7,55%** da área.
- **Floresta** ocupará **13,15** da área.
- **Água: 0,50%** da área.

Considerando a base utilizada pelo autor, de 2013, (Oliveira et al., 2019), observa-se no cenário hipotético, em 2030, a redução de cerca da metade de área ocupada por pastagens, enquanto há aumento significativo da área ocupada pela tipologia Floresta Plantada (ou Silvicultura), na ordem de três vezes. É previsto aumento da área ocupada pela agricultura, sobretudo nos municípios “mais conservados” e “mais antropizados”, e a tipologia ligada aos usos urbanos terá pequeno crescimento nos municípios de maior população⁷⁶. Os autores também apontam que, a despeito da pressão dos usos mais intensivos sobre a conservação e os recursos hídricos, há um pequeno aumento nos usos “naturais” Floresta e Água e imputam tal fato à possibilidade de implementação de estratégias de conservação regionais.

⁷⁶ A metodologia do estudo contemplou a divisão dos municípios do entorno do PERD selecionados pelos autores em três clusters, de acordo com algumas características socioeconômicas. O Grupo 1 (alta densidade populacional): Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo; o Grupo 2 (áreas rurais remotas com usos do solo mais associados à conservação): Santana do Paraíso, Marliéria, Pingo D'água, Córrego Novo e São Pedro dos Ferros; e o Grupo 3 (economias rurais com foco em silvicultura e agricultura intensivas): Antônio Dias, Jaguaraçu, Dionísio, São José do Goiabal, Caratinga, Vargem Alegre, Bom Jesus do Galho e Raul Soares.

Mapa 23. Classes de uso do solo na zona de amortecimento do PERD – cenário 2030.



Fonte: Oliveira et al, 2019, p. 78.

O estudo mostra que há avanço dos usos intensivos na zona de amortecimento do PERD nas quatro tipologias: Urbano, com aumento da urbanização nos três centros urbanos regionais; Pastagem, com áreas degradadas em razão da presença do gado e por abandono; Agricultura, com aumento de áreas de cana-de-açúcar e utilização de fogo em seu manejo; e Silvicultura, que vem crescentemente ampliando seu espaço sobre os demais usos da zona de amortecimento do PERD (Oliveira et al, 2019). Esta conclusão, a partir das

projeções apresentadas, deve ser levada em consideração na análise dos efeitos de longo prazo do rompimento da barragem de Fundão.

6.3.2.5. Lazer e turismo no período pós-rompimento

O rio Doce, em toda sua extensão por onde passava apresentava características para um turismo e lazer náutico. Não se tratava, na maioria dos locais, de uma rede estruturada de atendimento a visitantes, constituídas pelo receptivo local (operadoras de viagem), assim, como uma rede de meios de hospedagem e de alimentos e bebidas ao longo de seu curso. O que ocorria, de fato em toda sua extensão, nos limites dos municípios que eram cortados por esse grande corpo d'água, dizia respeito às práticas de lazer das comunidades realizadas de maneira espontânea e aleatória. Ou seja, atividades realizadas no tempo livre, ou disponível das pessoas, depois de encerradas suas atividades obrigatórias (de trabalho, de participação em organizações e instituições, entre outras atividades). Assim, o lazer que as características do rio propiciavam, dizia respeito às práticas náuticas, as esportivas, ligadas à pesca amadora e de lazer, as contemplativas, assim como as de sociabilização. Parte dessas atividades era complementada nos equipamentos e estruturas ao longo de seu curso, que reforçavam a sociabilidade e o convívio entre os moradores da região no momento dessas atividades de lazer em contato com a natureza, numa paisagem composta pelas margens bem florestadas do rio em sua porção interna ao PERD e pelas atividades na água e nas margens: natação, pesca, churrascos, piqueniques, pesca amadora, entre outras. Ou seja, relacionado aos interesses culturais das práticas de lazer, era possível pensar em atividades como:

os interesses físicos esportivos (práticas esportivas, os passeios, a pesca, a ginástica e todas as atividades em que prevaleça o movimento [como a natação]), os interesses manuais (capacidade de manipulação, quer para transformar objetos ou materiais, quer para lidar com a natureza), os interesses sociais (relacionamento, os contatos face a face, a predominância deixa de ser cultural e passa a ser social) (MARCELLINO, 2007, p. 9-30)

Ou seja, as atividades de movimento, representadas pelos esportes náuticos, natação e pescarias; os manuais, representados por atividades artísticas, como pintura e jardinagem e as sociais, representadas pelos churrascos, festas e demais atividades lúdicas nos equipamentos e espaços como as praias às margens do rio foram afetadas, mesmo que temporariamente, pelos efeitos do rompimento. A pesca amadora, de acordo com a Portaria IEF n. 78, de outubro de 2016, vigorou na modalidade pesque e solte até a publicação da Portaria IEF n. 40, de maio de 2017, quando a regulamentação estabeleceu o tipo de pescado, os limites de quantidades e os tipos de petrechos para sua prática.

Bem mais a jusante do rio Doce, foi possível identificar os problemas que a lama de rejeito trouxe a todas essas atividades de lazer ao longo do curso do rio. Junto à RRPN Sete de Outubro, no município de Resplendor, o rio Doce tinha características similares ao do seu trecho no PERD, em seus limites a leste.

o Rio Doce forma uma praia, com áreas de remanso próprias para a prática de natação e demais atividades de lazer nos corpos d'água [...] era comum nos finais de semana, ou mesmo durante a semana, as pessoas estacionarem os carros na estrada de terra e dirigirem-se a este setor de praias e remansos para atividades de lazer (INSTITUTO EKOS BRASIL⁷⁷, 2019, p. 151)

A análise e interpretação das imagens de satélite disponíveis no Google Maps (opção satélite) permitem

⁷⁷ Instituto EKOS Brasil. 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 – PARQUE ESTADUAL SETE SALÕES – MEDIÇÃO 8 FINAL, junho, 2019

verificar uma grande quantidade de praias e remansos, nas margens e em ilhas fluviais do rio Doce, em toda sua extensão nas divisas leste do PERD.

Na área de estudo, todo o limite leste do PERD é constituído pelo rio Doce, em cerca de 40 km de suas divisas. Nesse setor, ele conjuga áreas de remansos e praias, propícias para a natação, com áreas de corredeiras e pelo menos duas cachoeiras (Cachoeira da Cava Grande e Cachoeira Santana, vide Figura 100) propícias para esportes de aventura, banhos e contemplação. Uma das principais estruturas desse setor é a Ponte Perdida, que foi muito afetada pela lama de rejeitos,

a Ponte Perdida [que fica nas proximidades do distrito de Revés do Belém, Bom Jesus do Galho-MG], Figura 5, por exemplo, era local de visitaç o para observa o da passagem dos peixes. Em  pocas que o rio Doce ficava com volume mais baixo, as  guas ficavam mais claras, o que permitia a observa o dos peixes. [...] essa visita o, desde a passagem e acumula o dos rejeitos, j  n o acontece mais, em raz o da mudan a de colora o da  gua e da mortandade dos peixes (CEPEMAR, 2020, p. 195).

Figura 100. Cachoeira Santana no rio Doce.



Fonte: Google Maps⁷⁸

Nessa abordagem dos equipamentos e atrativos existentes ao longo do rio Doce nesse setor leste do PERD, outro local importante é a Ponte Queimada, também nos limites do PERD, ela configura-se como um

Atrativo histórico-cultural em potencial. É uma ponte, de 800m de extensão, sobre o rio Doce. Sua estrutura é constituída de pilares de concreto, vigamento de ferro, tabuleiro, guia de roda e guarda corpo em madeira. A ponte foi construída, na década de 30, pela empresa Acesita, para escoamento da produção de carvão. Ela tem esse nome porque já foi queimada pelos índios e/ou, segundo a história, por soldados, que transportavam presos para Caratinga. Não existe sinalização turística nem informativa. O local não dispõe de segurança e área com sombra, para uma permanência maior do visitante. (PERD, Plano de Manejo/Encarte 4, 2001, p.72.)

Com a passagem da lama de rejeitos, as práticas de lazer e turismo foram interrompidas na Ponte Queimada e arredores. Segundo o “Fundo Brasil de Direitos Humanos”⁷⁹ (2018, p. 5) “Por estar inserida na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, moradores relataram aumento da fiscalização da atividade pesqueira – que foi proibida após o rompimento da Barragem de Fundão – e fim do uso do rio para o lazer”. Assim, as pontes e demais atrativos de interesse de lazer e turismo do rio Doce foram impactadas e

⁷⁸ <https://www.google.com.br/maps/place/Cachoeira+Santana/@-19.6170217,-42.4910312,3a,118.3y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipMo-gz1uEE7PqFo0J9v6MkNkm6Epvfi0Rh5sK9!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipMo-gz1uEE7PqFo0J9v6MkNkm6Epvfi0Rh5sK9%3Dw124-h86-k-no!7i512!8i354!4m12!1m6!3m5!1s0xbab2eaaaaaaa5:0x5d8ede18e0628f68!2sParque+Estadual+do+Rio+Doce!8m2!3d-19.6688772!4d-42.5313457!3m4!1s0xbaad805e5672e5:0x19a6e5903524e341!8m2!3d-19.6170217!4d-42.4910315>

⁷⁹ PROGRAMA RIO DOCE Escolha de Assessoria Técnica para o Território 2 – Região de Influência do Parque Estadual do Rio Doce e sua Zona de Amortecimento (MG)

encontram-se numa situação de esgarçamento das relações topofílicas da comunidade com o rio.

A visita de reconhecimento do Fundo Brasil a Revés de Belém (Bom Jesus do Galho) registrou, em conversas com os atingidos, a forte relação com o rio, sendo declarada por moradores “a impossibilidade de se imaginar longe do Rio Doce” e a persistência do uso do rio para lazer (2018a p. 6). Assim, alguns ainda resistiam, tentando manter seus modos de vida.

Associadas às atividades de pesca amadora e esportes náuticos, ocorriam festividades ao longo do trecho do rio Doce, nesse setor a leste do PERD, que foram interrompidas com a lama de rejeitos.

havia uma festividade na localidade de Revés do Belém, distrito de Bom Jesus do Galho (que fica na zona de amortecimento do PERD), o Festival do Milho, [esta festividade] foi interrompida pela passagem dos rejeitos. Como houve a contaminação dos recursos hídricos que eram utilizados para a produção agrícola, a produção do milho foi afetada e, em consequência disso, a festividade também (CEPEMAR, op. cit., p. 195).

Mais que isso, o rio Doce desempenhava um papel nos ritos das comunidades, que dentro de seu universo simbólico, buscavam nos interstícios das tarefas rotineiras outras representações ligadas às lendas e aos mitos locais, como o hábito da lavagem de roupa nas margens do rio Doce, associado a cantos e contação de estórias. Essa tarefa foi interrompida com a chegada da lama de rejeitos, o que compromete o universo simbólico das contações de estórias.

Presume-se que as festividades e outras atividades de lazer do setor a leste do PERD ficaram comprometidas com a passagem da lama de rejeitos. Trata-se do setor limite ao PERD que mais sofreu os efeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão.

Equipe de campo da CEPEMAR (2020, p. 188) identificou, junto aos moradores locais, a percepção de que houve prejuízos ao “funcionamento de bares populares e clubes, que tinham o peixe vendido em pratos e petiscos; e as atividades culturais que eram realizadas nesses bares e clubes, como atrações musicais; ao lazer noturno; e ao funcionamento de um aeroclube (Aeroclube Aerovaço), de onde se faziam sobrevoos ao Parque”.

Sobre os aspectos culturais, de lazer, ligados ao rio Doce essa análise é de difícil mensuração, sendo, portanto, necessárias medidas compensatórias alternativas para garantir o direito ao lazer dessas comunidades, que foram tolhidas dessas práticas quando da passagem da lama de rejeito. Trabalha-se aqui com o direito universal (constitucional) do lazer para os cidadãos.

Art. 6º - São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o **lazer**, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição (Constituição Federal, Brasil, 1988, grifo nosso).

Os setores a norte e noroeste do PERD têm bairros e condomínios consolidados, junto à cidade de Ipatinga e Coronel Fabriciano, além de Timóteo. O limite norte do PERD é o rio Piracicaba, afluente do Doce. Considerando que toda a porção norte do rio Piracicaba, por cerca de 15 km é limite do PERD, e que os afluentes do rio Doce tiveram uma entrada de rejeitos dele oriundos, é necessário averiguar se toda essa extensão foi afetada. O rio Piracicaba, que já possuía uma qualidade ambiental inadequada pela presença de coliformes fecais e minério das indústrias da região, poderia ser utilizado para práticas de lazer e recreação das populações desses bairros.

Contudo, há algumas conexões viárias dos bairros já consolidados com a margem esquerda do rio Piracicaba, verificado nas imagens de satélite do Google Maps, atestando que algum uso de lazer ou mesmo de atividades econômicas deve ocorrer neste setor, notadamente os bairros de Amaro Lanari, Bela Vista e

Imbaúbas. Nessa porção noroeste do PERD foi construída uma infraestrutura de apoio à visitação para atender a demanda dos moradores e realizar atividades de educação ambiental junto a eles. Trata-se do Núcleo de Educação Ambiental e Turística do PERD.

Criado em setembro de 1996, o Núcleo está localizado à Rua Araribá, 300, no Bairro Recanto Verde, município de Timóteo, na porção noroeste do Parque Estadual do rio Doce. A missão do Núcleo é promover a educação ambiental e o desenvolvimento sustentável. A área de atuação é nas comunidades do Alegre, Santa Terezinha, Nova Esperança, Limoeiro, Recanto Verde, Macuco, Alphaville e Licuri, no município de Timóteo, além de Celeste e Cava Grande, em Marliéria. (PERD, Plano de Manejo/Encarte 4, 2001, p.72).

É preciso avaliar, e isto se configura como lacuna de informação, se este centro teve redução ou alteração de suas atividades por conta da chegada da lama de rejeitos. Embora esteja na outra extremidade do PERD, longe da calha do rio Doce, pode ter havido impactos nesse setor.

Sobre esse aspecto, é importante destacar as informações de moradores de Córrego de Celeste (município de Marliéria) e Macuco (município de Timóteo) nessa porção do Noroeste do PERD. Nas reuniões realizadas pela equipe do Relatório do Programa Rio Doce (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a, p. 12), um representante de agricultores locais,

“relatou mortes de animais como capivaras e lontras, ou ainda ataques desses animais a criações de galinhas, e dúvidas sobre contaminação nos ribeirões que deságuam no Rio Doce. Disse que as pessoas têm medo de se afirmar como atingidas e serem multadas pela prática da pesca. Houve moradores que relataram perdas do lazer e da fonte de renda complementar, e escassez de peixes nos ribeirões e afluentes do Rio Doce).

A porção oeste do PERD é onde se encontra a maioria da infraestrutura voltada à visitação. Conforme apontado na seção 4 (linha de base), o município de Marliéria tem no setor de turismo uma atividade importante. 54% da área deste município está no interior do PERD (e 78% do PERD são áreas de Marliéria). As empresas ligadas ao setor de turismo, como agências e operadoras, assim como as de hospedagem e de alimentos e bebidas, desempenham um papel de apoio aos visitantes que ingressam no parque. O registro do número de visitantes elaborado pelo observatório de turismo de Minas Gerais indicou a redução da visitação, conforme indicado na Tabela 102.

Tabela 102. Número de visitantes do PERD.

Parque/Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*	2018	2019
Parque Estadual do Rio Doce	24.974	23.646	15.408	18223	17.391	13.707	7.642	9.139	11.728

*O Vale do Rio Doce foi foco de epidemia de febre amarela no período de 2016 e 2017⁸⁰. O PERD foi fechado

⁸⁰ Informação disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/component/gmg/story/10908-informe-epidemiologico-da-febre-amarela-19-02#>. Consulta em: 27 fev. 2021.

temporariamente por determinação do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA)⁸¹.

Fonte: <https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/?p=4570>, acesso em 10 abr. 2021.

A média de visitação no PERD no período entre 2011 e 2015, segundo o Observatório do Turismo⁸² era de quase 20 mil visitantes/ano. Em 2016 esse número foi reduzido para 13.707, provavelmente devido ao rio Doce ter sido foco de uma epidemia de febre amarela, mas também à divulgação junto às agências, operadoras e ao público em geral sobre a chegada da lama de rejeitos à região e consequente problemas à imagem da UC. E em 2019, já no pós-rompimento da barragem, o número de visitantes estava ainda mais reduzido, perfazendo 11.728 visitantes. Nesse sentido, é importante destacar que entre 2015-2019 houve uma queda de 41% no número de visitantes, mas com tendência de melhoria a partir de 2018. Segundo o gestor da UC, a recuperação da visitação deveu-se a um esforço institucional junto ao público, com informações sobre o PERD e suas potencialidades. Em 07 de dezembro de 2020, o Comitê Interfederativo publicou a Deliberação CIF nº 472 que aprova o projeto do Plano de Trabalho de consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, no âmbito da Cláusula 182 do TTAC, compensação ao Parque Estadual do Rio Doce em decorrência do rompimento da barragem de Fundão. No plano de trabalho é prevista a revisão e atualização do Plano de Uso Público do PERD, o que deve contribuir para a melhoria da gestão da visitação.

O número médio de 17 mil visitantes no interior de PERD, que pagaram em torno de R\$20,00⁸³ de ingresso ao parque, implicou numa receita de mais R\$ 300.000,00, já descontando as possíveis reduções com pessoal isento. Isso porque a infraestrutura de atendimento ao público também é cobrada, conforme Tabela 103.

Tabela 103. Valor da diária para o uso da infraestrutura.

Uso de infraestruturas (diária)		
Área de camping (por pessoa)		R\$ 40,00
Alojamento	Individual	R\$ 80,00
	Duplo	R\$ 120,00
	Triplo	R\$ 150,00
	Quádruplo	R\$ 180,00
	Quíntuplo	R\$ 220,00
Casa de pesquisador (quando locado para visitantes)		
	para até 6 pessoas	R\$ 200,00
Auditório (capacidade de até 100 pessoas)		R\$ 300,00

Fonte: Instituto Estadual de Floresta, disponível em

<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view#:~:text=O%20valor%20cobrado%20pela%20entrada.fins%20de%20semana%20e%20feriados>, acesso em 18/02/2021

A caça, atividade proibida em território nacional, exceto em algumas situações específicas, é um sério problema para a gestão das unidades de conservação no Brasil, pois além do abate de animais, muitos impactos são causados à vegetação, como desmatamento e incêndios. No PERD, há referências no Plano de Manejo (IEF, 2002), que remontam à década de 1990, de ameaças à sobrevivência de primatas, felídeos, ungulados (porco do mato e anta). Também há registro de caça a tatus e pacas, cuja carne é apreciada pelos

⁸¹ Notícia disponível em: <https://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/doi-parques-de-mg-sao-fechados-por-cao-do-surto-de-febre-amarela-no-estado.ghtml>. Consulta em: 27 fev. 2021.

⁸² <https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/?p=4570>

⁸³ Disponível no site do IEF, <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view#:~:text=O%20valor%20cobrado%20pela%20entrada.fins%20de%20semana%20e%20feriados>, acesso em fevereiro de 2021.

caçadores.

Informação coletada pela equipe da CEPEMAR em campo indicou a percepção de aumento da caça no interior da UC após o rompimento da barragem, com aumento nos valores pagos no âmbito desse comércio ilegal. Relato do gestor da UC, senhor Vinícius de Assis Moreira⁸⁴, apontou a existência de indícios de aumento da prática de caça no PERD. Embora haja essa percepção, e a associação do aumento da prática às dificuldades enfrentadas por pescadores em decorrência das condições do rio Doce, a CEPEMAR (2020, p. 173) assinala que “não foram encontrados documentos que registrem o aumento da caça”. Segundo dados da CEPEMAR (2020, p. 182), “o PERD sofreu impacto direto em relação a passagem dos rejeitos em relação ao turismo e o lazer, com a redução da visitação”, gerando, segundo essa fonte, uma perda nas condições de infraestrutura: “nos últimos 3 anos, ano a ano, o Parque foi perdendo condições de infraestrutura. Com essa perda de infraestrutura, alguns funcionários do Parque perderam emprego (cerca de 8), que eram moradores do entorno do Parque” (idem, ibidem). Mas, como alertado pelos levantamentos dessa empresa, a chegada da lama de rejeitos não foi a causa exclusiva dessa redução de visitação. Ela contribuía para essa situação de perdas, mas “outras questões também contribuíram para a queda da visitação e na infraestrutura, como um surto de febre amarela ocorrido e mudanças nas gestões das instituições estaduais. A chegada dos rejeitos seria então um somatório relevante de fatores que levaram às condições e problemas atuais” (idem, ibidem).

Contudo, é preciso reforçar a visão simbólica do PERD, que foi abalada com a chegada da lama de rejeitos. E isso impactou as práticas de lazer e turismo no interior da unidade, resultando numa perda de arrecadação, mas também da imagem que esta UC mantinha para a sociedade local e mesmo nacional.

A partir dos impactos da lama de rejeitos, disseminou-se junto à sociedade regional e, especialmente a estadual e nacional, o senso comum de que os lagos naturais e demais atributos naturais protegidos no Parque Estadual do rio Doce estão completamente comprometidos e contaminados pela lama, o que resultou em diminuição no número de turistas e visitantes na UC e desconstrução da imagem positiva da UC, que historicamente se configura como um dos mais exitosos exemplos de gestão e implantação de UC no país, sendo “Sítio Ramsar”, Reserva da Biosfera pela UNESCO, maior remanescente contínuo de mata atlântica do Estado de Minas Gerais e premiado por excelência na gestão pública. (PERD, Relatório Técnico n.01/2016, apud CEPEMAR, 2020, p. 204).

Nas dependências do parque, em sua zona de uso intensivo, ocorriam alguns encontros e festividades. Parte delas foi interrompida após a chegada da lama de rejeitos.

O Parque deixou de promover também um evento que era importantíssimo e simbólico para a educação ambiental com as comunidades do entorno, o Festival de Contos e Causos – que reunia moradores das localidades do entorno, visitantes, funcionários, ex-funcionários, ex-policiais ambientais e ex-caçadores e promovia a contação de histórias antigas de antes da formação do Parque e dos 75 anos da criação deste.” (CEPEMAR, 2020, p. 201)

Nessa linha, ocorreu um “efeito dominó” na cadeia de turismo da região, nessa porção oeste e sul do PERD, pois as comunidades dependiam do turismo no parque.

“Nas localidades de Mundo Novo e Santa Rita, o comércio se beneficiava com o turismo no Parque – como pousadas (...o exemplo da pousada que existia na entrada do Parque

⁸⁴ Comunicação oral de Vinícius de Assis Moreira, gerente do Parque Estadual do Rio Doce em reunião técnica entre o PERD, IEF, Instituto Ekos e Fundação Renova, em 12/04/2021.

e que acabou fechando, por essa razão), comércio, pequenos restaurantes e etc” (CEPEMAR, 2020, p 199).

Finalmente,

“As escutas em campo feitas pelos pesquisadores do Fundo Brasil durante os meses de janeiro a março de 2018 encontraram as seguintes demandas prioritárias para atuação de uma Assessoria Técnica:

...

e. Viabilização de apoio às demandas que envolvam suporte técnico para a **reestruturação das atividades econômicas voltadas para o turismo**, sem descaracterização das atividades tradicionais” (Relatório..., s.d, p. 4, grifo nosso)

Nesse sentido, é possível afirmar por esses relatórios consultados que a lama de rejeito que impactou o rio Doce provocou interrupções nas práticas de lazer na face leste do PERD, na calha do rio, esgarçando as relações topofilicas entre a comunidade e o rio. Nas porções oeste e sul, esse impacto foi menor nas práticas de lazer, mas causou alterações nas atividades de turismo, impactando negativamente esse setor, provocando, associada a outros fatores, a redução do número de visitantes nas estruturas oficiais do parque.

6.3.2.6. Atividade pesqueira no período pós-rompimento

O rompimento da barragem de Fundão causou importantes alterações socioeconômicas e ambientais na bacia do rio Doce e na região marinha próxima a sua foz. Tais impactos ao longo do rio na Bacia do Rio Doce tiveram interferências negativas no abastecimento de água e nas atividades de agricultura, pecuária, pesca e turismo, entre outras (Viana, 2016; 2017).

A Fundação Renova promoveu em Mariana (MG) no ano de 2017, o Workshop Cadastro Estudo da Pesca, com equipes de diferentes áreas para discutir o cenário da pesca ao longo do rio Doce pós-rompimento. Na ocasião, foram analisados os resultados do Relatório Executivo das Atividades Pesqueiras advindo de ações do Cadastro Integrado de Pescadores, os quais apontaram que cerca de 80% dos impactados no pós-rompimento estavam relacionados à pesca⁸⁵ (Fundação Renova, 2017).

Apesar de alterações ambientais causadas pelo grande volume de lama liberado em um curto espaço de tempo pelo rompimento da barragem no rio do Carmo e a propagação da lama concentradas nos trechos de rio próximos à barragem, os prejuízos socioambientais mais relevantes associados ao desastre, correspondem aos problemas causados ao ambiente aquático, aos recursos nele existentes, em particular os recursos pesqueiros (IBAMA, 2015; Viana, 2016). Informações primárias coletadas em campo na área de influência do PERD e entorno pela equipe do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018) identificou como prioridade a viabilização de apoio às demandas que dessem suporte técnico de especialistas na área da pesca.

É importante destacar a lacuna existente na literatura para dados que caracterizem a atividade pesqueira pós-rompimento na área de estudo. As informações disponíveis referem-se à pesca na bacia do rio Doce como um todo. O estudo elaborado pela Fundação Renova (S/D) denominado “Estado do Conhecimento das Atividades Pesqueiras no rio Doce e Litoral do Espírito Santo”, abrange a área do Alto, Médio e Baixo rio Doce, considerando como área de abrangência do Médio rio Doce os municípios de São Domingos da Prata, Dionísio, Córrego Novo, Pingo d’Água, Mariléia, Bom Jesus do Galho, Timóteo, Caratinga, Ipatinga, Santana

⁸⁵ <https://www.fundacaorenova.org/noticia/equipe-da-fundacao-renova-se-reune-para-discutir-os-impactos-do-rompimento-nas-atividades-pesqueiras/>

do Paraíso, Ipaba, Belo Oriente, Bugre, Iapu e Naque. Os resultados do estudo, até o momento, concluem que: “para a região do médio rio Doce não foram localizados trabalhos voltados a descrição socioeconômica da pesca” (Fundação Renova, s/d, p. 51). Tal estudo evidenciou, portanto, a inexistência de informações específicas sobre a pesca nos municípios de Zona de Amortecimento e entorno do PERD. Diante desta lacuna, o presente estudo apresenta uma caracterização da atividade pesqueira pós-rompimento a partir das informações constantes no Cadastro Integrado de Pescadores da Fundação Renova relacionadas a todos os municípios da bacia do rio Doce.

A primeira informação importante para caracterizar as alterações na pesca posteriores ao rompimento é relacionada ao número de pescadores potencialmente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão. Dados do Cadastro Integrado de pescadores elaborado entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017 pela Fundação Renova, identificaram 13.736 pescadores autodeclarados e 35.641 pessoas envolvidas na cadeia produtiva como um todo, comprovando a existência da pesca como atividade socioeconômica na bacia do rio Doce⁸⁶. A pesca é uma atividade tradicional, pois dentre os pescadores autodeclarados, 72,2% pescam há mais de 10 anos e 41,8% pescam há mais de 20 anos.

Vale destacar que o número de pescadores cadastrados no Sistema Informatizado do Registro Geral da Atividade Pesqueira (SisRGP)⁸⁷ no período pré-rompimento, em outubro de 2015, era de 2.997 pescadores registrados em 54 dos 226 municípios da bacia do rio Doce, sendo, portanto, significativamente menor do que os 13.736 pescadores autodeclarados pós-rompimento na bacia do rio Doce em 2017, identificado no Cadastro Integrado da Fundação Renova.

Para os municípios do entorno do PERD, o estudo Monitoramento e Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira no rio Doce e no Litoral do Espírito Santo destaca que no interior de MG, existem municípios onde não é encontrado registro oficial de pescador (RGP): “Destaca-se que os municípios de Bugre, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Mariana, Marliéria, Pingo d'água, Raul Soares, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, Sem-Peixe, Rio Doce e Timóteo não tem nenhum RGP, tão pouco publicações disponíveis digitalmente e online sobre a pesca em cada município” (Fundação Renova, s/d, p. 51).

Esta diferença no quantitativo de pescadores identificados entre o SisRGP e o Cadastro Integrado da Fundação Renova é um resultado esperado, uma vez que existem limitações da fonte de dados do SisRGP, porque este reflete apenas a pesca profissional, ficando de fora do registro a pesca de subsistência e a pesca amadora (Fundação Renova, s.d), além de pescadores que vivem em áreas isoladas sem acesso aos centros urbanos. Portanto, apesar da relevância do SisRGP como fonte oficial do cadastro de pescadores profissionais em exercício no Brasil, quando se considera a pesca de subsistência e o relativo isolamento de diversas comunidades pesqueiras da bacia do rio Doce, compreende-se o maior número de pescadores autodeclarados no cadastro da Fundação Renova e pode-se considerá-lo um quantitativo mais assertivo da realidade pesqueira local do que o número do SisRGP. Como apontou o Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018 a), uma característica marcante da região de influência do PERD e sua Zona de Amortecimento é que os grupos de pessoas atingidas pela lama de rejeitos da Samarco estão localizados em pequenos distritos de municípios distintos, alguns de difícil acesso.

Para que sejam compreendidas as alterações na atividade pesqueira em decorrência do desastre, é feita a

⁸⁶ Atualmente no âmbito dos Programas PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados existem 1.890 pescadores cadastrados para os municípios da área de estudo, considerando todas as categorias relativas aos impactos à atividade pesqueira estabelecidas pela Fundação Renova.

⁸⁷ O SisRGP é o cadastro oficial dos trabalhadores da pesca realizado pelo Governo Federal. Aos cadastrados é dado o direito à carteira de pescador profissional e benefícios trabalhistas da classe. Desde 2015 o mesmo encontra-se suspenso e a Portaria nº 2546-SEI/2007 regula as autorizações temporárias até a conclusão da finalização de recadastramento do sistema anterior.

seguir uma sistematização das informações sobre a pesca disponíveis para toda a bacia do rio Doce, considerando dados sobre as práticas de pesca dos 13.736 pescadores autodeclarados à Fundação Renova no Cadastro Integrado (Fundação Renova, s/d). Os pescadores autodeclarados são 65% do sexo masculino e 35% do sexo feminino; 70% dos entrevistados não ultrapassaram o ensino fundamental, sendo que 7% nunca frequentou a escola, 0,13% concluíram o ensino infantil, 34,55% o ensino fundamental I; 27,91 o ensino fundamental II, 26,51% o ensino médio e 2,48% o ensino superior (Fundação Renova, 2017).

Sobre a atividade pesqueira na bacia do rio Doce, 51,2% dos pescadores autodeclarados praticam a pesca embarcada (7.1017 cadastros) e 48,8% a pesca desembarcada (5.267 cadastros). Dentre os petrechos citados como utilizados, os mais frequentes foram: linha de mão (29,82%); redes (24,62%); molinete (11,88%) e tarrafa (11,31%), entre outros petrechos citados por menos de 10% dos pescadores. A maioria dos pescadores (81,8%) declararam pescar em pontos variados do curso do rio Doce. Entretanto outras áreas também foram citadas como importantes locais de captura do pescado (18,1%). O rio Doce, portanto, se configura a principal área de pesca. Vale destacar que o trecho do rio Doce onde ocorre a maior concentração de captura dos pescados é aquele próximo ao município de Colatina (Fundação Renova, s/d).

Quando questionados no Cadastro Integrado sobre as alterações pós-rompimento na atividade pesqueira da bacia do rio Doce em função do rendimento da pesca, 36,3% dos pescadores responderam que houve impacto relacionado à pesca em função de perda e/ou dano de equipamentos de pesca (petrechos e/ou embarcação e equipamentos auxiliares) e 45% responderam que perderam até 1 salário-mínimo (SM) e 76% perderam até 2 SM. Vale apontar que os pescadores desembarcados tiveram perdas inferiores aos embarcados (Fundação Renova, 2017). Isto se deve, provavelmente, à ausência do valor da embarcação no cômputo total das perdas, e à menor produção pesqueira comercializada, quando comprada a produção da pescaria embarcada.

Acerca dos recursos pesqueiros com ocorrência para a bacia do rio Doce de interesse para os pescadores autodeclarados, foram citados um total de 187 peixes, sendo 15 destes com um maior número de citações (85%), a saber: tilápia, traíra, curimatá, dourado, pacamã, tucunaré, piau, robalo, lambari, bagre, cascudo, tainha, mandiaçu, pescada, bagre africano. Dentre essas etnoespécies, potencialmente nove podem ser encontradas nos corpos hídricos pertencentes ao PERD e ao seu entorno. São elas: tilápia, traíra, curimatá, tucunaré, piau, lambari, pescada e bagre africano. Entre as demais espécies citadas cará, piranha, camarão e tambaqui são passíveis de ocorrer na área da UC com alguma relevância pesqueira (Fundação Renova, 2017). Conforme Viana (2016), estes são todos recursos pesqueiros com ocorrência no trecho do rio Doce que perpassa pela área do PERD e pela área de municípios e UCs vizinhos ao Parque.

A partir de levantamento da Fundação Renova (2017b), elaborado com dados secundários e dados primários de reuniões com pescadores, valores máximos e mínimos das principais espécies de interesse comercial puderam ser identificados, a saber: tilápia (R\$ 5,00/kg valor mínimo e R\$ 7,00/kg valor máximo), curimatá (R\$ 10,00 valor mínimo e R\$ 20,00 valor máximo a cambada⁸⁸ com 4 exemplares), tucunaré (R\$ 4,50/kg valor mínimo e R\$ 15,00/kg valor máximo), piau (R\$ 8,00/kg valor único), parapitinga (R\$ 45,00 valor único a unidade), dourado (R\$ 8,00 valor mínimo e R\$ 20,00/kg valor máximo), camarão de água doce (R\$ 10,00/kg valor mínimo e R\$ 15,00/kg valor máximo) e pacu (R\$ 10,00 valor mínimo e R\$ 20,00 valor máximo a cambada com 5-7 exemplares), entre outros.

Contudo, o estudo destaca que não se pode considerar tais valores para definir a rentabilidade pesqueira sem que os mesmos sejam refinados e complementados. Para se compreender os valores da produção é

⁸⁸ Cambada é uma unidade de medida utilizada para alguns recursos pesqueiros. Não se considera o quilo do pescado, mas a Cambada, que é um número de exemplares somados vendidos por preço único. A depender do recurso pesqueiro o número de exemplares que compõem a Cambada difere.

necessário, inclusive, um levantamento qualitativo em campo, junto com os pescadores, já que os preços dos pescados podem se diferenciar pelo tamanho do exemplar capturado e pela relação de comercialização direta (pescador – consumidor final) ou indireta (pescador – atravessador – consumidor final). As análises elaboradas pela Fundação Renova (2017) sobre as informações do Cadastro Integrado mostram que a produção pesqueira não ultrapassava 100 kg/mês para 50% dos cadastrados, sendo que para cerca de 15% deles a produção ultrapassa 351 kg/mês. A destinação desta produção é cerca de 50% para consumo e 50% para comercialização. Este dado reforça a importância da pesca na sobrevivência das famílias e segurança alimentar. Além do comércio e consumo, embora com menor expressividade, a doação e a troca são citadas como outras formas de destinação da pesca. A venda da produção pesqueira ocorre de maneira direta (pescador-consumidor final). Os consumidores principais são os vizinhos, turistas e parentes (95,5%), seguido de restaurantes e bares (13,7%), peixaria (9%), feirantes (8,2%), mercados (3,7%) e atravessadores (3,1%).

Neste contexto, é provável que as restrições impostas pela Portaria IEF nº 40/2017 sobre a captura de espécies nativas e petrechos de pesca da atividade de pesca profissional tenham influenciado a produção e comercialização de pescado local e consequentemente a dieta alimentar de pescadores e moradores locais. Além disso, potencial diminuição no consumo desse alimento, de alta qualidade nutricional, pode reverter em perdas econômicas pelo acréscimo das despesas das famílias com a aquisição de alimentos industrializados no mercado. Vale apontar que os impactados pelo rompimento da barragem de Fundão atendidos pela Fundação Renova por meio do Auxílio Financeiro Emergencial (AFE) e indenizações são contemplados com recursos para compensar potenciais danos econômicos advindos do rompimento. Contudo, cabe ponderar que diante da ausência de dados consolidados disponíveis sobre toda a cadeia produtiva da pesca (produção, consumo e comercialização) não se pode concluir de maneira assertiva de que os valores dos recursos de compensação empregados ressarcem completamente os potenciais de ganho econômico que as famílias podem adquirir com o exercício da atividade pesqueira profissional.

Passado este período de queda de produtividade aquícola (2014-2018), em 2019, o Norte de Minas Gerais, teve um elevado crescimento da aquícola (40% a.a.), decorrente especialmente dos investimentos para produção de tilápia, que em 2018 respondeu por 78% da produção aquícola da região, confirmando seu protagonismo. Além da tilápia, os cultivos de tambaqui, tambacu e matrinxã têm tido também algum destaque na produção estadual (Vidal e Ximenes, 2019).

Dos municípios do PERD e seu entorno, que apresentam dados disponíveis sobre a produção aquícola identificados pelo IBGE (2020), as localidades de Marliéria e Dionísio apresentam produção aquícola apenas em anos posteriores a 2015 e Ipatinga tem dados de produção somente a partir de 2017, ambos períodos posteriores ao rompimento. Bom Jesus do Galho, Santa do Paraíso e Caratinga têm produções aquícolas anteriores ao desastre. Os últimos dados disponíveis registram que entre 2017 e 2018, a produção aquícola total de Marliéria somou 23,90 toneladas (R\$ 306.911⁸⁹) e em Ipatinga 3,80 t (R\$ 53.360), ambos municípios cultivaram exclusivamente a tilápia. Em Dionísio, entre 2015 e 2018 foram produzidos um total de 97,92 toneladas (R\$ 374.378), destacando-se a tilápia (96,58 t) e o restante da produção dividida entre pacu (0,20t), piau e pintado (0,08t cada) e tambaquis (0,98t). Bom Jesus do Galho produziu entre 2014 a 2018 um total de 17,04 toneladas (R\$ 200.649) divididas na produção de carpa (0,79t), tambacu (3,10t), tambaqui (6,70t) e tilápia (6,45t). Santana do Paraíso produziu entre 2015 e 2018 um total de 12,25 toneladas (R\$ 56.025), sendo predominante o cultivo de tilápia (11,90t) e outras 0,35t de carpa. Por fim, o município de Caratinga produziu entre 2014 a 2018 um total de 72,80 toneladas (R\$ 229.598), sendo a tilápia responsável por quase metade desta produção (30,59t), e o restante divididos em carpa (15t), tambaqui (7,01t), camarão (5,80t), tambacu (4,56t), pacu (4,30t), piau (3,19t), pintado (1,5t) e curimatá (0,85t) (Fundação Renova, s/d).

⁸⁹ Os valores devem ser multiplicados por 1.000.

Conforme registraram os estudos de Organon (2015) e do IBAMA (2015), logo da notificação do rompimento e o consequente alastramento dos rejeitos pelo rio Doce foi detectada a mortandade de mais de 2 toneladas de peixes na extensão do rio, resultando, inclusive numa operação cooperativa entre pescadores nomeada “Arca de Noé” para retirar do rio a maior quantidade de peixe vivo possível. Enquanto a mortandade imediata de peixes foi um impacto temporário do rompimento, o potencial de afugentamento de recursos pesqueiros para trechos fluviais de menor aporte (a jusante) e a redução do fluxo migratório podem ser ponderados como consequências do rompimento. Contudo, vale notar que o rio Doce integra uma bacia hidrográfica altamente degradada desde o período anterior por despejos industriais e domésticos inadequados e assoreada em diferentes trechos (Pirh, 2010; Viana, 2016; INSTITUTOS LATEC, 2017) e contempla a existência de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) que de acordo com Alves et al., (2007) e Vieira (2010) apresentam forte impacto sobre a migração de espécies nativas e consequentemente sobre a pesca. Portanto, tais fatores anteriores ao rompimento são aspectos que interferem no fluxo de recursos pesqueiros e têm potencial de reduzir a disponibilidade de recursos pesqueiros e consequentemente de alterar as capturas na região.

A chegada da lama de rejeito no ambiente aquático e contato com os recursos pesqueiros ocorreu em uma época especialmente crítica para o ciclo de vida dos peixes, o período de piracema, ou seja, durante as migrações realizadas pelos peixes com a finalidade de reprodução. Durante a piracema, são estabelecidos pelo governo federal os períodos de defeso – períodos em que a pesca fica proibida a fim de proteger o processo reprodutivo⁹⁰. Durante este período os pescadores profissionais artesanais fazem jus ao recebimento de um salário-mínimo por mês de paralisação da atividade de pesca, de maneira a compensá-los pela impossibilidade de trabalhar (Lei nº 10.779/2003). Para a bacia do rio Doce, o período de defeso se estende de 1º de novembro a 28 de fevereiro, conforme Instrução Normativa Ibama nº 196/2008.

Além da mortandade de peixes, outra preocupação desde o início do desastre foi a possibilidade da contaminação do rio Doce por substâncias tóxicas presentes nos rejeitos da Samarco, ou ainda remobilizadas devido à movimentação de substâncias poluentes preexistentes, em consequência do desastre (IBAMA, 2015). No período inicial pós-rompimento, não se sabia ao certo qual poderia ser o teor da contaminação no pescado devido à passagem da lama de rejeitos e, por receio de contaminação da população que iria se alimentar desses animais, foi estabelecida em 2016 a Portaria IEF nº 78/2016, com suspensão da pesca profissional, ficando permitida a pesca científica, desde que devidamente autorizada, e a pesca amadora, na modalidade pesque e solte. Sete meses depois, a Portaria IEF nº 40/2017 revogou a Portaria IEF nº 78/2016, regulamentou a pesca profissional e a amadora.

Destaca-se que a Portaria IEF nº 40/2017, em seu Art. 7º, incisos 1 e 2 define que a pesca científica autorizada pelo órgão ambiental, a pesca de subsistência e as medidas de manejo previstas nos Planos de Manejo das Unidades de Conservação da bacia, não se incluem nas vedações estabelecidas.

As espécies exóticas tratadas especificamente na Portaria refletem a importância das mesmas na composição da captura de pesca na bacia do rio Doce. A ocorrência de espécies não-nativas (alóctones e exóticas) nas pescarias locais é um preocupante indicador de profunda alteração na composição da ictiofauna na bacia (FUNDAÇÃO RENOVA, s/d). Conforme colocado, os impactos das barragens de hidroelétricas e PCH sobre as espécies nativas e consequentemente sobre a pesca destas acarretou a necessidade de introdução de espécies exóticas nos reservatórios da bacia, de maneira que tais espécies acabaram por suplantam as nativas como alvos da atividade dos pescadores. Alves et al., (2007) e Vieira (2010) afirmam que a introdução de espécies com objetivo de repovoar lagos que foram formados pelos barramentos, acrescentou mais um impacto à fauna nativa, além da devastação de seus ambientes naturais. As consequências negativas da introdução de espécies exóticas no ambiente levaram a normativas que controlam o repovoamento. A partir da década de 1990, o repovoamento de espécies não nativas foi proibido

⁹⁰ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.779compilado.htm

por meio da Lei Ibama nº 9.605/1998, devendo as introduções serem realizadas somente com espécies da fauna nativa da bacia considerada.

O potencial acúmulo de sedimento e assoreamento no rio Doce também é um fator preocupante para os contaminantes que alcançaram a calha do rio pós-rompimento da barragem de Fundão. Grande parte das espécies que habitam o rio Doce são migradoras, ou seja, utilizam a calha do rio para deslocamentos reprodutivos, alimentares e desenvolvimento (Viana, 2016; INSTITUTOS LATEC, 2017). Nesse sentido, a erosão e o assoreamento que alteram as profundidades ao longo da calha do rio impactam estes ambientes de corredeira, que são fundamentais para o deslocamento de diferentes espécies de peixes em épocas reprodutivas, alterando diretamente a disponibilidade de recursos pesqueiros para a captura. Com as migrações reprodutivas, ao se deslocar ao longo da bacia, caso o peixe esteja contaminado por alguma substância ou composto tóxico, o risco de contaminação se estende para além daquela área que sofreu o contato direto com o rejeito (Vieira, 2010).

Durante a propagação da onda de cheia provocada pelo rompimento da barragem, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) registrou o aumento da turbidez e da condutividade e redução da quantidade de oxigênio dissolvido da água (Viana, 2016). Por outro lado, monitoramento de sedimentos e água realizados pelo mesmo órgão não identificou presença de metais dissolvidos na água em quantidades que pudessem ser consideradas como contaminação causada pelo desastre, sendo as concentrações de metais pesados na água compatíveis com registros obtidos em avaliações anteriores. Contudo, os estudos indicam a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade de pescados (assim como da água e do sedimento), com dados suficientes para garantir o nível adequado da cobertura geográfica e a quantidade adequada de espécies e de espécimes por amostra para avaliar a segurança do consumo de peixes provenientes do rio Doce e seus afluentes. Além disso, é importante realizar análises que foquem nas concentrações de elementos químicos ainda não regulamentados pela legislação brasileira, cujo consumo possa trazer risco para a saúde humana (Gabriel et al., 2020).

Neste contexto, a partir da ocorrência do desastre, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas- IGAM e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SEMAD realizam o monitoramento contínuo da qualidade das águas na região afetada da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Os dados atualizados do monitoramento são de janeiro de 2021 e encontram-se disponíveis no portal InfoHidro⁹¹. Nos anos de 2017 e 2018, a Fundação Renova enviou para laboratório amostras de filé coletadas em áreas da bacia do rio Doce que tiveram contato direto com os rejeitos e que não foram afetadas, permitindo comparar a situação do pescado em diferentes condições.

A partir da solicitação do Grupo de Trabalho da Pesca e Aquicultura (GT-Pesca) da Fundação Renova, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) avaliou 11 mil resultados de análises envolvendo 76 espécies de peixes de água doce e salgada, quatro de camarão e uma de lagosta de amostras anteriormente coletadas pela Fundação Renova. Como resultado, em maio de 2019 foi lançada a Nota Técnica ANVISA 8/2019 com uma análise de risco e recomendações para o consumo de pescado da Bacia do rio Doce e da região costeira⁹². A ANVISA concluiu que o consumo de pescado pode ocorrer, mas precisa ser limitado: o consumo diário de peixe da região não deve ser maior que 200 g para adultos e de 50 g para crianças. Esse número foi definido levando em consideração os níveis de contaminação encontrados nas amostras e os níveis tolerados de resíduos, sendo a concentração de mercúrio e chumbo é a que mais preocupa, pois ultrapassaram limites de ingestão máxima tolerada.

⁹¹ <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>

⁹² <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/peixe-do-rio-doce-riscos-do-consumo>

A Nota enfatiza que é necessário um monitoramento contínuo para definir melhor o nível de segurança para o consumo de peixe oriundo das regiões afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Neste sentido, é apontada a importância de se aumentar a amostra de pescado, utilizando espécies que correspondam àquelas que são consumidas na região.

Para tornar público um maior entendimento sobre a Nota Técnica, em junho de 2019, foi lançada uma Nota Conjunta, assinada por oito órgãos, entre ministérios públicos, defensorias públicas, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), institutos e secretarias do Espírito Santo e a própria Anvisa, que veio esclarecer que Nota Técnica 8/2019 faz uma análise de risco sobre o pescado da região, a partir dos dados que foram colocados à disposição da Anvisa, sendo um documento de subsídio para o Comitê Interfederativo (CIF), mas não tem o objetivo de fundamentar, por si só, qualquer decisão com relação à liberação ou proibição de atividade pesqueira, sobre o consumo de pescados ou sobre a continuidade ou não dos programas socioambientais e socioeconômicos executados na região. Neste esclarecimento, as instituições alertam que a Nota Técnica não deve ser utilizada para outros fins que não sejam orientar as discussões técnicas para o qual se propõe e reforçam, que a observância do princípio da precaução impõe às instituições envolvidas cuidado redobrado para a execução das medidas que visam restabelecer as condições naturais anteriores ao desastre ambiental, bem como a liberação do pescado para consumo⁹³.

Uma vez que não se tem ainda estudos conclusivos dos níveis de contaminação do pescado e de riscos à saúde humana, conforme exposto na NT 8/2019, é compreensível incertezas e inseguranças em relação ao consumo de pescado.

O artigo 3º da Lei nº 11.346/2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional estabelece que:

A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

A importância do pescado na dieta alimentar das populações ribeirinhas, em particular das populações socialmente mais vulneráveis presentes na área de estudo, que frequentemente exercem a pesca de subsistência, é inegável (Fluet-Chouinard et al., 2018). Conforme o artigo 3º, supracitado, é direito de todos o acesso à quantidade suficiente de alimentos. No caso em tela, a quantidade máxima é definida em razão de potencial prejuízo à saúde decorrente dos níveis de contaminação encontrados nas amostras e os níveis tolerados de resíduos. Por fim, a limitação de quantidade de consumo do pescado local imposta pode resultar na necessidade de aquisição de outros alimentos para compor a dieta das famílias o que, por sua vez, pode refletir em custos extras nas despesas mensais das famílias, comprometendo acesso a outras necessidades essenciais.

Além disto, as alterações na qualidade do ambiente aquático e os potenciais impactos relacionados à qualidade do pescado têm implicações socioeconômicas, na medida que existe o risco real (ou mesmo potencial) de que o peixe do rio Doce esteja contaminado por alguma substância tóxica, o que pode limitar ou mesmo interromper a demanda pelo produto. Mesmo que exista pescado, pode não haver mercado, além de interferir também na disponibilidade do consumo de proteína pelos pescadores locais (Viana, 2016). De acordo com Bandeira et al., (2011) dúvidas quanto à qualidade sanitária do pescado podem ocasionar uma drástica queda na comercialização desses produtos, sendo muitas vezes necessário avaliar a viabilidade de

⁹³ <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/caso-samarco-nota-conjunta-sobre-pescado>

instituir um selo de qualidade para que esses produtos supostamente contaminados continuem competindo no mercado. Uma vez que os pescadores e os trabalhadores da cadeia produtiva estão impedidos de exercer suas atividades cotidianas, o suprimento dos mercados locais e regionais está comprometido, sendo que seus consumidores estão buscando outros fornecedores de pescado, fora da área de abrangência do evento (Fundação Renova, 2017 b).

As normativas de regulamentação da pesca na bacia do Rio Doce, visando a sustentabilidade da pesca e a segurança das condições de saúde e trabalho dos pescadores são, segundo Brito et al., (2019) ações que aplicaram de maneira adequada o princípio da precaução, usado para subsidiar decisões em casos nos quais os conhecimentos são limitados ou há incertezas envolvidas em relações ambientais complexas (Gonçalves, 2013). Contudo, as restrições da atividade pesqueira profissional de determinadas espécies impactam diretamente a sociedade regional. Em 2018, por exemplo, a equipe do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018) identificou como prioridade, em trabalho de campo na área sob influência do PERD e entorno, a demanda dos atingidos pela execução de estudos sobre a qualidade da água para uso humano, incluindo a pesca.

A equipe de campo do Fundo Brasil de Direito Humanos presente no território em 2018 para fortalecer a Comissão dos Atingidos, registrou em diferentes localidades os impactos na atividade pesqueira. Em Cava Grande, distrito de Marliéria, na Zona de Amortecimento do PERD, por exemplo, moradores relataram à equipe o aumento da fiscalização sobre a atividade e a demanda por retomada da atividade pesqueira sem restrições (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a). No mesmo estudo, na localidade de Revés de Belém, uma liderança da pesca reconheceu a si e a outros pescadores como “infratores”, porque ainda continuavam usando o rio para pesca e lazer, apesar das restrições.

No município Pingo D’Água, os pescadores relataram os limites no diálogo com a Fundação Renova. Houve um debate sobre o comparecimento e o engajamento de atingidos e atingidas e os motivos das dificuldades de mobilização. Os pescadores locais estavam, ainda em 2018, com dificuldades para serem reconhecidos como atingidos – por viverem a mais de 1.500 metros da margem do rio Doce e pela não aceitação da categoria de pescador amador, critérios até então considerados para registro dos atingidos – e preocupados com a viabilidade de serem incluídos como beneficiários de indenização. Por outro lado, a preocupação e medo de se autodeclarar pescador também foi registrada, pois pescadores tinham receio da repressão policial e de autuação pelo Ministério Público.

Pescadores de Córrego Celeste, em Timóteo, também disseram ter medo de se afirmar como atingidos e serem multados pela prática da pesca. Os participantes dos encontros com a equipe de campo em Bom Jesus do Galho igualmente relataram a violência da polícia ambiental em repressão ao exercício da atividade pesqueira no entorno do PERD. Situação semelhante foi vivida nos encontros na localidade de Baixa Verde, no município de Dionísio, nos quais a maioria das pessoas presentes era formada por desempregados e trabalhadores informais que dependiam da pesca nas lagoas da região para subsistência e complementação de renda. A retomada da pesca na comunidade era a principal reivindicação e estes moradores também apresentaram queixas sobre a violência da polícia (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a). O que se observa nesse momento é que, apesar de não haver proibição da pesca, mas sua regulamentação, há um conflito instalado, verbalizado pelas comunidades locais aos interlocutores, fato que não é novo, mas que adquire novas dimensões a partir do rompimento.

O Relatório de Análise do Cadastro Socioeconômico elaborado pela FGV (2019), registra que dentre as 32.536 propriedades cadastradas pela Fundação Renova em toda a área de abrangência do desastre, os respondentes de 23.650 propriedades citaram que “tiveram perdas, danos e/ou afetação” relacionadas à pesca, à criação de peixes no rio ou atividades das lavadeiras. Do total de propriedades cadastradas, propriedades cujos “respondentes relatam que os membros da família foram impactados” 19.491

respondentes declararam perda de áreas das atividades pesqueiras e 7.820 perderam acesso a recursos pesqueiros.

O documento também analisou a quantidade e a proporção das propriedades cadastradas atingidas por município e contabilizou 4.798, das quais estão em Bom Jesus do Galho 74 propriedades (1,54% do total); em Caratinga 87 propriedades (1,81% do total); em Coronel Fabriciano, 3 (0,03%); em Córrego Novo 6 (0,13%); em Dionísio 7 (0,15%); em Ipatinga 4 (0,08%); em Pingo D'Água 2 (0,04%); em Santana do Paraíso 111 (2,31%) e em Timóteo 1 (0,02%). O total de propriedades atingidas no entorno do PERD foi de 295. Para as localidades de Raul Soares, Marliéria e Jaguarauçu não constam informações.

O gestor do PERD⁹⁴ apontou o aumento da pesca ilegal nas lagoas no interior da UC, identificando uma migração da pesca que ocorria anteriormente na calha principal do rio Doce que, exceto a pesca de subsistência, já era proibida pela Portaria IEF nº 109/2007. No interior da UC, a Lagoa Dom Helvécio (também conhecida como a Lagoa do Bispo), é a única a permitir a pesca, numa atividade de manejo levada a cabo pela gestão da Unidade. De acordo com as informações do gestor, as restrições de pesca no período pós-rompimento aumentaram muito a pressão nos recursos pesqueiros no entorno e interior do PERD, assim como influenciaram o aumento das atividades de caça no parque.

Como conclusão dos dados disponíveis descritos no presente estudo, pode-se concluir pela existência de alterações decorrentes do desastre no meio socioeconômico relacionadas à atividade pesqueira. Mesmo levando-se em conta a insuficiência de dados de linha de base sobre a cadeia produtiva da pesca e as demandas por monitoramentos temporais contínuos das condições ambientais, apontadas na literatura (Gabriel et al., 2020), bem como outras incertezas decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, merecem destaque algumas das alterações sobre a atividade pesqueira: de início, houve o impacto da mortalidade de peixes quando do rompimento da barragem de Fundão e passagem da lama de rejeitos ao longo da calha do rio Doce (Organon, 2015; IBAMA, 2015), impactando temporariamente a pesca em toda extensão da calha do rio Doce. Posteriormente, utilizando-se do princípio da precaução usado para subsidiar decisões em casos nos quais os conhecimentos são limitados ou há incertezas envolvidas em relações ambientais complexas (Gonçalves, 2013) e visando a segurança das condições de saúde e trabalho (Brito et al., 2019), foi implementada a Portaria IEF nº 40/2017 que regulamentou a atividade pesqueira profissional e amadora na bacia do rio Doce. Finalmente, foi estabelecida uma quantidade máxima de pescado oriundo do rio Doce, segura ao consumo humano, por meio da NT 8/2019 da ANVISA que, após avaliar amostras de pescado, concluiu existir concentrações de metais que ultrapassaram limites de ingestão máxima tolerada, especialmente em relação ao mercúrio e ao chumbo.

Diferentes modelos de impactos diretos na atividade pesqueira em decorrência do desastre, foram elaborados pela Fundação Renova (2017b) servindo de referência para a avaliação dos danos declarados pelos pescadores registrados no Cadastro Integrado. Estes modelos foram construídos considerando-se as respostas dos pescadores para os valores de renda e destinação da produção pesqueira e os custos de materiais. Portanto, fica evidente que alterações nas atividades pesqueiras relacionadas à comercialização do pescado e perda/dano de equipamento foram identificadas no período pós-rompimento.

De maneira geral, os impactos diretos na pesca podem ser classificados em três modelos finais que contemplaram:

- Se o pescado era 100% comercializado e houve perda de equipamentos;

⁹⁴ Comunicação oral de Vinícius de Assis Moreira, gerente do Parque Estadual do Rio Doce em reunião técnica entre o PERD, IEF, Instituto Ekos e Fundação Renova, em 12/04/2021.

“Existência de IMPACTO DIRETO na ATIVIDADE PESQUEIRA E EXTRATIVISTA praticada pelo/a _____, com consequente perda de rendimentos e instrumentos de trabalho, conforme fundamentado no TTAC. “IMPACTADO”: as pessoas físicas ou jurídicas, e respectivas comunidades, que tenham sido diretamente afetadas pelo EVENTO nos termos das alíneas abaixo e deste ACORDO: e) perda comprovada de áreas de exercício da atividade pesqueira e dos recursos pesqueiros e extrativos, inviabilizando a atividade extrativa ou produtiva; f) perda de fontes de renda, de trabalho ou de autosubsistência das quais dependam economicamente, em virtude da ruptura do vínculo com áreas atingidas;

- Se o pescado era 100% consumido e houve perda de equipamentos;

Existência de IMPACTO DIRETO na ATIVIDADE PESQUEIRA E EXTRATIVISTA praticada pelo/a _____, com consequente perda de alimentos (pescado consumido) e instrumentos de trabalho, conforme fundamentado no TTAC: “IMPACTADO”: as pessoas físicas ou jurídicas, e respectivas comunidades, que tenham sido diretamente afetadas pelo EVENTO nos termos das alíneas abaixo e deste ACORDO: e) perda comprovada de áreas de exercício da atividade pesqueira e dos recursos pesqueiros e extrativos, inviabilizando a atividade extrativa ou produtiva.

- Se o pescado era em parte consumido e houve perda de equipamentos;

Existência de IMPACTO DIRETO na ATIVIDADE PESQUEIRA E EXTRATIVISTA praticada pelo/a _____, com consequente perda de rendimentos, de alimentos (pescado consumido) e de instrumentos de trabalho, conforme fundamentado no TTAC: “IMPACTADO”: as pessoas físicas ou jurídicas, e respectivas comunidades, que tenham sido diretamente afetadas pelo EVENTO nos termos das alíneas abaixo e deste ACORDO: e) perda comprovada de áreas de exercício da atividade pesqueira e dos recursos pesqueiros e extrativos, inviabilizando a atividade extrativa ou produtiva; f) perda de fontes de renda, de trabalho ou de autosubsistência das quais dependam economicamente, em virtude da ruptura do vínculo com áreas atingidas.

Um dos principais pontos de atenção da Fundação Renova (2017) para com os pescadores está na dimensão de “acesso ao trabalho”, que inclui, disponibilidade de trabalho, qualidade dos postos de trabalho e remuneração, elencada, entre outras dimensões analíticas para determinar o Índice de Desenvolvimento da Família (IDF) dos impactados⁹⁵. No contexto de acesso ao trabalho, entre os pescadores auto declarados registrados no Cadastro Integrado, menos de 10% das famílias possui ao menos um membro da família ocupado em trabalho formal. Ou seja, estas famílias, que se auto declararam pescadores, estão à margem do mercado de trabalho, o que implica que sua fonte de renda depende substancialmente de atividades informais, dentre as quais a atividade pesqueira é fundamental.

6.3.2.7. As comunidades da zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce no período pós-rompimento

No contexto do pós-rompimento, com relação ao meio socioeconômico e cultural, revelam-se prejuízos econômicos, danos patrimoniais e outros efeitos ponderáveis. Contudo, há um elevado grau de incertezas de maneira geral, mas, sobretudo quando se trata de impactos intangíveis, aqueles relativos aos sentimentos, às sensações, quando é possível tão somente aproximar-se das percepções.

Dentre os documentos acessíveis e com informações acerca das alterações sobre as populações locais

⁹⁵ O Índice de Desenvolvimento da Família (IDF) é, uma proposta de agregar os diferentes meios pelos quais as famílias satisfazem suas necessidades (BARROS, et al., 2009). Seu valor varia de zero a um. Quanto melhores as condições da família, mais próximo de um será o seu indicador. O IDF foi elaborado a partir de 41 indicadores básicos, 22 componentes e 6 dimensões analíticas: vulnerabilidade, acesso ao conhecimento, acesso ao trabalho, disponibilidade de recurso, desenvolvimento infantil e condições habitacionais (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017).

relacionadas com o Parque Estadual do Rio Doce, destacam-se os relatórios produzidos pelo Fundo Brasil de Direitos Humanos intitulados “PROGRAMA RIO DOCE – Escolha de Assessoria Técnica para o Território 2 – Região de Influência do Parque Estadual do Rio Doce e sua Zona de Amortecimento (MG)” e “PROGRAMA RIO DOCE – Escolha de Assessoria Técnica para o Território 3 – Vale do Aço (MG)”.

O Território 3 (Vale do Aço) conta com 10 municípios, dois quais dois são de interesse para o presente trabalho: Ipatinga e Santana do Paraíso. No primeiro município, a equipe do Fundo Brasil não identificou atingidos demandantes de assessoria técnica independente: “Os bairros que ficam próximos ao Rio Doce – Vila Ipanema e Castelo – são de classe média alta e, segundo informações dos mobilizadores, os moradores desses bairros já estavam negociando com a Renova a partir de ações judiciais” (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, p. 11, 2018 b). Há, porém, a informação da municipalidade de que a Renova teria realizado levantamento dos atingidos, quando identificou a existência de moradores de bairros periféricos de Ipatinga, em situação de vulnerabilidade, que se utilizam do rio Doce e, por vezes, das lagoas do PERD, para pesca de subsistência.

O relatório referente ao Território 2, inclui sete municípios, entre eles os que abrigam territorialmente o PERD (Dionísio, Marliéria e Timóteo) e os de sua zona de amortecimento: Bom Jesus do Galho, Caratinga, Pingo D’Água e Córrego Novo. No período de janeiro a dezembro de 2018, foram identificados os grupos sociais atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão, a maior parte “localizados em pequenos distritos de municípios distintos, alguns de difícil acesso” (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, p. 08, 2018a). Durante o ano de 2018 foram realizadas reuniões entre a equipe do Fundo Brasil, MPMG, MPF e DPMG e os atingidos para esclarecimentos acerca do papel das assessorias técnicas independentes e para os encaminhamentos necessários à escolha da entidade a ser contratada.

As preocupações dos grupos locais relacionavam-se, prioritariamente, a: i) qualidade da água, inclusive do lençol freático, para uso humano, pesca, agricultura e irrigação; ii) qualidade do solo para agricultura; iii) animais domésticos (produção); iv) atividades econômicas voltadas para o turismo; v) pesca. E as demandas perpassavam pela necessidade de realização de estudos que conferissem segurança quanto à utilização dos recursos, sobretudo água e solo, e suporte técnico de especialistas nos temas indicados para que possam retomar as atividades produtivas ou substituí-las por alternativas viáveis.

Foram consultadas, também, informações de relatório elaborado pela empresa CEPEMAR (2020), cuja equipe esteve em campo e pode observar e coletar percepções de moradores da região, da equipe do PERD e das prefeituras municipais.

A Tabela 104 traz as comunidades identificadas na linha de base (Tabela 66), cuja referência foi o Plano de Manejo do PERD (IEF, 2002). Observa-se, entretanto, que três agrupamentos contidos no referido documento não foram identificados nessa atualização: Alphaville, Recanto Verde e Licuri, os três localizados em Timóteo. Pode-se aventar que, por sua localização, a oeste do PERD, sem contato direto com o rio Doce, os moradores não foram – ou não se consideraram – atingidos. Os dois primeiros apresentavam características de bairros de expansão urbana, com indicadores socioeconômicos mais elevados na região. Licuri, diferentemente, possuía, à época do levantamento (IEF, 2002) características rurais, com predomínio da atividade agrícola e artesanal, setores bastante influenciados por desastres como o rompimento da barragem de Fundão. Embora não haja registro, pode-se considerar a hipótese de que os moradores dessa localidade tenham participado de reuniões conjuntas com outro agrupamento ou que as informações referentes a essa comunidade estejam agregadas a outras.

Tabela 104. Agrupamentos sociais no entorno do Parque Estadual do Rio Doce, 2018

Comunidade	Município	Localização em relação ao rio Doce e ao PERD	Principais características

Revés de Belém	Bom Jesus do Galho	A Leste do PERD, na margem direita do rio Doce.	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Boa infraestrutura básica.
Pingo D'água	Pingo D'água	A Leste do PERD, na margem direita do rio Doce.	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Boa infraestrutura básica.
PA Chico Mendes II	Pingo D'água	A Leste do PERD, na margem direita do rio Doce.	Criado em 2002, beneficia 55 famílias. Agricultura e pecuária em pequena escala.
Baixa Verde	Dionísio	A Sudoeste do PERD.	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Baixos níveis de renda. Boa infraestrutura básica.
Cava Grande	Marliéria	A Oeste do PERD, sem contato direto com o rio Doce.	Originário de acampamentos da Acesita e da CAF. Possui ligação asfáltica com Timóteo. Boa infraestrutura básica.
Córrego de Celeste	Marliéria	A Oeste do PERD, sem contato direto com o rio Doce	Comunidade com características rurais, com produção agropecuária e produção artesanal.
Macuco	Timóteo	No limite oeste do PERD, zona de amortecimento, sem contato direto com o rio Doce.	Ocupação suburbana periférica, com ocupação não planejada. Predominância de atividades econômicas do setor informal. Pressão sobre os limites do PERD.

Fonte: IEF, 2002. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce.

Com base nos documentos consultados, são indicadas as principais alterações, na percepção dos envolvidos, em cada uma das comunidades.

Revés de Belém – Bom Jesus do Galho

Segundo CEPEMAR (2020, p. 178), a área rural foi duramente afetada pela passagem dos rejeitos na localidade, causando impedimento de uso das águas do rio Doce para a pecuária e para a irrigação das culturas agrícolas, inclusive o milho, cuja colheita promovia uma festividade local, o Festival do Milho, que teria deixado de acontecer em razão dos prejuízos à lavoura (op. cit. p. 169). Com relação ao uso da água para consumo humano, houve relato de contaminação de cisternas de um loteamento às margens do rio e de restrições à captação de água para abastecimento da população da área urbana.

Em relação à produção rural, foi relatada a existência de uma associação de produtores da agricultura familiar formada por ex-funcionários da empresa Aperam South América, antiga Acesita, com terras arrendadas da empresa, que produzia hortaliças, milho, feijão, quiabo, mandioca, entre outros. A principal fonte de irrigação dos cultivos era o rio Doce. As consequências do rompimento da barragem foram sentidas pelos produtores que têm passado dificuldades em razão da redução drástica da produção.

Nas reuniões ocorridas durante o processo de escolha das assessorias técnicas independentes, observou-se relatos relacionados a: i) conflitos com funcionários da Renova; ii) falta de compreensão dos processos da Renova e falta de informações sobre indenizações a pessoas já cadastradas; iii) violência da polícia ambiental em repressão à caça na área do Parque Estadual; iv) continuidade da pesca, apesar das restrições legais; v) dúvidas sobre a qualidade da água e falta de alternativas de consumo; vi) dúvidas sobre qualidade do peixe e da água; vii) criminalização de pescadores.

Relato da equipe do Fundo Brasil dá conta de “um cenário de pobreza e precariedade, com esgoto a céu aberto, córrego muito poluído e lixo exposto” na localidade (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a, p.7).

Pingo D'Água

Os efeitos do rompimento da barragem de Fundão foram profundamente sentidos em Pingo D'Água, sobretudo em relação à pesca artesanal. Segundo CEPEMAR (2020, p. 178), os relatos dão conta de que se buscava a regularização da pesca profissional no rio Doce, estratégia local para subsistência dos moradores, fragilizados pelo desemprego no setor de silvicultura. Houve a criação de associação de pescadores local para alcançar a finalidade. Porém, a chegada dos rejeitos no curso do rio Doce inviabilizou a continuidade das ações nesse sentido.

Há, ainda, a informação de que duas famílias que residiam na cabeceira da Ponte Queimada teriam se mudado para o Córrego de Celeste, em Marliéria, dadas as dificuldades relacionadas à pesca, após o rompimento (CEPEMAR, 2020, p.172).

Durante o processo para a escolha das assessorias técnicas independentes, em reunião com os atingidos e atingidas, no assentamento Chico Mendes II, localizado em Pingo D'Água, foram registradas as manifestações dos participantes pelo Fundo Brasil de Direitos Humanos, entre elas: i) a inadequação dos critérios da Renova para reconhecimento de moradores como atingidos, como a distância máxima de 1.500 metros a partir da margem do rio Doce para as moradias; ii) a não aceitação da categoria de pescador amador (que seria substituída por “de subsistência”, considerada sem direito a indenização); iii) as dificuldades para cadastramento como atingidos; iv) os prejuízos ao modo de vida pelas restrições à atividade; v) a falta de confiança na interlocução com o Parque Estadual para adequação das comunidades à legislação específica da área de conservação; vi) a violência policial contra os moradores (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a).

Baixa Verde - Dionísio

Na localidade de Baixa Verde foram identificados efeitos negativos sobre a atividade pesqueira como consequência do comprometimento do ribeirão Mumbaça após a passagem dos rejeitos. A pesca em lagoas e no ribeirão foi intensificada a partir dos processos de ampliação de áreas e de mecanização da silvicultura, que tem gerado aumento do desemprego na região. Segundo a fonte consultada pela equipe da CEPEMAR (2020, p. 172), a combinação da dependência da pesca como fonte de subsistência para os moradores e a perda dos locais de pesca, provocaram o aumento da atividade pesqueira e da caça no interior do PERD (op. cit, p. 178).

Corroborando as informações anteriores, reunião realizada pela equipe do Fundo Brasil de Direitos Humanos para a escolha das assessorias técnicas agregou, dentre os atingidos, uma maioria de desempregados e trabalhadores informais dependentes da pesca nas lagoas para subsistência e complementação de renda. Na ocasião, os participantes levantaram críticas à Portaria 40/2017, do IEF e reivindicaram a retomada da pesca para a comunidade. Denunciaram a atuação violenta da polícia no PERD, “com situações de torturas, humilhações e prisões de moradores flagrados pescando nas lagoas” (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018^a, p. 9). Foi também relatado que “a Renova cadastrou cerca de 240 famílias da localidade, mas que ninguém ainda havia recebido indenização ou cartão de auxílio emergencial” (Idem, ibidem).

Cava Grande - Marliéria

Segundo informações coletadas em campo pela equipe CEPEMAR, a localidade de Cava Grande é composta sobretudo por moradores que trabalham na construção civil e na prestação de serviços em na região que vem sofrendo com o desemprego pela queda do setor da produção do aço. Não houve a identificação de mudanças em razão dos efeitos da passagem dos rejeitos (CEPEMAR, 2020, p. 172).

Por outro lado, relatório do Fundo Brasil de Direitos Humanos relacionado à escolha das assessorias técnicas para apoio aos atingidos, indica que os moradores de Cava Grande relataram o aumento da fiscalização da atividade pesqueira, como já colocado. Também reclamam da impossibilidade de uso do rio para o lazer e reivindicam o retorno da atividade pesqueira. Também demandam mais informações sobre a legislação do PERD e o fim da violência policial. Os moradores afirmaram não existir atuação da Renova na localidade (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a).

Córrego de Celeste - Marliéria

A comunidade não tinha relação direta com o rio Doce, mas com seu afluente, o ribeirão do Belém. A preocupação é com a possibilidade de contaminação de suas águas no contato com o rio Doce, nos períodos de cheias e, em razão disso, a comunidade demandou a elaboração de laudo sobre a qualidade das águas para o consumo (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, s/d.).

Macuco - Timóteo

Em reunião conjunta de moradores do Macuco e os de Córrego de Celeste, foi relatada a ocorrência de mortes de animais como capivaras e lontras, além de ataques dos animais a criações de galinhas. Foram levantadas questões acerca das condições dos ribeirões que desaguam no rio Doce, utilizados pelas populações locais. Foi manifesto o receio de se afirmarem como atingidos e serem multados pela prática da pesca. Houve relatos de perdas do lazer e de fonte de renda complementar e escassez de peixes nos ribeirões e afluentes do rio Doce (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, s/d.).

Além das questões apresentadas por agrupamento social, alguns pontos importantes para a compreensão dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão sobre essas comunidades e, eventualmente em sua relação com o Parque Estadual do Rio Doce foram apresentados em reuniões gerais, realizadas também pelo Fundo Brasil de Direitos Humanos. Em reunião com o gestor da unidade de conservação, tem-se a informação de que o aumento da fiscalização sobre o PERD e em sua zona de amortecimento (fato reclamado pelos moradores) se deve a denúncias de trabalho análogo à escravidão na região⁹⁶. Com relação à pesca, consta no relatório que o gestor “explicou a situação legal da pesca na área, restrita a ribeirinhos, e afirmou haver pessoas das comunidades do entorno que guiariam e promoveriam pesca em grande escala (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, s/d p. 7a).⁹⁷

A pesca é dos principais pontos de atenção e será tratada adiante. Por ora, vale registrar que no processo de mobilização, moradores locais abordaram o medo de participação dos atingidos em razão da repressão policial e da possibilidade de autuação pelo MP, em razão das restrições à atividade no período posterior ao rompimento da barragem. Foi manifesto o receio de se identificar como pescadores. Houve situação em que um pescador declarou “a impossibilidade de se imaginar longe do rio Doce e chamou a si e a outros pescadores de ‘infratores’ porque ainda continuavam usando o rio para pesca e lazer, apesar da proibição” (op. cit. p. 6). Quando da escolha da assessoria técnica independente, “uma atingida pediu aos demais que se reconhecessem como pescadores no preenchimento dos cadastros” (op. cit. p. 23), o que escancara a situação dos trabalhadores e trabalhadoras na pesca na região do rio Doce. Esse último relato pode provocar, também, uma distorção no cadastro da Fundação Renova, o que tem potencial de prejudicar ainda mais a categoria.

⁹⁶ Não se obteve maiores informações sobre esse fato que, se confirmado, recrudescer a situação de vulnerabilidade local.

⁹⁷ FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS. PROGRAMA RIO DOCE. Escolha de Assessoria Técnica para o Território 2 – Região de Influência do Parque Estadual do Rio Doce e sua Zona de Amortecimento (MG), s/d.

De forma geral, foi abordada a falta de tratamento da água consumida em algumas comunidades, o desemprego e os impactos econômicos da ausência da pesca como renda complementar e como alimento.

O contexto em que os efeitos do rompimento se manifestam torna ainda mais vulneráveis comunidades que já se encontravam, em grande parte das vezes, em condições precárias. Dados apresentados na Tabela 75 – Percentual da população pobre ou extremamente pobre no Cadastro Único em relação a população total do município (2015-2019) – indicam que em Pingo D'Água, Córrego Novo e Bom Jesus do Galho, em 2019, mais de um terço da população encontra-se nessa classificação (pobre ou extremamente pobre). Bom Jesus do Galho, particularmente, apresentou mais da metade de sua população em precárias condições objetivas de sobrevivência em 2019⁹⁸.

Corroborando a situação de precariedade da população desses municípios, o Índice Mineiro de Responsabilidade Social indica que Bom Jesus do Galho, Córrego Novo e Pingo D'Água apresentam os piores resultados quanto à dimensão “vulnerabilidade” do referido índice, condição agravada no período entre 2016 e 2018, conforme consta na Tabela 95.

Como abordado no item linha de base, comunidades locais podem ser beneficiadas por serviços ecossistêmicos e, embora não tenha sido realizado um levantamento criterioso, necessário para a análise aprofundada do tema, é plausível considerar que o rompimento da barragem de Fundão ocasionou a perda de vários desses benefícios. Pode-se afirmar que houve redução de oferta de serviços de provisão, como alimentos, matéria-prima e água potável; de serviços de regulação, sobretudo em razão das implicações do rejeito na qualidade da água e do solo; de serviços culturais, manifesto nas falas sobre perdas relacionadas ao lazer e turismo, sendo possível supor, também, que aspectos vinculados à espiritualidade e inspiração, que fazem parte dos serviços culturais que os ecossistemas ofertam, tenham sido abalados.

Ademais, os relatos contidos nos documentos analisados revelam um profundo sentimento de perda em relação ao território vivido, sobretudo nas comunidades que têm o rio Doce como marco na paisagem, como corroborado pelo trabalho realizado pela Consultoria Ramboll (2017, p. 58), destinado ao Ministério Público Federal:

No caso do território atingido pelo desastre, a condição de pertencimento está, para alguns grupos, vinculada a presença do Rio Doce e seus afluentes, pois nesse território, e tendo como referência os processos que ali ocorrem realizam seus modos de vida – importante destacar que nem sempre significa morar às margens dos rios. Como realização dos modos de vida se entende um conjunto de relações cotidianas (de trabalho, de trocas, de rituais) que ao longo do tempo se repetem e compõe a história de um grupo social. No território atingido esta situação fica evidenciada principalmente nas referências associadas a prática da pesca.

Modificações profundas no ambiente, como as que ocorreram a partir do rompimento, podem provocar rupturas nas relações estabelecidas entre os moradores, individual ou coletivamente, com esse ambiente. As sensações e sentimentos – conhecimento, segurança, afeto, envolvimento, pertencimento – que embasam essas relações perdem-se, mesmo que temporariamente, acarretando a perda, ou ao menos, a diminuição de intensidade daquilo que Tuan (1980) definiu como relações topofílicas.

6.3.3. Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos no Meio Socioeconômico

A Fundação Renova é a instituição responsável pela implementação das ações necessárias à reparação dos

⁹⁸ Em 2015, Marliéria e Raul Soares tinham também mais de um terço de sua população classificada como pobre ou extremamente pobre no CadÚnico.

danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, em 05 de novembro de 2015. A partir de 2018, após a assinatura do Termo de Ajustamento de Conduta – TAC Governança – entre Samarco, BHP Billiton e Vale (mantenedoras da Fundação Renova), a própria Fundação e os ministérios públicos e defensorias públicas de Minas Gerais e do Espírito Santo, “as comunidades atingidas têm direito a voto e a participação efetiva nas decisões sobre o processo de reparação. O acordo inclui a população em todas as estruturas de governança da Fundação Renova [...]”⁹⁹ Para efetivar a reparação em todo o território atingido, foram definidos 42 programas, compostos por inúmeros projetos com ações de longo prazo¹⁰⁰.

Os programas estão divididos em duas grandes áreas: i) Socioeconômicos (22 programas); ii) Socioambientais (20 programas). Neste item, são considerados os programas com potenciais efeitos no meio socioeconômico para os municípios de abrangência do Parque Estadual do Rio Doce e de sua Zona de Amortecimento, considerando as possibilidades de que essa região seja atendida por eles, a partir da menção aos municípios em relatórios e notícias produzidos pela Fundação Renova, pela literatura disponível e por informações prestadas diretamente pelas gerências dos programas. A seguir é apresentada a caracterização das medidas em curso.

PG001 – Levantamento e Cadastro dos Impactados

Dentre os programas do meio socioeconômico em desenvolvimento pela Fundação Renova, o “PG001 Levantamento e Cadastro dos Impactados” é o que permite conhecer as pessoas físicas e jurídicas (micro e pequenas empresas) atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão. Em dezembro de 2020, o programa havia recebido 62.822 solicitações de cadastramento e enviado ao Comitê Interfederativo 34.870 cadastros, correspondentes a 30.398 famílias, 98.245 pessoas¹⁰¹ e a 55% das solicitações, em todo o território atingido.

Os dados provenientes desse programa são fonte para a organização de todos os demais programas do meio, conforme a Fundação Renova, “o cadastro busca levantar informações sobre os impactos sociais, culturais e econômicos, que apoiem a execução dos demais programas de reparação”¹⁰².

PG002 – Programa Ressarcimento e Indenização dos Impactados

O Programa Ressarcimento e Indenização dos Impactados, segundo a Fundação Renova (2020, p. 37) tem como objetivo:

Ressarcir as pessoas físicas ou jurídicas (neste último caso, apenas micro e pequenas empresas) que tenham sofrido danos materiais, lucro cessante e/ou morais, bem como perdas referentes às suas atividades econômicas, em consequência direta do rompimento da barragem de Fundão, de forma justa, célere, simples, transparente e sem a burocracia e os ônus de uma ação judicial.

Em notícia mais recente, datada de janeiro de 2021, a Fundação Renova informa que haverá o pagamento de indenizações para “casos de difícil comprovação decorrentes dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão”¹⁰³, em quatro distritos de Minas Gerais, sendo um deles Revés do Belém, em Bom

⁹⁹ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/quem-faz-parte/>. Acesso em 24.fev.2021.

¹⁰⁰ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/a-fundacao/>. Acesso em 24.fev.2021.

¹⁰¹ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/programa/levantamento-cadastro-dos-impactados/>. Acesso em 24.fev.2021.

¹⁰² Idem.

¹⁰³ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/noticia/atingidos-de-pedra-corrida-reves-do-belem-baguari-e-cachoeira-escura-comecam-a-receber-pelo-sistema-indenizatorio-simplificado/>. Acesso em 07.mar.2021.

Jesus do Galho. A mesma matéria de divulgação informa que além de Revés do Belém, o distrito de Ipaba do Paraíso, em Santana do Paraíso, está entre as 13 localidades que terão acesso “ao novo fluxo de pagamento”.

Em 2021, os acordos e os pagamentos de indenizações nos municípios da área de estudo estavam distribuídos conforme os dados registrados na Tabela 105.

Tabela 105. Acordos de indenização nos municípios da área de estudo, segundo a atividade econômica, 2021

Programa 02 – Ressarcimento e Indenização dos Impactados			
	Pessoa Física	Pessoa Jurídica	Total Geral
Bom Jesus do Galho	84		84
Pesca	59		59
Agropecuária	24		24
Agropecuária com Múltiplos Danos	1		1
Caratinga	61	2	63
Pesca	42		42
Agropecuária	10		10
Pesca com Múltiplos Danos	6		6
Areeiro		2	2
Agropecuária com Múltiplos Danos	1		1
Outros Danos	1		1
Comércio, Turismo e Residência	1		1
Ipatinga	55	1	56
Agropecuária	29		29
Pesca	20		20
Agropecuária com Múltiplos Danos	5		5
Pesca com Múltiplos Danos	1		1
Areeiro		1	1
Marliéria	1		1
Agropecuária	1		1
Santana do Paraíso	170		170
Pesca	132		132
Agropecuária	24		24
Pesca com Múltiplos Danos	9		9
Agropecuária com Múltiplos Danos	5		5
Timóteo	1		1
Agropecuária	1		1
Total Geral	374	3	377

Fonte: Fundação Renova, PG002, 2021.

É importante observar que se trata de uma referência para confirmação das perdas econômicas na região, pois há conflitos entre os critérios estabelecidos pela Fundação Renova para atendimento e as reivindicações dos atingidos. A informação presta-se, então, a confirmar o reconhecimento das perdas econômicas e mostrar a diversidade das atividades prejudicadas.

PG005 – Programa de Proteção Social

O Programa de Proteção Social tem por objetivo

Promover a proteção social, por meio de ações socioassistenciais, incluindo atividades socioculturais e apoio psicossocial, acompanhando as famílias e os indivíduos impactados pelo rompimento, priorizando os impactados com deslocamento físico (Fundação Renova, 2020, p. 65).

Segundo informações disponibilizadas pela gerência do Programa, houve a disponibilização de carros e cartão-combustível, contratação de equipes de território e capacitação de operadores de Proteção Social para os municípios que assinaram Termos de Cooperação Técnico Financeira visando à implementação de ações de apoio ao Sistema Único de Assistência Social, dirigido às famílias consideradas vulneráveis. Conforme informações localizadas nos relatórios anuais da Fundação Renova, Bom Jesus do Galho e Caratinga assinaram os Termos de Cooperação.

Além das iniciativas de apoio às ações concretas nos municípios, a Fundação Renova disponibiliza recursos financeiros aos municípios. Ainda segundo informações da gerência do Programa, em março de 2021 foi lançado um edital para apoiar organizações não-governamentais nos municípios que não assinaram o Termo.

PG006 – Programa Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social

Os objetivos do Programa Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social são, segundo a Fundação Renova (2020, p. 87):

Assegurar canais de integração, diálogo e relacionamento contínuo com a população impactada e demais públicos interessados, zelando sempre pela transparência e integridade, junto a todos os grupos e territórios de atuação da Fundação Renova.

Garantir acesso à informação ampla, transparente, acessível e contínua a todos os interessados, de modo a favorecer a participação esclarecida da sociedade nos processos de reparação e compensação.

Apoiar os demais programas da Fundação Renova no que tange à promoção de participação social e comunicação no desenvolvimento e implementação dos projetos socioeconômicos e socioambientais previstos no TTAC.

Este Programa reúne as iniciativas de diálogo com as comunidades atingidas, sobre os demais programas em desenvolvimento no meio socioeconômico, por meio de centros de informação ou de atendimento móvel.

Por sua inserção em diálogo com as comunidades o PG006 realiza a análise de contextos e cenários; análise, compreensão e organização dos fluxos para as demandas coletivas; proposição de ajustes às iniciativas e orientações aos atingidos.

PG014 – Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada

O Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada tem como objetivo

Identificar alterações no perfil de saúde da população atingida, em decorrência do rompimento. Com base em evidências de correlação, desenvolver atividades de apoio à saúde física e mental dos impactados" (Fundação Renova, 2020, p. 218).

O Programa realizou visitas técnicas para avaliação do perfil de saúde dos atingidos nos municípios de Dionísio, Marliéria, Bom Jesus do Galho, Caratinga, Córrego Novo e Raul Soares (Fundação Renova, 2020, p. 223).

Há informação sobre a realização de pesquisa para traçar o perfil epidemiológico e sanitário das populações residentes nas áreas impactadas, de Mariana à foz do rio Doce, em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), por meio de um convênio de cooperação técnica. Segundo notícia divulgada no site da Fundação Renova¹⁰⁴:

A Fapes e a Fapemig serão responsáveis pela elaboração do edital de seleção dos projetos de pesquisa no Espírito Santo e em Minas Gerais. Caberá à Fundação Renova disponibilizar um total de R\$ 15 milhões às instituições de pesquisa para a realização dos estudos previstos que vão incluir os temas: epidemiologia, saúde mental, saúde do trabalhador e toxicologia.

Segundo informação prestada pela Fundação Renova “o Termo de Convênio com a FAPES/ FAPEMIG para a realização dos estudos de saúde foi firmado pela Fundação Renova, porém o Edital ainda não foi publicado. O tema encontra-se judicializado e aguarda-se a avaliação e homologação judicial para a publicação do Edital, nos termos da ACP 1000260-43.2020.4.01.3800”¹⁰⁵.

PG015 – Promoção da Inovação

Segundo a Fundação Renova (2020, p. 239) o Programa Promoção da Inovação tem como objetivos:

Fomentar a inovação e financiar a produção de conhecimento relacionado à recuperação das áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão, através da criação e fortalecimento de linhas de pesquisa de tecnologias aplicadas, com internalização das tecnologias geradas para o processo de recuperação.

Segundo informações da gerência do Programa, estão em andamento duas pesquisas na região do Parque Estadual do Rio Doce, ambas contratadas por meio da Chamada 09/2018, que preveem a coleta de dados em um ou mais municípios que compõem a zona de amortecimento do PERD. A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) conduz a pesquisa “Possibilidades e limites da educação escolar no processo de reconstrução das áreas campesinas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão” que inclui os municípios de Dionísio, Raul Soares, Marliéria, Timóteo, Pingo D’água, Córrego Novo, Ipatinga, Caratinga e Santana do Paraíso. A pesquisa “Tecnologias sociais inovadoras para recuperação de áreas degradadas pela mineração - rompimento da barragem de Fundão em Mariana, Minas Gerais” é conduzida pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e inclui, na etapa de coleta de dados para definição da abrangência do estudo, os municípios de Ipatinga, Raul Soares e Timóteo.

Associadas ao Programa foram localizadas as iniciativas: cursos on-line de qualificação profissional para jovens e Plataforma de educação financeira para famílias com cadastro ou solicitação de cadastro¹⁰⁶.

PG017 – Retomada das Atividades Agropecuárias

O Programa Retomada das Atividades Agropecuárias, segundo a Fundação Renova (2020, p. 257), tem como objetivos:

¹⁰⁴ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/noticia/convenio-com-fapemig-e-fapes-viabiliza-pesquisas-epidemiologicas-e-sanitarias/>. Acesso em 26.mar.2021.

¹⁰⁵ Informação contida em comunicação por e-mail entre Fundação Renova e Instituto Ekos, em 12 de julho de 2021.

¹⁰⁶ Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/noticia/inscricoes-abertas-para-cursos-on-line-de-qualificacao-para-jovens-de-minas-e-do-es/> e <https://www.fundacaorenova.org/noticia/plataforma-gratuita-de-educacao-financeira-leva-orientacoes-para-familias-indenizadas/>. Acessos em: 24.fev.2021.

Reparar os danos socioeconômicos e ambientais aos produtores rurais ao longo da calha do rio Doce em virtude do rompimento da barragem de Fundão, bem como oferecer apoio técnico de modo a garantir o reestabelecimento da rotina produtiva em condição pré-existente ao evento, incluindo ações relacionadas ao incremento de alternativas para manejo de solo e água. Ainda, para além da reparação propriamente dita, serão fornecidos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural, que fomentarão a utilização de técnicas produtivas sustentáveis, visando a agregação de valor, diversificação econômica inclusiva e alternativas aos produtores rurais que também atuam em atividades pesqueiras no rio Doce.

Foram identificadas, nos documentos disponíveis no site da Fundação Renova, menções aos municípios de Dionísio, Timóteo, Bom Jesus do Galho, Caratinga, Córrego Novo, Pingo D'água, Ipatinga e Santana do Paraíso. As menções se referem à oferta de cursos de capacitação, em 2019, realizados em parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) (Fundação Renova, 2019, p. 264-265); à oferta de assistência técnica pela instituição Associação Humana Povo Para Povo Brasil¹⁰⁷, em 2020; e à realização de reuniões para mobilização de produtores rurais atingidos visando esclarecimentos e adesão às ações de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER)¹⁰⁸, relativas à retomada das atividades agropecuárias (Fundação Renova 2020, p. 95).

Segundo a gerência do PG 017, a assistência técnica individual é dirigida aos locais impactados, enquanto a coletiva pode abrigar até 30% de não impactados pelo rompimento da barragem de Fundão. Ainda segundo a gerência, dentre os municípios da área de estudo, Bom Jesus do Galho abriga o território onde se localiza um número expressivo de produtores rurais profissionais e de subsistência, em pequenas propriedades que produzem leguminosas, hortaliças e frutas, o distrito de Revés do Belém.

O PG017 realiza reuniões de mobilização visando estimular produtores rurais a aderirem ao Programa. Em 2019, ocorreram reuniões em Bom Jesus do Galho, Caratinga, Ipatinga e Santana do Paraíso, reunindo produtores da região do PERD. A gerência do Programa informou que nova reunião de mobilização destinada aos municípios da área de estudo ocorreu em março de 2021, contando com 140 produtores. Até fevereiro de 2021, 34 produtores rurais impactados haviam aderido ao PG017, sendo 30 de Bom Jesus do Galho e quatro de Córrego Novo, segundo a mesma fonte.

Em 2019 também ocorreram cursos de capacitação em Apicultura, no município de Dionísio; em Gestão de Mercado, nos municípios de Bom Jesus do Galho, Córrego Novo, Pingo D'Água e Santana do Paraíso; em Fruticultura nos municípios de Caratinga e Santana do Paraíso.

O potencial de reparação, no caso dos municípios mencionados nos documentos divulgados pela Fundação Renova indica a atuação em duas frentes: a capacitação dos produtores e, mais recentemente, a assistência técnica. Estima-se que, combinado com outros programas, o Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias possa apoiar as populações atingidas, possibilitando a ampliação das atividades agropecuárias que, na região, não são preponderantes.

PG018 – Desenvolvimento e Diversificação Econômica

O Programa Desenvolvimento e Diversificação Econômica, segundo a Fundação Renova (2020, p. 282) tem

¹⁰⁷ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/noticia/ater-sustentabilidade-mineira-instituicoes-selecionadas-nos-lotes-7-8-e-10-e-abertura-de-novos-lotes/>. Acesso em 07.mar.2021.

¹⁰⁸ Disponível em: https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2019/12/edital-ater- -lote-06_revisao-01_final.pdf

como objetivo

Adotar estratégias que contribuam para o desenvolvimento econômico da região e a redução da dependência da atividade minerária, estimulando o surgimento de novas indústrias/negócios baseadas em alternativas tecnológicas e sustentáveis, promovendo uma maior integração produtiva da população, conforme cláusulas 129 e 130 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta - TTAC.

Segundo informações da gerência do Programa, tem-se realizado: levantamentos de Negócios da Cadeia do Turismo na região do PERD, em especial na região de Marliéria e de Fornecedores Locais para o VimVer da Calha; assistência a grupo de costureiras de Baixa Verde, em Dionísio, para fabricação e comercialização de máscaras para a Fundação Renova; assistência a apicultora de Baixa Verde, em Dionísio, para formalização e comercialização de mel e favo à Fundação Renova; apoio à formalização de produtores rurais e apoio à divulgação de comércios em Dionísio, Marliéria e Bom Jesus do Galho.

PG019 - Programa Recuperação de Micro e Pequenos Negócios

Embora o Programa Recuperação de Micro e Pequenos Negócios esteja voltado para os municípios localizados entre Fundão e Candonga e entre Regência e Povoação (Fundação Renova, 2020, p. 294) uma de suas iniciativas se destina a todos os municípios atingidos pelo rompimento da barragem.

Segundo as informações disponíveis no site da Renova, o Fundo Desenvolve Rio Doce disponibilizou de 2017 a 2019, “cerca de 53 milhões em crédito para 1.364 micro e pequenas empresas mineiras e capixabas localizadas nos municípios atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão”¹⁰⁹ para empresas com faturamento de até 30 milhões de reais.

Foram 2.438 empresas inscritas e 416 empresas (17,1%), com sede em municípios da área de estudo, beneficiadas com crédito do Fundo Desenvolve Rio Doce, conforme a Tabela 106.

Tabela 106. Quantitativo de empresas proponentes e beneficiadas pelo Fundo Desenvolve Rio Doce, na área de estudo, 2020.

Município	Empresas com Propostas	Empresas Beneficiadas
Dionísio	3	1
Marliéria	6	1
Timóteo	420	75
Bom Jesus do Galho	40	4
Córrego Novo	4	2
Ipatinga	1.676	290
Raul Soares	178	19
Santana do Paraíso	178	19
Total	2.438	416

Fonte: PG019, Fundação Renova, 2021

No PG019, empresas de Ipatinga foram beneficiadas pela plataforma #fiqueemcasa que apresenta mapas

¹⁰⁹ Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/noticia/fundo-desenvolve-rio-doce-ja-emprestou-mais-de-r-53-milhoes-para-negocios-de-minas-e-espirito-santo/>. Acesso em 25.fev.2021.

colaborativos de deliverys para negócios locais¹¹⁰. No entanto, não há informações sobre quantas empresas no município aderiram à plataforma.

PG020 – Programa Estímulo à Contratação Local

O Programa Estímulo à Contratação Local tem como objetivo, conforme a Fundação Renova (2020, p. 303)

Estabelecer um processo de priorização de contratação local visando estimular o uso da força de trabalho local e de redes locais de fornecedores para as ações que forem desenvolvidas de Fundão à Regência, conforme cláusulas 134 a 136 do TTAC.

Segundo o documento disponível no site da Fundação Renova¹¹¹ e informações da gerência do Programa, a Renova identificou produtores rurais atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão e vem realizando a compra de seus produtos. A identificação está registrada na Tabela 107, a seguir.

Tabela 107. Produtores rurais atingidos e produtos adquiridos pela Fundação Renova.

Município	Produtor Atingido	Produtos
Bom Jesus do Galho	Produtor Individual	Banana, mandioca e abóbora
Bom Jesus do Galho	Produtor Individual	Milho, frutas, verduras e legumes
Caratinga	Associação/Cooperativa	Café, leite, horticultura
Santana do Paraíso	Associação/Cooperativa	Folhosas, banana, mandioca, mel, leite
Santana do Paraíso	Produtor Individual	Limão
Santana do Paraíso	Produtor Individual	Carne de carneiro/cabra.

Fonte: PG020, Fundação Renova, 2021

A gerência do Programa informou que vem realizando a Prospecção de Fornecedores na região de Ipatinga e o Levantamento inicial de Fornecedores Atingidos

PG021 – Programa Auxílio Financeiro Emergencial

Segundo a Fundação Renova (2020, p. 318) o Programa Auxílio Financeiro Emergencial tem como objetivo:

conceder auxílio financeiro mensal à população impactada que tenha tido comprometimento de sua renda em razão de interrupção comprovada, nos termos da cláusula 21 do TTAC, de suas atividades produtivas ou econômicas em decorrência do evento, até o restabelecimento das condições para retomada das atividades produtivas ou econômicas.

As informações disponíveis para os municípios da área de estudo são de 2018, conforme a Tabela 108.

Tabela 108. Cadastro Emergencial e Pagamento de Auxílio Financeiro Emergencial nos municípios da área de estudo.

Programa 21 – Auxílio Financeiro Emergencial

¹¹⁰ Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/noticia/empreendedores-de-quatro-cidades-da-regiao-do-rio-doce-terao-uma-nova-ferramenta-para-divulgar-seus-negocios/>. Acesso em 25.fev.2021.

¹¹¹ Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/noticia/fundacao-renova-realiza-mapeamento-de-fornecedores-atingidos/>. Acesso em 25.fev.2021.

Cadastros emergenciais (2018)	
Dionísio	9
Marliéria	0
Timóteo	0
Bom Jesus do Galho	366
Caratinga	94
Coronel Fabriciano	0
Córrego Novo	10
Ipatinga	53
Jaguaraçu*	Não há menção ao município
Pingo D'Água	9
Raul Soares	0
Santana do Paraíso	181

*O município de Jaguaraçu faz parte da área de estudo por integrar a zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce. Localizados em região a oeste do PERD, não teve sua área atingida pelo rompimento da barragem, não sendo considerado nos programas de reparação da Fundação Renova.

Fonte: Site da Fundação Renova. Mapa de Atuação¹¹².

As medidas voltadas aos danos causados ao turismo e lazer e à pesca são caracterizadas adiante.

Para enfrentamento dos impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão relacionados ao turismo e lazer, a Fundação Renova estruturou o Programa 13, que apresenta ações para o enfrentamento dos temas relacionados à cultura, ao turismo, ao patrimônio, ao esporte e ao lazer. O Programa 13 possui dois projetos em andamento que abarcam todos os municípios atendidos, dentre eles os da área de estudo. São esses os projetos: 1 – Edital Doce e 2 - Fortalecimento das organizações locais.

Com relação ao primeiro, este tem o objetivo de “Apoiar projetos que promovam a melhoria da qualidade de vida da população e o desenvolvimento turístico nos municípios atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão”. Ele tem atendido uma grande gama de entidades, ou mesmo pessoas físicas. Contudo, é importante destacar que este projeto está temporariamente interrompido devido à pandemia da Covid 19, que impossibilitou os trabalhos de campo.

Com relação ao segundo projeto, que visa o fortalecimento das organizações locais, este também atende uma gama de atores, ligados às organizações do terceiro setor, grupos informais e cooperativas. O objetivo deste projeto é “Fortalecer instituições e grupos tradicionais para que atuem como partícipes do desenvolvimento local e para a melhora da qualidade de vida em comunidades atingidas”. Trata-se de uma linha de fomento que vai investir em projetos de formação para o terceiro setor. Ele foi aberto para organizações e grupos informais com atuação nas áreas de turismo, cultura, esporte e lazer. O recebimento de propostas para estas ações teve seu encerramento de inscrições de interessados no dia 31 de março de 2021 e está agora em fase de análise pela equipe da Renova.

Para além dos projetos em execução o Programa 13 da Renova conta com mais dois projetos que ainda estão em fase de contratação, destinados aos municípios da área de atuação, como os do entorno do PERD, que atenderem aos critérios de participação. Um desses projetos é o de Incentivo à Leitura, que é voltado às prefeituras. O objetivo deste projeto é “Promover a modernização de bibliotecas públicas municipais, conforme área de abrangência socioeconômica nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo”.

O outro projeto é o de Fortalecimento institucional para a cultura, esporte e lazer, que também tem como público alvo as prefeituras da região. O objetivo deste projeto é “Fortalecer o sistema municipal de cultura e

¹¹² Disponível em <https://www.fundacaorenova.org/dados-tecnicos/mapa-de-atuacao/>. Acesso em 26.mar.2021.

esporte, em consonância com as Políticas Nacionais de cultura e esporte, na área de abrangência socioeconômica nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo”.

Reforça-se aqui neste Programa 13, a atuação do “Polo Médio”, que atende os municípios situados entre Marliéria e Governador Valadares, tendo o PERD como grande elemento de atração, em sua área de uso público. Nessa linha, esse Polo visa atuar em ações de fortalecimento local, com projetos juntos às comunidades afetadas. Nesse sentido, está em contratação uma consultoria para a viabilização de um APL (Arranjo produtivo local) que tem como produto principal a criação de uma EGL (Entidade de governança local) que poderá abarcar representantes de outros municípios dos arredores do PERD, de acordo com a organização e atrativos a serem desenvolvidos pelo APL.

Para além da estruturação deste APL, o Programa conta com os projetos ligados ao fortalecimento do empreendedorismo turístico com ações de formação de pessoas ligadas à cadeia produtiva deste setor. Nesse sentido, visa apoiar o desenvolvimento e fortalecimento do empreendedorismo turístico nos municípios impactados, contribuindo para a geração de renda e a diversificação econômica local.

Na mesma linha, está em fase de análise um projeto de fortalecimento institucional para o turismo, cujo objetivo é fortalecer o sistema municipal de turismo, em consonância com a Política Nacional de Turismo. E, complementando esse projeto visando à restauração da imagem da UC, o Programa 13 também trabalha com um projeto de Promoção do destino turístico, que procurará atuar na recuperação da imagem do polo turístico e consolidação do mesmo como destino de destaque no cenário regional, estadual ou nacional, potencializando o fluxo de visitantes.

Contudo, para os municípios da porção situada a leste do PERD, nas práticas de lazer, ainda não há ações para o enfrentamento desses problemas. Há um grupo de trabalho que está analisando este tema nesse setor do PERD.

Em um primeiro momento do desastre, a medida de reparação implementada veio da Samarco (responsável até agosto de 2016), disponibilizando para as famílias que tiveram constatada a perda do meio de subsistência um Auxílio Financeiro Emergencial- AFE. Quando ocorreu a troca de gestão relacionada ao desastre e a Fundação Renova assumiu a responsabilidade sobre a reparação, a Samarco havia distribuído cerca de 7,9 mil cartões de AFE para aproximadamente 19 mil impactados em toda a área da bacia do rio Doce afetada pelo rompimento. O AFE às famílias compreendeu o valor de um salário-mínimo mensal, adicionado de 20% para cada membro da família e uma cesta básica no valor de R\$ 338,00, a título de antecipação de indenização¹¹³.

Os Programas da Fundação Renova PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e indenização dos impactados, identificam diferentes categorias relacionadas à atividade pesqueira passíveis de impactos no período pós-rompimento.

A título de sistematização, para identificar, cadastrar e promover acordos de ressarcimento e indenização dos impactados, a Fundação Renova estabeleceu as seguintes categorias relacionadas à atividade pesqueira: Pesca Profissional Regularizada; Pesca Profissional Regularizada Estuarina; Pesca Profissional Regularizada Continental; Pesca Não Regulamentada; Pesca de Subsistência; Pesca Camaroeiro; Pesca Marisqueiro; Pesca Caranguejero; Pesca Mergulhador; Cadeia da Pesca; Cadeia da Pesca Beneficiamento; Cadeia da Pesca Comercialização; Cadeia da Pesca Insumos e Serviços; Cadeia da Pesca Revendedor Formal; Cadeia da Pesca Revendedor Informal; Cadeia da Pesca Insumos e Serviços – Comercio e Petrecho; Cadeia da Pesca Produtiva.

Considerando a somatória de tais categorias, o número total de pescadores cadastrados pela Fundação

¹¹³ <https://www.samarco.com/reparacao/>

Renova em toda área afetada na bacia do rio Doce é de 17.324 pescadores. Em Minas Gerais, o total é de 1.890 pescadores (soma-se a este, mais 15.434 pescadores cadastrados no Espírito Santo¹¹⁴).

Os números registrados para cada município inserido na área de estudo estão organizados na Tabela 109. Dentre os municípios onde se localiza o PERD (Dionísio, Marliéria e Timóteo) e os da zona de amortecimento (Bom Jesus do Galho, Caratinga, Corrego Novo e Pingo D'Água), tem-se o registro de 1.253 pescadores.

Tabela 109. Número total de cadastros de pescadores em Minas Gerais incluídos em todas as categorias relativas aos impactos à atividade pesqueira estabelecidas pela Fundação Renova, por município da área de estudo em 2021.

Localidades	Número de cadastrados
Bom Jesus do Galho	953
Caratinga	152
Coronel Fabriciano	17
Corrego Novo	3
Dionísio	46
Ipatinga	213
Marliéria	1
Pingo D'Água	78
Santana do Paraíso	407
Timóteo	20
Total	1.890

Fonte: Fundação Renova, comunicação pessoal em 18 de março de 2021.

Os dados recentes sobre indenizações sistematizados até fevereiro de 2021, registram para toda a área afetada na bacia do rio Doce um total de 3.585 acordos de indenização, somados os acordos de pessoas físicas (3.521) e jurídicas (64). Deste total, em Minas Gerais foram firmados o total de 375 acordos, somados a mais 3.233 acordos no Espírito Santo¹¹⁵.

Especificamente sobre as atividades pesqueiras, os acordos indenizatórios, são classificados pela Fundação Renova sob duas formas distintas: 1- Pesca e 2- Pesca com Múltiplos Danos. Existem registrados um total de 3.096 acordos de indenização relacionados a pesca na bacia do rio Doce como um todo e 269 acordos nos municípios inseridos na área de estudo. Na área de estudo, apenas Marliéria e Timóteo não têm registro de acordos de indenização relacionados à atividade pesqueira (Tabela 110).

Vale apontar que parte deste quantitativo de acordos ainda precisam ser pagos, após elegibilidade dos critérios da Fundação Renova para pagamento. Na medida em que são analisados os cadastros e concluídos os processos de verificação e validação do dano conforme normas pré-estabelecidas pela Fundação Renova, as devidas indenizações podem ser pagas.

Tabela 110. Quantitativo de acordos de indenização relacionado à atividade pesqueira, por municípios de Minas

¹¹⁴ Informações disponibilizadas pela Fundação Renova em 18 de março de 2021, a partir dos dados sistematizados no escopo dos Programas PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados. Vale destaque de que os números aqui apresentados foram atualizados em 28 de fevereiro de 2021 e são dinâmicos, haja visto que o quantitativo dos cadastros e as indenizações vêm sendo realizadas em ritmo intenso, alterando números totais a cada semana.

¹¹⁵ Informações disponibilizadas pela Fundação Renova em 18 de março de 2021, a partir dos dados sistematizados no escopo dos Programas PG 02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados e PG 21: Auxílio Financeiro Emergencial (AFE). Vale destaque de que os números aqui apresentados foram atualizados em 28 de fevereiro de 2021 e são dinâmicos, haja visto que o quantitativo dos cadastros e as indenizações vêm sendo realizadas em ritmo intenso, alterando números totais a cada semana.

Gerais em 2021.

Localidade	Dano	Atingidos
Bom Jesus do Galho	Pesca	59
Caratinga	Pesca	42
	Pesca com múltiplos danos	6
Ipatinga	Pesca	20
	Pesca com múltiplos danos	1
Santana do Paraíso	Pesca	132
	Pesca com múltiplos danos	9
Total		269

Fonte: Fundação Renova, comunicação pessoal em 18 de março de 2021.

Como descrito anteriormente, muitos pescadores da área de influência do PERD e sua área de entorno demonstram receio em se autodeclararem pescadores após o estabelecimento da Portaria IEF nº 40/2017 que regulamenta a atividade de pesca no rio Doce, pois têm medo de serem vistos como criminosos e da repressão da Polícia Ambiental e Ministério Público (Fundo Brasil de Direitos Humanos, 2018a). Além disso, a FGV (2019b) identifica que as mulheres pescadoras, por exemplo, não estão devidamente contempladas nas indenizações, por não conseguirem comprovar sua participação direta nos processos, tais quais limpeza e negociações de venda de peixes, estando, em muitas das vezes, ligadas apenas como dependentes a seus maridos, ainda tratados como os “chefes de família”.

Buscando mediar e solucionar os conflitos referentes às indenizações aos pescadores afetados e impulsionar o Programa de Indenização Mediada (PIM), em 2018, a Fundação Renova criou e aprovou junto ao Comitê Interfederativo (CIF)116 o Projeto Pescador de Fato, elaborado em resposta às demandas das comunidades pesqueiras para a adequação do processo de reparação aos territórios e à complexa realidade presente na bacia do Rio Doce, na qual se verifica a presença da informalidade e pluriatividade de muitos trabalhadores vinculados à atividade pesqueira e sua cadeia produtiva. Em vista disso, seu objetivo, era a adequação de parâmetros e critérios do PIM, para ampliar o alcance do programa e acolher pleitos indevidamente excluídos pelas diretrizes vigentes (FGV, 2020).

Após a implementação de um projeto-piloto do Pescador de Fato, a FGV apresenta diferentes potenciais alterações que tornariam o projeto condizente com a melhoria do sistema indenizatório, dentre as quais a inclusão de formas de participação dos atingidos em diferentes etapas do processo de tomada de decisão: pactuação pelo direito a assento permanente para atingidos em paridade e com poder de veto no Comitê Observatório, além da participação de outros membros externos, e do ouvidor da Fundação Renova e de membros da Gerência de Direitos Humanos da Fundação Renova; reconhecimento e inclusão das mulheres, pela busca de paridade representativa nos espaços e direitos de reconhecimento do trabalho da mulher na pesca e na cadeia com seu reconhecimento independente e autônomo; desenvolvimento de procedimentos para maior transparência e previsibilidade das decisões tomadas relacionadas aos ajustes no escopo e políticas de elegibilidade do projeto pescador de fato junto às representações de atingidos; eliminação da exigência de apresentação do novo RGP para recebimento da totalidade do valor indenizatório, entre outros

¹¹⁶ Sua aprovação, com recomendações, foi sugerida pela Nota Técnica nº 22/2018/CTOS/CIF, elaborada em julho de 2018 e aprovada pela Deliberação CIF nº 182/2018.

aspectos.

Para atuar em prol da reconstrução e gestão sustentável da atividade pesqueira na bacia do Rio Doce, a Fundação Renova estabeleceu o **PG016 - Programa de Retomada das Atividades Aquícolas e Pesqueiras**¹¹⁷, que está inserido no Eixo 1 Pessoas e Comunidades e listado como um Programa Socioeconômico¹¹⁸.

O PG016 tem como objetivo “possibilitar a retomada das atividades aquícolas e pesqueiras conforme condições anteriores ao rompimento através da aprendizagem e diálogo com as comunidades pesqueiras atingidas, proporcionando oportunidades de renda e qualificação” (Fundação Renova, 2020, p. 5).

Para viabilizar as atividades pesqueiras, o Programa estrutura-se em dois eixos. O primeiro visa demonstrar aos pescadores, com a utilização de dados e informações produzidos no âmbito dos programas socioambientais, que o ambiente retornou às condições anteriores ao rompimento. O segundo eixo abarca as ações que serão realizadas enquanto, em razão dos efeitos do rompimento, não for possível a retomada da atividade pesqueira.

Seguindo as definições do TTAC, a área de abrangência do PG 016 inclui localidades e comunidades adjacentes ao rio Doce, rio do Carmo, rio Gualaxo do Norte e córrego Santarém, além de outras localidades do Espírito Santo. Trata-se de área ampla e heterogênea do ponto de vista ambiental, social, cultural e econômico, trazendo ao Programa o desafio de acolher a diversidade de características.

O público-alvo do Programa 016 é composto pelos pescadores e aquicultores atingidos, que realizam a atividade com finalidade comercial. São critérios: i) Registro Geral de Pesca (RGP), protocolo emitido de acordo com a legislação vigente em 2014 e 2015; aqueles considerados elegíveis à política “Pescador de Fato”; registro de licenciamento ambiental no órgão competente (para aquicultores). Trabalhos relacionados à captura, como a confecção e o reparo de artes e petrechos de pesca, os reparos realizados em embarcações de pequeno porte e o processamento do produto da pesca artesanal são considerados também como atividade pesqueira artesanal¹¹⁹.

O PG 016 tem como estratégia de atuação a aproximação com os grupos de interesse ligados à pesca e à aquicultura e a articulação institucional junto aos governos dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e o governo federal.

Os resultados do programa serão avaliados por meio de indicadores relacionados aos eixos de atuação, buscando-se alcançar a meta de 100% de pescadores(as) e aquicultores(as) contemplados(as) nas ações:

- Percentual de pescadores(as) / aquicultores(as) atendidos para o exercício de atividades alternativas;
- Percentual de pescadores(as) / aquicultores(as) em condições de retomar o exercício das atividades produtivas;
- Percentual de pescadores(as) e aquicultores(as) atendidos(as) pela assessoria e assistência técnica de ATER

¹¹⁷ Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/programa/retomada-das-atividades-aquicolas-e-pesqueiras/>. Consulta em: 15 fev. 2021.

¹¹⁸ Mais outros 2 eixos compõem os Programas: Eixo 2: Terra e Água e Eixo 3: Reconstrução e Infraestrutura.

¹¹⁹ Pescadores de subsistência atingidos pelo rompimento são assistidos por outros programas de ações indenizatórias e poderão ser atendidos nas capacitações do público da pesca de subsistência.

Especificamente nas comunidades dos municípios inseridos na área de estudo, dentre as ações no âmbito do PG016 disponíveis no Relatório Anual de Atividades (Fundação Renova, 2021) e no site institucional da Fundação Renova, destaca-se:

1. Relatório de dados preliminares/secundários referente ao estudo da Caracterização Socioeconômica da Pesca, Aquicultura e Monitoramento Pesqueiro¹²⁰ (em agosto de 2020) e conclusão da análise do relatório de dados preliminares da Caracterização Socioeconômica da Pesca e Aquicultura e Monitoramento Pesqueiro (outubro, 2020).

O documento denominado “Relatório do Conhecimento da Atividade Pesqueira e Aquícola no litoral do Espírito Santo e ao longo rio Doce”, foi produzido e publicado referente à primeira etapa do monitoramento, apresentando um diagnóstico das atividades pesqueiras pré-desastre e detalhando o planejamento metodológico para implementação do monitoramento das atividades pesqueiras (Fundação Renova, s/d). Dentre os diferentes métodos existentes na literatura para obtenção dos dados junto às comunidades, serão usados no monitoramento da pesca ao longo da calha do rio Doce: i) entrevistas diretas com os pescadores durante as descargas do produto da sua pescaria; ii) registro pelos pontos de escoamento do pescado (vendas), ou seja, os coletores ou agentes de campo coletam tais informações registrando dados da produção desembarcada e data de coleta. Neste caso agrupam informações de diversos pescadores que venderam suas produções àquele mercado ou ao atravessador/peixeiro; iii) Auto registro – o pescador anota as informações de sua pescaria e a cada semana, o coletor ou agente de campo visita o pescador para coleta de dados; iv) Na própria comunidade ou bairro onde reside o pescador/família – o coletor visita a comunidade e aplica a entrevista com objetivo de resgatar o registro de sua pescaria durante a semana (Fundação Renova, s/d; Mendonça et al., 2018).

Tais informações permitirão acompanhar as oscilações dos recursos alvo da pesca ao longo do tempo, bem como as mudanças no perfil da atividade pesqueira regional ou local e a vulnerabilidade de uma comunidade pesqueira. Dessa forma, será possível propor ações estratégicas visando a continuidade da atividade e exploração do recurso de forma sustentável, minimizando os efeitos de sobrepesca, bem como outros impactos antrópicos causados sobre o recurso e consequentemente sobre a produtividade pesqueira regional (Fundação Renova, s/d).

Formalização da Associação de Pescadores do Rio Doce (ASPERDOCE) e ASPIPEC (outubro, 2020): formalizadas em 2020, com apoio do PG-16¹²¹ busca fortalecer o associativismo entre os pescadores da bacia do rio Doce. Foi promovido um intercâmbio entre as recém fundadas associações e visitas técnicas em empreendimentos aquícolas. Soma-se a este fato, a consolidação de um levantamento de todas as Cooperativas no Estado de Minas Gerais como ação que se insere no fomento e fortalecimento do associativismo e cooperativismo (Fundação Renova, 2019), aspecto fundamental para a retomada da pesca sustentável na região.

2. Mapeamento das potencialidades econômicas para estruturação produtiva e alternativas de renda (Diagnóstico da cadeia, Percepção de impacto e Viabilidade de projetos). Entre abril e agosto de 2020 foram entregues os relatórios parciais com informações preliminares de dados secundários dos municípios de Marliéria, Pingo D’Água, Raul Soares, Timóteo, Córrego Novo, Dionísio, Ipatinga

¹²⁰ O “Monitoramento e Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira no Rio Doce e Litoral do Espírito Santo” é uma parceria entre a Fundação Renova, a Universidade Federal do Espírito Santo, a Fundação Espírito-Santense de Tecnologia, o Instituto de Pesca e a Fundepag que visa consolidar o Estado do Conhecimento da Atividade Pesqueira e Aquícola no Litoral do Espírito Santo e ao Longo do Rio Doce e promover o monitoramento da atividade pesqueira no pós-rompimento para subsidiar as ações de reparação aos impactos à atividade pesqueira.

¹²¹ A ação faz parte do Programa de Apoio ao Associativismo e ao Cooperativismo, uma parceria entre os programas Desenvolvimento e Diversificação Econômica, Retomada das Atividades Pesqueiras e Diálogo Social da Fundação Renova.

e Bom Jesus do Galho (entre outras localidades de Minas Gerais e do Espírito Santo).

6.4. Lacunas de informação sobre o diagnóstico pós-rompimento

Hidrogeologia

No diagnóstico (pós-desastre), buscou-se informações hidrogeológicas na literatura e na consulta ao Sistema de Informação de Águas Subterrâneas-SIAGAS/CPRM. Os relatórios e publicações científicas consultadas apresentam resultados de análises químicas em poços presentes na ZA e no entorno. Foram detectadas concentrações de ferro, manganês e alumínio acima dos padrões de referência, no entanto o universo amostral não permite uma análise estatística e faltam dados analíticos históricos que permitam estabelecer relação com a contaminação oriunda das lamas de rejeito. Na busca de registros do SIAGAS/CPRM, não foram obtidos de poços instalados pós-desastre (15/11/2015).

Limnologia e Qualidade da água

Não foram identificados estudos conduzidos após o rompimento da Barragem de Fundão com dados sobre a qualidade da água e, mais amplamente, à limnologia dos tributários ao rio Doce e ao rio Piracicaba que drenam o PERD. Da mesma forma, não encontramos estudos conduzidos após o rompimento da Barragem de Fundão sobre a limnologia e à qualidade da água nos lagos nos terrenos mais baixos e próximos ao rio Doce e, portanto, mais vulneráveis à inundação em seus ciclos de cheia.

Pedologia

Não foram identificados estudos sobre a concentração de metais pesados nos solos na área de estudo, após o rompimento da Barragem de Fundão. Um estudo conclusivo, deveria contemplar a coleta de amostras de solo in loco, especialmente em solos das planícies fluviais do rio Doce e próximo aos canais tributários, antes e após o evento de rompimento.

Geomorfologia fluvial e hidrossedimentologia

Os dados pluviométricos, fluviométricos e sedimentométricos provenientes das mesmas estações de monitoramento listadas na linha de base foram usados nos estudos hidrossedimentológicos realizados para o período após a ruptura da barragem de Fundão.

Foram incorporados os dados do monitoramento emergencial realizado pela CPRM ainda em novembro e dezembro de 2015 (CPRM, 2015 a e b; CPRM, 2016, a e b). O monitoramento emergencial da CPRM permitiu acompanhar a propagação da onda de ruptura e da massa de água contendo elevada concentração de rejeitos provenientes de Fundão. A CPRM também realizou coleta de sedimentos de fundo e, para as amostras de sedimentos em suspensão e de fundo, realizou a caracterização granulométrica e físico-química.

Os dados do monitoramento emergencial da CPRM também em Belo Oriente permitiram estabelecer uma primeira estimativa do volume de rejeitos depositados entre Cachoeira dos Óculos e a própria estação Belo Oriente.

Há uma vasta literatura técnica e científica de estudos de propagação dos rejeitos entre a barragem de Fundão e a foz do rio Doce, incluindo vários estudos contratados pela Fundação Renova que foi consultada e contribuiu para o diagnóstico dos impactos ao meio físico, inclusive os resultados do monitoramento realizado no âmbito do programa PMQQS.

As principais lacunas de conhecimento para os estudos hidrossedimentológicos e de geomorfologia fluvial após a ruptura da barragem de Fundão são as seguintes:

- Não há identificação, delimitação e estimativa dos volumes dos depósitos de rejeitos na calha do rio Doce, na planície fluvial, nas ilhas e barras fluviais e nas confluências com os tributários. Esses dados não estão disponíveis para o período logo após o trânsito dos rejeitos nem para os anos seguintes.
- Não há análises de composição físico-química dos sedimentos em suspensão e de fundo, não sendo possível estabelecer uma linha de base para comparação dessas variáveis com o período pós-ruptura.
- A ausência de dados topográficos de alta resolução para a área do PERD, a calha e a planície fluvial do rio Doce e para as confluências, bem como de mapeamento de zonas inundáveis ao longo do rio Doce e de seus tributários, nas confluências, para diferentes riscos hidrológicos (tempos de retorno) não permitem uma análise precisa das áreas potencialmente impactadas ou que venham a ser impactadas por inundações na planície fluvial. Isso inclui os riscos de contaminação da planície fluvial e, eventualmente, de lagos localizado no PERD e na ZA por extravasamentos do rio Doce e/ou efeitos de remanso sobre os seus tributários.

Não há monitoramento sedimentométrico específico com o fim de bem caracterizar os processos de ressuspensão e transporte de sedimentos e de rejeitos depositados na calha do rio Doce quando ocorrem cheias. O monitoramento executado no âmbito do PMQQS e as análises sedimentométricas em curso no âmbito do Plano de Manejo de Rejeitos podem sugerir a persistência desses processos de ressuspensão, transporte e deposição de rejeitos e são importantes para uma avaliação da persistência de impactos

Vegetação

Monitoramento de contaminação em plantas aquáticas e terrestres ainda inconclusivo.

A respeito da flora do PERD, os dados que mais fizeram falta para construção da linha de base e posterior diagnóstico da condição da vegetação pós rompimento da barragem foram aqueles concernentes à vegetação ciliar do Rio Doce e do Ribeirão Belém, pelos quais a lama de rejeitos teve passagem. Não há pesquisas anteriores sobre composição de espécies e sua condição antes do rompimento da barragem. Isso dificulta analisar os possíveis impactos sofridos por essa parcela da vegetação que foi diretamente afetada pelo rompimento.

Mastofauna

As lacunas relacionadas à mastofauna, tanto pré como pós rompimento, são o desconhecimento das espécies de pequenos mamíferos e quirópteros de ocorrência no PERD, que necessita de estudos sistemáticos e de levantamento voltado para a detecção do maior número de espécies presentes (não através de métodos que limitam os levantamentos, como o RAPELD), e o monitoramento e estudos sobre o uso do espaço pelas espécies de mamíferos de médio e grande porte. Este último aparentemente é parte do

monitoramento de longo prazo do PELD/CNPq, mas não teve seus dados disponibilizados. Tanto para pequenos mamíferos quanto para os de médio e grande porte, no período pós-rompimento, não foram avaliados de forma aprofundada a presença de contaminantes nos tecidos. Tais estudos são fundamentais para determinar a extensão e duração dos possíveis danos causados às populações.

Avifauna

Os dados disponíveis para o PERD apresentam sérias limitações e lacunas de conhecimento. Os frequentes e recorrentes erros de identificação e/ou nomenclaturais encontrados em inventários anteriores (35 espécies não tiveram seus registros considerados válidos, Lista de espécies 9, Anexo 5) dificultam a apreciação e reduzem a confiabilidade dos dados disponíveis. A falta de datação dos registros prévios é outro problema frequente, dificultando a contextualização temporal dos registros. Outro problema sério é que muitas das listagens disponíveis aparentemente incluem registros de terceiros, sem, no entanto, explicitarem a fonte original dos dados. Por esse motivo fica difícil acessar o real status de algumas espécies tais como *Aburria jacutinga* e *Crax blumenbachii*, exhaustivamente citadas na literatura para a unidade de conservação, mas cuja persistência na área é duvidosa. Por fim, praticamente todos os dados disponíveis para o PERD são qualitativos (presença/ausência), não oferecendo informações quantitativas. Portanto, apesar do vasto conjunto de dados disponíveis para o PERD, a qualidade destes dados não é boa, o que compromete a construção de uma linha de base robusta como a requerida para o tipo de estudo aqui pretendido.

Herpetofauna

A ausência de uma linha de base que possa ser adequadamente comparada com o cenário verificado pós-desastre constitui certamente uma grande lacuna de informação que impede que alterações possam ser detectadas. Ainda, praticamente todas as informações pré-desastre são provenientes de localidades distantes da calha e margem do rio Doce. Assim, a ausência de informações provenientes desses ambientes que foram os mais afetados pelo rompimento também dificulta a detecção de alterações que possam ser atribuídas ao desastre.

Ictiofauna

Os dados de ictiofauna levantados para a confecção da linha de base deste trabalho, não coincidem com os monitoramentos pós-desastre, essa é uma grande lacuna, que impede a comparação da informação e a detecção das alterações ocorridas neste grupo após o rompimento da barragem de fundão. A inclusão de pontos de monitoramento que coincidisse com amostragens pretéritas, quando for possível recuperar essa informação, poderiam ajudar a entender melhor o impacto real sobre riqueza e abundância. Além disso, há pouca informação referente a outros corpos d'água que não o rio Doce. As lagoas do PERD contam com alguns estudos, no entanto não há informação a respeito da ictiofauna dos tributários que cortam o parque e por vezes conectam as lagoas ao rio Doce.

Levantamentos focados nestes tributários poderiam ajudar a entender a dinâmica de deslocamento de algumas espécies e que tipo de espécies estes ambientes comportam ao longo de seu curso em diferentes regimes estacionais. Essa informação é imprescindível para que seja possível compreender os reais impactos das migrações forçadas que, segundo relato do gestor, ocorrem a cada evento de ressuspensão do rejeito depositado no leito do rio Doce, quer seja por consequência do aumento de vazão que ocorre na

época chuvosa, quer seja por conta das intervenções recorrentes, à montante da UHE Risoleta Neves.

A falta de informação acerca da dinâmica de dispersão das espécies de peixes no complexo de lagoas do PERD pode ser considerada outra lacuna importante. Latini (2016) apresenta uma correlação entre a extensão dos corredores de dispersão (canais que conectam as lagoas entre si e entre os tributários do rio Doce) com a ocorrência de espécies alóctones no sistema lacustre do médio rio Doce. Em geral, as espécies alóctones foram mais frequentes em lagoas conectadas por corredores de dispersão mais curtos, enquanto nas lagoas com corredores longos, elas não foram detectadas, ou foram pouco frequentes. No entanto não existe a informação da direção ou da sazonalidade da dispersão dos peixes no sistema de lagoas.

Implantar um sistema de monitoramento com transmissores passivos integrados (PIT-tags), com um sistema de antenas estrategicamente instalados ao longo da rede hidrológica do PERD, como na confluência dos corredores de dispersão com os tributários com o rio Doce permitiria compreender a dinâmica e a direção de dispersão Lagoas<->Tributários<->Doce, permitindo entender algumas questões importantes para a conservação da ictiofauna nativa do PERD:

Com o manejo direcionado das espécies alóctones, há a possibilidade da recolonização das lagoas pelas espécies nativas, provenientes de outros locais, e consequente recuperação das suas populações?

Após o rompimento da barragem de fundão, as lagoas do PERD atuam como fonte de propágulos da ictiofauna para recolonização do rio Doce?

Existe a possibilidade de transporte de contaminantes do rio Doce para as lagoas via ictiofauna, com potencial propagação da bioacumulação e bioamplificação desses contaminantes, através das cadeias tróficas, para dentro da UC?

Lazer e turismo:

- Ausência de estudos atualizados sobre as perdas econômicas dos estabelecimentos voltados às atividades de lazer e turismo, como lojas, hotéis, pousadas, bares, restaurantes, clubes náuticos.
- Ausência de informações acerca do perfil e do número de visitantes do PERD após o rompimento.

Pesca:

- Escasso material bibliográfico publicado sobre a estrutura e dinâmica da atividade pesqueira continental que caracterize as alterações e transformações pós-rompimento na bacia do rio Doce que têm influência na atividade.;
- Ausência de estudos qualitativos de rentabilidade da cadeia produtiva pesqueira, com coletas de dados primários que levem em conta sazonalidade, tamanho dos exemplares capturados, tipos de pesca e forma de comercialização (venda direta e/ou indireta).
- Ausência de estudos de monitoramento da produção pesqueira pós-rompimento, inclusive sobre a pesca nas lagoas do entorno e ZA do PERD.
- Ausência de informações advindas de um monitoramento contínuo da qualidade de pescados com dados suficientes para garantir o nível adequado da cobertura geográfica e a quantidade adequada de espécies e de espécimes por amostra para avaliar a segurança do consumo de peixes

provenientes do rio Doce e seus afluentes.

- Ausência de estudos focados em análises das concentrações de elementos químicos ainda não regulamentados pela legislação brasileira, cujo consumo possa trazer risco para a saúde humana.
- Ausência de informações primárias sobre a produção aquícola na Bacia do Rio Doce pós-rompimento, bem como sobre projetos de fomento à aquicultura para o médio Rio Doce; Vale destacar que dos municípios do PERD e seu entorno, as localidades de Marliéria, Dionísio e Timóteo apresentam produção de aquicultura apenas em anos posteriores a 2015 e Ipatinga tem dados de produção a partir de 2017, ambos períodos pós-rompimento e não existem informações que permitam compreender os efeitos do desastre no desenvolvimento desta produção.

7. EXPLORAÇÃO DE INTERAÇÕES E CADEIA DE CAUSAS-E-EFEITOS

7.1. Interações entre Aspectos e Impactos Desencadeados pelo Rompimento da Barragem nas UCS

Conforme mencionado na seção de metodologia, os diversos impactos físicos, bióticos e socioeconômicos do desastre não se manifestam isoladamente; eles são ao mesmo tempo consequência e indutores de outros impactos que se interagem com os inúmeros componentes biofísicos e socioeconômicos da bacia do rio Doce. Para explorar essas interações e cadeias de causa e efeito, a equipe de especialistas da Ekos, implementou uma análise de diagramas de interação por meio de uma lógica iterativa, ou seja, amadurecendo os diagramas à medida que os diagnósticos avançavam.

Por meio de reuniões entre coordenadores de meio e suas respectivas equipes, os impactos e interações foram sendo refinados, de modo a evidenciar os impactos diretos e indiretos de maior relevância para a área de estudo. Os diagramas estabelecem uma rede de hipóteses de ligações mecanísticas entre o rompimento da barragem de Fundão, de um lado, e cada um dos impactos reais e potenciais levantados, de outro. O conjunto de diagramas gera um Mapa Conceitual, que organiza a compreensão sobre a miríade de consequências decorrentes da perturbação ambiental sob análise.

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 (veja círculos na Figura 102) sequencialmente para o meio físico-químico (F), biótico (B) e socioeconômico (S). A Figura 101 representa a estrutura do Mapa Conceitual. E, mais adiante, na Figura 102, é apresentado o Mapa conceitual final.

Figura 101. Estrutura do Mapa Conceitual

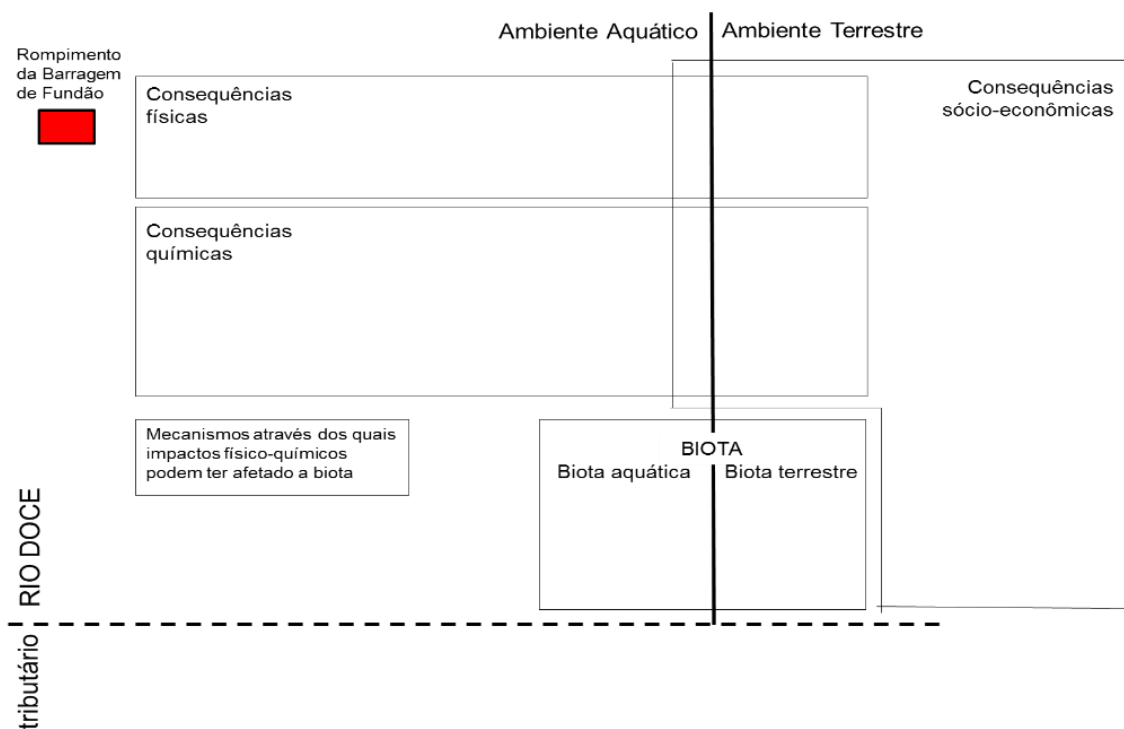
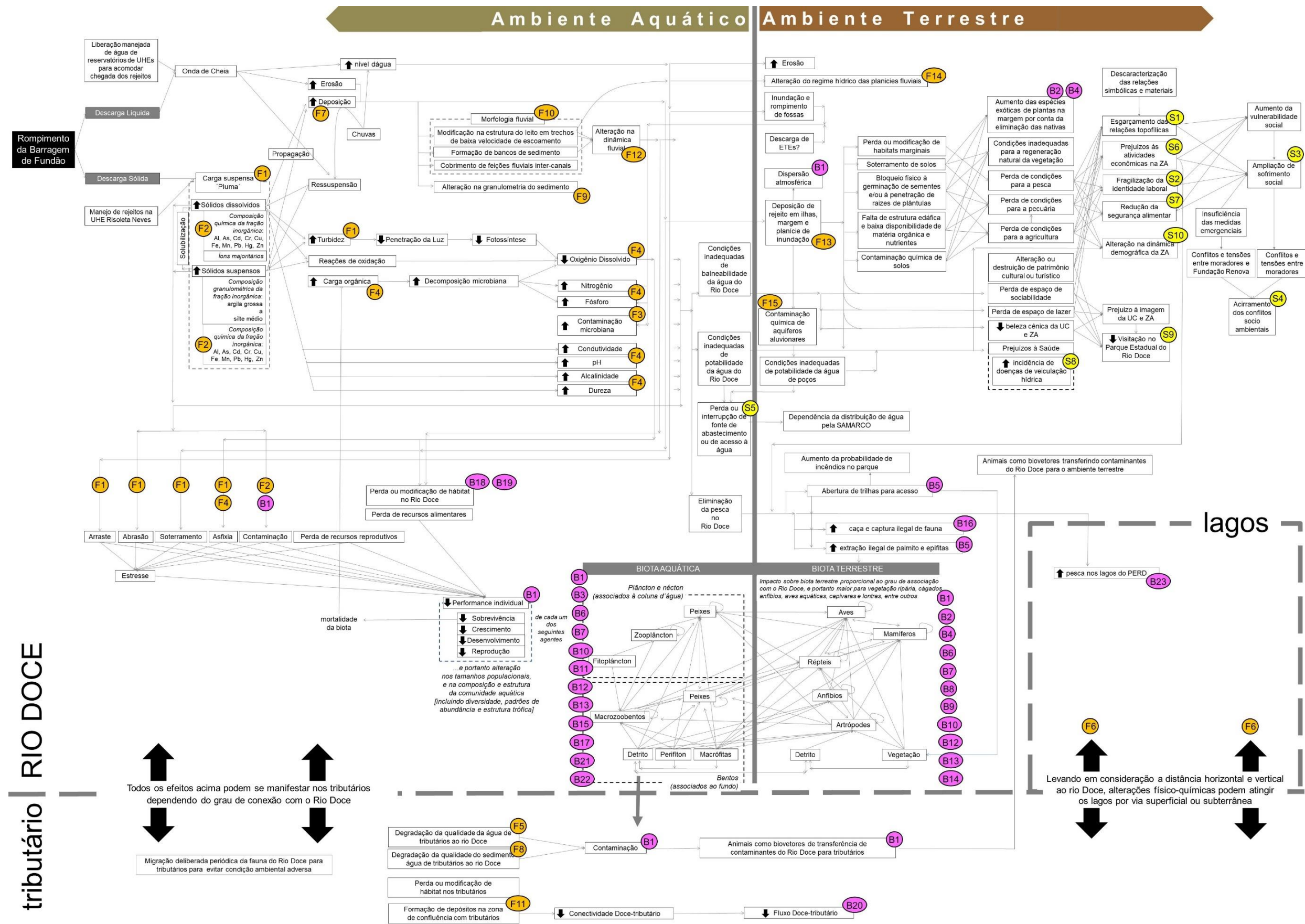


Figura 102. Mapa Conceitual



8. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

8.1. Impactos nos Componentes do Meio Físico

8.1.1. (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 44 milhões de metros cúbicos (LACTEC 2018a; LACTEC 2020) de rejeitos de minério de ferro no Rio Gualaxo, que é um afluente do rio Carmo, por sua vez afluente do rio Doce. Destes 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos, cerca de 14 milhões ultrapassaram a UHE Risoleta Neves (Candonga) na forma predominante de areias e siltes carregados em meio ao fluxo de água.

O aumento pronunciado da carga suspensa do rio Doce foi abundantemente registrado através de métricas como sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais e turbidez. É altamente provável que o aumento na carga suspensa tenha prejudicado seriamente a biota aquática pela diminuição da zona fótica, pela abrasão e pelo soterramento, bem como parte da biota aquática pela asfixia.

Todos os indicadores disponíveis mostram que a elevação na carga suspensa foi mais intensa nos primeiros dias, semanas e meses após o rompimento da Barragem de Fundão (2015, 2016), quando atingiu valores 3 ordens de grandeza ($>1.000X$) maiores que o limite superior da linha-de-base. Entretanto, a elevação na carga suspensa continuou se manifestando de forma progressivamente mais atenuada em todos os anos subsequentes (2016, 2017, 2018, 2019) pelo menos até 2020 (sólidos dissolvidos totais) ou mesmo 2021 (turbidez). Esta recorrência na elevação da carga suspensa é quantitativamente documentada pelas análises de qualidade de água nas Estações de Monitoramento Fluviométrico do IGAM em Marliéria (RD023) e do PMQQS em Bom Jesus do Galho (RD004) na ZA, e testemunhada por funcionários do PERD.

É razoável supor que este impacto se estenderá por 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 e margens do Rio Doce é muito grande e está distribuído ao longo de centenas de quilômetros de curso de rios a montante do PERD; (ii) a descarga de sistemas fluviais em geral, e do Rio Doce em particular, é altamente variável ao longo do tempo. Portanto descargas superiores às aquelas registradas nos últimos anos serão certamente registradas, impondo novos processos de erosão, suspensão e deposição.

Resumindo, este pode ser considerado um impacto **Verificado, Imediato e Negativo** sobre a qualidade da água do Rio Doce, causado pelo rompimento da Barragem de Fundão tanto **Direta** (rejeito em suspensão) quanto **Indiretamente** (sedimento do rio Doce e solo da margem do rio Doce erodidos e ressuspensos pela passagem do rejeito). Categorizamos ainda este impacto como **Temporário de Longo Prazo** uma vez que o lodo de rejeitos continuará, com toda a probabilidade, sendo ressuspensionado e carregado por mais de 10 anos. Por outro lado, este impacto é **Reversível**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção "6. Diagnóstico Pós-rompimento" - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e, portanto, uma subárea da Área de Estudo. Por isso, foi classificado como tendo **Extensão Local**. O componente afetado - isto é, as águas superficiais - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. Por sua vez, o impacto é de **Alta magnitude** pela capacidade de promover mudanças muitíssimo pronunciadas nos sistemas ecológicos e sociais. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada

Muito Alta.

8.1.2. (F2) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais.

O rompimento da Barragem de Fundão liberou 44 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério contendo uma variedade de elementos metálicos. Os principais elementos metálicos constituintes do rejeito depositado foram o ferro, o alumínio e o manganês (na faixa de concentrações de dezenas de g/kg, g/kg e décimos de g/kg de rejeito, respectivamente; dados médios do rejeito depositado entre o trecho Barragem de Santarém-UHE Risoleta Neves; LACTEC 2020). Também estiveram presentes o bário, o cromo e o zinco na faixa de concentrações de dezenas de miligramas por quilograma de rejeito (> 10 partes por milhão), e o arsênio, o chumbo, o cobre, o níquel, o cobalto e o estanho na faixa de concentrações de miligramas por quilograma (> 1 parte por milhão) de rejeito (LACTEC 2020).

De forma correspondente, a chegada da pluma de rejeitos no Rio Doce às margens do PERD promoveu um pico imediato de concentrações de uma variedade de elementos metálicos. Picos particularmente pronunciados foram aqueles observados para o manganês (excedendo o limite superior da linha de base em três ordens de grandeza, i.e. >1.000X), para o alumínio e o níquel (>100X), e para o arsênio, o cádmio, o chumbo, o cromo e o ferro (>10X). Excedeu o limite superior da linha de base ainda o cobre (>1X).

Juntamente com as alterações na turbidez, as elevações nas concentrações de ferro, alumínio e manganês são testemunho inequívoco da passagem da pluma de rejeitos na Zona de Amortecimento do PERD. Tratam-se, afinal, dos elementos dominantes na composição química do rejeito. O ferro dissolvido excedeu os limites superiores da linha-de-base em 9 dos 11 semestres desde o rompimento da Barragem do Fundão tendo, portanto, uma dinâmica de elevação persistente. O alumínio dissolvido excedeu os limites superiores da linha-de-base em todas as estações chuvosas de 2015-2016 a 2019-2020 tendo, portanto, uma dinâmica de picos recorrentes. Finalmente, o manganês excedeu os limites superiores da linha-de-base em 6 dos 11 semestres desde o rompimento da Barragem do Fundão. Ferro e alumínio continuaram excedendo os limites superiores da linha-de-base até a última amostragem na temporada chuvosa de 2020-2021.

Os demais metais tiveram uma dinâmica muito distinta. Arsênio, cromo e níquel tiveram claramente um único pico na passagem da pluma de rejeitos. Cádmio também aparenta seguir este padrão, uma vez que passado pico ligado à pluma de rejeitos, há uma única leitura elevada em 137 amostras tomadas, dois anos e meio depois do rompimento da Barragem de Fundão. O chumbo pode ter apresentado, além de um pico primário na passagem da pluma de rejeitos e nas semanas e meses subsequentes, picos secundários em 2017 e 2018. Mesmo assim, são duas leituras extrapolando os limites superiores da linha-de-base mas não os valores máximos históricos, em 101 amostras tomadas após a temporada chuvosa de 2015-2016. O cobre também teve duas leituras excedendo a linha-de-base, sendo uma na temporada chuvosa de 2015-2016, e outra na temporada seca de 2016.

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); enquanto cromo, arsênio e níquel estão em duas delas (revisado em Grillitsch e Schiesari 2010). Da mesma forma cádmio, chumbo, cromo, cobre, e arsênio são considerados metais de alta relevância ecotoxicológica enquanto níquel, 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).

A maior parte destes 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.

Resumindo, a contaminação das águas do Rio Doce e de corpos d'água marginais por metais pode ser considerada um impacto **Verificado, Imediato e Negativo** sobre a qualidade da água do Rio Doce, causado pelo rompimento da Barragem de Fundão tanto **Direta** (rejeito em suspensão) quanto **Indiretamente** (sedimento histórico do rio Doce e solo da margem do rio Doce erodidos e ressuspensos pela passagem do rejeito). Categorizamos ainda este impacto como de **Temporário de Longo Prazo**. Por um lado, metais são elementos e, como tal, contaminantes indestrutíveis; por esse motivo, recirculação no ambiente indefinidamente. Por outro lado, a atenuação de picos de concentração de metais ao longo do tempo sugere que, eventualmente, as concentrações de metais convergirão com a linha-de-base. Este impacto é **Reversível**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção "6. Diagnóstico Pós-rompimento" - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e, portanto, uma subárea da Área de Estudo. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, as águas superficiais - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. Por sua vez, o impacto é de **Alta magnitude** pela capacidade de promover mudanças muitíssimo pronunciadas nos sistemas ecológicos e sociais. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Muito Alta**.

8.1.3. (F3) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica

A passagem da pluma de rejeitos no rio Doce ao longo do PERD não foi acompanhada de alterações perceptíveis nas concentrações de coliformes totais ou de *Escherichia coli*. Porém, em diversas outras localidades do rio Doce, tanto a montante quanto a jusante do PERD, coliformes totais e coliformes termotolerantes apresentaram um pico de contagens após a passagem da pluma de rejeitos (Golder 2018). Assim, é **Provável** que um pico na concentração de coliformes tenha ocorrido ao longo do PERD, mas que tenha passado sem detecção. Note que na Estação de Marliéria coliformes termotolerantes não foram quantificados após o desastre, e que há apenas 3 registros para coliformes totais e *E. coli* em toda a temporada chuvosa que se seguiu ao desastre.

Esta contaminação, embora documentada, é de origem incerta. Uma possibilidade é que a onda de cheia resultante do rompimento da Barragem de Fundão tenha resultado na inundação e talvez rompimento de fossas e demais estruturas de saneamento situadas ao longo do Rio Doce a montante. Outra possibilidade é que com a passagem da pluma de rejeitos tenha havido liberação intencional de esgoto não-tratado por Estações de Tratamentos de Esgoto no rio Doce a montante. Em ambos os casos, tratar-se-ia de um impacto **Indireto, Imediato e Negativo**.

Categorizamos ainda este impacto como **Temporário de Curto Prazo**, uma vez que não houve evidência de elevação nas contagens de coliformes ou *Escherichia* nos semestres que se seguiram à temporada chuvosa de 2015/2016. O impacto é considerado **Reversível**. Se de fato a origem deste impacto for o rompimento de fossas sépticas, basta repará-las ou reformá-las; se for Estações de Tratamento de Esgoto, basta tratar o esgoto de forma mais efetiva. O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e, portanto, uma subárea da Área de Estudo. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, as águas superficiais - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. Por sua vez, o impacto é de **Média magnitude** uma vez que efêmero (ao menos no que diz respeito à contribuição do rompimento da Barragem de Fundão) e passível de solução (tratamento de água e esgoto). Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Alta**.

8.1.4. (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 provável contagem de contaminantes microbiológicos (Impacto F3), observou-se: (i) elevação na carga orgânica (DQO); (ii) elevação nas concentrações de macronutrientes (nitrito e potássio; outras localidades do rio Doce apresentaram ainda elevação no nitrato, na amônia, no nitrogênio orgânico e no fósforo total); (iii) diminuição na concentração de oxigênio dissolvido; e (iv) alterações em parâmetros básicos da qualidade de água (condutividade, cor, alcalinidade total; outras localidades do rio Doce apresentaram ainda alterações no pH e na dureza).

A maior parte destas alterações se manifestou de forma mais intensa nos primeiros dias, semanas e meses da passagem da pluma de rejeitos. Algumas delas persistiram ou voltaram a ocorrer posteriormente em estações subsequentes. A condutividade, por exemplo, apresentou um pico pronunciado (~100X >) concomitante com a passagem da pluma de rejeitos ao longo do PERD; após este pico, valores bem menores, mas acima do limite superior da linha-de-base foram registrados continuamente nos 9 semestres seguintes. Outras tiveram alterações momentâneas, mas com grande potencial de dano. O caso do oxigênio dissolvido é digno de menção. É altamente provável que a depleção do oxigênio dissolvido por ao menos 3 dias (7 a 9 de novembro de 2015 em Marliéria) tenha sido responsável pela mortalidade direta e massiva 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 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 do Rio Doce em Cachoeira dos Óculos tem cerca de 8m de profundidade, é altamente provável que o Rio Doce tenha experienciado, além de condições hipóxicas na superfície, condições de completa anoxia (ausência de oxigênio) em águas mais profundas.

Concluindo, este foi um impacto **Verificado, Direto, Imediato e Negativo** que pode ser considerado como **Temporário de Médio Prazo** uma vez que algumas das alterações acima mencionadas continuaram sendo registradas por períodos superiores a um ano. Este impacto ainda é **Reversível** pois existem tecnologias para sua remediação. O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e, portanto, uma subárea da Área de Estudo. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, as águas superficiais - é inequivocamente classificado como

de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. Por sua vez, o impacto é de **Alta magnitude** dada a pronunciada mudança em parâmetros de grande relevância como o oxigênio dissolvido. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Muito Alta**.

8.1.5. (F5) Degradação da qualidade da água de tributários ao Rio Doce

O rompimento da Barragem de Fundão teve consequências pronunciadas para a qualidade física, química e microbiológica da água do Rio Doce conforme descrito nos Impactos F1, F2, F3 e F4. Está registrado (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016) que a pluma de rejeitos penetrou ao menos 30 m no Ribeirão Belém, tributário do rio Doce dentro do Parque. O Ribeirão do Turvo foi similarmente afetado, de acordo com testemunho ocular de Vinicius de Assis Moreira, Gestor do Parque (entrevista em 12/04/2021). Se Ribeirão Belém e Ribeirão do Turvo foram afetados, é altamente provável que outros tributários do rio Doce dentro da UC, de acesso mais difícil para as equipes que vistoriaram o Parque por ocasião do desastre, também tenham sido afetados.

Conclui-se, portanto, que todas estas alterações ambientais descritas para a qualidade da água do rio Doce (F1, F2, F3, F4) também afetaram seus tributários na Área de Estudo.

A degradação física, química e microbiológica da água dos tributários do Rio Doce pode ser considerada um impacto **Verificado, Imediato e Negativo**, causado pelo rompimento da Barragem de Fundão tanto **Direta** quanto **Indiretamente** (ver F1, F2, F3 e F4 para justificativas). Se alguns dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre a qualidade da água do rio Doce foram classificados como Temporários de Longo Prazo (F1, F2), e se tributários como Ribeirão Belém, Ribeirão do Turvo e outros são afetados pela qualidade da água do rio Doce, então coerentemente este impacto precisa ser categorizado como **Temporário de Longo Prazo**. Este impacto é **Reversível**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado à confluência dos tributários com o rio Doce. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Pontual**. O componente afetado - isto é, as águas superficiais - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. Por sua vez, o impacto é de **Alta magnitude** pela capacidade de promover mudanças muitíssimo pronunciadas nos sistemas ecológicos e sociais. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Alta**.

Cabe, no entanto, uma nota. A pluma de rejeitos penetrou nos riachos algumas poucas dezenas de metros, resultando na classificação da Extensão Geográfica do impacto como ‘Pontual’. No entanto, esta penetração poderia ao menos em tese ser muito maior se organismos móveis estivessem transferindo contaminantes do Rio Doce para os tributários em sua biomassa, agindo como biovetores ou biotransportadores (Schiesari et al. 2017). Tal efeito ocorreria se organismos acumulassem biomassa no Rio Doce e migrassem ou dispersassem para dentro e ao longo dos tributários, ou ainda para o sistema terrestre, depositando contaminantes por meio da excreção, defecação, muda e, especialmente, morte e decomposição. Os casos mais bem documentados para biotransporte efetivo de contaminantes são aqueles mediados por salmões, que anualmente transferem mercúrio, DDT e PCBs do Pacífico Norte para cabeceiras de riachos centenas de quilômetros a montante; e de aves marinhas que transferem anualmente mercúrio, DDT, DDE, HCH, naftalenos policlorinados, e retardantes de chamas brominados dos mares para as ilhas onde congregam (Blais et al. 2007, Schiesari et al. 2017). Outros casos menos chamativos, mas também documentados e às vezes importantes são a transferência de mercúrio e PCBs de riachos e rios para o sistema terrestre por meio da metamorfose de insetos com desenvolvimento larval aquático (Schiesari et al. 2017).

Para avaliar de forma preliminar a probabilidade de que efeitos similares podem ocorrer ou ter ocorrido no Rio Doce, é possível gerar algumas previsões a respeito de quais atributos contribuem para a relevância do biotransporte na dispersão de contaminantes (Schiesari et al. 2017).

Atributos do organismo favorecendo o biotransporte incluem alta mobilidade, alta propensão à dispersão, alta seletividade do alvo de dispersão, gregariedade, maior tamanho corpóreo e alto nível trófico, entre outros. Especialistas em fauna não reconhecem como provável esta combinação de atributos em espécies movendo entre o Rio Doce e a Unidade de Conservação. Não são conhecidas espécies de peixes ou de crustáceos que migrem do Rio Doce para tributários como parte de seu ciclo de vida. 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, Cu, 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.

8.1.6. (F6) Degradação da qualidade da água dos lagos do Médio rio Doce

O rompimento da Barragem de Fundão teve consequências pronunciadas para a qualidade física, química e microbiológica da água do Rio Doce. Em entrevista (12/04/2021), Vinicius de Assis Moreira, Gestor do Parque Estadual do rio Doce, relatou que após anos comparativamente secos, em 2020/2021 um maior transbordamento do rio Doce atingiu lagoas periféricas da Zona de Amortecimento do PERD como as Lagoas Ariranha e/ou Malba. Além dele, o Professor Francisco Barbosa (entrevista em 03/05/2021), experiente limnólogo da Universidade Federal de Minas Gerais com mais de duas décadas de pesquisa no Parque Estadual do Rio Doce, observou que, em anos de muita chuva o Ribeirão Mombaça (que é tributário do rio Doce) inunda a Lagoa Verde e, possivelmente, as Lagoas da Barra, Patos, Palmeirinha, Amarela e outras. Há ainda a compreensão de que há interligações subterrâneas entre o sistema de lagos do Médio Rio Doce. Tal interligação poderia implicar num impacto indireto sobre lagos no interior da UC.

Pelo exposto, a degradação física, química e microbiológica da água dos lagos do Médio Rio Doce pode ser considerado um impacto **Provável e Negativo**, causado pelo rompimento da Barragem de Fundão tanto **Direta** quanto **Indiretamente** (ver F1, F2, F3 e F4 para justificativas). Por outro lado, diferentemente de outros impactos sobre a qualidade da água de corpos d'água superficiais, este impacto tem **tempo de resposta à ação desencadeadora de Médio Prazo** uma vez que se manifestou ~5 anos depois do Rompimento da Barragem de Fundão. É evidente que a relevância para sistemas ecológicos e sociais garantem a classificação dos lagos do Médio Rio Doce como de **Alta importância**, aliás internacionalmente reconhecida por sua condição de Sítio RAMSAR. Considerando que (i) a carga suspensa, as concentrações de metais totais e dissolvidos, a contaminação microbiológica e as demais alterações físico-químicas tiveram picos de valores na passagem da pluma de rejeitos (ii) que a partir de então observou-se atenuação progressiva em

seus valores e que (iii) a inundação dos lagos periféricos ocorreu 5 anos após o rompimento da Barragem de Fundão, então o impacto é de **Baixa magnitude**. Por ser de Baixa Magnitude é improvável que sua **duração** seja maior do que **Temporária de Médio Prazo**. Além disso, o impacto é **Reversível**, uma vez que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação, e de **extensão Pontual**, uma vez que impactou apenas lagos da ZA, e talvez UC e entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Média**.

8.1.7. (F7) Degradação da qualidade do sedimento do Rio Doce e corpos d’água marginais: contaminação por metais.

A caracterização físico-química dos rejeitos, em sua origem (rejeitos depositados na barragem de Germano, rejeitos remanescentes na barragem de Fundão, rejeitos depositados entre a barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves), foi realizada por diferentes iniciativas (ver LACTEC, 2020 para uma síntese dos estudos realizados). Os resultados desses estudos, notadamente os realizados por Lactec (2020) indicam, para os rejeitos remanescentes na barragem de Fundão e nos depósitos no sistema fluvial entre Fundão e a UHE Risoleta Neves a presença de ferro, silício, alumínio, manganês, cobalto, antimônio, selênio, cromo, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol e fenol. As concentrações desses elementos foram comparadas às referências de qualidade (VRQ: Valor de Referência de Qualidade) estabelecidas para Minas Gerais pela Deliberação COPAM/CERH 166 e, para a bacia do rio Doce, por Guevara et al, 2018. Foram também comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 420/2009. Os elementos cromo, manganês, antimônio e selênio superaram em concentração os valores de referência de qualidade, seja nos depósitos remanescentes em Fundão ou a jusante desse barramento, em Santarém ou no trecho entre Santarém e a UHE Risoleta Neves. Os materiais em maior volume aportados aos cursos d’água Gualaxo do Norte, Carmo e Doce foram ferro, alumínio, manganês, cromo, zinco, bário, níquel e cobre (LACTEC, 2020).

A caracterização físico-química dos sedimentos em suspensão e de fundo transportados pelo rio Doce junto ao PERD ou nas proximidades de sua zona de amortecimento foi realizada pela CPRM, em 2015, logo após a ruptura da barragem de Fundão (CPRM, 2015-b, 2016-a e 2026-b) e pelo programa PMQQS para sedimentos em suspensão a partir de 2017.

A CPRM realizou cinco campanhas de monitoramento emergencial ao longo do rio Doce, entre 7 de novembro e 22 de novembro de 2015, a partir da estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos até a zona estuarina, com coleta de sedimentos em suspensão e de fundo para análises físico-químicas na segunda (12 a 23/11/2015), terceira (24/11 a 10/12/2015) e quarta campanhas (27/11 a 19/12/2015). Os resultados de análises físico-químicas de amostras de sedimentos em suspensão e de fundo coletadas pela CPRM no rio Doce, na seção da ponte Ipatinga-Caratinga, durante a segunda e terceira campanhas mostram que os elementos arsênio, bário, cobalto, chumbo, cromo, manganês e níquel superaram os valores de referência VRQ (Deliberação COPAM/CERH 166 e Guevara et al., 2018) e os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009. No caso do cromo e do níquel, o limiar superado é o N1 da resolução CONAMA 454/2012. Porém, nota-se uma redução significativa de concentrações do conjunto de elementos químicos avaliados em amostras de sedimento de fundo, na mesma seção do Rio Doce, entre a terceira e a quarta campanhas. Para sedimentos de fundo, todas as amostras da quarta campanha estão abaixo dos VRQ para a bacia do rio Doce e dos limiares estabelecidos pelas resoluções CONAMA citadas.

Com relação aos sedimentos em suspensão (material particulado em suspensão), não há padrões de concentração de metais e outros elementos químicos. Porém, tomando-se por referência os VRQ (Deliberação COPAM/CERH 166 e Guevara et al., 2018), as concentrações nos sedimentos em suspensão obtidas para as amostras provenientes das campanhas da CPRM, entre novembro e dezembro de 2015,

superam os limiares para o arsênio, o bário, o cobalto, o mercúrio, o chumbo e o zinco. Há uma persistência de valores de concentração para todos os elementos analisados nas três campanhas. As campanhas do PMQQS entre outubro de 2017 e janeiro de 2018 relatam valores mais elevados do que os encontrados pela CPRM para as concentrações de alumínio e zinco em sedimentos em suspensão, para amostras coletadas em São Domingos do Prata, cerca de 45 km a montante do PERD. Para o percentual de ferro e para as concentrações de manganês em sedimentos em suspensão, os valores obtidos pelo PMQQS em outubro de 2017 e em janeiro de 2018 são bem inferiores aos relatados pela CPRM em suas campanhas de 2015. Por outro lado, a análise das séries temporais mais longas, até 2020, do monitoramento realizado pelo PMQQS para os sedimentos em suspensão evidencia, para vários contaminantes, inclusive o ferro e o manganês, alta variabilidade e ausência de uma clara tendência de redução ao longo do tempo. No caso do ferro, efetivamente há uma redução do percentual, de superior a 15% medido pela CPRM em Cachoeira dos Óculos, entre 25/11 e 09/12/2015, para uma faixa de valores entre 0,5% e 31% (média aritmética de 9,6% e desvio-padrão de 8,8%), em São Domingos do Prata, com os maiores valores associados ao período chuvoso. No caso do manganês, a CPRM relata uma concentração de 1312,30 mg/kg, em Cachoeira dos Óculos, segundo o monitoramento realizado entre 25/11 e 09/12/2015. Os resultados do PMQQS para São Domingos do Prata mostram variabilidade no intervalo de 163,0 a 9545,7 mg/kg (média aritmética de 4329,8 mg/kg e desvio-padrão de 3361,6 mg/kg), com os maiores valores monitorados durante o período chuvoso. Arsênio, cromo e níquel apresentam frequentes episódios de valores superiores aos VRQ estabelecidos por Guevara et al (2018) para a bacia do rio Doce. A associação das maiores concentrações de contaminantes com o período chuvoso sugere processos de ressuspensão de rejeitos oriundos da barragem de Fundão e depositados na calha do rio Doce. Por essa razão, o impacto deve ser classificado como de Alta Magnitude.

No que se refere ao monitoramento de sedimentos de fundo realizado pelo PMQQS entre 2017 e 2020, em São Domingos do Prata, a montante do PERD, e em Belo Oriente, a jusante do PERD, destacam-se os contaminantes arsênio e manganês, com alguns episódios de concentrações superiores ao VRQ estabelecido para o rio Doce por Guevara et al (2018). Os percentuais de ferro são significativamente superiores em São Domingos do Prata em relação a Belo Oriente, sugerindo um processo de deposição de sedimentos e de rejeitos nesse trecho fluvial, o que pode estar ocorrendo em trechos a montante de controles hidráulicos, como corredeiras e estreitamentos e na própria calha do rio Doce, a jusante da confluência com o rio Piracicaba, quando o rio apresenta feições morfológicas distintas do trecho a montante. A variabilidade de concentrações de vários contaminantes é elevada, não se identificando uma clara tendência de redução ao longo do tempo. Por outro lado, as concentrações de zinco, níquel, mercúrio, bário, cádmio, cromo, chumbo, cobalto e cobre encontram-se todas abaixo do VRQ para o rio Doce com base nos resultados obtidos pelo PMQQS. Esse comportamento dos sedimentos de fundo já havia sido constatado ao longo do monitoramento emergencial realizado pela CPRM, em sua quarta campanha, conforme relatado.

Considerando-se que um volume elevado de rejeitos ficou retido entre as estações de monitoramento Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, segundo estimativas reportadas no item 'Diagnóstico' do presente relatório, e que a caracterização físico-química dos sedimentos indica que, para alguns metais presentes nos depósitos de rejeitos na barragem de Fundão, as concentrações ultrapassam os VRQ para a bacia do rio Doce, esse foi um impacto **Verificado, Imediato e Negativo**. Os resultados de monitoramento indicam uma maior permanência dessa contaminação em sedimentos em suspensão (material particulado em suspensão).

Esse impacto está caracterizado como **Temporário de Longo Prazo** uma vez que os rejeitos, enquanto disponíveis na calha fluvial do rio Doce, bem como dos cursos d'água Gualaxo do Norte e do Carmo, e no reservatório da UHE Risoleta Neves, continuarão sendo ressuspensos e carregados por um período que pode ultrapassar 10 anos. Por outro lado, este impacto é **Reversível**, dado que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção "6.

Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e, portanto, uma subárea da Área de Estudo. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, os sedimentos - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. É um impacto de **incidência Direta**, uma vez que decorre diretamente da ruptura da barragem de Fundão que resultou na propagação dos rejeitos lá depositados.

O impacto é de **Alta magnitude** pela capacidade de promover mudanças muitíssimo pronunciadas nos sistemas ecológicos e sociais. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Muito Alta**.

8.1.8. (F8) Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce

Os tributários do rio Doce que cruzam o PERD ou que se encontram em sua ZA foram afetados pela propagação da onda de ruptura e do escoamento com elevada concentração de rejeitos. Há registros fotográficos e relatos de representantes da administração do PERD, inclusive documentados por escrito (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), que indicam deposição de rejeitos nos afluentes em até 30 m de extensão para montante das confluências.

Considerando-se a caracterização físico-química dos sedimentos brevemente resumida na descrição do impacto F7 e os relatos de deposição de rejeitos nas áreas de confluência pode-se afirmar que esse impacto é **Muito Provável**. Com isso, cabem as classificações de impacto **Negativo, Direto e Imediato**. Trata-se de um impacto **Temporário de Longo Prazo** sujeito à dinâmica de transporte de sedimentos contendo rejeitos no rio Doce e da hidráulica das confluências deste com os seus tributários. É, por outro lado, um impacto **Reversível**.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação nas áreas de confluência com os tributários. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Pontual**. O componente afetado - isto é, os sedimentos - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais.

É um impacto de **incidência Direta**, uma vez que decorre diretamente da ruptura da barragem de Fundão que resultou na propagação dos rejeitos lá depositados. O impacto é de **Média magnitude** pela capacidade mediana de afetar os sistemas ecológicos e os grupos sociais. Por conta do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Alta**.

8.1.9. (F9) Alteração da granulometria dos sedimentos

As análises granulométricas sobre amostras de rejeitos coletadas no remanescente depositado na barragem do Fundão e nos trechos de jusante, entre Fundão e a UHE Risoleta Neves mostram materiais com diâmetro característico entre 0,003 mm e 0,1 mm (LACTEC, 2020). Esses valores são próximos aos descritos por Vale (2021) para a distribuição granulométrica de amostras de rejeitos depositados na barragem de rejeitos de Santarém: D10% (0,0025 mm), D30% (0,018 mm), D60% (0,055 mm) e D80% (0,080 mm), predominando o silte, entre fino e grosso, e a areia muito fina.

Em Cachoeira dos Óculos, as amostras de sedimentos em suspensão coletadas pela CPRM durante a passagem do escoamento com maior concentração de rejeitos resultaram em frações de 0,0039 mm (D10%), 0,020 mm (D50%) e 0,130 mm (D90%), igualmente predominando o silte e a areia muito fina. Após 2015, ao

monitoramento corrente de sedimentos em suspensão realizado pela CPRM em Cachoeira dos Óculos resultou em frações mais finas, de 0,002 mm (D10%), 0,012 mm (D50%) e 0,122 mm (D90%), entre argila, o silte fino e areia muito fina.

Não há dados pretéritos de análise granulométrica dos sedimentos em suspensão ou de leito para a estação Cachoeira dos Óculos e, com isso, não é possível verificar esse impacto. Entretanto, considerando-se a prevalência de episódios de elevada turbidez e de alta concentração de sedimentos em suspensão, superiores ao que se observa na série histórica da linha de base, considera-se esse impacto como **Muito Provável** e decorrente do aumento do volume de sedimentos de granulometria mais fina depositados nesse trecho fluvial, podendo ser ressuspensos segundo a ocorrência de cheias no rio Doce. Trata-se de um impacto **Direto, Imediato e Negativo**, tendo por origem a propagação do escoamento com maior concentração de rejeitos, logo após a ruptura da barragem de Fundão. Sua duração é **Temporário de Longo Prazo**, sendo percebido ainda cinco anos após o evento de ruptura e com possibilidade de estender-se por mais tempo. Sua capacidade de afetar a ecologia do rio e os grupos sociais é média, resultando em magnitude **Média**, portanto. Da mesma forma, esse impacto é de **Média** importância. É **Reversível**, dado que existe tecnologia disponível para sua remediação ou compensação.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e tributários. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, os sedimentos - é inequivocamente classificado como de **Alta importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais. O impacto é de **Média magnitude** pela capacidade de promover mudanças nos sistemas ecológicos e sociais. Em razão do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Alta**.

8.1.10. (F10) Alteração da morfologia do rio Doce

Conforme pormenorizado no ‘Diagnóstico’, estima-se que entre 1,7 e 3 milhões de m³ de rejeitos tenham sido depositados entre as estações fluviométricas de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente. Embora não se tenham notado alterações significativas nas seções transversais das duas Estações Fluviométricas analisadas que possam ser atribuídas ao trânsito dos rejeitos, é muito provável que grandes volumes de rejeito tenham se concentrado sobretudo a montante de controles hidráulicos, como afloramentos de rocha e corredeiras no rio Doce, bastante presentes ao longo do PERD, entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o rio Piracicaba.

Também se encontra documentada, por fotos e relatos dos administradores do PERD (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), a deposição de rejeitos junto às confluências com tributários que cruzam a UC ou a ZA. Por meio de imagens de satélite do trecho do rio Doce, em foco, é possível constatar a deposição de rejeitos sobre ilhas, barras fluviais e margens do rio e sua permanência por anos após a ruptura de Fundão.

Com isso, é **Muito Provável** que esses depósitos de rejeitos alteraram a morfologia fluvial e a dinâmica do transporte de sedimentos no rio Doce e interfiram sobre a hidráulica das confluências com tributários. As alterações de morfologia fluvial decorrem da formação de grandes depósitos de sedimentos no curso d’água principal e seus afluentes, notadamente nas curvas do rio Doce, em barras fluviais, nas margens e na planície fluvial, a montante de controles hidráulicos de seção, isto é, singularidades como corredeiras, degraus e estreitamentos de seção, bem como nas confluências.

Trata-se, portanto, de um impacto **Negativo, Direto e Imediato**, por decorrência do trânsito dos rejeitos,

Temporário de Longo Prazo, por perdurar ainda pelos próximos anos num horizonte superior a 10 anos após a ruptura da barragem de Fundão, porém **Reversível**.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e tributários. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O componente afetado - isto é, a morfologia do rio Doce - é inequivocamente classificado como de **Média importância** por sua relevância para os sistemas ecológicos e sociais.

O impacto é de **Média magnitude** pela capacidade de promover mudanças nos sistemas ecológicos e sociais. Em razão do caráter conjunto dos atributos avaliados, este impacto tem **significância** considerada **Média**.

8.1.11. (F11) Obstrução das confluências de tributários ao rio Doce

Conforme pormenorizado na seção de diagnóstico pós-rompimento, a propagação da onda de cheia de ruptura proveniente da barragem de Fundão e dos rejeitos concentrou-se sobretudo, na calha principal do rio Doce, quando se considera a Estação Fluviométrica de Cachoeira dos Óculos como seção mais a montante, até a foz do rio Doce no oceano Atlântico (ver, por exemplo, CPRM, 2015-a e LACTEC, 2020). Entretanto, em ilhas fluviais, curvas do rio, seções de controle hidráulico, como afloramentos de rocha, corredeiras, e trechos em que a planície fluvial se encontra em cotas mais baixas, houve extravasamento dos escoamentos transportando rejeitos para o leito maior do curso d’água.

Também nas confluências, houve extravasamento de volumes significativos de rejeitos para os tributários. Esse processo foi agravado em razão de períodos prolongados de seca, quando os tributários se encontram com vazões reduzidas e profundidades baixas de escoamento. Os extravasamentos e depósitos em áreas de confluência, bem como em outros trechos do rio Doce estão relatados em documentos (e.g. IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), e foram igualmente mencionados em depoimentos dos administradores do PERD. Os relatos dão conta de que os rejeitos chegaram a penetrar até 30 m para montante nos tributários do rio Doce na UC, na ZA e na Área de Entorno.

Os depósitos de rejeitos nos leitos dos tributários, nas zonas de confluência muito provavelmente conduziram à obstrução total temporária dos escoamentos, por tempo requerido para que o armazenamento de água a montante dos barramentos artificiais criados permitisse o seu galgamento. É razoável supor que, em seguida, processos erosivos dos depósitos de rejeitos pelo escoamento dos tributários tenham levado ao progressivo restabelecimento das condições de conexão entre os tributários e o rio Doce, ainda que depósitos de rejeitos possam ter permanecido, até a atualidade, em trechos da calha principal e na planície fluvial dos referidos tributários.

Pode-se afirmar que a obstrução das confluências de tributários ao rio Doce foi **Verificada**, com base nos relatos dos administradores do PERD e nos documentos citados, e foi de natureza **Negativa, Direta e Imediata**, uma vez que tais obstruções se materializaram em razão do trânsito de rejeitos provenientes da ruptura da barragem de Fundão ao longo do rio Doce.

Por outro lado, considerando-se estritamente a questão da perda de conectividade de escoamentos entre os tributários e o rio Doce, trata-se de um impacto **Temporário de Curto Prazo**, uma vez que as próprias contribuições provenientes dos tributários progressivamente a restabeleceram, dentro do horizonte de um ano tais conexões. Trata-se, portanto de um impacto **Reversível**.

Conforme relatado, sua extensão geográfica afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme

pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, sendo classificado como tendo **extensão Pontual** por ocorrer somente em pontos específicos no interior da área de estudo. Esse impacto tem **Alta importância** social e ambiental com sérias consequências para a ecologia do sistema fluvial em foco. Tendo em conta sua alta capacidade em afetar a integridade dos sistemas ecológicos e de grupos sociais, esse impacto foi classificado como de **Alta magnitude**. Com isso, sua **significância** é aqui classificada como **Alta**.

8.1.12. (F12) Alteração da dinâmica fluvial

Conforme pormenorizado na seção de diagnóstico pós-rompimento, estima-se que entre 1,7 e 3 milhões de m³ de rejeitos tenham sido depositados entre as estações fluviométricas de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente. Embora não se tenham notado alterações significativas nas seções transversais das duas Estações Fluviométricas analisadas que possam ser atribuídas ao trânsito dos rejeitos, é muito provável que grandes volumes de rejeito tenham se concentrado sobretudo a montante de controles hidráulicos, como afloramentos de rocha e corredeiras no rio Doce, bastante presentes ao longo do PERD, entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o rio Piracicaba.

Também se encontra documentada por fotos e relatos dos administradores do PERD (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), a deposição de rejeitos junto às confluências com tributários que cruzam a UC ou a ZA. Por meio de imagens de satélite do trecho do rio Doce, em foco, é possível constatar a deposição de rejeitos sobre ilhas, barras fluviais, e margens do rio e sua permanência por anos após a ruptura de Fundão.

Com isso, é provável que esses depósitos de rejeitos alteraram a morfologia fluvial e a dinâmica do transporte de sedimentos no rio Doce e interfiram sobre a hidráulica das confluências com tributários. As alterações de morfologia fluvial decorrem da formação de grandes depósitos de sedimentos no curso d'água principal e seus afluentes, notadamente nas curvas do rio Doce, em barras fluviais, nas margens e na planície fluvial, a montante de controles hidráulicos de seção, isto é, singularidades como corredeiras, degraus e estreitamentos de seção, bem como nas confluências.

Todas essas alterações morfológicas alteram a dinâmica fluvial, um impacto aqui classificado como **Provável**, embora não verificado, uma vez que ele decorre das diferentes alterações verificadas ou consideradas como muito prováveis relacionadas ao assoreamento da calha, das zonas de confluência com tributários e da planície fluvial, por deposição de rejeitos, conforme descrito nos parágrafos anteriores. Essas alterações afetam a dinâmica de transporte de sedimentos, a conexão entre o leito principal e a planície fluvial, a dinâmica de formação e de erosão de barras fluviais e de margens do rio Doce e a conexão com os seus tributários.

É um impacto **Negativo** que decorre de forma **Indireta** do trânsito dos rejeitos pela calha do rio Doce. Esse impacto manifesta-se de maneira **Imediata**, em razão disso, sendo **Temporário de Longo Prazo** pela permanência dos depósitos de rejeitos no sistema fluvial ainda que progressivamente ressuspensos e transportados para jusante pela sequência de cheias no rio Doce e tributários. Tendo em conta que esses depósitos de rejeitos nos reservatórios e na calha fluvial devem permanecer por mais de 10 anos no sistema fluvial em análise, classifica-se esse impacto como **Temporário de Longo Prazo**. Trata-se de um impacto **Reversível** como os demais impactos físicos que afetam a dinâmica de rejeitos na calha do rio Doce. O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e tributários. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**.

O impacto foi considerado de **magnitude Média**. A dinâmica fluvial é caracterizada como de **importância Média**, por poder trazer consequências para a ecologia fluvial e grupos sociais. Com isso, trata-se de um

impacto de **Média significância**.

8.1.13. (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial

Conforme pormenorizado no 'Diagnóstico', estima-se que entre 1,7 e 3 milhões de m³ de rejeitos tenham sido depositados entre as estações fluviométricas de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente. Embora não se tenham notado alterações significativas nas seções transversais das duas Estações Fluviométricas analisadas que possam ser atribuídas ao trânsito dos rejeitos, é muito provável que grandes volumes de rejeito tenham se concentrado sobretudo a montante de controles hidráulicos, como afloramentos de rocha e corredeiras no rio Doce, bastante presentes ao longo do PERD, entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o rio Piracicaba.

Também se encontra documentada por fotos e relatos dos administradores do PERD (IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016), a deposição de rejeitos junto às confluências com tributários que cruzam a UC ou a ZA. Por meio de imagens de satélite do trecho do rio Doce, em foco, é possível constatar a deposição de rejeitos sobre ilhas, barras fluviais, e margens do rio e sua permanência por anos após a ruptura de Fundão.

Com isso, é muito provável que esses depósitos de rejeitos alteraram a morfologia fluvial e a dinâmica do transporte de sedimentos no rio Doce e interfiram sobre a hidráulica das confluências com tributários. As alterações de morfologia fluvial decorrem da formação de grandes depósitos de sedimentos no curso d'água principal e seus afluentes, notadamente nas curvas do rio Doce, em barras fluviais, nas margens e na planície fluvial, a montante de controles hidráulicos de seção, isto é, singularidades como corredeiras, degraus e estreitamentos de seção, bem como nas confluências. Conforme igualmente relatado, o trecho do rio Doce que margeia o PERD caracteriza-se por ser encaixado e interrompido por falhas, afloramentos de rocha que resultam em trechos de baixa velocidade de escoamento a montante, seguidos por corredeiras.

O trânsito da cheia de ruptura e da massa d'água com elevadas concentrações de sedimentos muito provavelmente não resultou em inundação da planície aluvionar do rio Doce no trecho que faz fronteira com o PERD de maneira sistemática e ampla, exceção feita para os trechos de confluência com tributários, trechos em que a planície aluvionar encontra-se em cotas topográficas mais baixas., trechos sob influência de controles hidráulicos de seção e por curvas do rio. Esse comportamento é inferido por análise hidrológica e hidráulica dos dados fluviométricos, pelos resultados do monitoramento emergencial executado pela CPRM (CPRM, 2015-a) e por simulação hidráulica da propagação da onda de ruptura elaborada por Lactec (2020).

Simulações hidráulicas simplificadas de propagação de cheias de diferentes tempos de retorno e mapeamento de zonas inundáveis elaborados por SRK (2019) permitem avaliar, para o evento de cheia de tempo de retorno 10 anos, que as áreas inundáveis são de extensão relativamente pequenas, em faixas da planície da ordem de 5,0 m a 20,0 m, em cada margem. Essas simulações utilizam informação topográfica insuficiente, não permitindo, por exemplo, reproduzir com precisão os efeitos de controles hidráulicos de seção, como as corredeiras presentes no trecho do rio Doce que margeia o PERD. Encontram-se em curso estudos de propagação de cheias baseados em modelos digitais de terreno estabelecidos com base em levantamentos por perfilamento a laser (LiDAR – light detection and ranging). Esses estudos permitirão uma delimitação mais precisa das áreas inundáveis segundo o risco hidrológico e, portanto, da dinâmica de deposição e arraste de sedimentos na planície fluvial.

De toda forma, o mapeamento de áreas inundáveis disponibilizado pela Walm (2017) permite identificar a área potencial de impacto por deposição de rejeitos na planície fluvial. Esse é um impacto **Muito Provável**, dada a granulometria do rejeito que favorece os processos de ressuspensão na calha principal e deposição na planície fluvial, se houver extravasamento da cheia. Na planície fluvial, as irregularidades topográficas, a

presença de vegetação e outras obstruções facilita em grande medida a deposição de sedimentos e, portanto, de rejeitos transportados pelas cheias.

Trata-se de um impacto **Negativo**, por ser fator de contaminação da planície fluvial e de interferência em seu regime hídrico, conforme discutido mais em detalhes na descrição do impacto F14. O **tempo de resposta** à ocorrência da ruptura é considerado **Curto**, uma vez que as primeiras cheias que resultaram em extravasamento do escoamento para a planície fluvial após a ruptura da barragem de Fundão, em dezembro de 2017 e em janeiro de 2020, foram prováveis fatores de deposição de rejeitos. É um impacto de incidência **Direta**, uma vez que decorre diretamente da propagação de rejeitos tendo origem na ruptura da barragem de Fundão.

O impacto está relacionado à presença de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce, razão pelo qual foi considerado como tendo **tempo de resposta de Longo Prazo**, porém **Reversível**, uma vez que há tecnologias para tal. É um impacto de **Média importância**, uma vez que tem potencial para interferir sobre a dinâmica fluvial, a ecologia do curso d'água e suas áreas ribeirinhas e as atividades sociais nas áreas afetadas. O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção "6. Diagnóstico Pós-rompimento" - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e tributários. Por isso, foi classificado como tendo **extensão Local**. O impacto foi considerado de **magnitude Média e importância Média**, igualmente **Média**, por poder trazer consequências importantes para a ecologia fluvial e grupos sociais. Com isso, trata-se de um impacto de **Média significância**.

8.1.14. (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial

O regime hídrico da planície fluvial resulta de sua conexão com a calha principal do curso d'água e com os escoamentos subsuperficiais e subterrâneos. Durante a ocorrência de cheias, a planície fluvial e parte das primeiras áreas da bacia hidrográfica que atingem a saturação, assim como outras áreas úmidas presentes da bacia são, igualmente, áreas de convergência de escoamentos subsuperficiais e subterrâneo. É, portanto, das primeiras áreas da bacia em que se formam escoamentos superficiais e, eventualmente, exfiltração de águas subsuperficiais, conforme as características do evento pluvial, contribuindo para a formação de cheias.

Durante grandes cheias, a planície fluvial acomoda os extravasamentos dos escoamentos e sedimentos provenientes da calha principal do curso d'água. Dependendo das características topográficas, de cobertura vegetal e de tipo de solo na planície fluvial, ela pode funcionar mais como uma área de armazenamento temporário de cheias. Quando o nível d'água na calha principal do rio diminui, parte desses volumes armazenados retorna à calha principal e parte fica retida, esvaziando-se em tempo mais longo por meio de infiltração e evapotranspiração. Estabelecem-se, portanto, entre a calha principal do rio e a planície fluvial relevantes processos de trocas de nutrientes, água e sedimentos, além de outros componentes conforme o uso e a ocupação de solo da bacia. De fato, as características topográficas e a cobertura vegetal da planície fluvial desempenham papel de buffer para a captura e eventual absorção de nutrientes e de poluentes provenientes tanto dos terrenos vizinhos como do próprio escoamento no curso d'água. Com isso, a planície fluvial desempenha importante papel para a ecologia do sistema fluvial.

No caso do rio Doce, no trecho no limite do PERD, as margens são, em geral, íngremes, e a planície fluvial é estreita. Porém, há trechos em que a planície fluvial é mais ampla, conforme o mapeamento de áreas inundáveis permitiu identificar, conforme descrito no Diagnóstico, assim como há as regiões de confluência em que a planície tende igualmente a se expandir. O mapeamento de inundações preliminarmente elaborado (SRK, 2019) sugere faixas inundáveis da ordem de 5 a 20 m de largura nesse trecho do rio, a partir das margens da calha principal.

A deposição de rejeitos provenientes da ruptura da barragem de Fundão na planície fluvial do rio Doce, no

trecho em foco, tem potencial para alterar todos os processos aqui descritos, além de poder influenciar também a dinâmica das cheias por, por exemplo, reduzir o volume de armazenamento na planície fluvial e favorecer processos de erosão de margens e da própria planície.

O impacto afetou UC, ZA e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento” - porém, sempre associado ao rio Doce e sua planície de inundação e tributários. Por isso, foi classificado como tendo **Extensão Local**. Não foi verificado diretamente, porém, é um impacto **Provável e Negativo**, pelas razões expostas. É de **Incidência Indireta**, uma vez que não decorre diretamente da propagação dos rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão, mas de como tais rejeitos, depositados na planície fluvial afetam os processos de infiltração, exfiltração, armazenamento e trânsito de cheias pela planície fluvial.

O impacto apresenta **tempo de resposta de Curto Prazo**, uma vez que depende do regime de ocorrência de cheias de magnitude suficiente para influenciar a conexão entre a planície fluvial e a calha principal do curso d'água. É também um impacto **Temporário de Longa Duração** uma vez que continua a influenciar ativamente a fauna, a flora, ambientes e populações humanas por período superior a 10 anos. Por outro lado, é **Reversível**, por existir solução tecnológica para tal.

Trata-se de um impacto de **Média importância e Média magnitude**, por ter uma capacidade mediana de afetar as funções e integridade dos sistemas ecológicos e dos grupos sociais. Com isso, foi classificado como um impacto de **Média significância**.

8.1.15. (F15) Degradação da qualidade da água subterrânea do aquífero aluvionar

As águas subterrâneas do aquífero aluvionar, presente nas planícies aluvionares do rio Doce e tributários atingidos pelo fluxo de lama de rejeitos, podem sofrer perda da qualidade ambiental de múltiplas formas. Sabe-se que a recarga destes aquíferos pode se dar pela infiltração direta da água de chuva, por águas fluviais em eventos de cheia, ou ainda, de forma pontual, pelo fluxo induzido pela ação de bombeamento intenso de poços próximos ao leito (e.g. Oliveira e Galvão, 2019).

Com o evento de rompimento da barragem de Fundão houve trechos de recobrimento de lama de rejeitos sobre as margens dos rios, incluindo os sedimentos aluvionares. A persistência desta cobertura passa a ser fonte potencial de contaminação para o aquífero, gerada pela infiltração de íons solubilizados em eventos de cheia do rio e/ou pelas águas pluviais.

Os aquíferos podem diluir e degradar compostos contaminantes a depender de suas características hidrogeológicas e geoquímicas e da própria natureza e intensidade da contaminação, atuando como grandes reatores biogeoquímicos. Dada as características geoquímicas da lama de rejeitos, rica em óxidos/hidróxidos metálicos, a degradação ambiental dos aquíferos aluvionares pode se dar principalmente por concentrações anômalas de íons metálicos e alterações de parâmetros físico-químicos (pH, potencial de oxirredução, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza etc.)

Quanto a qualificação dos atributos associados à contaminação dos aquíferos aluvionares do rio Doce pelo rompimento da barragem de Fundão temos que: a **área afetada** pelo impacto abrange os sedimentos aluvionares do rio Doce e tributários presentes tanto na **UC, Zona de Amortecimento e nas áreas de entorno**, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”. Sua **probabilidade de ocorrência é Provável**, uma vez que o impacto não foi documentado por meio de dados quantitativos/qualitativos, mas pode-se inferir que apresenta probabilidade de ocorrência. A **natureza do impacto é Negativa**, por haver deterioração da qualidade ambiental das águas subterrâneas e de **incidência Direta** associada ao rompimento da barragem de Fundão.

O **tempo de resposta** de manifestação de impacto é de **Curto Prazo** (até 1 ano), uma vez que os contaminantes solubilizados das águas superficiais podem atingir os aquíferos por bombeamento de poços nas margens do rio. Pode-se considerar como a **duração do impacto** como de **Longo prazo** (>10 anos) à **Permanente**, uma vez os íons metálicos podem se manter solúveis em água em função das variações das condições físico-químicas do meio. Pode-se considerar o impacto como **Reversível**, visto que existe conhecimento técnico para tratamento das águas subterrâneas, ao menos em escala local. A **extensão geográfica** do impacto é **Local**, incidindo nas áreas de ocorrência de sedimentos aluvionares da área de estudo, que são ou virão a ser explorados por bombeamento de poços. Considera-se **Alta importância** do meio, uma vez que esta água tem alta importância social, tendo usos diversos como abastecimento humano, dessedentação animal, lazer, irrigação, etc. Por fim, a **magnitude** pode ser considerada **Média**, em que o impacto tem a capacidade mediana de afetar a integridade dos grupos sociais ou sistemas ecológicos da área. De acordo com o conjunto da análise dos atributos avaliados, a intensidade do impacto a partir das interações dos critérios de reversibilidade, extensão geográfica, importância e magnitude a **significância** deste impacto pode ser considerada **Alta**.

8.2. Impactos nos Componentes do Meio Biótico

No que diz respeito ao meio biótico os impactos descritos com base no diagnóstico e nos diversos relatórios técnicos (LACTEC, 2018; IEF 2016, CEPEMAR, 2020) estão intimamente relacionados às alterações causadas pelo rompimento da barragem de Fundão já descritas ao longo do diagnóstico e avaliação de impactos do meio físico. Estes são especialmente aqueles relacionados à qualidade da água, contaminação, deposição de rejeitos nas margens e ressuspensão periódica dos sedimentos depositados na calha do rio Doce. Em um primeiro momento, a grande quantidade de sedimentos liberada pelo rompimento da barragem impactou de forma mecânica, através do soterramento dos ambientes ocupados pela vegetação e pela fauna nas margens, e ainda dos próprios animais e plantas, resultando na morte de grande número de indivíduos, primariamente pertencentes a espécies que utilizam a calha do rio. Ao mesmo tempo, a confluência entre os tributários e o rio Doce foi temporariamente interrompida pela quantidade de sedimentos depositada, enquanto os rejeitos alcançaram porções cerca de 30 m acima da confluência do ribeirão Belém com o rio Doce, além de afetar a foz do rio Piracicaba (IEF 2016). Posteriormente, durante os períodos chuvosos, a ressuspensão dos sedimentos voltou a impactar, com menor intensidade, a ictiofauna e a fauna semiaquática. Em diversos locais de remanso e onde o rio é menos encaixado, observa-se a presença da lama depositada, alterando o ambiente das margens. Embora a maior parte dos impactos tenha se concentrado ao longo da calha do rio Doce e áreas adjacentes, ambas pertencentes à zona de amortecimento do PERD, sua extensão pontual ao longo das margens e no trecho final dos tributários caracteriza impactos na área da UC. Por outro lado, o rompimento da barragem e suas alterações resultaram em mudanças no uso de recursos pelas populações humanas no entorno da UC, refletindo-se de forma indireta na utilização de recursos do PERD.

Os impactos sobre o meio biótico foram organizados entre impactos gerais, ocorrendo sobre todos ou mais de um elemento da biodiversidade, e aqueles específicos para cada um dos grupos avaliados.

Meio biótico

8.2.1. (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas.

A caracterização físico-química dos rejeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão indica a

presença de ferro, silício, alumínio, manganês, cobalto, antimônio, selênio, cromo, 2,4,5-triclorofenol, 2-4-6-triclorofenol e fenol (LACTEC, 2020). As concentrações desses elementos superaram em concentração os valores de referência de qualidade. O impacto dos rejeitos depositados ao longo da calha do rio Doce, em suas margens e ao longo dos tributários e sua bioacumulação na fauna aquática resulta potencialmente na transferência e contaminação do ambiente terrestre via cadeia trófica, com consequências negativas para as diversas populações de animais e plantas.

A possibilidade de que o rompimento da barragem de Fundão tenha causado impactos relacionados à contaminação e bioamplificação de contaminantes nos ambientes terrestres do parque é real, mesmo nas áreas mais afastadas do rio, não apenas devido à ação de biovetores, mas também pela dispersão dos contaminantes pelo vento (i.e. poeira), pois alguns desses contaminantes, como o manganês, têm sérios efeitos deletérios, mesmo quando inalados (Burger e Gochfeld 1995, Liu et al. 2013, Sanderfoot e Holloway 2017). A área majoritariamente afetada pelo impacto foi a **Zona de Amortecimento** (i.e. o rio propriamente dito) e os ambientes ripários da **Unidade de Conservação**, sendo provável que o impacto se estenda, embora em menor grau, aos lagos do PERD pelo deslocamento das espécies de hábitos semi-aquáticos, e a toda a área da UC pelo carreamento de material fino particulado pelo vento ou ação de biovetores, como, por exemplo, insetos com uma fase aquática.

A contaminação e bioamplificação dos contaminantes advindos da lama de rejeitos pode ter ocasionado alterações fisiológicas e fenológicas na vegetação. A baixa concentração de argila e matéria orgânica no rejeito (<10%) reduz a capacidade de troca catiônica do substrato e afeta a disponibilidade de nutrientes para os vegetais. Adicionalmente, o rejeito tem altos teores de materiais ferruginosos e contaminantes provenientes do processo de separação dos minérios, principalmente aminas (IBAMA, 2015; Governo de Minas Gerais, 2016; SEMAD, 2015; EMBRAPA, 2015; IGAM, 2015). Além disso, após o rompimento da Barragem de Fundão foram registrados em alguns pontos das planícies fluviais dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce concentrações dos metais arsênio, cromo e níquel no solo acima do limite de prevenção estabelecido pela legislação (BICHO DO MATO/Fundação Renova, 2019). Freitas et al. (2016) afirmam que, mesmo não sendo tóxicos, os rejeitos prejudicam a infiltração de água no solo e causam alteração na disponibilidade de matéria orgânica, comprometendo a germinação de sementes e o desenvolvimento radicular das plantas e danificando a variabilidade genética nas áreas ciliares. Os autores ainda apontam as alterações nas áreas de mata ciliar causadas pelo assoreamento do leito dos rios atingidos. Todos estes fatores podem ocasionar alterações fisiológicas e fenológicas nas espécies vegetais. Entretanto, a deposição de rejeitos especificamente na área do PERD ocorreu em uma faixa estreita e de forma pontual. Estudos feitos em áreas a montante do PERD mostram que mesmo em locais onde houve grande deposição de rejeitos a germinação e o desenvolvimento de sementes tem ocorrido (Scotti et al., 2020).

A transferência de contaminantes do Rio Doce para os tributários é uma provável decorrência, possibilitada pela biomassa de organismos móveis que atuam como biovetores ou biotransportadores (Schiesari et al. 2018). Essa transferência pode ocorrer a partir da dispersão de peixes e invertebrados aquáticos do Rio Doce para os seus tributários, transportando contaminantes presentes na calha do rio. Sendo os organismos aquáticos predados por organismos terrestres, estes contaminantes são transferidos e bioamplificados ao longo da cadeia trófica e depositados no ambiente terrestre por meio da excreção, defecação, muda e, especialmente, morte e decomposição, sendo transferidos à vegetação. Adicionalmente, a mortalidade de peixes, tanto em um primeiro momento após a passagem dos rejeitos quanto periodicamente durante episódios de cheia, com o consequente acúmulo e decomposição das carcaças, ao longo das margens do rio Doce. Diversas espécies de aves, bem como alguns mamíferos e répteis, têm na ictiofauna um elemento importante de sua dieta, o que também atua no sentido de levar à contaminação e bioamplificação.

A partir da contaminação da água, tanto do rio Doce quanto dos tributários, e da vegetação, e ainda da dispersão dos sedimentos por meio de agentes físicos e biológicos, existe grande possibilidade de

bioacumulação de contaminantes em populações de mamíferos. Embora os estudos realizados pela Bicho do Mato (BICHO DO MATO/Fundação Renova, 2019) com algumas poucas amostras obtidas de pequenos mamíferos e aves não apontem resultados conclusivos diretamente relacionados aos rejeitos, esta pode ser considerada uma lacuna no que diz respeito ao estudo dos impactos, e são necessários mais estudos para verificar a amplitude e táxons possivelmente atingidos.

A possibilidade de que este impacto tenha ocorrido sobre a avifauna associada a ambientes aquáticos, especialmente ao longo do curso do Rio Doce e ambientes ripários, é muito grande, embora difícil de ser mensurada com base nas informações disponíveis. As espécies de aves aquáticas podem atuar como biovetores de contaminantes, estendendo o impacto para os lagos do PERD, pois costumam realizar movimentações extensas em virtude de flutuações na disponibilidade de alimento e modificações no hábitat, tais como as causadas pelos episódios de ressuspensão de sedimentos.

A herpetofauna, especialmente de hábitos aquáticos como o jacaré-do-papo-amarelo e o cágado-de-barbicha, e espécies que ocupam os ambientes ripários ou aí se reproduzem ou forrageiam, como é o caso de diversas espécies de anfíbios, pode ter sido atingida por contaminantes provenientes dos rejeitos, principalmente por meio da cadeia trófica.

Da mesma forma que para aves e mamíferos, os dados disponíveis até o momento não permitem definir se a contaminação da ictiofauna é consequência do rompimento da barragem (Fundação Renova 2020), dado que há sinais de contaminação nos peixes tanto em lugares afetados, quanto não afetados. Isso pode ser consequência do deslocamento natural das populações e do histórico de mineração da região. No entanto, é preciso considerar que o rompimento da barragem de Fundão potencialmente aumentou esses níveis de contaminação, tanto por conta do material contido no rejeito, quando pelo carregamento e ressuspensão de material, proveniente de mineração, agricultura e esgoto comum, depositado no leito do rio Doce ao longo das últimas décadas.

A incidência desse impacto foi considerada **Provável**, necessitando de mais estudos para que se possa comprovar sua ocorrência, e **Direta**, pois tem como causa os rejeitos liberados durante o desastre. O impacto foi classificado como **Negativo**, dado que as alterações fisiológicas podem afetar as taxas fotossintéticas influenciando o crescimento das espécies da vegetação, bem como alterações fisiológicas e comportamentais em indivíduos da fauna, podendo ocasionar inclusive o aumento da mortalidade, com tempo de resposta **Curto** nas espécies diretamente relacionadas aos ambientes aquáticos e de ciclos de vida mais curtos, como insetos que reproduzem-se nestes ambientes, a partir das quais os contaminantes propagam-se na UC. A abrangência do impacto foi considerada como **Local**, já que potencialmente se estende para a **UC e Zona de Amortecimento**, podendo ocasionar danos à vegetação e à fauna ao longo da calha do rio Doce e possivelmente tributários, e por toda a região em torno destes. A duração do impacto foi considerada de **Longo Prazo**, pois a contaminação permanece no sistema e o sedimento depositado no fundo do rio poderá ser ressuspenso por décadas, e reversível visto que restabelecidas melhores condições, principalmente em relação a qualidade do sedimento, o ecossistema poderá ser capaz de absorver os impactos gerados. O impacto foi classificado com **importância Alta** para a UC uma vez que essas alterações ocorrem em todos os elementos do meio biótico, inclusive em espécies ameaçadas e de topo de cadeia e podem ter comprometido a regeneração da vegetação e os processos relacionados à fauna ao longo de toda a planície fluvial. Sua **magnitude é Alta**, pois há risco de bioacumulação de metais pesados nos tecidos, alteração nas taxas de produção de flores e frutos das plantas e aspectos fisiológicos fundamentais para a sobrevivência das espécies animais a longo prazo, afetando a integridade dos sistemas ecológicos. Desse modo, a **significância** do impacto foi considerada **Muito Alta** pela interatividade com os demais critérios avaliados.

Vegetação

8.2.2. (B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre

Este impacto se refere ao aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação da margem (APPs) (ambiente terrestre) após a passagem da lama de rejeitos (IEF, 2016; LACTEC, 2018).

Na avaliação realizada pelo IF (2016) e também na entrevista que consta em CEPEMAR (2020), os gestores do PERD apontaram a mortalidade de alguns indivíduos da flora, principalmente os de menor porte, na margem do rio, como herbáceas e da regeneração natural. Desta forma, o impacto foi considerado um impacto de ocorrência **Provável**, pois a partir do rompimento da barragem de Fundão registrou-se a morte de plantas no leito do rio e ao longo da planície fluvial, seja pelo soterramento dos indivíduos ou por alterações físico-químicas do substrato. Este impacto foi de incidência **Direta** do rompimento da barragem de Fundão, uma vez que com a passagem da onda de rejeitos houve deposição de sedimento sobre a vegetação nas margens e nos remansos com tempo de resposta **Curto**, soterrando plantas e ocasionando alterações edáficas no substrato, fator esse que também contribuiu para a morte de espécies da flora destes locais.

Este impacto é **Negativo**, pois o aumento da mortalidade da vegetação na mata ciliar, conforme relatos e observações de campo (CEPEMAR, 2020), pode comprometer a estabilidade das margens e afetar todo o ecossistema do rio. A sua extensão é considerada **pontual** pois ocorreu em algumas áreas de APP da UC e sua zona de amortecimento. Trata-se de um impacto com tempo de resposta imediato após a passagem da lama e de duração de **Médio Prazo e Reversível**, pois apesar da morte de indivíduos, através de ações de manejo e projetos de recuperação de áreas degradadas é possível revegetar essas áreas.

Esse impacto atinge um componente de **importância Média**, uma vez que as matas ciliares são habitats para espécies de animais, protegem os cursos d'água e influenciam nas migrações reprodutivas e alimentares da ictiofauna. Com a supressão desse ecossistema há aumento do risco de erosão nas margens, além de haver maior probabilidade de estabelecimento de espécies de vegetais invasoras, principalmente gramíneas, que inibem o crescimento da vegetação nativa. Sua **magnitude é Baixa**, ainda que a ausência de vegetação implique algumas alterações no meio biótico devido à maior probabilidade de colonização de espécies invasoras, assim como no meio físico, devido ao aumento da erosão e ausência de uma barreira física de retenção de sedimentos, que é proporcionada pela vegetação. Desse modo, a interatividade com os demais critérios, a **significância** do impacto foi considerada **Baixa**.

8.2.3. (B3) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação aquática

Este impacto se refere ao aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais do banco de macrófitas na calha do rio (ambiente aquático) após a passagem da lama de rejeitos (IEF, 2016; LACTEC, 2018).

A **Zona de Amortecimento** do PERD engloba a calha do Rio Doce, onde houve o aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais de banco de macrófitas durante a passagem da lama de rejeitos na calha do rio. Porém, não há registros anteriores sobre quais espécies ou grupos vegetais estavam presentes na ocasião.

O aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais de macrófitas aquáticas possui ocorrência **Muito Provável**; **incidência Direta**, 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**, com tempo de resposta **Imediato**, já que a maioria das mortes provavelmente ocorreu imediatamente, dias ou semanas após a chegada do rejeito, porém a duração do impacto é de **Médio Prazo** pois as espécies/grupos levarão um tempo para que as populações se reestabeleçam no local; e **Reversível**. O impacto é considerado de extensão **Pontual** já que esteve restrito à zona de amortecimento e margem do Rio que beira a UC.

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; o aumento da estabilidade da região litorânea; proteção das margens (Sand-Jensen, 1998); e, ainda, em determinadas circunstâncias, à retenção de nutrientes e poluentes. Portanto, esse impacto deve ser considerado como atingindo um componente de **importância Alta** 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**, 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**.

8.2.4. (B4) Aumento de espécies vegetais exóticas/invasoras nas margens do Rio Doce.

Este impacto, restrito à vegetação, diz respeito ao aumento da densidade de espécies vegetais exóticas resultante da deposição de sedimentos nas margens do rio Doce levando a sua germinação nas áreas afetadas (CEPEMAR, 2020; IEF, 2016).

O aumento da densidade de espécies vegetais exóticas foi considerado um impacto de ocorrência **Provável** e de incidência **Direta**, uma vez que a deposição de sedimentos nas margens do rio Doce pode ter criado condições para germinação de sementes destas plantas nessas áreas. Esse impacto foi considerado **Negativo**, pois pode ocasionar modificações nesse ecossistema, com tempo de resposta **Curto**. Sua extensão é considerada **Local** pois ocorre dentro da UC (margens) e na sua zona de amortecimento. A duração do impacto foi considerada de **Curto Prazo e Reversível**, pois cessado o impacto as condições originais podem ser estabelecidas pela própria resiliência do ecossistema. Este impacto tem **Baixa importância** uma vez que essas espécies exóticas podem ocasionar algumas alterações no funcionamento do ecossistema, principalmente nas áreas de mata ciliar que tem grande importância para o meio físico (manutenção das margens). Contudo, as margens do rio Doce já vêm sofrendo degradação de suas margens há anos e a presença de espécies exóticas não é rara, pelo contrário. Sua **magnitude** é **Baixa** uma vez que elas podem dificultar a regeneração natural apenas das áreas afetadas. Em resumo, através da interatividade com os demais critérios, a **significância** do impacto foi considerada **Baixa**.

8.2.5. (B5) Abertura de trilhas e extração ilegal de palmito e epífitas

Este impacto se refere à supressão de vegetação causada pelo aumento da circulação de pessoas com entrada ilegal na área do PERD para acesso aos lagos para pesca, caça e extração de bromélias, orquídeas e palmito.

Segundo relatos do gestor da UC, e ainda relatórios da CEPEMAR (2020) e IEF (2016), após o rompimento da barragem e consequente mudança na dinâmica social, houve um aumento da circulação de pessoas com entrada ilegal na área do PERD. Como consequência, foi reportado pelo gestor um aumento observado das atividades de caça e pesca no PERD, ocasionando aumento no corte da vegetação devido à abertura de

novas trilhas para acesso às lagoas e pressão sobre a vegetação nativa como retirada de orquídeas, bromélias e palmito. Embora este impacto possa estar também relacionado a outros fatores econômicos independentes do rompimento da barragem, não se pode desconsiderar o papel do rompimento sobre a intensificação da circulação não-autorizada de pessoas no PERD, conforme relatado pelo gestor.

Desta forma, o impacto foi considerado **Provável** e de incidência **Indireta**. É um impacto **Negativo** uma vez que houve aumento da supressão de indivíduos vegetais em consequência da abertura de picadas na mata e extração de orquídeas, bromélias e palmito, com tempo de resposta **médio**. A sua extensão é considerada **Pontual**, pois se limitou a algumas áreas da UC. Trata-se de um impacto de **Médio Prazo** e **Reversível**, ocorrendo regeneração natural das áreas mais conservadas quando essa pressão cessar sobre a UC através de medidas de vigilância e proteção do parque. Esse impacto atinge um componente de **Média importância**, pois além do aumento da pressão sobre a vegetação nativa causando a perda de biodiversidade, o aumento da presença humana na PERD pode ocasionar outros impactos como aumento do risco de incêndios na vegetação devido às fogueiras. Sua **magnitude** é **Baixa**, pois ocorre nas trilhas atingindo algumas espécies. Assim, considerando a interatividade com os demais critérios, a **significância** do impacto foi considerada **Baixa**.

Mastofauna

8.2.6. (B6) Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais

A perda de indivíduos da mastofauna causada por soterramento ou aprisionamento na lama de rejeitos logo após o rompimento da barragem de Fundão foi mencionada por diversas fontes (Espíndola et al., 2016, IEF, 2016; CEPEMAR, 2020) como tendo ocorrido ao longo da calha do Rio Doce que faz parte da zona de amortecimento do PERD em um primeiro momento após o acidente. A lama de rejeitos avançou sobre o rio e suas margens, ao longo da APP, soterrando indivíduos pertencentes a espécies que utilizam os ambientes aquáticos e ripários, especialmente lontras (*Lontra longicaudis*) e capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), havendo registros também em momento posterior de uma anta (*Tapirus terrestris*) (IEF, 2016). Além destes mamíferos de médio e grande porte, é razoável supor que outras espécies menos conspícuas presentes nas margens tenham também sido afetadas.

Embora segundo a literatura, as espécies de mamíferos de médio e grande porte não sejam restritas aos ambientes marginais do rio Doce ou à sua calha, preferindo os ambientes criados pelas várias lagoas do PERD (Silva, 2018) e deslocando-se habitualmente para forragear ou abrigar-se., os registros indicam sem dúvida um aumento de mortalidade. Não é possível quantificar o número de indivíduos e o impacto dessa mortalidade sobre as populações existentes na UC.

O impacto ocorreu na zona de amortecimento e nas margens, afetando localmente a UC e ZA, sendo **Verificado** e **Negativo**, de incidência **Direta** e resposta **Imediata**. Sua duração é **Curta**, de magnitude **Baixa** e extensão **Local**. O componente afetado (mamíferos de médio e grande porte documentados, e possivelmente pequenos mamíferos terrestres), considerando que o número de indivíduos afetados é pequeno e restrito à calha e margens do rio Doce, em um grupo de ampla distribuição na área do PERD, é de importância **Média**. A perda eventual de indivíduos é **Reversível**, não representando uma diminuição significativa ou permanente das populações. Sua **significância**, para mamíferos, é **Baixa**.

8.2.7. (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

Os registros que descrevem o impacto logo após o rompimento da barragem de Fundão e ao longo dos anos descrevem alterações na vegetação marginal, com deposição da lama de rejeitos. Ainda que considerando a ampla distribuição e área de vida das espécies de mamíferos de médio e grande porte que utilizam as áreas de vegetação ao longo dos rios, é razoável supor que a perda de hábitat tenha resultado em impacto sobre populações de mamíferos, especialmente de hábitos aquáticos e semi-aquáticos. Para a espécie encontrada na calha do rio, a lontra (*Lontra longicaudis*), as alterações na qualidade da água e nas margens, utilizadas para abrigo e reprodução, certamente foram significativas, muito embora a espécie deva também utilizar-se das lagoas da região. Espécies de menor porte, embora de hábitos menos conhecidos, podem também ter tido seus habitats alterados. Espécies que utilizam abrigos nas margens ou forrageiam na área teriam sido assim especialmente afetadas.

Este impacto ocorreu na **UC** e na sua **Zona de Amortecimento**, sendo **Verificado** e de natureza **Negativa**, com incidência **Direta**. O tempo de resposta é **Imediato** e duração é **Média**, considerando a possibilidade de regeneração da vegetação marginal ao longo do tempo, a magnitude é **Baixa**, e a extensão é **Local**, afetando um componente de importância **Média**, e **Reversível**. Portanto, sua magnitude é **Baixa**.

Avifauna

8.2.8. (B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais

A mortalidade de aves aquáticas (e.g. garça-branca *Ardea alba* e biguá *Nannopterum brasilianus*) ao longo da calha do rio Doce foi relatada por diversos veículos de imprensa por ocasião do desastre. O gestor do parque, durante entrevista concedida à equipe de coordenadores temáticos em abril de 2021, destacou que logo após o rompimento da barragem as aves aquáticas praticamente não eram mais observadas na margem do rio Doce. Essas observações podem indicar tanto a mortalidade, com a consequente redução populacional, quanto a dispersão forçada das aves associadas à calha do rio Doce e áreas úmidas adjacentes. Muitas espécies de aves aquáticas (e.g. Ardeidae, Phalacrocoracidae) se alimentam de peixes e outros pequenos vertebrados capturados em ambientes aquáticos, bem como de artrópodes e outros invertebrados (Sick 1997). Alguns grupos de aves aquáticas (e.g. Anseriformes) também incluem um importante componente vegetal em sua dieta (Sick 1997). A morte dessas aves provavelmente foi devida ao contato direto com o rejeito ou por ingestão de água e alimento contaminado (e.g. carcaças de peixes, como relatado por Moreira 2015), ou mesmo pela privação do alimento. Além da morte de aves adultas, a morte de ovos e filhotes de aves associadas a ambientes aquáticos e ripícolas da região também deve ter ocorrido. Isso porque novembro é um mês de intensa atividade reprodutiva para muitas espécies da região (Ferreira e Lopes, 2016; Lopes et al. 2013) o que sugere que a destruição por soterramento de ninhos e morte de ovos e filhotes de aves que nidificam ao longo da calha do rio possa ter ocorrido. Alguns dos microhabitats de nidificação utilizados por essas espécies incluem, por exemplo, bancos de macrófitas aquáticas e semiaquáticas (e.g. frango-d'água-comum *Gallinula galeata*, garibaldi *Chrysomus ruficapillus*), galerias escavadas nos barrancos (e.g. ariramba *Galbula ruficauda*) e galharias ao longo dos rios (e.g. lavadeira-mascarada *Fluvicola nengeta* e bentevizinho-do-brejo *Philohydor lictor*). A área majoritariamente afetada pelo impacto foi a **Zona de Amortecimento** (i.e. o rio propriamente dito), tendo também acometido a **Unidade de Conservação** ao longo das margens do rio Doce, fato **Verificado**. Sua **natureza é Negativa** devido à morte e possível redução do tamanho populacional de algumas espécies. A **incidência é Direta**, pois o impacto foi causado pela passagem da onda de ruptura e o **tempo de resposta Imediato**, pois a mortalidade ocorreu

predominantemente no exato momento da passagem da onda de rejeito ou imediatamente após. A **duração do impacto é de Médio Prazo**, pois apesar da mortalidade ter ocorrido predominantemente durante a passagem da onda de ruptura e nos dias subsequentes, as populações afetadas provavelmente necessitarão de tempo para se recuperar, seja por meio do recrutamento local ou imigração de indivíduos. Novos eventos de mortalidade de peixes têm sido relatados ao longo dos anos por causa da ressuspensão de rejeitos, especialmente durante o período chuvoso. Portanto, a ocorrência de episódios subsequentes de mortalidade é bastante provável. Este é também um impacto **Reversível**, pois as espécies envolvidas são comuns, de baixa sensibilidade a distúrbios, alto poder de adaptação e grande capacidade de dispersão. Sendo assim, as populações atingidas poderão se recuperar com a melhoria das condições ambientais. O impacto teve **extensão geográfica Local**, acometendo toda o curso do Rio Doce, que delimita a borda leste do PERD. A sua **importância é Baixa**, pois o componente impactado tem baixa importância social ou ambiental (especialmente devido ao baixo contingente populacional originalmente presente para a maioria das aves aquáticas na região), tendo também **magnitude Baixa** devido à baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais. Portanto, esse é um impacto de **significância Baixa**.

8.2.9. (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

A onda de ruptura ficou majoritariamente contida dentro da calha do rio, extravasando apenas nos trechos onde a geomorfologia do rio assim o permitiu. As florestas ripárias, portanto, foram pouco atingidas ao longo da sua extensão, embora alguns pontos em cotas altitudinais mais baixas parecem ter sido diretamente afetados, impactando áreas isoladas. Portanto, aves florestais foram pouco afetadas diretamente pela perda de habitat por degradação. Já nas áreas úmidas, micro-habitats importantes utilizados pelas aves aquáticas e ripícolas para nidificação e/ou forrageamento, tais como praias (e.g. aves limícolas das famílias Charadriidae, Recurvirostridae e Scolopacidae) e manchas de macrófitas aquáticas e semiaquáticas (e.g. Ardeidae, Jacanidae e Rallidae, bem como alguns passeriformes) foram severamente degradados pela passagem da onda de ruptura. Os rejeitos atingiram também a foz dos Ribeirões Turvo e Belém, os dois principais tributários do rio Doce que drenam área do Parque, penetrando alguns metros ribeirão acima (Moreira, 2015, Moreira em entrevista concedida em abril de 2015). É importante ter em mente, entretanto, que as espécies de aves aquáticas e ripícolas que ocorrem na região são comuns, de baixa sensibilidade a distúrbios, apresentam alto poder de adaptação e grande capacidade de dispersão. Portanto, é esperado que essas espécies sejam capazes de prontamente recolonizar essas áreas onde o habitat foi perdido tão logo as condições ambientais assim o permitam. Isso porque os rios que cortam a Mata Atlântica, em forte contraste com o observado na Amazônia, são rios de porte relativamente pequeno e encaixados, não formando planícies de inundação extensas. Dessa forma, as espécies associadas a esses ambientes são generalistas, não ocorrendo espécies endêmicas e dotadas de notáveis especializações, tal qual observado na Amazônia para a rica assembleia associadas às florestas de várzea/igapó (Laranjeiras et al. 2019), ilhas fluviais e aos demais ambientes criados pelos rios (“river-created habitats”, *sensu* Remsen e Parker, 1983). É importante enfatizar também que o habitat perdido por degradação se concentrou ao longo do rio, não afetando os lagos do PERD, que são extremamente importantes do ponto de vista conservacionista, o que justificou a implantação de um sítio RAMSAR no local (<https://rsis.ramsar.org/ris/1900>). Portanto, a perda de habitat por degradação de ambientes terrestre e aquático em decorrência do desastre afetou majoritariamente a **Zona de Amortecimento**, tendo também atingido a **Unidade de Conservação** (apenas em habitats intimamente associados ao rio), tendo sido **Verificado**. Sua **natureza é Negativa** devido aos impactos adversos que ocorreram no habitat das espécies em questão. A **incidência é Direta**, pois o impacto foi causado pela passagem da onda de rejeito e o **tempo de resposta imediato**, pois a destruição e degradação do habitat ocorreu no exato momento da passagem da onda de rejeito ou imediatamente após. A **duração do impacto é de Médio Prazo**, pois apesar da destruição e degradação do habitat ter ocorrido

predominantemente durante a passagem da onda de rejeito e nos dias subsequentes, o processo de sucessão ecológica deverá ser relativamente rápido tendo em vista a pequena área afetada e o fato de existirem fontes de propágulos adjacentes, restaurando o hábitat perdido e /ou degradado. Este é também um impacto **Reversível**, pois uma vez que a maioria das espécies atingidas são relativamente comuns, de baixa sensibilidade a distúrbios, alto poder de adaptação e grande capacidade de dispersão, as populações atingidas poderão se recuperar com a melhoria das condições ambientais. O impacto teve **extensão geográfica Local**, acometendo toda o curso do Rio Doce, que delimita toda borda leste do PERD. A sua **importância é Baixa**, pois o componente impactado tem baixa importância social ou ambiental, tendo também **magnitude Baixa** devido à baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais. Portanto, esse é um impacto de **significância Baixa**.

Figura 103. Mata ripária da margem direita do Rio Doce visualizada a partir da Ponte Queimada, Parque Estadual do Rio Doce. Note como a vegetação se manteve aparentemente intacta, sem sinais claros de degradação causados pela onda de rejeitos. Outubro de 2016, menos de um ano após o desastre. Foto: Leonardo Lopes.



8.2.10. (B10) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a avifauna

Apesar das lacunas de informação decorrentes da falta de dados qualitativos e quantitativos sobre a estruturação das cadeias tróficas locais, este impacto é muito provável de ter ocorrido, pois o aumento da mortalidade e redução dos tamanhos populacionais foram reportados para todos os grupos bióticos aqui analisados, especialmente os associados com ambientes aquáticos, incluindo organismos planctônicos, nectônicos e bentônicos. Dessa maneira, é esperado que o rompimento da barragem e a consequente alteração do ambiente através da deposição dos rejeitos tenha desestruturado as cadeias tróficas aquáticas, causando mudanças repentinas na estruturação das comunidades e no tamanho dos compartimentos tróficos. Efeitos em cascata são esperados nestas situações, embora sejam difíceis de serem previstos. Os

impactos negativos causados pelo rompimento ao longo da calha do Rio Doce podem ter forçado populações de aves aquáticas a se deslocarem em busca de locais com condições mais adequadas e maior disponibilidade de recursos, estendendo assim as alterações na cadeia trófica para áreas não diretamente afetadas pelo desastre (e.g. lagoas do PERD), conforme relatado pelo gestor do parque (Moreira 2015). Considerando que os contingentes populacionais das espécies de aves aquáticas encontradas na região do PERD são naturalmente baixos, mesmo em um momento anterior ao desastre, as alterações da cadeia trófica afetaram majoritariamente, a **Zona de Amortecimento** (i.e. habitats intimamente associados ao rio), afetando também, em menor escala, a **Unidade de Conservação** (margem esquerda do rio e seus tributários, bem como, possivelmente, lagos do PERD). Embora não tenha sido verificado, este é um impacto **Muito Provável**, e de **natureza Negativa** devido aos claros impactos adversos. A **incidência é Direta**, pois o impacto foi causado pela passagem da onda de rejeito e contaminantes associados, sendo o **tempo de resposta Imediato**, pois as alterações aqui reportadas ocorreram no exato momento da passagem da onda de rejeito, se estendendo ao longo das semanas seguintes. A **duração do impacto é de Médio Prazo**, pois as a recuperação das condições ambientais e das populações de organismos envolvidos nas cadeias tróficas locais demanda tempo, dependendo diretamente de melhoras das condições ambientais do rio Doce. Este é também um impacto **Reversível**, pois as populações atingidas poderão se recuperar, restaurando as conexões tróficas anteriormente observadas. O impacto teve **extensão geográfica Local**, acometendo toda o curso do Rio Doce, que delimita toda borda leste do PERD, e tributários diretos, podendo ter também atingido os lagos da UC. Do ponto de vista da avifauna, sua **importância é Baixa**, pois o componente impactado tem baixa importância social ou ambiental (a importância pode variar entre os grupos envolvidos nas teias tróficas), tendo também **magnitude Baixa** devido à baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais. Portanto, esse é um impacto de **significância Baixa**.

8.2.11. (B11) Alteração na composição das comunidades de aves aquáticas na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.

A morte de indivíduos da avifauna aquática e a provável dispersão forçada de indivíduos para outras áreas (impactos B9 e B10) foram discutidos anteriormente. A consequência lógica desses impactos é a alteração na composição da assembleia de aves aquáticas causadas pelos impactos gerados pelos rejeitos trazidos pela onda de ruptura e também por ressuspensões posteriores de sedimentos. Embora não tenha sido verificado através de dados, as evidências apresentadas pelo gestor do parque (Moreira 2015) reforçam a ideia de que alterações na composição da assembleia de aves aquáticas de fato ocorreram no PERD. Este é um impacto **Muito Provável**, e de **natureza Negativa** devido aos possíveis impactos adversos. A **incidência é Direta**, pois o impacto foi causado pela passagem da onda de rejeito e contaminantes associados, sendo o **tempo de resposta Imediato**, pois as alterações aqui reportadas ocorreram no exato momento da passagem da onda de rejeito, se estendendo ao longo das semanas seguintes. A **duração do impacto é temporária de Médio Prazo**, pois as a recuperação das condições ambientais e das populações de organismos envolvidos nas cadeias tróficas locais demanda tempo. Este é também um **impacto Reversível**, pois as populações atingidas poderão se recuperar, restaurando a composição original da assembleia de aves aquáticas anteriormente observada. O impacto teve **extensão geográfica Pontual**, acometendo toda o curso do Rio Doce, que delimita toda borda leste do PERD, podendo ter também atingido os lagos da UC. Do ponto de vista da avifauna. Sua **importância é Baixa**, pois o componente impactado tem baixa importância social ou ambiental, tendo também **magnitude Baixa** devido à baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos ou dos grupos sociais. Portanto, esse é um impacto de **significância Baixa**.

Herpetofauna

8.2.12. (B12) Aumento da mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais

O aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais de espécies da herpetofauna observado logo após o rompimento da barragem e ainda em momentos posteriores, com a ressuspensão periódica dos rejeitos, afetou marginalmente a **Unidade de Conservação** e sua **Zona de Amortecimento**; possui ocorrência **Verificada**, já que a morte de espécies da fauna aquática foi observada e amplamente documentada para diversos grupos da fauna aquática e semiaquática, sendo, portanto, necessário presumir que a maioria dos espécimes da herpetofauna que habitavam a calha do rio (cágados e jacarés) e suas margens também morreram com a passagem da onda de rejeitos; **natureza Negativa e incidência Direta**, 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 associados à calha ou margem do rio; **tempo de resposta Imediato**, já que a maioria das mortes provavelmente ocorreu imediatamente, dias ou semanas após a chegada do rejeito; **duração de Médio Prazo**, já que os efeitos da redução dos tamanhos populacionais pode continuar a influenciar a composição, estrutura e funcionamento da comunidade do Rio Doce por vários anos.

O impacto possui **magnitude Alta**, já que a elevada mortalidade de indivíduos ocasionada pela passagem do rejeito tem alta capacidade para afetar a integridade dos sistemas ecológicos, especialmente do ambiente aquático, que passou por um processo severo de defaunação logo após o rompimento. Com relação a extensão geográfica, o impacto foi considerado **Local**, já que se manifestou apenas no Rio Doce, mas não incidiu em outras áreas do interior da UC, que não fosse a margem do rio. O aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais resultou em alterações drásticas nas populações das duas únicas espécies de répteis aquáticos que habitam a calha deste trecho do Rio Doce e que desempenham importantes funções ecossistêmicas no rio, sendo o jacaré-do-papo-amarelo um predador que se alimenta de peixes, moluscos e outros invertebrados (Diefenbach 1979; Melo 2002) e o cágado-de-barbicha uma espécie onívora que consome mais itens animais, se alimentando de peixes, invertebrados e vegetais (Fachin-Teran et al. 1995, Souza e Abe 2000, Ribeiro et al., 2017), fazendo com que esse impacto tenha sido de **Alta importância**. Esse impacto é **Reversível**, já que com o tempo existe a tendência de que as populações afetadas se reestabeleçam. De fato, baseado no banco de dados fornecido pela Renova, foram capturados cinco indivíduos do cágado-de-barbicha *Phrynops geoffroanus* na calha do rio Doce, demonstrando que a espécie continua ou voltou a ocorrer no rio após o desastre. Dessa forma, o impacto aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais das espécies da herpetofauna possui **significância Muito Alta**.

8.2.13. (B13) Degradação do hábitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes

A perda e alteração de habitat por degradação, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do Rio Doce e áreas adjacentes afetou marginalmente a **Unidade de Conservação** (margem esquerda do Rio Doce e pequenos trechos de tributários que vêm da UC e desaguam no rio Doce) e sua **Zona de Amortecimento**, representada pela calha do Rio Doce, margem direita e pequenas áreas inundáveis; possui ocorrência **Verificada**; de **natureza Negativa e incidência Direta**, já que ocorreu em função de modificações na qualidade da água, erosão e acumulação de rejeitos na calha e margem do rio Doce; **tempo de resposta Imediato**, já que as alterações no habitat foram causadas imediatamente após a passagem do rejeito; **duração de Longo Prazo** no ambiente aquático, já que os efeitos da deposição de rejeitos na calha do rio continuarão a influenciar o habitat aquático, durante muitos anos, especialmente durante o período das chuvas quando há a ressuspensão do rejeito depositado no fundo do rio, mas tendem a cessar em algum momento, apesar de não ser possível precisar quando isso ocorrerá; **de Médio Prazo** no ambiente terrestre,

já que os habitats terrestres afetados pela deposição de rejeitos tendem a se recuperar em um prazo menor que dez anos, por meio da regeneração vegetal.

A alteração do habitat aquático promovida pela degradação da qualidade da água e sedimentos do Rio Doce e corpos d'água marginais se deu de diversas formas (e.g. aumento de cargas suspensas, contaminação por metais e outras alterações físico-químicas), todas com potencial grande para afetar a performance de organismos aquáticos e, portanto, com alta capacidade de afetar a integridade do ecossistema o aquático. As alterações na qualidade da água foram de magnitude alta, especialmente durante os primeiros dias e meses que se sucederam o desastre, que, possivelmente, nem mesmo o jacaré-do-papo-amarelo e o cágado-de-barbicha, que são espécies que toleram ambientes bastante alterados puderam habitar as águas do Rio Doce nesse período. Entretanto, é provável que essas espécies foram capazes de se adaptar às alterações na qualidade da água após o término da fase crítica que sucedeu o rompimento. De fato, baseado no banco de dados fornecido pela Renova foram capturados cinco indivíduos do cágado-de-barbicha, *Phrynops geoffroanus*, na calha do rio Doce, demonstrando que a espécie voltou a ocorrer no rio após o rompimento. Dessa maneira, a magnitude deste impacto sobre a herpetofauna aquática foi de **Alta magnitude** nos primeiros meses que se sucederam o rompimento, mas tem diminuído com o tempo. Já no ambiente terrestre, que foi bem menos afetado que o aquático, esse impacto foi de **Baixa magnitude**, já que as alterações ocorridas na margem afetaram pouco a herpetofauna que habita as margens do Rio Doce.

O impacto possui **extensão Local**, já que se manifestou apenas na calha, trechos de tributários e margens do rio, mas não se manifestou em toda a extensão da UC. Nesse trecho do Rio Doce, o pulso de inundação causado pelo rejeito extravasou muito pouco a calha do rio e não atingiu ambientes terrestres não marginais. O pulso de inundação, segundo o gestor do parque, Vinícius de Assis Moreira, teria atingido e, portanto, afetado a qualidade do habitat de tributários do Rio Doce que vêm da UC e desaguam no Rio Doce. Entretanto, essa influência não teria ultrapassado cerca de 30 metros desses tributários. De acordo com o gestor, foi verificado que algumas lagoas localizadas na zona de amortecimento tiveram contato com a água do rio Doce que teria extravasado a calha durante a cheia de 2020/2021. Essa conexão, entretanto, não ocorreu entre o rio e as lagoas do interior do PERD que, portanto, não foram afetadas por este impacto.

O impacto pode ser considerado de **importância Alta** no ambiente aquático, visto que afetou as duas únicas espécies da herpetofauna que habitam esse trecho do Rio Doce e que desempenham importantes funções no ecossistema, sendo o jacaré-do-papo-amarelo um predador e o cágado-de-barbicha um onívoro que também atua como predador. Com relação aos anfíbios e répteis Squamata (lagartos, anfisbenas e serpentes) de hábitos terrestres, não há espécies que sejam típicas dos habitats marginais ao Rio Doce. Entretanto, algumas espécies comuns e adaptadas a ambientes abertos e de borda podem utilizar esses habitats para forrageamento (e.g. teiú, *Salvator merianae* e os anfíbios *Leptodactylus latrans* e *Boana faber*), mas não o utilizam especificamente para reprodução. Por esse motivo, esse impacto deve ser considerado de **Baixa importância** no ambiente terrestre.

Este impacto é **Reversível** no longo prazo, já que alguns aspectos da qualidade do habitat (e.g. turbidez, composição granulométrica do sedimento) podem retornar a condições similares às anteriores ao rompimento. Dessa forma, a perda e alteração de habitat por degradação, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes possui **significância Muito Alta** para a herpetofauna no ambiente aquático e **significância Baixa** no ambiente terrestre marginal ao Rio Doce.

8.2.14. (B14) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre

Apesar da dificuldade para mensuração deste impacto, no ambiente terrestre, as alterações na cadeia trófica foram certamente menores do que no ambiente aquático. No ambiente terrestre, seria esperado que esse

impacto afetasse principalmente espécies que habitam as margens do Rio Doce e que se alimentam principalmente de organismos terrestres, mas que tenham alguma fase do seu ciclo de vida diretamente associada ao ambiente aquático do rio, como exemplo insetos das ordens Diptera, Odonata, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Megaloptera. Entretanto, a maioria das espécies da herpetofauna terrestre, especialmente anfíbios e lagartos, apesar de insetívoras, não se alimentam preferencialmente de insetos adultos que tenham larvas aquáticas.

O impacto de alterações na cadeia trófica afetou marginalmente a **Unidade de Conservação e sua Zona de Amortecimento**; possui ocorrência **Muito Provável**, já que as mudanças ambientais ocorridas no Rio Doce certamente afetaram a cadeia trófica; **natureza Negativa e incidência Direta**, já que ocorreu principalmente como resultado das mudanças na qualidade da água, rejeitos e alterações nas comunidades biológicas em decorrência do rompimento e aporte de rejeito no rio; **tempo de resposta Imediato**, já que as alterações aqui descritas se iniciaram imediatamente após a chegada do rejeito; **duração de Longo Prazo**, já que modificações na cadeia trófica podem se manifestar por vários anos, até que haja a recuperação das condições ambientais e das populações de organismos envolvidos nas cadeias tróficas locais.

No ambiente terrestre, este impacto possui **magnitude Baixa**, já que tem baixa capacidade de afetar a integridade dos sistemas ecológicos da margem do rio. Com relação a extensão geográfica, o impacto foi considerado **Local**, já que se manifestou apenas nas margens do rio Doce.

No ambiente terrestre, o impacto de alterações na cadeia trófica pode ser considerado de **Baixa importância** já que não há espécies da herpetofauna que desempenhem papéis chave ao funcionamento desse ecossistema marginal ou que sejam relevantes para a conservação e que tenham sido afetadas por essas mudanças. O impacto é **Reversível**, visto que a condição geral das margens do rio pode retornar às anteriores ao rompimento da barragem reestabelecendo assim as conexões tróficas locais. Dessa forma, o impacto possui **significância Baixa** no ambiente terrestre.

8.2.15. (B15) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna aquática

As alterações na cadeia trófica desencadeadas pelo rompimento da barragem afetaram de maneira diferente a herpetofauna que habita o ambiente aquático (jacarés e cágados) e terrestre (anfíbios e répteis Squamata que habitam a margem do Rio Doce), tendo ocorrido na **UC e na ZA**. A cadeia trófica no ambiente aquático foi certamente mais afetada que a do ambiente terrestre. A degradação da qualidade da água e sedimento, incluindo seus efeitos na base da cadeia alimentar (algas e pequenos invertebrados), além da enorme e documentada mortandade de peixes que procedeu ao rompimento, alteraram completamente a estrutura da comunidade no ambiente aquático. Dessa maneira, toda a cadeia trófica deste ambiente foi afetada, incluindo o jacaré-do-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, um predador que se alimenta de peixes, moluscos e outros invertebrados (Diefenbach 1979; Melo 2002) e o cágado-de-barbicha, *Phrynos geoffroanus*, um onívoro que consome mais itens animais, se alimentando de peixes, invertebrados, mas também vegetais (Fachin-Teran et al. 1995, Souza e Abe 2000, Ribeiro et al., 2017).

No ambiente aquático, o impacto é **Muito Provável**, de incidência **Direta** e natureza **Negativa**. O tempo de resposta é **Imediato** e a duração de **Longo Prazo**. Possui **magnitude Alta**, já que as alterações na cadeia trófica provavelmente afetaram a integridade desse ecossistema, especialmente logo após a passagem da onda de rejeitos. É esperado que as cadeias tróficas tenham ficado completamente desestruturadas por meses ou anos. Entretanto, é importante enfatizar que a magnitude deste impacto diminui com o passar do tempo, na medida em que ocorre a recuperação parcial das condições ambientais e das populações de organismos envolvidos nas cadeias tróficas locais. Com relação a extensão geográfica, o impacto foi considerado **Local**, já que se manifestou apenas no Rio Doce e em uma pequena extensão da foz de seus

tributários (ribeirão Belém e rio Piracicaba).

As alterações na cadeia trófica afetaram todas as espécies do ambiente aquático, incluindo as duas únicas espécies da herpetofauna que possuem hábitos aquáticos, o jacaré-do-papo-amarelo e o cágado-de-barbicha. Por esse motivo, esse impacto foi de **Alta importância** para a herpetofauna no ambiente aquático. O impacto é **Reversível**, visto que a condição geral do habitat do rio pode retornar às anteriores ao rompimento da barragem reestabelecendo assim as conexões tróficas locais. Dessa forma, o impacto alterações na cadeia trófica possui **significância Muito Alta** no ambiente aquático e **Baixa** no ambiente terrestre.

Vertebrados terrestres e aquáticos (exceto peixes)

8.2.16. (B16) Aumento da caça e captura de espécies da mastofauna, avifauna e herpetofauna

Devido à sua grande extensão territorial, múltiplos acessos e consequente dificuldade de fiscalização, o PERD sofre historicamente e de forma crônica com a caça de aves e mamíferos e com a captura ilegal de aves de estimação (IEF, 2001), atividades que se intensificaram após o desastre segundo relatórios técnicos (IEF, 2016; CEPEMAR 2020). Este é um impacto muito difícil de ser demonstrado, pois essa atividade, obviamente, é realizada de forma furtiva e em áreas isoladas do Parque. Não é de se surpreender, portanto, a falta de dados históricos e atuais que permitam conclusões seguras sobre os atributos relacionados a este impacto. Mudanças na dinâmica social e nas atividades econômicas, como por exemplo a restrição da pesca no rio Doce, como resultado da contaminação dos peixes devido ao rompimento da barragem de Fundão, teve como resultado direto uma mudança nas atividades humanas que se refletiu no uso dos recursos da UC. Diversas fontes (IEF, 2016; CEPEMAR, 2019) apontam o aumento da caça e pesca ilegais (de espécies nativas) dentro do PERD, que resultam em impactos que perduram até o presente.

É possível que este impacto tenha ocorrido para a mastofauna no PERD (IEF, 2016), tendo sido reportado através de entrevistas realizadas na campanha expedita de campo pela CEPEMAR (CEPEMAR, 2020) e pelo gestor do PERD. O impacto, resultante do rompimento da barragem, pode ser atribuído à diminuição das atividades de pesca, ou ao aumento do tempo livre da população local. Espécies como tatus, cutias, pacas e outras de interesse cinegético, têm suas populações impactadas negativamente.

Dentre as aves, dois dos maiores troféus cinegéticos encontrados no parque, a jacutinga *Aburria jacutinga* e o mutum-de-bico-vermelho *Crax blumenbachii*, não possuem registros recentes confirmados. O mesmo ocorre com o inambu-anhangás *Crypturellus variegatus*, sem registro desde a década de 1990, espécie bastante sensível à pressão de caça e a alterações no seu habitat. Outras espécies menos sensíveis de tinamídeos, como o jaó-do-sul (*Crypturellus noctivagus*) e de cracídeos (jacus *Penelope* spp.) ainda são comuns no parque. Portanto, o PERD aparentemente já havia sofrido alguma redução nos contingentes populacionais de suas espécies cinegéticas mais sensíveis por ocasião do rompimento da barragem.

Dentre as espécies visadas pelo comércio ilegal de animais de estimação, destacam-se no PERD diversas espécies de psitacídeos, incluindo as tiribas (*Pyrrhura* spp.), papagaios (*Amazona* spp.) e maracanã-verdadeira *Primolius maracana* (Figura 103). A possível presença do ameaçadíssimo bicudo *Sporophila maximiliani*, uma das espécies mais visadas pelo comércio ilegal (ICMBio 2018) e que conta com registros históricos para região (Pinto 1952), jamais foi confirmada para o PERD. Faltam por completo dados, tanto históricos quanto atuais, sobre a caça e captura de espécimes da avifauna pelo comércio ilegal. O aumento reportado da pressão de caça e captura pode ter origem não apenas na escassez de recursos financeiros por parte da população mais duramente atingida pelo desastre, mas também no aumento do tempo livre entre

aqueles que estão recebendo algum tipo de auxílio financeiro. A estrada da Ponte Queimada, que corta 22 km do parque, é uma importante rota de acesso a caçadores e traficantes de animais (IEF 2001, LEL obs. pessoal).

Figura 104. Uma escada de madeira improvisada de modo a permitir o acesso a um ninho de maracanã-verdadeira *Primolius maracana* em uma cavidade no tronco da árvore, a mais de 25 m de altura. Esta espécie de Psittacidae é vítima comum do tráfico ilegal de animais de estimação. Parque Estadual do Rio Doce, trilha Campolina, fevereiro de 2012. Foto: Leonardo Lopes.



De acordo com o gestor do PERD, além do aumento da caça de mamíferos e aves, houve também um aumento significativo da caça de jacarés no parque, ligado à diminuição das atividades de pesca na região.

Esse impacto, afetando a **UC e a ZA**, deve ser considerado de ocorrência **Provável**, reportado através de relatórios e pelo gestor do PERD, e de natureza **Negativa**, pois resulta na redução da população de várias espécies, muitas das quais ameaçadas. É de incidência **Indireta**, já que não decorre diretamente do rompimento, mas das alterações nas atividades econômicas e de lazer na região com resultado da passagem da onda de rejeito e contaminantes associados. Seu tempo de resposta é de **Curto Prazo**, pois as alterações aqui reportadas se iniciaram até um ano após o desastre e de duração de **Médio Prazo**, **Reversível**, e de **extensão Pontual**, de importância **Média**, podendo afetar algumas espécies ameaçadas, magnitude **Baixa** e **significância Baixa**.

Ictiofauna

8.2.17. (B17) Aumento de mortalidade da ictiofauna e redução dos tamanhos populacionais

Este impacto concentrou-se na calha do rio Doce e ao longo de suas margens, alcançando trechos terminais de alguns tributários como o ribeirão Belém e a confluência entre o rio Piracicaba e o rio Doce, como decorrência da passagem dos rejeitos e a ressuspensão periódica do material depositado.

Após a passagem da lama de rejeitos foi detectada uma mortandade massiva de peixes no rio Doce (IEF, 2015, 2016), e que continua afetando o rio após períodos de chuva que ressuspendem a lama na calha do rio, segundo relatos do gestor. Em contraste com os dados levantados para a linha de base, onde foram registradas 68 espécies para o PERD e seu entorno, os dados dos monitoramentos pós-rompimento nos anos de 2016 (Dergan et al. 2017), 2017 e 2018 (Econservation 2019) apontaram para uma perda de riqueza muito relevante tanto para as áreas afetadas pelo rompimento, onde foram registradas respectivamente 6, 19 e 22 espécies, quanto para as áreas não afetadas, onde foram registradas respectivamente 12, 14 e 23 espécies. Em números absolutos, 13 espécies (19% da riqueza observada na linha de base) no ano de 2016 (Dergan et al. 2017), 27 espécies (40% da riqueza observada na linha de base) no ano de 2017 e 32 espécies (47% da riqueza observada na linha de base) no ano de 2018 (Econservation 2019), o que indica que, apesar de severamente impactada pelo rompimento da barragem de Fundão, e ainda sofrendo com eventos periódicos de mortandade ocasionados pela ressuspensão dos sedimentos depositados no fundo do rio, a ictiofauna do rio Doce está se recuperando tanto em termos de riqueza, quanto de abundância. A área de estudo empregada na caracterização da linha de base pré-rompimento (item 4.2.1.5 pg.106) está incluída no Trecho Médio 1 dos monitoramentos de ictiofauna pós-rompimento realizados por Dergan et al. (2017) e Econservation (2019), que vai da Usina Risoleta Neves até a região da cachoeira Escura. Desta forma, ainda que os dados pré-rompimento não tenham sido coletados de forma a caracterizar o impacto, e o desenho amostral dos dados pós não tem como foco especificamente a área do PERD, os resultados obtidos nestes diferentes estudos são comparáveis quanto à riqueza de espécies. Vale salientar que foi constatada deposição de rejeito e consequente contaminação, nas confluências entre o rio Doce e seus tributários, tendo ocorrido entrada de material proveniente do rompimento até 30 m rio acima, no ribeirão Belém. Por conta disso, pelo menos em um primeiro momento, a mortandade de peixes não ficou restrita a calha do rio Doce, atingindo também pequenas porções dentro de unidade de conservação.

Este impacto é de **natureza Negativa**, ocorrência **Verificada** e **incidência Direta**, pois foi resultante 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. Grande parte das mortes ocorreu imediatamente (**tempo de resposta imediato**), dias ou semanas após a chegada do rejeito, no entanto, é provável que continuem ocorrendo novos eventos de mortandade pelo menos na calha do rio Doce, após eventos de chuva, que ressuspendem o sedimento contaminado pelo rejeito de minério depositado no fundo do rio, caracterizando impacto **temporário de Médio Prazo**. Com em relação à redução dos tamanhos populacionais, pode ser considerado **Reversível**, uma vez que com o passar do tempo existe a tendência de reestabelecimento natural das populações impactadas, fato que está sendo confirmado pelos monitoramentos. Por não ter se concentrado apenas na calha do Rio Doce, pelo menos em um primeiro momento, podemos considerar que o impacto atingiu pontualmente a **Unidade de Conservação (UC)**, nos trechos finais e zonas de confluência de alguns de seus corpos d'água com o rio Doce, além de boa parte da **Zona de Amortecimento (ZA)** e seu entorno (AE), em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção "6. Diagnóstico Pós-rompimento", podendo ser considerado **Regional**. Por ter afetado todas as espécies de peixes presentes nas áreas afetadas, esse impacto deve ser considerado de **Alta importância** e **Alta magnitude**, pois afetou, mesmo que pontualmente, a integridade de processos ecológicos dentro da UC, além da integridade de sistemas aquáticos em sua ZA e AE. Sendo assim, este é um impacto de **significância Muito Alta**.

8.2.18. (B18) Destruição e degradação do habitat utilizado pela 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, macrofauna e algas bentônicas, perifíton, 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 (Figura 105). Após a passagem da lama de rejeitos, foi observado o acúmulo de rejeito de minério na foz do Ribeirão do Belém (cerca de 30 metros) e a acentuação do processo de assoreamento do rio Doce e degradação da sua margem que faz divisa com o PERD, comprometendo o substrato do rio e seu ambiente bentônico (IEF, 2016)

Após a passagem da lama de rejeitos, a qualidade da água do rio Doce foi alterada pelo aumento da concentração de sólidos em suspensão, de metais e queda drástica na concentração de oxigênio dissolvido, que durou alguns dias. Ao longo dos anos após o rompimento, conforme descrito, a ressuspensão periódica dos sedimentos depositados no fundo do rio associada a eventos de chuva causam novo aumento da concentração de sólidos em suspensão, de metais e redução na concentração de oxigênio dissolvido. O impacto mais evidente e importante está concentrado na calha do rio Doce, mas também acomete a foz dos tributários atingidos, como o Ribeirão do Belém, onde foi detectada a deposição de rejeito em um trecho de 30 metros adentro, a partir da confluência com o rio Doce (IEF, 2016), é provável que ocorra a mesma dinâmica descrita acima, de forma muito pontual e dentro do trecho atingido. Além disso, a direção do fluxo (Tributários > rio Doce) pode atuar como um atenuante do impacto, que se propagará para a calha principal. Após cheia ocorrida em 2020, houve extravasamento do rio Doce para as lagoas Malba e Ariranha, próximas às suas margens, localizadas na Zona de Amortecimento do Parque, configurando um possível evento de contaminação destes ambientes, que precisaria ser confirmado.

O aumento da turbidez, que ocorreu principalmente na calha do rio Doce e com menor intensidade nas zonas de confluência dos tributários e porções a montante de alguns deles (ex. Ribeirão do Belém) (IEF, 2016), em decorrência do carregamento de material particulado proveniente do rejeito e das ressuspensões periódicas, que vem acontecendo em todos os períodos de cheia, desde o rompimento, chegando a atingir, segundo relato do gestor do PERD, as lagoas Malba e Ariranha na Zona de Amortecimento como decorrência das cheias ocorridas em 2020, 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, perifíton (como boa parte dos loricarídeos) e invertebrados que dependem destes recursos, são afetadas. Além disso, a contaminação da água, resultando do contato com material sólido em suspensão e contaminantes incorporados a água, provenientes da bacia de rejeitos, também contribui para a perda de qualidade ambiental, resultando na exclusão pontual e temporária de espécies mais sensíveis.

Este impacto foi **Verificado** para a ictiofauna e possui **incidência Direta** e **natureza Negativa**, pois decorre do carregamento de sólidos em suspensão, deposição e ressuspensão de rejeito, no rio Doce, que levou à degradação da qualidade da água e de habitats utilizados pela fauna aquática; tendo tempo de **resposta Imediato**, já que passou a ter efeito no momento da chegada da lama e duração de caráter de **Longo Prazo**, pois a cada época chuvosa é relatado a ressuspensão do rejeito do fundo do rio, novo aumento de turbidez, carregamento de deposição do mesmo em porções à jusante, no rio Doce; mesmo assim o impacto pode ser considerado **Reversível**, já que as alterações na qualidade da água continuarão a influenciar a ictiofauna, mas tendem a cessar em algum momento e podendo haver o retorno a condições similares às anteriores ao rompimento. Por ter se concentrado em toda a calha do rio Doce, o que representa um contínuo ao longo de parte da Zona de Amortecimento (ZA) e área de entorno (AE), em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, além de lagoas fluviais também inseridas na ZA, além das zonas

de confluência de alguns tributários, tendo alcançado 30 m a montante no Ribeirão do Belém, localizado dentro da área do PERD, caracteriza-se como **Regional**. Esse impacto deve ser considerado de **Alta importância**, pois afetou de alguma forma todas as espécies de peixes presentes nas áreas afetadas; e de **Média magnitude**, pois afetou, mesmo que pontualmente, a integridade de processos ecológicos dentro da UC, além da integridade de sistemas aquáticos em sua ZA e AE. Sendo assim, este é um impacto de **significância Alta**.

Figura 105. Trecho de corredeiras do Rio Doce com banco de areia ao fundo, visualizado da Ponte Queimada, borda leste do Parque Estadual do Rio Doce. Note a elevada turbidez da água e as marcas deixadas pelos sedimentos nas rochas. Outubro de 2016, menos de um ano após o desastre. Foto: Leonardo Lopes.



8.2.19. (B19) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce

Devido ao enorme volume de rejeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão, estes não apenas foram transportados pelo rio Doce e depositaram-se nas margens, como adentraram os tributários e formaram uma barreira na confluência destes, no período pós rompimento. Esta barreira interrompeu temporariamente o fluxo de espécies aquáticas, especialmente da ictiofauna.

Após a passagem da lama de rejeitos, foi observado o acúmulo de rejeito de minério na foz do Ribeirão do Belém (cerca de 30 metros) bloqueando temporariamente a sua conexão com o rio Doce (IEF, 2016). Sendo assim, considera-se que o impacto foi **Verificado** para a ictiofauna; **incidência Direta** e de **natureza Negativa**, pois decorre da deposição de rejeito no leito do rio Doce, que levou ao bloqueio, mesmo que temporário da confluência do Ribeirão do Belém com o rio Doce; com **tempo de resposta Imediato** e duração **de Curto Prazo**. Este impacto pode ser considerado **Reversível**, pois a lama de rejeito depositada

foi removida pelo fluxo do Ribeirão do Belém. No entanto essa dinâmica de remoção de sedimento pode resultar em novas deposições ao longo do rio Doce. É provável que haja necessidade de intervenção externa, para garantir a restauração de habitats destruídos ao longo deste trecho; com extensão **Pontual**, já que atingiu, segundo os relatos, uma extensão de cerca de 30 metros no interior da UC. Devido a esta extensão, o impacto deve ser considerado de **Média importância**; e de **Média magnitude**, pois afetou, mesmo que pontualmente, a integridade de processos ecológicos além da integridade de sistemas aquáticos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **significância Média**.

8.2.20. (B20) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a ictiofauna

O soterramento de manchas de recursos alimentares (i.e., perífiton e invertebrados associados ao leito e às estruturas marginais), de habitats e estruturas utilizados para forrageamento, como os bancos de macrófitas, 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 pode-se 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 intra e 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 impacta o funcionamento do ecossistema aquático.

Tomando como base o descrito acima, considera-se que para a ictiofauna o impacto é de **natureza Negativa** e **incidência Indireta**, sendo um desdobramento de outros impactos já citados. A escassez de informação dificulta a classificação desse impacto, fazendo com que este seja apontado como potencial. Apesar disso, o conjunto de impactos verificados e citados anteriormente, costumam ter como desdobramento a alteração na cadeia trófica, por conta disso, este impacto é considerado **Muito Provável**. Possui **tempo de resposta de Curto Prazo**, pois tem como gatilho não só a mortalidade de indivíduos, soterramentos de recursos e alterações físicas e químicas da água e substrato, que ocorrem instantaneamente, mas também as alterações sinérgicas desse conjunto, que podem levar um tempo para se concretizar. Além disso, o tempo de recuperação também depende da recuperação de características ambientais pretéritas e da reestruturação das teias tróficas afetadas, pois conta disso a duração foi considerada de **Longo Prazo**. Também por conta disso, o impacto pode ser considerado **Reversível**, na medida em que houver a recuperação da disponibilidade de recursos alimentares e restabelecimento natural das populações afetadas. É um impacto **Local**, pois a escassez pontual de recurso promove deslocamento de indivíduos para áreas adjacentes, gerando competição e um efeito em cadeia, que se expande para além do ponto de ocorrência, afetando boa parte da **Zona de Amortecimento (ZA)** e seu entorno (AE), em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”. Mais uma vez se trata de um impacto que afetou todas as espécies de peixes da calha do rio Doce e por isso deve ser considerado de **Alta importância**. No entanto, o fato de não afetar a integridade de processos ecológicos dentro da UC, fazem com que seja de **Baixa magnitude**. Sendo assim, este é um impacto de **significância Média**.

8.2.21. (B21) Ambiente aquático: Alteração na composição da assembleia ou comunidades de peixes na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.

Parte das espécies não registradas nos monitoramentos pós-rompimento, são espécies de hábitos bentônicos muito restritos, intimamente relacionadas com habitats de fundo rochoso, altas velocidades de correnteza e grande oxigenação da água, como os Parodontidae (dos gêneros *Apareiodon* e *Parodon*) e os cascudos-laje da subfamília Hypoptopomatinae (do gênero *Pareiorhaphis*, em especial). Além dessas espécies de hábitos bentônicos, as três espécies de *Prochilodus* (*P. vimboides* – nativa; *P. cf. argenteus* e *P. cf. costatus* – alóctones) embora registradas nos três anos avaliados, apresentaram, no pós-rompimento, um número de indivíduos (n=6) muito abaixo do esperado naturalmente.

Trata-se de um impacto de **natureza Negativa** e de **incidência Indireta**, pois resulta dos desdobramentos de outros impactos já citados. Apesar da escassez de informação e dificuldade de comparação de dados pré e pós-rompimento, os dados obtidos apontam para uma alteração da composição das assembleias, por conta de impactos relacionados ao rompimento da barragem de Fundão, principalmente quando consideramos grupos específicos, dependentes de recursos e condições afetadas pelos desdobramentos desse rompimento, fazendo com que este possa ser apontado como **Verificado**. Possui **tempo de resposta de Médio Prazo**, pois as alterações da assembleia só se consolidam quando existem condições ambientais estáveis, mesmo que não análogas as iniciais, e mesmo que fossem, é muito improvável que haja o reestabelecimento da composição pré-rompimento. Por conta disso a duração é considerada **de Longo Prazo**, por não haver previsibilidade possível da recuperação da composição das comunidades aquáticas; no entanto o impacto pode ser considerado **Reversível**, pois uma recuperação gradual da ictiofauna está sendo detectada pelo monitoramento pós-rompimento. É um impacto **Local**, já que, apesar de atingir pontualmente a unidade de conservação durante os eventos periódicos de migração induzida pela ressuspensão de sedimentos e queda do oxigênio dissolvido no rio Doce, se espalhou por uma grande extensão de sua **Zona de Amortecimento (ZA)** e entorno (AE), em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”. Tem uma **Alta importância**, pois afetou todas as espécies de peixes presentes no local; **Média magnitude**, pois afeta, mesmo que pontualmente e restrito às zonas mais próximas ao rio Doce, a integridade de processos ecológicos dentro da UC. Sendo assim, este é um impacto de **significância Alta**.

8.2.22. (B22) Aumento da pesca ilegal nos lagos do PERD

Este impacto foi registrado para a ictiofauna das lagoas do PERD, tendo sido reportado através de entrevistas realizadas na campanha expedita de campo pela CEPEMAR (CEPEMAR, 2020). O impacto, resultante do rompimento da barragem, pode ser atribuído à diminuição das atividades de pesca no rio Doce, ou ao aumento do tempo livre da população local.

O impacto deve ser considerado de ocorrência **Provável**, já que foi reportado através de entrevistas, mas não documentado. A natureza pode ser considerada **Negativa**, pois o aumento da pesca de forma indiscriminada e não seletiva impacta todas as espécies das lagoas do PERD. É de incidência **Indireta**, já que não decorre diretamente do rompimento, mas das alterações nas atividades econômicas e de lazer na região. Seu tempo de resposta é de curto prazo e de duração temporária de **Longo Prazo**, **Reversível**, e de **extensão Pontual**, de componente afetado com importância **Alta**, pois está provocando a sobrepesca da ictiofauna das lagoas afetadas, magnitude **Baixa**, pois apenas contribuiu para a intensificação de um impacto em lagoas que já sofriam alta pressão de pesca. Sendo assim, a sua significância é **Média**.

8.3. Impactos nos Componentes do Meio Socioeconômico

8.3.1. (S1) Esgarçamento das relações topofílicas

A topofilia é um neologismo criado por Tuan (1980) que se caracteriza pela expressão dos acontecimentos emocionais de um determinado grupo com o meio material, resultando em laços afetivos, de prazer, que estes grupos têm na construção de seus lugares. Esses laços se diferem na intensidade, sutileza e modo de expressão. A topofilia pode ser também um estudo das percepções, atitudes e valores em relação a esse meio. Trata-se de entender, mais do que a materialidade das relações, o caráter simbólico dos grupos sociais em suas relações com seus meios, dando destaque para os mitos, os ritos, o imaginário.

Mais que um marco na paisagem, que o suporte físico que oferece a água que mata a sede, o banho que refresca, o peixe que mata a fome, o caminho para outro lugar, as águas do rio carregam imagens e significados, constroem símbolos e vidas.

[...] esse rio, que é um acidente geográfico da natureza, configura a vida das pessoas, na arte, na musicalidade, nas suas tradições, com seus rituais e crenças. Nas águas do rio, homens e mulheres vão desenhando suas histórias de vida (OLIVEIRA, 2009, p. 15, apud Chiapetti e Chiapetti, 2011, p. 70).

Para além de sua existência física, o rio tem uma importância sociocultural, e com ele são construídas relações que ultrapassam a dependência para a sobrevivência material, pois essas relações englobam também os aspectos simbólicos imanentes dos diversos grupos sociais que com o rio Doce se relacionam.

Destaca-se que o fazer-espaco se estabelece

nos engajamentos dos que habitam as margens dos rios com [alguns de] seus fluxos e nas histórias que fazem sobre... parte deles, especialmente na pesca, nas viagens e no transporte (Krause, 2017, p. 279, apud Creado e Helmreich, 2018, p. 283).

O rio, além de marco na paisagem, é marca da identidade do povo de um lugar. Assim é o rio Doce em seus 879 quilômetros, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, referência de lugar e elemento da identidade regional. Na área de estudo, o rio Doce é o limite leste do Parque Estadual do Rio Doce. São 43 km de extensão margeando o PERD e 17 em sua zona de amortecimento, abarcando os municípios de Caratinga, Bom Jesus do Galho, Pingo D'Água e Córrego Novo. O rio Doce dá o nome a uma das mais importantes unidades de conservação do estado de Minas Gerais, maior reserva de Mata Atlântica do estado, Reserva da Biosfera, reconhecida pela UNESCO e Patrimônio da Humanidade, reconhecido pela ONU (IEF, 2016). Para além da importância ambiental, o reconhecimento – inclusive internacional – de sua relevância confere a ele o status de símbolo de uma região.

A lama de rejeitos carregada desde a barragem de Fundão afetou as práticas de lazer no corpo d'água do rio e em suas margens, gerando a interrupção e o esgarçamento das relações topofílicas que as comunidades do setor leste do PERD mantinham com o rio. As relações topofílicas também foram afetadas na calha do rio Piracicaba, afluente do rio Doce, que limita o PERD em cerca de 15 km em todo seu setor norte.

O impacto causado pela lama de rejeito descaracterizou também as relações materiais das comunidades da face leste do PERD, como os usos para as atividades produtivas, como agricultura, pecuária e pesca. Segundo relatório da CEPEMAR, relatos dos membros do conselho gestor do parque indicam que o turismo foi bastante afetado: a Ponte Perdida que fica nas proximidades do distrito de Revés do Belém, em Bom Jesus do Galho, por exemplo, era local de visita para observação da passagem dos peixes. “Em épocas que o rio Doce ficava com volume mais baixo, as águas ficavam mais claras, o que permitia a observação da

passagem dos peixes [...] já não acontece mais, em razão da mudança de coloração da água e da mortandade dos peixes” (CEPEMAR, 2020, p. 179). As margens do rio, que eram utilizadas para práticas de lazer e recreação, tiveram, repentinamente, uma interrupção dessas atividades, com a perda desses espaços de sociabilidade e de lazer.

Presume-se que as festividades e demais atividades de lazer do setor leste tenham ficado comprometidas com a passagem da lama de rejeitos. Os moradores presenciaram as alterações no rio, onde anteriormente pulsavam atividades de lazer náutico e de sociabilidade da comunidade. Durante a passagem dos rejeitos, viu-se a mortandade de seres aquáticos e a alteração da paisagem natural, o que refletiu nos usos socioculturais, e na economia, em razão da interrupção das práticas de lazer e de esgarçamento das relações topofílicas da comunidade com o rio Doce em suas margens e leito.

Nessa linha, destaca-se a alteração do patrimônio cultural na área. A Ponte Queimada é um atrativo cultural e turístico, devido a sua importância histórica. É uma ponte de 800m de extensão sobre o rio Doce, com estrutura constituída de pilares de concreto, vigamento de ferro, tabuleiro, guia de roda e guarda corpo em Madeira (PERD, Plano de Manejo/Encarte 4, 2001, p.72.). Segundo o Fundo Brasil de Direitos Humanos (s.d., p. 5), os moradores da zona de amortecimento do PERD relataram, além das dificuldades de utilização do rio Doce para a atividade de pesca, “o fim do uso do rio para o **lazer**” (grifo nosso). Assim, o uso das pontes e demais atrativos de interesse de lazer e turismo relacionados ao rio Doce foi impactado, o que favorece a situação de esgarçamento das relações topofílicas da comunidade com o rio.

As pescarias de pequena escala, como as de ocorrência na área de estudo, operam dentro dos limites impostos pelas heterogeneidades e incertezas do ambiente como, por exemplo, o clima, tempo, viabilidade de peixes etc. Para exercer as pescarias, os grupos sociais empregam um detalhado conhecimento intimamente relacionado ao ambiente natural que exploram. Na literatura, este conhecimento sociedade-natureza, é denominado de Conhecimento Ecológico Local (CEL), e pode ser definido como o conjunto de saberes e saber-fazer a respeito do mundo natural, apreendido por meio da observação e da experiência, e transmitido oralmente de geração em geração, o que determina as estratégias de pesca utilizadas e a manutenção dessa atividade entre as comunidades de pescadores (DIEGUES, 1983; 1995; BEGOSSI, 1992; JOHANNES et al., 2000; BERKES et al., 2000). A pesca é uma atividade tradicional que não somente fornece alimento e renda, mas também representa um modo de vida, refletindo aspectos culturais e simbólicos dos grupos sociais. A partir do momento que o ambiente natural é impactado, a íntima relação dos grupos sociais com a natureza é alterada e, neste sentido, o conhecimento local gerado e alimentado pelas relações topofílicas, também se fragiliza, resultando no esgarçamento das mesmas e na limitação do pleno exercício das atividades socioeconômicas diretamente relacionadas à exploração de recursos naturais.

Destaca-se que a lama de rejeitos também impactou as práticas agrícolas e pecuárias, igualmente parte das relações estabelecidas entre os grupos sociais e o ambiente, o lugar tal como foi construído pelas comunidades na zona de amortecimento, notadamente o uso das águas do rio para irrigação e dessedentação animal, conforme registrado no diagnóstico pós-rompimento. Ainda nessa perspectiva, a interrupção da irrigação das culturas agrícolas, em particular o milho, cuja colheita motivava uma festividade local, o Festival do Milho, provocou o cancelamento do encontro festivo (CEPEMAR, 2020, p. 179).

A **área afetada** pelo impacto consiste na **área da UC**, um dos *locus* da construção das relações topofílicas de população residente na zona de amortecimento, no entorno e de visitantes de várias partes; a **Zona de Amortecimento**, local de moradia e de produção dos grupos sociais mais próximos ao parque, e área do entorno, posto que em todo o percurso do rio Doce, os diferentes grupos sociais estabelecem com ele as denominadas relações topofílicas, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”.

Com relação à **probabilidade de ocorrência**, indica-se que é **Muito Provável** que o impacto tenha ocorrido.

Há registros das alterações nas propriedades físicas e químicas da água do rio, relacionados ao tema do meio físico. A disseminação de informações sobre o rompimento e os efeitos desse desastre no rio Doce, provocou a associação, por parte da população, entre o nome do rio e o nome do parque, afastando-a da vivência nesse espaço, provocando a ruptura ou o esgarçamento dessa relação. As práticas socioculturais no leito e nas margens do rio também deixaram de existir, em razão da inadequação da qualidade da água. Nesse sentido, é muito provável que as relações topofílicas tenham sido muito afetadas, notadamente no setor a leste do PERD, e se pode inferir que tenha alta probabilidade de ocorrência expressa nas informações disponíveis e/ou na expertise dos analistas.

A **natureza** do impacto é **Negativa**, em razão das mudanças ocorridas na relação das pessoas com o lugar, expressas na supressão das áreas de lazer, recreação e sociabilidade, o que levou ao esgarçamento das relações topofílicas.

A **incidência** do impacto é **Indireta**, pois o esgarçamento das relações se dá em decorrência dos efeitos físico-químicos nas águas do rio o que, por sua vez, provocou na comunidade os sentimentos de desconfiança, desconforto e de não reconhecimento do lugar tal como existia.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que foi **Imediato**, uma vez que as atividades realizadas pela população (lazer, produção e desfrute) foram interrompidas e as paisagens descaracterizadas.

Avalia-se que a **duração** do impacto seja temporária – **Médio Prazo** (de 1 e até 10 anos). Isso porque, passados mais de cinco anos da ocorrência, há indicativos de que as relações topofílicas continuam esgarçadas na área do rio Doce.

Com relação à **magnitude** do impacto, este tem uma **Alta** magnitude. As atividades socioculturais ao longo das margens do rio Doce foram interrompidas e houve diminuição da visitação no PERD, o que afeta o vínculo de inúmeros grupos sociais com o PERD e com o rio.

A **extensão geográfica** é **Regional**, pois o impacto permeia praticamente toda a área de estudo, tendo alterado as relações com o lugar ao longo do rio Doce.

Avalia-se que o componente afetado pelo impacto – qualidade de vida – é de **Alta importância**.

No que diz respeito à **reversibilidade** do impacto, indica-se que ele é **Reversível**, embora no médio prazo. Tratar-se-á de um investimento maciço nas atividades de recuperação da calha do rio, mas ao mesmo tempo, de um trabalho intenso de informação/comunicação junto às comunidades, para recuperação do sentimento de pertença e identidade delas para com o PERD e o rio.

A **significância** do impacto é **Muito Alta**.

8.3.2. (S2) Fragilização da identidade laboral

O termo “identidade laboral” relaciona-se aos processos mais amplos de formação da identidade pessoal e social, e inclui aspectos como a profissão (o pescador, o agricultor, a engenheira, o guia, por exemplo), como os aspectos de ocupação (a operária, o professor, o gerente, a diretora, por exemplo). A identidade laboral é construída ao longo da vida, nos processos formais ou informais da aprendizagem de determinada profissão, ou na carreira profissional. A especificidade da identidade laboral no contexto geral da formação identitária do sujeito está em seu vínculo com o trabalho, com as atividades laborais, que geram no trato com os outros membros da comunidade suas fontes de renda, mas também fortalecem os laços do convívio social, que Candido (1987), ao analisar comunidades rurais, chamou de relações de compadrio. O sujeito se vê e é visto

por seu grupo social como pertencente a um determinado posto, o que lhe confere a identidade laboral.

(...) o trabalho e o emprego constituem um dos principais elos de transmissão das relações sociais. Estar integrado num contexto laboral e/ou prosseguir uma especialização profissional constitui uma fonte importante do sentimento de valor pessoal e uma forma de apresentação da pessoa perante o mundo exterior (KIRPAL, 2006, p. 25).

A identidade laboral é um elemento dinâmico na vida das pessoas e na sua inserção nos grupos sociais e esse dinamismo comporta várias ocupações relacionadas ao seu saber-fazer no trabalho. O que se coloca como impacto no contexto do rompimento da barragem de Fundão é a transformação na identidade laboral ocasionada à revelia do sujeito ou do grupo, por fator externo e de extrema gravidade.

À medida que o rompimento da barragem de Fundão provocou alterações em diferentes atividades profissionais (e.g., pesca, agricultura, turismo), sobretudo aquelas ligadas à exploração de recursos naturais, contribuiu para a fragilização da identidade laboral de trabalhadores diversos, que tiveram suas funções comprometidas e que passaram, muitas vezes, a depender financeiramente de auxílios para sua manutenção e a de suas famílias. A concessão de cartões de auxílio aos atingidos, medida necessária para sua manutenção diante da impossibilidade temporária de exercício pleno de seu trabalho em decorrência do rompimento, é um fator de estigma por parte da sociedade mais abrangente, e pelo próprio grupo afetado, num julgamento desconfiado e de desilusão sobre a real impossibilidade de realização do trabalho.

Então, quando existe a ruptura da referência que é o trabalho na elaboração da identidade individual e inserção social, pode haver uma fragilização da identidade, tanto no nível individual quanto no nível coletivo. A fragilização da identidade laboral ocorre quando os grupos sociais têm limitadas e/ou suspensas suas atividades socioeconômicas gerando uma crise social e identitária nos trabalhadores.

Tal impacto é negativo e foi identificado na área de estudo após o rompimento da barragem e a chegada da lama de rejeitos na calha do rio Doce que resultaram nas limitações à pesca e consequente estabelecimento das Portarias IEF nº 78/2016¹²² e IEF nº 40/2017¹²³ que regulamentam a pesca na bacia do rio Doce, quanto na perda de condições para as atividades de pecuária e agricultura, devido ao comprometimento da qualidade de água.

Destaca-se que dentre as categorias profissionais, a mais afetada é a de pescadores. No entanto, também foi registrada a atividade das lavadeiras que utilizavam as margens do rio Doce para lavar roupas de suas famílias e também de outras, obtendo rendimentos (CEPEMAR, 2020, p. 185). No setor agropecuário, 362 pessoas estão inscritas no Cadastro dos Impactados, sugerindo que é possível que uma parcela desses cadastrados tenha sofrido a interrupção de suas atividades laborais, conforme registrado no diagnóstico pós-rompimento.

Durante a propagação da onda de cheia provocada pelo rompimento da barragem, o Serviço Geológico do Brasil registrou o aumento da turbidez e da condutividade e redução da quantidade de oxigênio dissolvido da água (Viana, 2016). As alterações na qualidade do ambiente aquático e os potenciais impactos relacionados à qualidade do pescado trazem o risco real (ou mesmo potencial) de que o peixe do rio Doce esteja contaminado por alguma substância tóxica, o que limita ou mesmo interrompe a demanda pelo produto. Mesmo que exista pescado, pode não haver mercado (Viana, 2016).

De acordo com Bandeira et al., (2011) dúvidas quanto à qualidade sanitária do pescado podem ocasionar

¹²² <https://www.pescamadora.com.br/wp-content/uploads/Proibicao-da-Pesca-na-Bacia-do-Rio-Doce-Portaria-IEF-N-146-de-31-de-outubro-de-2016.pdf>

¹²³ <http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Portaria-40-IEF-2017.pdf>

uma drástica queda na comercialização desses produtos, limitando a cadeia produtiva. Até o presente momento, os estudos sobre a qualidade do pescado e seu impacto negativo na pesca pós-desastre não são conclusivos e como consequência os pescadores continuam sendo fragilizados. Restrições à atividade impactam as relações sociais e a economia da região e fragiliza a identidade laboral de grande número de pescadores. A fragilização da identidade laboral foi verificada também na cadeia econômica do setor de turismo, pois a chegada da lama acarretou prejuízos à beleza cênica da paisagem, alterando o número de visitantes na UC e, consequentemente, impactando os trabalhadores do segmento turístico, especialmente aqueles dedicados ao setor de alimentos e bebidas.

Dentre as atividades socioeconômicas na bacia do rio Doce, a atividade pesqueira é fundamental para geração de renda e alimento da população local. Isto se mostra por meio dos dados do Cadastro Integrado de pescadores elaborado pela Fundação Renova, que identificaram 13.736 pescadores autodeclarados e 35.641 pessoas envolvidas na cadeia produtiva da pesca como um todo. Entre os pescadores, 45% responderam que perderam até 1 salário-mínimo (SM) e 76% perderam até 2 SM com a redução da atividade¹²⁴. A equipe do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018) em trabalho de campo na área de influência do PERD e entorno, junto a Comissão dos Atingidos, identificou como prioridade pós-rompimento, a viabilização de apoio e suporte técnico de especialistas às demandas na área da pesca¹²⁵. Tais informações evidenciam a importância da pesca e a consequente natureza negativa do impacto.

No caso das atividades de pesca, por exemplo, dentre os pescadores autodeclarados no Cadastro Integrado da Fundação Renova, a maioria dos pescadores (81,8%) declararam exercer a atividade pesqueira, configurando-se o rio como a principal área de pesca da bacia e 36,3% dos pescadores responderam que o rompimento da barragem trouxe impacto relacionado à pesca em função de perda e/ou dano de equipamentos de pesca (petrechos e/ou embarcação e equipamentos auxiliares) inviabilizando, portanto, o exercício da atividade e o modo de vida destes trabalhadores.

Destaca-se, também, as limitações do Cadastro dos Impactados verificada no Dossiê do levantamento e cadastro dos impactados (Ramboll, 2020 p.29-108)¹²⁶ uma delas e emblemática para a identificação do impacto Fragilização da identidade laboral, é expressa por um atingido e registrada no referido Dossiê (p. 64)

aqui sempre foi comum que uma pessoa viva de várias atividades. São pescadores, agricultores, faiscadores, às vezes pequeno comerciante, ou barraqueiro nos fins de semana. Essa sempre foi nossa forma de viver. Esse cadastro que está aí não permite isso, as pessoas têm de escolher uma atividade. O meu vizinho é meeiro numa terra que agora não presta e diarista numa Fazenda, ele não foi reconhecido como atingido, é indireto. Foi o que a Renova disse pra ele e não deixou fazer o cadastro. E como ele são muitos por aí.

A **área afetada** pelo impacto consiste na **UC**, na **Zona de Amortecimento** e na **Área de Entorno**, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, pois em toda esta área trabalhadores foram fragilizados em suas respectivas atividades e, consequentemente, suas

¹²⁴ Tais informações constam dos resultados da primeira campanha do cadastro integrado da Fundação Renova que investigou a atividade pesqueira na Bacia do Rio Doce através de entrevistas com pescadores autodeclarados entre os anos de 2016 e 2017.

¹²⁵ Entre agosto e novembro de 2018, a equipe de campo do Fundo Brasil de Direitos Humanos realizou 13 visitas e reuniões de informação e apoio a formação e consolidação das Comissões de Atingidos, além de reuniões com presença do Ministério Público Federal, Ministério Público Estadual de MG e Defensoria Pública Estadual de MG e Fundação Getúlio Vargas (como observador). O objetivo final deste trabalho foi fortalecer as Comissões dos Atingidos, promover a seleção de organizações através de um conselho de especialistas e consolidar a equipe de Assessoria Técnica que atuaria junto as Comissões.

¹²⁶ RELATÓRIO DE MONITORAMENTO QUADRIMESTRAL – COMPILADO DE DOSSIÊS DE QUESTÕES CRÍTICAS, Ramboll, 2020. Disponível em http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-ramboll/Relatorio_Quadri_Dossies_Julho19_Vfinal_20-08_19_com_anexos.pdf/view. Acesso em 02.abr.2021.

identidades laborais.

Com relação à **probabilidade de ocorrência** indica-se que foi **Muito Provável**, pois, em relação à pesca, as restrições à atividade geraram nos pescadores atingidos o receio de se autodeclararem como tal, e o sentimento de marginalidade e medo de represálias por parte dos órgãos ambientais (Fundo Brasil de Direito Humanos, 2018). Em relação aos trabalhadores rurais, a interrupção temporária e as incertezas em relação à qualidade da água interferiram negativamente no trabalho, conforme registrado no diagnóstico pós-rompimento. Na mesma linha, as atividades de comerciantes e comerciários ligadas a alimentos e bebidas e dedicadas ao apoio de lazer das comunidades também foram interrompidas.

No que diz respeito à **natureza** do impacto, destaca-se que é **Negativa**, pois a fragilização da identidade laboral em razão da alteração das atividades diante da chegada da lama de rejeitos implica no não-reconhecimento dos sujeitos como trabalhadores, aspecto valorizado pela sociedade abrangente, além de provocar queda de renda, insegurança alimentar, problemas de saúde, enfraquecimento de laços comunitários e prejuízos às cadeias produtivas.

A **incidência** do impacto foi **Indireta**, pois a lama de rejeitos impactou os espaços e recursos naturais que eram explorados nas atividades laborais, impedindo ou dificultando a realização da pesca, da agricultura ou do comércio de alimentos e bebidas, dentre outras atividades, para os trabalhadores dos municípios da área de estudo. Logo da notificação do rompimento e o consequente alastramento dos rejeitos pelo rio Doce foi detectada, por exemplo, a mortandade de mais de 2 toneladas de peixes na extensão do rio (IBAMA, 2015; ORGANON, 2015). Da mesma forma, o abastecimento e usos potenciais de água com qualidade para agricultura e pecuária foram diretamente prejudicados, além das limitações impostas aos que trabalham vinculados às práticas de lazer.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que foi **Imediato**, pois sem recursos naturais disponíveis e beleza paisagística conservada, as atividades laborais características das populações locais, baseada na economia de pequena escala, ligadas a agricultura, criação de animais, pesca e lazer e turismo ficaram imediatamente prejudicadas.

Com relação a **duração do impacto** indica-se que ele é de **temporário – Longo Prazo** pois, após cinco anos do rompimento não houve a plena retomada das atividades laborais anteriormente desenvolvidas na área atingida. Ainda é necessário se considerar o contexto de sua reconfiguração, mesmo que sejam plenamente retomadas as atividades laborais, infere-se a necessidade de um período de tempo ainda maior para a reconfiguração da identidade laboral entre os grupos sociais, seja com o restabelecimento de identidades pré-existentes, seja com a criação de novas identidades.

O impacto tem **Alta** magnitude, uma vez que afeta a integridade individual dos trabalhadores e, em consequência, a configuração social estabelecida a partir das identidades laborais dos diferentes grupos.

A **extensão geográfica** do impacto é **Regional**, pois afetou trabalhadores de diferentes grupos sociais em toda a área de estudo do meio socioeconômico.

O componente qualidade de vida, sobre o qual incide o impacto, é de **Alta importância**, uma vez que as atividades laborais garantem identidade social e resiliência econômica às populações impactadas, como no caso dos pescadores e agricultores.

No que diz respeito a **reversibilidade** do impacto, indica-se que ele é **Reversível**, posto que medidas de reparação podem restabelecer as condições para realização das atividades laborais ou apontar para novas possibilidades de trabalho, contribuindo para a reconfiguração do universo laboral. Vale apontar que a conclusão de estudos sobre a qualidade do pescado para consumo é um aspecto fundamental para determinar a reversibilidade deste impacto, no caso dos trabalhadores da pesca, conforme descrito.

A significância do impacto é **Muito Alta**.

8.3.3. (S3) Ampliação do sofrimento social

Sofrimento social é o resultado da limitação da capacidade de ação dos sujeitos, assim definido por Pussetti e Brazzabeni (2011, p. 469). Os autores indicam que o conceito de sofrimento social tem sido particularmente apropriado para a análise das relações entre as dimensões subjetivas e aquelas vinculadas aos processos históricos e sociais. Ou seja, o sofrimento social é um sentimento humano socialmente construído, pois guarda relações intrínsecas com o universo sociocultural dos sujeitos. Assim, pode ser vivenciado tanto no plano individual, quanto no plano coletivo (Pussetti e Brazzabeni, 2011, p. 472).

Em desastres, sejam aqueles originados em fenômenos naturais ou os antropogênicos, ocorrem rupturas que têm efeitos importantes sobre as pessoas diretamente afetadas, população em geral ou profissionais envolvidos em emergências. Estudiosos de desastres, da área de saúde ou da sociologia dos desastres, particularmente, elencam uma série de consequências passíveis de provocar sofrimento social: alterações abruptas na rotina, perda de referências materiais e simbólicas, perda do trabalho e de fontes de renda, de espaços de lazer, isolamento social, forte sofrimento psíquico, ansiedade, depressão, angústia, insegurança, preocupação, medo, síndrome de estresse pós-traumático, suicídio (Valencio, 2014; Leonardo et al., 2016; Freitas et. al., 2018). A fragilização das redes de proteção contribui, ainda, para aumento do uso de álcool e outras drogas e para ocorrência de situações de violência física, psicológica e sexual. Valencio (2014, p. 3639) atenta para o fato de que o sofrimento decorre das perdas (humanas, materiais, sociais e simbólicas) e também “da vergonha pelas perdas havidas, decorrente ao ruidoso julgamento moral dos que assistem do lado de fora aos acontecimentos devastadores, mas dele formam e disseminam opinião, no geral, culpabilizando os afetados pelas próprias tragédias”.

Considerando, então, o sofrimento social como resultado da *crise social* gerada pelo desastre – este um acontecimento coletivo trágico, devastador, associado a um *tempo social*, condições socioculturais específicas – que tem como consequências perdas e danos súbitos, e a desorganização de modos de vida e de trabalho da coletividade atingida (Valencio, 2014), pode-se inferir que quanto maior a vulnerabilidade social de um grupo determinado, maiores serão as possibilidades de ocorrência do sofrimento social.

Freitas et. al. (2018, p. 57) abordam a importância de informações sobre a vulnerabilidade social em desastres e exploram alguns componentes a ela vinculados:

Gênero: Dados sobre desastres no nível global revelam que mulheres, junto com as crianças, têm 14 vezes mais chances de morrer nesses eventos. Ao mesmo tempo, desempenham um papel fundamental na recuperação e reconstrução no pós-desastre. São simultaneamente vulneráveis e uma força no processo de reconstrução e recuperação das comunidades

Raça e etnia: indivíduos/grupos não brancos são os que mais sofrem com injustiças sociais e ambientais, vivendo nas áreas e habitações mais vulneráveis, com piores indicadores de acesso ao saneamento ambiental adequado, educação, emprego e renda.

Idade: Crianças têm metabolismo e comportamento diferenciado em relação aos adultos, sendo altamente vulneráveis a qualquer risco ambiental. Idosos que vivem isolados, dependentes de outras pessoas da família com limitações econômicas e/ou cujas famílias não se responsabilizam pelo apoio social têm mais chances de sofrer impactos, ficam mais fragilizados e têm maior dificuldade de adaptação.

Pessoas com deficiência: são incapazes de se autoprotger, podem ter limitações de

locomoção e percepção de risco.

Educação: Baixa escolaridade, em geral associada com a pobreza e a marginalização, moradia em área de risco, menor representação política, menor capacidade de prover seus próprios recursos, menor percepção de risco.

População: rápido crescimento populacional apresenta maior propensão à urbanização desordenada, com infraestrutura física mais vulnerável.

Condições de habitação e saneamento: qualidade e situação das habitações e infraestrutura pública, inclusive sanitária e disponibilidade de água potável para o consumo humano.

Emprego e renda: Quanto maior a renda, maior a capacidade de mobilizar recursos e ativos para enfrentar adequadamente uma situação de desastre e responder a ela. Desigualdade social exerce papel importante no estudo da vulnerabilidade.

Analisando os desastres ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), Freitas *et al* (2019) abordam os efeitos sobre a saúde das pessoas para além das perdas, tanto as afetivas quanto as perdas materiais. Rupturas e interrupções dos modos de vida, das relações sociais, dos vínculos com o trabalho trazem consequências para as condições de vida e para a saúde dos atingidos por períodos de tempo que não se pode prever antecipadamente. O sofrimento social vivenciado pelos moradores das regiões atingidas pelo rompimento das barragens em Mariana, em Brumadinho, e também dos outros municípios ao longo do rio Doce no primeiro caso, e do rio Paraopeba no segundo, é potencializado pela permanência de condições de vida e trabalho precárias decorrentes do desastre e da não solução dos problemas ocasionados. Segundo os autores, especificamente no caso do rompimento da barragem de Fundão, observa-se que

Seus efeitos sobre a saúde mental podem ser imediatos, ampliar e prolongar na medida em que incertezas e inseguranças sobre o futuro se combinam com a ausência de resolutividade dos seus problemas e necessidades pelos órgãos públicos e empresas produtoras dos desastres (mais de três anos depois do desastre da Samarco, os moradores dos distritos de Mariana, Bento Rodrigues, Gesteira e Paracatu de Baixo continuam vivendo em casas alugadas e sem a vida comunitária que possuíam antes), acentuando o sofrimento emocional e psíquico (op. cit., p. 2).

Condições pretéritas de vulnerabilidade de alguns grupos sociais contribuem para o recrudescimento do sofrimento social. Ao estudar a situação das mulheres atingidas pelo desastre no rio Doce, a FGV (2019) aborda a “vulnerabilidade de gênero”¹²⁷, chamando a atenção para o fato de que os impactos são sentidos de maneira diferente por homens e mulheres. Tendo como referência estudos produzidos em outros desastres, as autoras do estudo (FGV, 2019) trazem pontos comuns, identificados também na análise específica do caso em tela. São eles:

- Ausência de participação em processos de tomada de decisão.
- Dificuldade de acesso a auxílios emergenciais e a medidas de reparação.
- A sobrecarga das tarefas domésticas e de cuidado.
- Não reconhecimento de atividades produtivas desempenhadas por mulheres.

¹²⁷ O estudo (FGV, 2019, p.17) elenca algumas formas de expressão da marginalização das mulheres: (i) maiores dificuldades de acesso à renda e à propriedade; (ii) menores oportunidades de trabalho formal; (iii) menor representatividade em espaços de tomada de decisão; e (iv) maiores chances de sofrer atos de violência (como abusos sexuais, violência doméstica, exploração sexual de crianças e adolescentes etc.).

- Saúde.
- O aumento dos índices de violência contra mulheres e meninas.

A base de dados da Ouvidoria da Fundação Renova permitiu às autoras, mesmo com as limitações identificadas e relatadas na Nota Metodológica (FGV, 2019, p. 38-40), obter elementos para a análise das condições das mulheres no período pós-rompimento. Ainda que em decorrência das limitações identificadas não seja possível localizar geograficamente o espaço de vida das mulheres que recorreram a esse serviço da Fundação Renova, é afirmado no estudo que a base de dados contempla relatos de mulheres de todos os municípios considerados como atingidos, o que inclui os municípios da área de estudo do meio socioeconômico, particularmente os da zona de amortecimento do PERD e os de seu entorno, banhados pelo rio Doce.

Dentre os elementos identificados está a invisibilidade das mulheres, que são classificadas como dependentes no cadastro¹²⁸, o que, por sua vez, provoca o não reconhecimento de suas atividades econômicas e dificulta seu acesso a auxílios emergenciais ou sua inserção nas medidas de reparação, provocando dificuldades para manutenção da família e da casa, além de contribuir para conflitos domésticos e, em alguns casos, para a violência doméstica. Apesar de autodeclaratório e a titularidade no Cadastro ser indicada pelas famílias no ato do registro, as mulheres pescadoras, por exemplo, não conseguem comprovar sua participação direta nos processos laborais, tais como a limpeza e as negociações de venda de peixes, estando, em muitas das vezes, inseridas como dependentes de seus maridos, ainda tratados como os “chefes de família” (FGV, 2019). No estudo, as autoras identificaram e analisaram relatos relacionados à saúde mental (depressão, tentativa de suicídio, ansiedade e tristeza), sobrecarga doméstica, com fatores que agravam as condições de saúde, como “dívidas, contas atrasadas, despejos e problemas de segurança alimentar (falta de alimentos, fome etc.) revelam-se como potenciais agravantes das condições de saúde mental das mulheres demandantes” (op. cit. p. 91).

Valencio (2014, p. 3633) chama a atenção para o fato de que é comum a sujeição a um padrão tecnicista de interação que “resulta num sofrimento social multidimensional dos grupos sociais mais afetados nos desastres”; padrões que podem definir, a partir de parâmetros externos ao grupo, quem são os “responsáveis pelo lar”, quem é, de fato, atingido pelo desastre, logo, merecedor de auxílio emergencial ou elegível para medidas de reparação.

Impactos socioeconômicos decorrentes do desastre podem provocar problemas de saúde, conforme os indicados por Freitas et al. (2019): transtornos mentais/depressão; diabetes mellitus; hipertensão arterial sistêmica; ansiedade. Há de se observar, contudo, que sentimentos humanos não são, necessariamente, problemas de saúde passíveis de tratamento convencional, medicamentoso. Há de se cuidar para o risco de patologização dos sentimentos e, consequentemente, para a estigmatização daquele que sofre após um desastre dessa magnitude. Rodrigues et. al. (2016, p. 168-9) apontam que

a atuação fica direcionada para a atenção ao trauma, através de intervenções individualizantes (seja na clínica individual ou em grupo), em detrimento das intervenções voltadas aos fatores sociais e comunitários. [...] É imperioso que esse trabalho também tenha como objetivo reduzir as situações que aumentam a angústia e o isolamento social e, similarmente, potencialize as estratégias locais de reorganização comunitária, para reconstituição da vida e dos laços sociais. Além disso, as práticas de saúde e modelos de cura presentes na própria comunidade precisam ser identificados e

¹²⁸ Segundo FGV (2019), no reconhecimento como “responsáveis pelo lar” por parte da Fundação Renova para Cadastro, há 66,3% de homens e 33,7% de mulheres.

integrados aos cuidados dirigidos a essas populações, de maneira a valorizar a participação social e, assim, garantir a troca de informações e o empoderamento dos sujeitos diante da situação de desastre ocorrido.

Ao considerar que o contexto sociocultural pode influenciar a vivência do sofrimento social por diferentes grupos sociais, pode-se entender que o desastre decorrente do rompimento da barragem de Fundão está sendo vivido de maneira distinta em Mariana, particularmente pelos antigos moradores de Bento Rodrigues, e pelas comunidades ribeirinhas ao longo do rio Doce e em seu delta, já no oceano Atlântico. Leonardo et al. (2016, p. 9), relatam a surpresa causada aos moradores de Regência, no município de Linhares (ES), desconhecedores dos perigos relacionados à atividade minerária, tão distantes se encontravam da barragem de Fundão.

Dessa forma, enquanto em Bento Rodrigues os moradores já estavam cotidianamente acostumados com a prática da extração de minério, inclusive com percepções de risco, quanto ao rompimento da barragem (Zhou, Et Al., 2016) em Regência os moradores apresentaram, na época do rompimento, total desconhecimento de que esse tipo de atividade industrial pudesse afetar as suas vidas. (...) os moradores de Regência estavam apreensivos com a tragédia que vinha sendo narrada pelos meios de comunicação e, com pouco acesso à informação local, aguardavam ansiosamente a chegada da lama ao distrito.

Dada a localização do Parque Estadual do Rio Doce, sua zona de amortecimento e área de entorno em relação à barragem de Fundão, pode-se inferir que o sofrimento social se inicia a partir da atmosfera de apreensão por parte dos seus moradores com as notícias veiculadas e com alguma mobilização institucional. Foram dois dias de espera pela chegada da lama e suas consequências, com poucas e desencontradas informações.

O início do sofrimento social se dá, então, logo após o anúncio do ocorrido e da expectativa de que a lama deve chegar em breve e, desde então, sentimentos de apreensão e medo, incertezas e aflições se fazem presentes. Nessa perspectiva, a data do rompimento da barragem de Fundão é um marco, o início.

Conforme relatado no diagnóstico pós-rompimento, inúmeras foram as alterações observadas em campo pelas equipes do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018b) e CEPEDMAR (2020) na vida dos moradores da zona de amortecimento do PERD, sobretudo aqueles localizados na margem direita do rio Doce, na localidade de Revés do Belém, Bom Jesus do Galho, em Córrego Novo e Pingo D'Água. Como observado na literatura, grupos sociais mais vulneráveis, particularmente os que se utilizam dos recursos naturais e/ou são beneficiários de serviços ecossistêmicos são os mais atingidos nas várias dimensões da vida, seja pela dependência em relação a bens de uso comum (não privados), como a água, o rio, os peixes, seja pela dificuldade de resposta aos efeitos do desastre¹²⁹.

Ao sofrimento social vivenciado pelos grupos sociais mais vulneráveis nas localidades na zona de amortecimento e área de entorno do PERD, decorrente do rompimento da barragem de Fundão, somam-se, a partir de 11 de março de 2020, os efeitos da COVID 19, declarada como pandemia pela Organização Mundial da Saúde. Além de compartilhar das consequências da pandemia para toda a população mundial, os atingidos pelos efeitos do rompimento da barragem de Fundão sofrem da descontinuidade de algumas das medidas de reparação que se encontravam em curso. Segundo FEAM (2020, p. 9),

De modo geral, durante a pandemia, as ações que estavam sendo realizadas foram

¹²⁹ Um exemplo da diferença de resposta relacionada à vulnerabilidade se encontra na informação relatada pelo Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018 b, p. 11) de que no município de Ipatinga "os bairros que ficam próximos ao Rio Doce – Vila Ipanema e Castelo – são de classe média alta e, segundo informações dos mobilizadores, os moradores desses bairros já estavam negociando com a Renova a partir de ações judiciais".

interrompidas, interferindo diretamente nas atividades e ações desenvolvidas para recuperação do Rio Doce, devido às recomendações, limitações e proibições impostas pelos entes públicos, bem como das incertezas do cenário vinculado à proteção da população e trabalhadores.

A **área afetada** pelo impacto *ampliação de sofrimento social* é constituída pela **Zona de Amortecimento** do PERD e **área de entorno** da ZA, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, com destaque para as localidades rurais, cujos moradores se utilizam do rio Doce para suas atividades produtivas ou para lazer, sobretudo as comunidades com maior vulnerabilidade social que vivenciaram perdas materiais e simbólicas.

A **probabilidade de ocorrência** é **Muito Provável**, pois elementos que caracterizam conceitualmente o sofrimento social estão presentes no território, como a vulnerabilidade social, perdas materiais (condições de produção na pesca, na agricultura e na pecuária), perdas simbólicas (espaços de lazer, sociabilidade, contemplação), conflitos (internos ao grupo social e com a Fundação Renova e instituições públicas).

A **natureza** do impacto é **Negativa** para as comunidades que vivenciam o sofrimento social, em razão das dificuldades impostas para a solução dos problemas enfrentados e a falta de perspectiva em relação ao futuro que se apresenta.

A ampliação de sofrimento social é um impacto com **incidência Indireta**, posto que é consequência de aspectos vinculados ao rompimento da barragem, como o aumento da vulnerabilidade social; a discriminação de gênero manifesta da distinção no pagamento de auxílio emergencial; a insuficiência de medidas de reparação propostas; e a desarticulação social que dificulta o enfrentamento da situação. É consequência também dos impactos: (S1) Esgarçamento das relações tofófilas, (S2) Fragilização da identidade laboral, (S4) Acirramento dos conflitos socioambientais, (S5) Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água, (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S7) Redução da segurança alimentar.

O **tempo de resposta** do impacto foi **Imediato**, tendo os sentimentos que compõem o sofrimento social se manifestado tão logo houve o rompimento da barragem de Fundão e as primeiras notícias chegaram aos moradores, gerando apreensão, expectativa e ansiedade.

Avalia-se que a **duração** do impacto seja **Permanente**, pois não há como prever a redução do sofrimento social. Aspectos da vida cotidiana anteriores ao rompimento permanecem constantemente como perdas na memória coletiva. A data de 05 de novembro tornou-se referencial para toda a coletividade atingida pelo rompimento e, independentemente da condição objetiva dos grupos sociais atingidos durante e após os processos de reparação, a marcação da data reascende a memória coletiva das perdas. Considerando a dimensão do rompimento da barragem de Fundão e todas as suas implicações para o meio socioeconômico e cultural, o impacto ampliação de sofrimento social é avaliado com **magnitude Alta**. O impacto tem uma **extensão Regional**, pois se propaga por vários dos municípios da área de estudo. A ampliação do sofrimento social incide sobre o componente **qualidade de vida**, cuja importância é considerada **Alta** para o meio social.

Quanto à **reversibilidade**, avalia-se que a ampliação de sofrimento social seja um impacto **Reversível**, dado que existem tratamentos para o caso de situações individualizadas e ações que podem potencializar as estratégias locais de reorganização comunitária, para reconstituição da vida e dos laços sociais e da busca por soluções coletivas para enfrentamento dos desafios. Não há incoerência entre a avaliação dos atributos duração (considerado permanente) e reversibilidade (considerado reversível). A duração refere-se ao tempo em que o impacto permanece, inclusive à possibilidade de identificar aprioristicamente o seu fim. Quanto à reversibilidade, avalia-se que existem mecanismos individuais e coletivos que podem mitigar o sofrimento coletivo. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Muito Alta**.

8.3.4. (S4) Acirramento dos conflitos socioambientais

Para Carvalho e Scotto (1995), conflitos socioambientais são expressos pela luta de interesses opostos, que disputam o controle dos recursos naturais e o uso do meio ambiente comum. Em sua definição, essas autoras incluem a noção de antagonismo para o entendimento dos conflitos e a existência de práticas que colocam em oposição as intenções, interesses ou sentimentos quanto a um objeto (ou conjunto de objetos) determinados. Nesse sentido, afirmam que conflito ambiental “é resultado de uma relação de forças entre grupos que se manifestam no espaço público e às diferentes categorias de percepção sociais e políticas dos atores.” (Carvalho e Scotto, 1995, p. 14). Para Vianna (2008), os conflitos podem ser analisados sob o ângulo de cada uma das partes envolvidas, que, genericamente, considera a outra parte como causadora do problema.

O rompimento da barragem de Fundão causou importantes alterações socioeconômicas na bacia do rio Doce, estando os prejuízos socioambientais mais relevantes associados aos problemas causados no abastecimento de água e nas atividades de agricultura, pecuária, pesca e turismo (IBAMA, 2015; Viana, 2016; 2017). Tais prejuízos resultam no acirramento de conflitos socioambientais pelo uso do espaço e recursos naturais.

Os conflitos entre os grupos sociais pela contínua perda de recursos naturais se evidenciam pelo controle ao acesso dos recursos naturais e uso da água e pela salvaguarda dos ambientes (Fundação Renova, s/d). Neste contexto, contribuem como aspectos desencadeadores ao impacto os conflitos e tensões entre moradores, este considerado como conflito pré-existente, recrudescido após o início do desastre, e os conflitos e tensões entre moradores e Fundação Renova. Vale apontar que o rio Doce integra uma bacia hidrográfica altamente degradada (despejos inadequados advindos da mineração e demais indústrias da região, uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras etc.) e pela quase inexistência de sistema de tratamento de esgotos, destacando-se ainda, o assoreamento como um dos sérios problemas dessa bacia, especialmente em suas regiões mais baixas, as quais recebem elevada carga de sedimentos provenientes de diferentes atividades antropogênicas das áreas a montante do rio, especialmente do Médio Rio Doce (PIRH, 2010; Viana, 2016).

As atividades socioeconômicas de uma economia de pequena escala existentes na área de estudo competem com diversas outras atividades produtivas, muitas vezes economicamente mais valorizadas, tais como a geração de energia, mineração, uso da água para agricultura e indústrias, navegação, turismo, aquicultura e pesca esportiva. O conjunto desses fatores afeta diretamente, por exemplo, os estoques pesqueiros que são limitados e vulneráveis (Mendonça et al., 2018).

De acordo com o estudo do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018 a), comunidades de pescadores da bacia do rio Doce que vivem a mais de 1.500 metros da margem do rio Doce e vivem da renda das atividades de pesca e do consumo de pescado têm dificuldades para serem reconhecidos como atingidos, pois a distância do rio e a pesca de subsistência limitam o reconhecimento e inclusão destes pescadores nos critérios estabelecidos para registro dos atingidos no Programa de Retomada das Atividades Pesqueiras e Aquícolas (PG 16). Por outro lado, no momento de se autodeclarar pescador no cadastramento, outro conflito emerge, pois pescadores têm receio de serem autuados pelo Ministério Público e medo da repressão policial, conforme registrado no diagnóstico pós-rompimento.

Com a chegada da lama de rejeitos, houve uma migração das pescarias que ocorriam na calha do rio Doce para áreas de entorno e/ou interior do Parque¹³⁰, contribuindo para ampliar os conflitos pré-existentes.

¹³⁰ Comunicação oral de Vinícius de Assis Moreira, gerente do Parque Estadual do Rio Doce, em reunião técnica entre gestão do PERD, IEF, Instituto Ekos e Fundação Renova. 12/04/2021.

Pescadores do entorno do PERD reivindicam que a pesca de espécies exóticas seja liberada em lagoas marginais e mesmo no interior do PERD, para pescadores profissionais e não somente para pescadores amadores (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018 a). A prática de pesca amadora de espécies exóticas no interior do PERD (na Lagoa Dom Helvécio) foi liberada como uma medida de manejo pesqueiro, visando a captura de tais espécies e, conseqüentemente, a redução dos impactos de tais espécies nos recursos pesqueiros nativos¹³¹. Contudo, as espécies exóticas da bacia do rio Doce estão extremamente adaptadas ao ambiente de maneira que acabaram por suplantam as nativas como alvos da atividade dos pescadores em geral, sendo recursos importantes não somente à pesca amadora, mas também para os pescadores profissionais e de subsistência (IEF, 2002; Alves et al., 2007; Vieira, 2010; Fundação Renova, s/d). O conflito ganha escala na medida em que pescadores profissionais estão sob restrições de pesca, impedidos de pescar espécies nativas, enquanto assistem o exercício da pesca amadora de espécies exóticas no interior do Parque. Para que possam ser solucionados os conflitos socioambientais na área de estudo é necessária a ampliação das ações, de forma integrada aos Programas em desenvolvimento pela Fundação Renova, de modo a fortalecer a cadeia produtiva da pesca, do turismo e os serviços básicos e acesso à saúde dos atingidos, demandando, portanto, iniciativas complexas.

No caso das atividades de pesca, o PG 16: Retomada das Atividades Pesqueiras e Aquícolas, reconhece como atingido passível de participação os pescadores profissionais regularmente cadastrados no Sistema Informatizado do Registro Geral da Pesca, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SiSRGP/MAPA), o que comprova o exercício da pesca profissional nos termos da Lei nº 11.959/2009¹³². Contudo, este dado oficial não representa a realidade do quantitativo de trabalhadores dependentes das atividades de pesca na área de estudo. Isto se mostra no fato de que o SiSRGP registrava, em outubro de 2015 (pré-rompimento), 2.997 pescadores profissionais em 54 dos 226 municípios da bacia do rio Doce, ao passo que os resultados da primeira campanha do Cadastro Integrado de pescadores realizado pela Fundação Renova, pós-rompimento (setembro 2016 a fevereiro de 2017), identificaram 13.736 pescadores autodeclarados. Em uma visão mais ampla da situação pós-rompimento, quando se analisa os dados relacionados a atividades econômicas em termos de propriedades afetadas ao longo da bacia do rio Doce, o Relatório de Análise do Cadastro Socioeconômico elaborado pela FGV (2019), mostra que dentre as 32.536 propriedades totais cadastradas pela Fundação Renova na área de abrangência do desastre, os respondentes de 23.650 propriedades citaram que “tiveram perdas, danos e/ou afetação” relacionadas à pesca e/ou à criação no rio e/ou atividades das lavadeiras.

Até março de 2021, os Programas da Fundação Renova PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e indenização dos impactados, registram em seus respectivos cadastros 15.434 pescadores no Espírito Santo e 1.890 pescadores em Minas Gerais, totalizando 17.324 pescadores¹³³. Dos 1890 cadastros de pescadores impactados em Minas Gerais, especificamente na área de estudo tem-se cadastrado nos referidos programas os seguintes quantitativos: Bom Jesus do Galho (953); Caratinga (152); Coronel Fabriciano (17); Córrego Novo (3); Dionísio (46); Ipatinga (213); Marliéria (1); Pingo d'Água (78); Santana do Paraíso (407); e Timóteo (20).

A área afetada pelo impacto consiste na **UC**, pois há indícios/evidências de aumento de caça e pesca ilegais

¹³¹ A partir da década de 1990, contudo, o repovoamento de espécies não nativas foi proibido por meio da Lei Ibama nº 9.605/1998[2], devendo as introduções serem realizadas somente com espécies da fauna nativa da bacia considerada para evitar impactos ambientais negativos ao ambiente.

¹³² http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11959.htm

¹³³ Informações disponibilizadas pela Fundação Renova em 18 de março de 2021, a partir dos dados sistematizados no escopo dos Programas PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados. Os números aqui apresentados foram atualizados em 28 de fevereiro de 2021 e são dinâmicos, haja visto que o quantitativo dos cadastros e as indenizações vêm sendo realizados em ritmo intenso, alterando números totais a cada semana.

no interior da unidade após o rompimento; na **Zona de Amortecimento** e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, onde se localizam os espaços de vida e de uso dos recursos dos grupos sociais.

Com relação à **probabilidade de ocorrência** indica-se que foi **Verificada**, dado que registros em relatórios e casos de judicialização em busca de direitos confirmam o aumento dos conflitos. Em busca de respostas às demandas e direitos que diante do desastre ampliaram os conflitos socioambientais locais, os atingidos vêm se organizando para ações coletivas (judicialização) de indenização. Ainda, a presença de novos atores – ou proeminência de atores já presentes – no cenário social da região, como Fundação Renova, assessorias técnicas independentes, organizações da sociedade civil, Ministério Público, Defensoria Pública, entre outros, mostra o grau de complexidade dos conflitos socioambientais.

No que diz respeito à **natureza** do impacto, destaca-se que é **Negativa**, tendo em vista que a dimensão dos conflitos compromete a efetiva reparação dos impactos gerados pelo rompimento da barragem de Fundão, sobretudo aumentando a vulnerabilidade de grupos sociais já bastante frágeis.

A **incidência** do impacto é **Indireta**, pois o acirramento dos conflitos decorre, em grande parte, da insatisfação dos atingidos diante das medidas emergenciais e de reparação propostas pela Fundação Renova. Em outra medida, os conflitos socioambientais já existentes entre a população do entorno e a gestão da unidade de conservação, em razão das limitações impostas ao uso em uma UC de proteção integral, aumentaram, pois, com a chegada da lama de rejeitos houve uma migração das pescarias que ocorriam na calha do rio Doce para o interior do Parque.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que foi **Imediata**, pois os conflitos socioambientais são pré-existentes no território e o rompimento da barragem e a chegada da lama de rejeitos acirrou imediatamente tais conflitos.

Com relação à **duração** do impacto indica-se que ele é **temporário – Longo Prazo**. Considera-se em tal avaliação o tempo de restrição dos atingidos aos recursos naturais e/ou serviços ecossistêmicos, como o potencial de contaminação das águas pela passagem da lama de rejeitos, a regulamentação da pesca, a judicialização de muitas demandas e o não atendimento, a contento, dos direitos dos atingidos pelo desastre.

A **magnitude** do impacto é **Alta**, uma vez que o acirramento dos conflitos tem alta capacidade de afetar o funcionamento do sistema social, podendo contribuir para a desagregação dos grupos sociais.

A **extensão geográfica** do impacto é **Regional**, pois o impacto permeia toda a área de estudo.

No que se refere a **importância do componente** – Relações Sociais – **Alta**, pois o conflito socioambiental pode aumentar a vulnerabilidade dos grupos sociais, comprometendo perspectivas de reparação integral do desastre.

No que diz respeito a **reversibilidade** do impacto, indica-se que ele é **reversível** a partir, por exemplo, do refinamento dos critérios para o reconhecimento da situação de atingido e, portanto, do pagamento de indenizações a todos os grupos sociais atingidos e, especialmente, com futuras medidas reparadoras de retomada das atividades socioeconômicas. O impacto é considerado reversível na medida que os programas de reparação, em especial os de geração de emprego e renda e promoção de saúde, sejam implementados para um amplo público, incluindo todos os grupos sociais atingidos. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Muito Alta**.

8.3.5. (S5) Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água

A chegada da lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão ao Parque Estadual do Rio Doce ocorreu entre a noite do dia 6 e o dia 7 de novembro de 2015, tornando o leito do rio turbido, carregado de sedimentos e de contaminantes.

Segundo documentos oficiais e matérias na imprensa, não houve, por parte do poder público, a proibição do uso da água do rio Doce ou de seus afluentes depois do rompimento da barragem. Consta, em 2019, demanda por saber se a água poderia ou não ser utilizada, de autoria da “Comissão Especial de Acompanhamento e Apuração dos Atos da Fundação Renova e suas mantenedoras Vale/Samarco/Bhp, em relação ao rompimento da barragem de rejeitos de minério que atingiu o rio Doce”, da Assembleia Legislativa do Espírito Santo¹³⁴:

Tendo em vista a proibição da pesca no Rio Doce devido a contaminação do Rio, necessário se faz apurar se a água do Rio Doce pode ser utilizada para dessedentação animal, irrigação de culturas, e utilização como ingrediente e/ou matéria necessária para produção de alimentos destinados ao consumo humano.

O direito à água está entre os chamados direitos humanos de segunda geração: econômicos, sociais e culturais. Alinha-se no conjunto de direitos sobre os quais é necessário haver intervenção porque há demanda por recursos naturais, sociais e financeiros. Em 28 de julho de 2010, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a Resolução nº64/292, reconhecendo “o direito à água potável e limpa e o direito ao saneamento como direito humano que é essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos”.

No Brasil, as definições que regulamentam a garantia do direito à água constam na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, alterada pela Lei 14.026 de 2020, que prevê a universalização dos serviços de saneamento básico até 2033 e a maior participação da iniciativa privada.

Segundo as estimativas populacionais do IBGE para 2019, no Brasil, quase 2.500 municípios possuíam até 10 mil habitantes. Em todo o país e em especial nesses pequenos municípios, as condições de saneamento básico são precárias, desde a garantia à água potável até a destinação do lixo. Nos municípios da área de estudo o cenário não é diferente. Na Linha de Base deste relatório, verifica-se que dentre os 1.138 domicílios pertencentes aos setores censitários dos municípios do PERD e de sua Zona de Amortecimento, 791 (69,5%) tinham como fonte de abastecimento de água poços ou nascente, água de chuva armazenada em cisternas ou outras formas (não identificadas).

Corroborando o que foi identificado neste relatório, o “Relatório de gestão do Exercício 2016 – Contrato de Gestão 001/IGAM/2011” (2016, p. 28)¹³⁵, registra:

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH-Doce), a bacia do rio Doce encontra-se em situação muito precária quanto aos serviços de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos. Mesmo quanto aos serviços de abastecimento de água que embora disponham de índices de atendimento elevados, o cumprimento de questões elementares de gestão fica abaixo dos padrões considerados satisfatórios, como o controle de perdas e o cumprimento da Portaria no 2.914/2011 dos padrões de potabilidade. O PIRH-Doce indica ainda altos índices de DBO [demanda bioquímica de

¹³⁴ Disponível em [http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/RCC/78730-154554811208082019-assinado\(10913\)\(10911\)\(10912\)\(10914\)\(10916\)\(10910\)\(10909\)\(10915\)\(10908\).pdf](http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/RCC/78730-154554811208082019-assinado(10913)(10911)(10912)(10914)(10916)(10910)(10909)(10915)(10908).pdf). Acesso em 05.abr.2021.

¹³⁵ Disponível em https://drive.google.com/file/d/1gr1Sk_OB2D1FGIBcZUEOoK5qfL6QxjDZ/view. Acesso em 06.abr.2021.

oxigênio], com prejuízo para a qualidade da água e restrição ao enquadramento, além da existência de doenças de veiculação hídrica.

Embora não tenha havido restrição formal ao uso da água para consumo humano, dessedentação animal ou irrigação, as condições visíveis do rio Doce foram suficientes para que as pessoas se sentissem ameaçadas e restringissem o seu uso. O relatório Cepemar (2020, p. 188) registra:

Na localidade de Revés do Belém (distrito de Bom Jesus do Galho), em entrevista com moradores, foi identificado que a chegada de rejeitos causou impacto sobre a saúde física de moradores que ficaram doentes pelo consumo de peixes do rio Doce; sobre a captação e consumo de água da população da área urbanizada dessa localidade; contaminação das cisternas de moradores de um loteamento na margem direita do rio Doce; e com a contaminação da fonte de água para a irrigação da produção agrícola e voltada para a pecuária.

No diagnóstico pós-rompimento deste relatório, registra-se que o município de Santana do Paraíso é mencionado no Termo de Transação e Ajustamento de Conduta como tendo o abastecimento público de água “inviabilizado temporariamente”. Verificou-se, também, no Cadastro dos Impactados (PG001) até fevereiro de 2021, 1.692 pessoas que declararam problemas de abastecimento, sendo 316 registros de “desabastecimento de água tratada” e 1.376 registros de “abastecimento afetado”. Os municípios de Marliéria e Córrego Novo não registram pessoas cadastradas pela alegação de problemas com o abastecimento de água.

A existência de cadastros indicando problemas de abastecimento se soma aos prejuízos à qualidade das águas, conforme descrito no diagnóstico pós-rompimento do meio físico deste relatório. A qualidade é questionada cinco anos depois, pelo Diretor Geral do IGAM, Marcelo Fonseca¹³⁶:

Após cinco anos, os resultados do monitoramento indicam que a qualidade da água ainda precisa ser melhorada para atender toda a população atingida ao longo do Rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Deve-se, portanto, tornar-se mais ágil o processo de recuperação do rio, com ações de saneamento e recuperação das áreas degradadas para que o rio volte a ser um veículo de desenvolvimento e qualidade de vida para a população.

Ainda, têm-se as chuvas que, entre os anos de 2019 e 2020, causaram o extravasamento de material depositado nos leitos dos rios, no município de Caratinga¹³⁷ e que podem voltar a ocorrer.

Verifica-se que a **área afetada** pelo impacto reúne parcelas da população nos municípios da **Zona de Amortecimento** e sua Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”, conforme registrado pelo Cadastro dos Impactados da Fundação Renova.

A **probabilidade de ocorrência** do impacto foi **Verificada**, uma vez que, com exceção dos municípios de Marliéria e Córrego Novo, em todos os demais encontram-se registros de problemas com o abastecimento de água, num contexto em que a maioria da população dependia da água de poços, nascentes ou cisternas para seu abastecimento.

A **natureza** do impacto é **Negativa**, dada a necessidade cotidiana da água para consumo humano e, em alguns casos, dessedentação animal e irrigação, ou ainda práticas de lazer. Segundo documento das Nações

¹³⁶ Relatório “5 anos desastre de Fundão: ações e desafios da recuperação (2021). Disponível em http://feam.br/images/stories/2020/RECUPERA%C3%87%C3%83O_RIO_DOCE/5_Anos_Desastre_de_Fund%C3%A3o-web.pdf. Acesso em: 06.abr.2021.

¹³⁷ Idem, p. 41.

Unidas, “de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), são necessários entre 50 a 100 litros de água por pessoa, por dia, para assegurar a satisfação das necessidades mais básicas e a minimização dos problemas de saúde”¹³⁸.

A **incidência do impacto é Direta**, uma vez que sua origem é a passagem da lama de rejeitos resultante do rompimento da barragem de Fundão, comprometendo a qualidade das águas do rio Doce e seus afluentes, conforme o aspecto *condições inadequadas de potabilidade da água do rio Doce*, identificado no Diagnóstico do meio físico.

O **tempo de resposta à ação desencadeadora** foi avaliado como **Imediato**, uma vez que decorre da passagem da lama de rejeitos e do consequente comprometimento da qualidade da água.

Identifica-se que a **duração** do impacto é de **Médio Prazo**, pois pode permanecer entre 1 e 10 anos, uma vez que, neste momento, passados cinco anos da ocorrência da lama sobre o rio Doce e seus afluentes ainda se tem indicativos de que há alterações físicas e contaminação química e microbiológica e medidas alternativas para a segurança hídrica das comunidades afetadas pelo impacto ainda não foram plenamente consolidadas.

A **magnitude** do impacto é avaliada como **Alta**, dada a capacidade da *perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água* afetar a integridade dos grupos sociais nas suas necessidades básicas e produtivas.

Identifica-se que a **extensão geográfica** do impacto é **Regional**, pois o impacto permeia toda a área de estudo.

O componente afetado pelo impacto é a **qualidade de vida**, portanto, de **Alta importância**.

Sobre a **reversibilidade** do impacto, avalia-se que se trata de um impacto **Reversível**, uma vez que estão disponíveis recursos tecnológicos capazes de promover a limpeza do rio Doce e seus afluentes e de recuperar as nascentes, ou mesmo o rio pode passar por um processo de autodepuração. Medidas para a garantia de segurança hídrica podem contemplar alternativas que não demandem as águas do rio Doce, enquanto essas não tiverem sua potabilidade garantida e aceita pela comunidade. Ainda, programas de mobilização do poder público e dos grupos sociais que vivem às margens do rio Doce podem contribuir para a manutenção da qualidade das águas, quando estas forem recuperadas. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Muito Alta**.

8.3.6. (S6) Prejuízos às atividades econômicas

As atividades econômicas nos municípios situados na margem direita do rio Doce junto ao PERD estão ligadas à silvicultura e há predomínio do uso da terra com mosaico de agricultura e pastagem. Com menor intensidade e importância em termos de circulação de recursos, ocorrem práticas econômicas voltadas ao lazer e recreação na calha do rio e lagoas adjacentes.

Os prejuízos às atividades econômicas, inclusive as de subsistência, estão relacionados principalmente ao aspecto das restrições a atividade pesqueira e perda de área de pesca, resultantes da passagem da lama de rejeitos e contaminação dos pescados. Com a supressão das práticas de lazer e turismo nas margens e leito do rio, houve também o comprometimento das atividades ligadas ao setor de alimentos e bebidas e de algumas empresas de turismo, como agências e operadoras, conforme apontado no diagnóstico pós-

¹³⁸ Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso em 06.abr.2021.

rompimento.

Segundo o gestor do PERD¹³⁹, a área com maior investimento no setor de turismo no entorno do PERD é aquela localizada nos arredores da entrada do Parque, em Marliéria e observava-se um processo de crescimento da atividade. O rompimento prejudicou esse movimento na região, e o setor ficou ainda mais debilitado a partir da pandemia da Covid 19.

Os impactos ao longo do rio Doce tiveram interferências negativas, na área de estudo, no abastecimento de água e nas atividades de agricultura, pecuária, pesca e turismo (Viana, 2016; 2017), todos relacionados aos prejuízos socioambientais associados ao desastre, causados ao ambiente aquático, aos recursos nele existentes, em particular os recursos pesqueiros (IBAMA, 2015; Viana, 2016).

Em Cava Grande, distrito de Marliéria, e em Revés do Belém, distrito de Bom Jesus do Galho, na Zona de Amortecimento do PERD, foram colhidos depoimentos de pescadores que apontam o recrudescimento da fiscalização no período pós-rompimento como limitação ou mesmo impedimento para a realização da atividade pesqueira (FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS, 2018a).

Com relação aos aspectos das perdas das condições para a pecuária e para a agricultura, elas foram igualmente importantes na fase pós-rompimento. Segundo relatos colhidos pela CEPEMAR (2020, p. 188), a área rural foi duramente afetada pela passagem dos rejeitos na zona de amortecimento, causando impedimento de uso das águas do rio Doce para a pecuária e para a irrigação das culturas agrícolas, inclusive o milho, cuja colheita promovia uma festividade local, o Festival do Milho, em Revés do Belém, município de Bom Jesus do Galho, que teria deixado de acontecer em razão dos prejuízos à lavoura (op. cit. p. 179). Com relação ao uso da água para consumo humano, houve relato de contaminação de cisternas de um loteamento às margens do rio e de restrições à captação de água para abastecimento da população da área urbana. As consequências do rompimento da barragem foram sentidas pelos produtores que têm passado dificuldades em razão da redução da produção (Idem, ibidem).

Importante destacar também que, segundo informação do gestor da unidade de conservação, houve aumento da caça, com abertura de picadas em vários trechos da mata e houve também aumento do número de focos de incêndio, atribuídos a acampamentos no meio da mata. Diante do Quadro de incertezas e vulnerabilidade social, há relatos de atividades clandestinas, como a caça a animais silvestres.

As consequências socioeconômicas do desastre tornam-se mais graves e agudas quando o foco é em produtores que dependem fortemente dos recursos naturais antes disponibilizados pelo rio Doce. Os municípios da margem direita do rio, como Bom Jesus do Galho, tiveram a redução de suas atividades registradas. No caso da atividade pesqueira, 45% dos pescadores cadastrados pela Fundação Renova responderam pela existência de alterações pós-desastre na pesca em função do rendimento da atividade, com perdas de até 1 salário-mínimo (SM) e 76% com perdas de até 2 SM (Fundação Renova, 2017).

Registra-se, no diagnóstico pós-rompimento, dados identificados no Cadastro dos Impactados e que evidenciam as perdas econômicas no setor agropecuário. Os impactos na agropecuária recaíram com maior incidência sobre a comercialização, embora não seja pequeno o número de pessoas que tiveram restrições ao seu próprio consumo. Os municípios com maiores incidências de pessoas que tiveram prejuízos na comercialização de produtos agropecuários localizam-se na área de entorno do PERD: Santana do Paraíso e Ipatinga, com 67 registros em cada município; e na zona de amortecimento: Bom Jesus do Galho, com 55 registros e Caratinga, com 50 registros.

¹³⁹ Comunicação oral de Vinícius de Assis Moreira, gerente do Parque Estadual do Rio Doce, em reunião técnica entre gestão do PERD, IEF, Instituto Ecos e Fundação Renova. 12/04/2021.

Foram também registradas 59 pessoas indicando prejuízos em seus comércios, sendo 23 pessoas em Ipatinga, 15 em Bom Jesus do Galho, nove em Caratinga, seis em Santana do Paraíso, três em Pingo D'Água, uma em Coronel Fabriciano, uma em Dionísio e uma em Timóteo.

Em 2021, os acordos e os pagamentos de indenizações nos municípios da área de estudo estavam distribuídos conforme os dados registrados na Tabela 111.

Tabela 111. Acordos de indenização nos municípios da área de estudo, segundo a atividade, 2021.

Programa 02 – Ressarcimento e Indenização dos Impactados			
	Pessoa Física	Pessoa Jurídica	Total Geral
Bom Jesus do Galho	84		84
Pesca	59		59
Agropecuária	24		24
Agropecuária com Múltiplos Danos	1		1
Caratinga	61	2	63
Pesca	42		42
Agropecuária	10		10
Pesca com Múltiplos Danos	6		6
Areeiro		2	2
Agropecuária com Múltiplos Danos	1		1
Outros Danos	1		1
Comércio, Turismo e Residência	1		1
Ipatinga	55	1	56
Agropecuária	29		29
Pesca	20		20
Agropecuária com Múltiplos Danos	5		5
Pesca com Múltiplos Danos	1		1
Areeiro		1	1
Marliéria	1		1
Agropecuária	1		1
Santana do Paraíso	170		170
Pesca	132		132
Agropecuária	24		24
Pesca com Múltiplos Danos	9		9
Agropecuária com Múltiplos Danos	5		5
Timóteo	1		1
Agropecuária	1		1
Total Geral	374	3	377

Fonte: Fundação Renova, PG002, 2021.

É importante observar que se trata de uma referência para confirmação das perdas econômicas na região, pois há conflitos entre os critérios estabelecidos pela Fundação Renova para atendimento e as reivindicações dos atingidos. A informação presta-se, então, a confirmar o reconhecimento das perdas econômicas e mostrar a diversidade das atividades prejudicadas.

Destes municípios, Marliéria e Timóteo são abrangidos pelo PERD; Bom Jesus do Galho e Caratinga têm território incluído na zona de amortecimento da UC; Ipatinga e Santana do Paraíso fazem parte da área de estudo do meio socioeconômico.

A **área afetada** pelo impacto consiste na **Zona de Amortecimento** e área de entorno da unidade de conservação, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”.

Com relação à **probabilidade de ocorrência** indica-se que foi **Verificada**. A Tabela 111 apresenta o rol de atividades econômicas que foram objeto de acordo de indenização junto à Fundação Renova, fato que comprova a ocorrência do prejuízo às atividades econômicas.

A **natureza do impacto** é **Negativa**, por gerar condições adversas aos pescadores, agricultores, pecuaristas, areeiros e prestadores de serviços (comércio e turismo) regionais.

A **incidência** do impacto é **Indireta**. O prejuízo às atividades econômicas foi decorrência do comprometimento de ambientes e de serviços ecossistêmicos prestados pelo rio Doce.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que o mesmo foi **Imediato**, pois impedimentos, limitações e/ou restrições ocorreram tão logo se manifestam os aspectos inerentes aos setores econômicos que envolvem as cadeias produtivas da pesca, da agropecuária e do turismo.

Com relação a **duração do impacto** indica-se que ele é **temporário – Médio Prazo**, porque, passados mais de cinco anos da ocorrência e as restrições principalmente da pesca, da agropecuária e das práticas de lazer e turismo ainda se fazem presentes na área do rio Doce.

A **magnitude** do impacto é avaliada como **Média**, pois algumas das atividades econômicas ao longo das margens do rio foram alteradas, afetando parcialmente a integridade e coesão social dos grupos sociais.

A **extensão geográfica** do impacto é **Regional**, pois se estende por toda a área de estudo do meio socioeconômico.

O componente – economia – é avaliado como de **Alta importância**, pois reconhece-se que a incidência de prejuízos e perdas nas vidas das pessoas atingidas tem potencial de aumentar a vulnerabilidade dessas populações.

O impacto é avaliado como **Reversível**. Tratar-se-á de um investimento maciço nas atividades de recuperação da calha do rio, buscando alternativas de renda para a população afetada. Os programas da Renova têm trabalhado com essa perspectiva de busca de renda para a população, no entanto, registra-se a demora nos processos indenizatórios. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Alta**.

8.3.7. (S7) Redução da segurança alimentar

O Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, instituído pela Lei nº 11.346/2006, define em seu artigo 3º que:

A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Peixes são recursos alimentares e econômicos para milhares de comunidades, especialmente para as populações pobres de muitos países (Pauly et al., 2002; Fluet-Chouinard et al., 2018; Brito et al., 2019). Mares e rios são locais de acesso comum, ou seja, espaços em que a atividade de captura não é regulada, necessariamente, pelo capital privado. A existência de cursos d'água e de lagoas na área de estudo favorece que moradores ribeirinhos acessem o recurso alimentar, disponível na natureza, sem a necessidade de inversões financeiras ou sofisticadas tecnologias.

Uma das características da Zona de Amortecimento do PERD, no seu limite leste, área de contato entre o parque e o rio, é a presença de comunidades rurais. Em comunidades rurais e periurbanas, é frequente relativa autonomia na produção de alimentos, a chamada produção de subsistência. Além da pesca, quando

próximas a cursos d'água, dedicam-se a cultivos de legumes, hortaliças, frutas, e criações de pequenos animais para corte e de gado leiteiro, o que garante a manutenção da família e, eventualmente, geram alguma renda para a obtenção de alimentos não produzidos por eles próprios e de outras necessidades, por meio de compra ou de escambo.

Os aspectos desencadeadores deste impacto são a perda de áreas para a pesca e a perda das condições para a agropecuária, pois a qualidade de água utilizada nessas atividades foi comprometida com a chegada da lama de rejeitos (Viana, 2016; 2017). Houve um período crítico de impacto na qualidade de água, quando o Serviço Geológico do Brasil registrou o aumento da turbidez e da condutividade e redução da quantidade de oxigênio dissolvido da água (Viana, 2016). Dois anos depois, Queiroz et al. (2021) identificaram a liberação constante de manganês dos solos do estuário para a água, comprometendo, neste segundo momento, a qualidade de recursos pesqueiros importantes para a alimentação dos moradores locais, tais como o bagre amarelo e o peixe gato.

A presença de metais no pescado oriundo do rio Doce acima dos limites tolerados para ingestão, como chumbo e mercúrio, foi identificada pela ANVISA que, na Nota Técnica nº 8/2019 recomendou quantidades máximas de pescado para o consumo humano em condições seguras de saúde: 200 gramas diárias para adultos e 50 gramas para crianças. A partir da solicitação do Grupo de Trabalho da Pesca e Aquicultura (GT-Pesca) da Fundação Renova, a ANVISA avaliou 11 mil resultados de análises envolvendo 76 espécies de peixes de água doce e salgada, quatro de camarão e uma de lagosta, amostras anteriormente coletadas pela Fundação Renova. Como resultado, em maio de 2019 foi publicada a referida nota técnica¹⁴⁰.

Os estudos sobre a contaminação da água e do pescado no rio Doce indicam a necessidade de monitoramento contínuo para se avaliar a segurança do consumo de peixes provenientes do rio Doce e seus afluentes (Gabriel et al., 2020). Aponta-se a necessidade de mais estudos para se avaliar os níveis dos metais em pescados noutros trechos da bacia do rio Doce que, embora não tenham sido diretamente atingidos pelo rompimento, podem ter sido afetados pela remobilização do solo em decorrência da passagem da lama. A NT da ANVISA enfatiza que é necessário o monitoramento contínuo para melhor definição dos níveis de segurança para o consumo de peixe oriundo das regiões atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, apontando-se a importância de se aumentar a amostra de pescado, utilizando espécies que correspondam àquelas que são consumidas na região.

Os efeitos de potencial contaminação do pescado têm implicações sobre o consumo e sobre a economia local pois, mesmo que a pesca de determinadas espécies seja permitida e continue sendo praticada, os consumidores podem ter receio de adquirir o pescado do rio Doce, o que implicaria na diminuição da renda dos pescadores e, conseqüentemente, na obtenção dos recursos para a aquisição daquilo que não é por eles produzido.

O pagamento de auxílios financeiros emergenciais e de indenizações pela Fundação Renova aos impactados pode não ser suficiente para garantir a segurança alimentar dos grupos sociais. Uma vez que não existem dados de linha de base sobre a cadeia produtiva da atividade pesqueira no período pré-rompimento, não é possível concluir de maneira assertiva que os valores pagos representem os ganhos financeiros das atividades econômicas antes plenamente exercidas pelos impactados. Soma-se a isto as diversas limitações que os atingidos enfrentam para se autodeclarar e pleitear o AFE e as indenizações, evidenciadas em coletas de campo, registradas em relatórios tais como os do FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS (2018) e da FGV, (2019).

Uma maior compreensão dos impactos na segurança alimentar poderá ser dimensionada a partir de

¹⁴⁰ <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/peixe-do-rio-doce-riscos-do-consumo>

pesquisas sobre os efeitos das restrições à agricultura e à pecuária de alguns grupos sociais vivendo às margens do rio Doce. O Cadastro dos Impactados conta, até fevereiro de 2021, com 75 registros de perdas no setor de agropecuária, exclusivamente para consumo próprio, sendo dez em Caratinga, seis em Timóteo, quatro em Bom Jesus do Galho e uma registro em Córrego Novo. Os demais encontram-se em municípios da área de entorno do PERD, conforme apresentado no diagnóstico pós-rompimento.

A indisponibilidade de pescado de qualidade para alimentação, assim como a redução da água disponível para a criação de animais e irrigação de plantios têm potencial de atuar na redução da segurança alimentar dos grupos sociais afetados.

A **área afetada** pelo impacto consiste na **Zona de Amortecimento** e Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”.

Com relação à **probabilidade de ocorrência** indica-se que o impacto é **Muito Provável**, pois estão presentes elementos, como a contaminação de águas e de pescados e as restrições de acesso à água para irrigação e dessedentação animal, que indicam o comprometimento, mesmo que temporário, de acesso a alimentos comumente consumidos pelos moradores locais.

No que diz respeito à **natureza** do impacto, destaca-se que é **Negativa**, pois a redução da segurança alimentar tem caráter adverso que interfere na reprodução e bem-estar dos grupos sociais.

A **incidência** do impacto é **Indireta**, dado que espaços de ocorrência de recursos naturais utilizados na alimentação dos moradores locais ou na produção de subsistência foram atingidos pela lama de rejeitos, o que pode ter ocasionado a redução da segurança alimentar dos grupos sociais afetados.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que foi **Imediato**, pois a redução da segurança alimentar ocorre simultaneamente à chegada da lama que inviabiliza o acesso aos recursos naturais e à manutenção da produção de subsistência nas áreas atingidas.

Com relação à **duração do impacto** indica-se que é **temporário – Médio Prazo**. Estima-se que a retomada das atividades produtivas de subsistência, bem como demais atividades econômicas nos municípios atingidos, possam mitigar eventuais efeitos negativos relacionados à segurança alimentar. Medidas de reparação podem acelerar a superação do impacto.

Com relação à **magnitude** do impacto, este tem uma **Alta** magnitude, uma vez que possui alta capacidade de afetar a integridade dos grupos sociais.

A **extensão geográfica** do impacto é **Local**, pois comunidades rurais e de pescadores muito provavelmente foram atingidas pelo impacto.

O componente Segurança Alimentar é de **Alta importância**, pois é fundamental na sobrevivência e manutenção e reprodução do modo de vida dos grupos sociais.

No que diz respeito à **reversibilidade** do impacto, indica-se que ele é **Reversível**, na medida que programas de incentivo às cadeias produtivas da pesca e aquicultura, da agropecuária, do turismo e demais atividades econômicas criem condições para que as populações atingidas pelo impacto acessem alimento de qualidade, conforme preconiza a legislação. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Muito Alta**.

8.3.8. (S8) Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica

A lama de rejeitos que inundou o rio Doce após o rompimento da barragem de Fundão ocasionou alterações

na qualidade da água do rio e de seus afluentes e também a *perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água* (impacto S5) para uma parcela da população. A saúde humana pode ser severamente comprometida pela qualidade da água ou pela ausência dela.

Vários elementos concorrem para a manutenção ou o comprometimento da saúde da população, dentre eles a existência de infraestrutura e pessoal de atendimento à saúde básica; as condições de saneamento; o acesso à educação em saúde; as condições de habitação e a renda. De acordo com os dados e informações, coletados na elaboração da linha de base e no diagnóstico pós-rompimento, os municípios da área de estudo apresentam um cenário de precariedades, com exceção de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga que são os mais populosos, com mais altos PIBs e IDHs, assim como apresentam condições de infraestrutura em saúde ligeiramente superiores aos demais.

Trata-se do encontro entre o cenário de precariedades pré-existente nesses municípios com as pressões impostas pela passagem da lama e suas consequências socioambientais, como as alterações na quantidade e na qualidade da água para consumo humano, na degradação e na contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas, elementos que contribuem para a exposição humana a contaminantes químicos e biológicos e podem produzir efeitos deletérios sobre a saúde humana.

Documento do Ministério da Saúde¹⁴¹ (2018, p. 9), apresenta o que são doenças de veiculação hídrica:

entende-se por surto de doença ou agravo de veiculação hídrica o aumento, além do esperado, do número de casos de infecção ou intoxicação com vínculo clínico epidemiológico associados à ingestão, inalação ou contato com água contaminada, bem como a ingestão de alimentos irrigados ou lavados com água contaminada em período ou local determinado.

A água contaminada pode transmitir doenças provocadas por vírus (adenovírus, astrovírus, enterovírus, hepatite A, hepatite E, norovírus, rotavírus, sapovirus), bactérias (*Campylobacter* spp., *Escherichia coli* patogênica, *Leptospira* spp., *Francisella tularensis*, *Salmonella* spp. incluindo *S. typhi*, *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Legionella pneumophila* Mycobacteria não tuberculosa), protozoários (*Acanthamoeba* spp., *Cryptosporidium hominis* *C. parvum*, *Cyclospora cayetanensis*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis*, *Toxoplasma gondii*), helmintos (*Shistosoma mansoni*, *Dracunculus medinensis*) e substâncias químicas (inorgânicas, orgânicas, cianotoxinas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção).

A redução da qualidade da água e demais desequilíbrios ecológicos e tróficos no ambiente aquático podem resultar, além das letais cianotoxinas, na alteração das características organolépticas (turbidez, cor, sabor, cheiro e aspecto visual), aumento da desconfiança da população em relação à qualidade e principalmente em relação à toxicidade, com consequentes aumento da rejeição, aumento da busca por fontes alternativas de água para consumo humano e animal de qualidade duvidosa e aumento da exposição e risco à saúde.

Verificou-se nos municípios da área de estudo o aumento da proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado¹⁴² entre os anos 2015 e 2016. No município de Bom Jesus do Galho, houve um aumento de 314% na proporção de internações, sendo que é também nesse município onde se concentra a maioria das pessoas no Cadastro dos Impactados que alegam desabastecimento de água tratada (136 pessoas).

Registra-se que entre os anos de 2016 e 2019 houve grande queda no indicador, sugerindo que a situação

¹⁴¹ Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/diretrizes_agrivos_veiculacao_hidrica.pdf. Acesso em 06.abr.2021.

¹⁴² Razão entre o número de internações realizadas por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e o total de internações da população residente, multiplicado por 100." Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas/Resultado>. Acesso em 24.fev.2021.

no conjunto dos municípios retornou aos patamares apresentados em 2015 e, em alguns casos, está ainda melhor.

A proporção de internações por doenças de veiculação hídrica (razão entre número de internações por doenças de veiculação hídrica e número total de internações da população residente) também aumentou em todos os municípios da área de estudo entre os anos 2015 e 2016. No período seguinte, entre os anos de 2016 e 2019, os municípios que mantiveram a proporção de internações em alta foram: Timóteo (0,20 em 2015, para 0,64 em 2019); Bom Jesus do Galho (0,08 em 2015, para 0,34 em 2019); Caratinga (0,12 em 2015, para 0,38 em 2019); e Santana do Paraíso (0,26 em 2015, para 0,56 em 2019).

Os dados apresentados no diagnóstico pós-rompimento permitem identificar o aumento de casos de internação por doenças de veiculação hídrica; no entanto, pesquisas são necessárias para acompanhar a população atingida. Alonso et al. (2020, p. 5) afirmam que:

a implementação de um sistema robusto de gerenciamento de dados relativos à saúde das pessoas e dos ecossistemas, incluindo a sistematização das lições aprendidas no decorrer desse processo, pode ser uma ferramenta essencial para a saúde futura da Bacia do Rio Doce.

Tem-se que a **área afetada** pelo impacto reúne parcelas da população nos municípios da **Zona de Amortecimento** do PERD e sua Área de Entorno, em diferentes graus, conforme pormenorizado na seção “6. Diagnóstico Pós-rompimento”.

A **probabilidade de ocorrência** do impacto é considerada **Muito Provável**, uma vez que as internações por doenças de veiculação hídrica aumentaram em todos os municípios entre os anos 2015 e 2016, permanecendo o aumento até o ano de 2019 nos municípios de Timóteo, Bom Jesus do Galho, Caratinga e Santana do Paraíso. No entanto, destaca-se que pesquisas são necessárias, inclusive com a definição de municípios-controle, para que se possa descartar ou confirmar o rompimento como origem da ocorrência do impacto.

A **natureza** do impacto é **Negativa**, uma vez que se trata da saúde das pessoas individualmente, da eventual expansão da contaminação entre as pessoas e de pressão sobre os serviços públicos de saúde.

A **incidência** do impacto é **Indireta**, uma vez que sua origem decorre das condições inadequadas de potabilidade da água do Rio Doce, da contaminação química de aquíferos aluvionares, consequências da passagem da lama de rejeitos do rompimento da Barragem de Fundão.

O **tempo de resposta à ação desencadeadora** é avaliado como de **Curto Prazo**, uma vez que as doenças podem se manifestar em até um ano após o desencadeamento das mudanças ambientais.

Identifica-se que a **duração** do impacto é de **Médio Prazo**, pois este pode permanecer entre um e dez anos, uma vez que neste momento, passados cinco anos da chegada da lama sobre o rio Doce e seus afluentes ainda se tem indicativos da permanência do aumento de internações por doenças de veiculação hídrica, ainda que não se possa afirmar que essa incidência seja decorrência do rompimento da barragem.

A **magnitude** do impacto é avaliada como **Média**, uma vez que o *aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica* pode afetar a integridade dos grupos sociais que vivem próximos à calha do rio Doce ou de seus afluentes.

Identifica-se que a **extensão geográfica** do impacto é **Regional**, conforme registrado no diagnóstico pós-rompimento.

O componente Saúde, entendido como um direito humano básico, pode ter sofrido alterações e, nesse caso,

sua **importância** é **Alta** para o meio socioeconômico.

Sobre a **reversibilidade** do impacto, avalia-se que se trata de um impacto **Reversível**, uma vez que se realizem a recuperação da qualidade das águas do rio Doce e seus afluentes e as melhorias no saneamento básico dos municípios da área de estudo. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Alta**.

8.3.9. (S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce

A visitação a uma unidade de conservação está ligada ao programa de uso público. Há vários estudos sobre a importância, os objetivos e as finalidades de áreas protegidas ou Unidades de Conservação (UC). Alguns autores apontam que uma área protegida, tal como a UC deste estudo, apresenta como objetivos e finalidades: proteção dos recursos naturais, para a qual a unidade de conservação foi criada; desenvolvimento de pesquisa sobre suas características socioambientais, a fim de melhorar o conhecimento a respeito destas características e também contribuir para o manejo da área; oferta de áreas para lazer, recreação e educação ambiental à comunidade (Robim, 1999; Milano, 1997). O Programa de Uso Público é pensado e estruturado para atender a este último objetivo (Milano, op. cit.). O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) indica que um “Programa de Uso Público” deve propiciar a aproximação dos visitantes com a natureza, permitindo que estes interiorizem o significado das áreas protegidas, sua importância em termos de preservação, manejo e aproveitamento indireto dos recursos naturais e culturais (BRASIL, 1999). O Programa de Uso Público também deve propiciar lazer, recreação e educação ambiental para os visitantes (comunidade local e turistas), além de despertar uma consciência crítica para a necessidade de conservação dos recursos naturais em uma unidade de conservação (Cervantes et al., 1992).

A visitação acaba sendo para as unidades de conservação de proteção integral uma fonte de receita; a redução do número de visitantes tende a impactar tal receita, assim como a cadeia produtiva do lazer e turismo associada à UC, em geral localizada no entorno da unidade. Como os objetivos do programa de uso público é despertar uma consciência crítica para os visitantes, a redução do número de visitantes implica num menor impacto positivo deste objetivo. O programa de uso público do PERD está associado a um lazer com as características que o rio propiciava, como: práticas náuticas, as esportivas, ligadas à pesca amadora e de lazer, as contemplativas, assim como as de sociabilização.

A média de visitação no PERD no período entre 2011 e 2015, segundo o Observatório do Turismo (<https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/?p=4570>) era de quase 20 mil visitantes/ano. Em 2016 esse número foi reduzido para 13.707, provavelmente devido ao rio Doce ter sido foco de uma epidemia de febre amarela, mas também à divulgação junto às agências e operadoras sobre a chegada da lama de rejeitos à região e consequente problemas à imagem da UC. E em 2019, já no pós-rompimento da barragem, o número de visitantes estava ainda mais reduzido, perfazendo 11.728 visitantes. Nesse sentido, é importante destacar que entre 2015-2019 houve uma queda de cerca de 30% no número de visitantes, mas com tendência de melhoria a partir de 2018.

No entorno do PERD, a economia local foi bastante afetada, com prejuízos ao funcionamento de bares e clubes e suas atrações culturais e lazer noturno, inclusive ao consumo de peixe nesses estabelecimentos. Ainda em relação ao lazer, foi identificada a paralisação de atividades de sobrevoo no PERD, realizado por aeroclube local. Houve relato de funcionário do PERD sobre a perda das condições para observação da passagem de peixes no rio Doce, a partir da Ponte Perdida, pois a turbidez da água e a mortandade dos peixes prejudicaram o atrativo (CEPEMAR, 2020, p 179). Tudo isso foi ocasionado pela redução na beleza cênica da UC e ZA.

E isso impactou as práticas de lazer e turismo no interior da unidade, resultando numa perda de arrecadação e também no prejuízo à imagem que esta UC mantinha para a sociedade local e mesmo nacional. A partir da chegada da lama de rejeitos, disseminou-se junto à sociedade regional o senso comum de que os lagos e demais atributos naturais protegidos no Parque Estadual do rio Doce estavam completamente comprometidos e contaminados pela lama, o que resultou em diminuição no número de turistas e visitantes na UC e desconstrução da imagem positiva da UC, que historicamente se configura como um dos mais exitosos exemplos de gestão e implantação de UC no país, sendo “Sítio Ramsar”, Reserva da Biosfera pela UNESCO, maior remanescente contínuo de mata atlântica do Estado de Minas Gerais e premiado por excelência na gestão pública¹⁴³.

Segundo o gestor do PERD, houve impacto na visitação relacionada ao turismo e ao lazer do Parque após a passagem dos rejeitos, o que gerou, segundo CEPEMAR (2020 p. 204) uma perda nas condições de infraestrutura: “nos últimos 3 anos, ano a ano, o Parque foi perdendo condições de infraestrutura. Com essa perda de infraestrutura, alguns funcionários do Parque perderam emprego (cerca de 8), que eram moradores do entorno do Parque”.

Nas dependências do parque, em sua zona de uso intensivo, ocorriam alguns encontros e festividades. Parte delas foi interrompida após a chegada da lama de rejeitos.

O Parque deixou de promover também um evento que era importante e simbólico para a educação ambiental com as comunidades do entorno, o Festival de Contos e Causos – que reunia moradores das localidades do entorno, visitantes, funcionários, ex-funcionários, ex-policiais ambientais e ex-caçadores e promovia a contação de histórias antigas de antes da formação do Parque e dos 75 anos da criação deste.” (CEPEMAR, 2020, p. 201)

Admitindo-se essas informações, a chegada da lama de rejeitos contribuiu para a diminuição da visitação pública nas áreas de lazer e turismo abertas à comunidade e também mudanças na visão que os visitantes tinham sobre a UC, ou seja, sua imagem.

A **área afetada** pelo impacto consiste na área da **UC**, notadamente sua **zona de uso intensivo**, que teve diminuída sua visitação a partir do rompimento da barragem de Fundão.

Com relação à **probabilidade de ocorrência** indica-se que é **Muito Provável** que a queda verificada no número de visitantes tenha relação com os efeitos do rompimento, ainda que associados a outros fatores.

No que diz respeito à **natureza** do impacto, destaca-se que é **Negativa**, com decorrências nas atividades econômicas de apoio, como bares e restaurantes. Também ocorreu alteração no uso do patrimônio cultural e turístico, como os atrativos da Ponte Queimada e da Cachoeira Santana. Ainda, destaca-se que a redução da visitação gera diminuição da arrecadação e menos atividades de conscientização ambiental e redução da receita do parque.

A **incidência** foi **Indireta** uma vez que decorre do prejuízo à imagem do Parque ou à garantia de que o parque oferece segurança mesmo após o rompimento.

Com relação ao **tempo de resposta** do impacto indica-se que o mesmo foi **Imediato**, uma vez que se verifica a redução mais acentuada da visitação ao Parque, nos anos seguintes ao rompimento (2016 e 2017) fruto, entre outros fatores, do prejuízo à imagem que a UC atravessou.

¹⁴³ NT01/2016/PERD – disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/Rio_Doce/nota_tecnica_1_2016_perd_errd.pdf

Com relação à **duração** do impacto indica-se que ele é temporário – **Médio Prazo**. Desde 2017 já se verifica aumento na visitação e espera-se que o recém aprovado Plano de Trabalho para consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, com recursos viabilizados pela Fundação Renova como compensação aos impactos do rompimento da barragem de Fundão, que contém o Plano de Uso Público e o Plano de Comunicação e marketing, efetive ações que viabilizem aumento na visitação e nas atividades de pesquisa realizadas no Parque.

Com relação à **magnitude** do impacto, este tem uma **Média** magnitude, uma vez que se verifica, entre os anos de 2015 e 2019, redução de 30% na visitação.

A **extensão geográfica** do impacto é **Local**, pois incide na UC.

A **importância** do componente é **Alta**, por se tratar de Unidade de Conservação que também é “Sítio Ramsar” e Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

No que diz respeito a **reversibilidade** do impacto, indica-se que ele é **Reversível**, embora em médio prazo. Tratar-se-á de um investimento maciço nas atividades de recuperação da calha do rio, mas ao mesmo tempo, de um trabalho intenso de informação/comunicação junto às comunidades, para recuperação do sentimento de pertença e identidade delas para com o rio e com o PERD. A implementação do Projeto do Plano de Trabalho de Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, no âmbito da Cláusula 182 do TTAC, aprovado pela Deliberação CIF nº 472, de 07 de dezembro de 2020, deve contribuir para a reversibilidade do impacto. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Alta**.

8.3.10. (S10) Alteração da dinâmica demográfica na Zona de Amortecimento do PERD

Estudos sobre as dinâmicas populacionais no estado de Minas Gerais têm sido produzidos pela Fundação João Pinheiro, com séries históricas e projeções que permitem identificar tendências e, eventualmente, intervir para produzir alterações.

Um estudo recente, sobre a Região Geográfica Intermediária de Ipatinga (2020¹⁴⁴) indica que a região, composta por 44 municípios e, dentre eles, os doze municípios da área de estudo do meio socioeconômico, apresentou entre os anos de 2000 e 2010 uma baixa taxa de crescimento (0,95% ao ano). Segundo as projeções do estudo, a RGIInt de Ipatinga continuará nos próximos anos apresentando taxas ainda mais baixas de crescimento, “atingindo o patamar de 0,19% de crescimento ao ano na década de 2030”.

No diagnóstico pós-rompimento, identificou-se que a dinâmica demográfica estimada apresentou queda no crescimento populacional, em todos os municípios da área de estudo, acompanhando a tendência nacional e do estado de Minas Gerais, no período entre 2015 e 2020. No entanto, migrações internas na região podem ter acontecido e há indícios de que, de fato, venham acontecendo.

Segundo o gestor do PERD¹⁴⁵, tem-se verificado a chegada, em Marliéria, especialmente no Distrito de Cava Grande, de famílias oriundas de Revés do Belém (em Bom Jesus do Galho), de Pingo D’Água e de Córrego Novo. Essa migração pode ser atribuída ao rompimento da barragem de Fundão, uma vez que as pessoas que tiveram seus modos de vida ameaçados pela impossibilidade de uso das águas do rio Doce para agricultura, dessedentação animal ou pesca, procurem locais onde possam restaurar seus sustentos. Ainda segundo o gestor, a ocupação dessa área, na Zona de Amortecimento do Parque, pode estar associada à existência de loteamentos e chacreamentos ilegais, que têm produzido desmatamento, comprometimento da

¹⁴⁴ Disponível em: http://novosite.fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/10.6_Inf_CEP_Demografia_05_2020.pdf. Acesso em 25.fev.2021.

¹⁴⁵ Comunicação oral de Vinícius de Assis Moreira, gerente do Parque Estadual do Rio Doce, em reunião técnica entre gestão do PERD, IEF, Instituto Ekos e Fundação Renova. 12/04/2021.

biodiversidade, aumento da caça e da pesca e degradação florestal.

No diagnóstico pós-rompimento identificou-se, em Marliéria, um sensível aumento nas matrículas de Educação Básica, entre os anos de 2015 e 2019, em especial de estudantes do Ensino Médio, contrariando a tendência verificada em Minas Gerais e em todo o país.

Um outro indício a ser considerado é o número de eleitores registrados no município. A Tabela 112 registra a variação no número de eleitores¹⁴⁶ nos municípios de abrangência do PERD e nos municípios de onde, potencialmente, viria a migração. Verifica-se em Marliéria, Caratinga e Bom Jesus do Galho, um crescimento elevado de títulos eleitorais no período entre 2015 e 2020, superiores à variação no estado.

Tabela 112. Eleitores por município, 2015-2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Variação 2015-2020
Dionísio	7.173	7.297	7.118	7.048	6.868	6.927	-3%
Marliéria	3.959	4.213	4.138	4.171	4.180	4.276	8%
Timóteo	60.025	60.861	60.447	61.349	58.668	58.595	-2%
Bom Jesus do Galho	11.561	12.281	11.971	12.049	12.193	12.279	6%
Caratinga	60.563	61.322	60.978	61.864	63.294	64.770	7%
Córrego Novo	3.801	3.150	3.120	3.122	3.273	3.992	5%
Pingo D'Água	4.080	4.341	4.194	4.130	3.881	3.973	-3%
Minas Gerais	15.317.258	15.659.933	15.630.855	15.693.273	15.685.610	15.768.482	3%

Fonte: Tribunal Superior Eleitoral. 2020.

Não é possível afirmar, por dados, que houve ou está havendo migração de pessoas atingidas em localidades mais pobres e mais dependentes do rio Doce para as proximidades do PERD, sem uma investigação rigorosa. No entanto, não é possível descartar que isso tenha ocorrido ou esteja ocorrendo. E, se este for o caso, a intervenção do poder público é necessária e as medidas de reparação da Fundação Renova podem ser decisivas para a proteção do Parque.

Tem-se que a **área afetada** pelo impacto é a **Zona de Amortecimento** da unidade de conservação.

A **probabilidade de ocorrência** do impacto é considerada **Provável**, a partir da leitura de indicadores (matrículas na educação básica e número de eleitores registrados no município) que mostram uma variação maior que a percebida no estado. Indica-se a necessidade de estudos específicos nas localidades de Cava Grande, Celeste, Santo Antônio da Mata, Antunes, Mundo Novo e Santa Rita, em Marliéria e também em Licuri (Timóteo) e Baixa Verde (Dionísio) para comprovação.

A **natureza** do impacto é **Negativa**, uma vez que as decorrências de ocupações ilegais são prejudiciais aos grupos sociais que permanecem em condições de vulnerabilidade social e pelos danos irreparáveis ao PERD que podem ser acarretados por tais ocupações.

A **incidência** do impacto é **Indireta**, uma vez que sua origem decorre das condições inadequadas de potabilidade das águas do rio Doce e Contaminação química de aquíferos aluvionares, e também da obstrução da realização de atividades de subsistência para uma parcela da população, em razão da passagem da lama de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão.

O **tempo de resposta à ação desencadeadora** é avaliado como de **Médio Prazo**. Identifica-se que a

¹⁴⁶ Disponível em: <https://www.tse.jus.br/eleitor/estatisticas-de-eleitorado/consulta-por-municipio-zona>. Acesso em 12.abr.2021.

duração do impacto é **Permanente**, pois mesmo que haja a estabilização do fluxo de migração, a ocupação das novas áreas estará em um novo patamar.

A **magnitude** do impacto é avaliada como **Alta**, uma vez que se vislumbram consequências para o Parque e também para a gestão municipal, pois as demandas por serviços públicos se ampliam, sem que tenha havido planejamento. Identifica-se que a **extensão geográfica** do impacto é **Local**. O componente demografia pode ter sofrido alterações e, nesse caso, sua **importância** é **Alta** para o meio socioeconômico.

Sobre a **reversibilidade** do impacto, avalia-se que se trata de um impacto **Reversível**, uma vez que políticas públicas podem ser implementadas para coibir a compra e venda de terras ilegais, para o ordenamento da ocupação das áreas no entorno do PERD, e que as indenizações possam reparar os impactos sofridos pelas pessoas atingidas, restaurando seus modos de vida e de sustento. A **significância** do impacto, tendo em vista os atributos anteriores, foi considerada **Muito Alta**.

8.4. Matriz Síntese dos Impactos

Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Físico	Água superficial	Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de rejeitos; erosão, ressuspensão, propagação e deposição de sedimentos	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos água marginais: aumento na carga suspensa.	F1	UC+ZA+AE	Verificado	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de rejeitos; erosão, ressuspensão, propagação e deposição de sedimentos; solubilização de rejeitos e de sedimentos	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais.	F2	UC+ZA+AE	Verificado	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
		Rompimento de fossas; descarga de ETEs	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação microbiológica	F3	UC+ZA+AE	Provável	Negativa	Indireta	Imediata	Curto	Média	Local	Alta	Reversível	Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC, ZA e/ou AE	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Físico	Água superficial	Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de rejeitos; erosão, ressuspensão, propagação e deposição de sedimentos	Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: demais alterações físico-químicas	F4	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediata	Médio	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
			Degradação da qualidade da água de tributários ao Rio Doce	F5	UC+ZA	Verificada	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Alta	Pontual	Alta	Reversível	Alta
			Degradação da qualidade da água dos lagos do rio Doce	F6	UC+ZA	Provável	Negativa	Direta	Médio	Médio	Baixa	Pontual	Alta	Reversível	Média
	Sedimento	Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Degradação da qualidade do sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais.	F7	UC+ZA	Verificada	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce	F8	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Alta	Pontual	Alta	Reversível	Alta
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Alteração da granulometria dos sedimentos	F9	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Média	Local	Alta	Reversível	Alta
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Alteração da morfologia do rio Doce	F10	UC+ZA	Muito provável	Negativa	Direta	Imediata	Longo	Média	Local	Média	Reversível	Média
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Obstrução da confluência de tributários ao rio Doce	F11	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Curto	Alta	Pontual	Alta	Reversível	Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Atributos				Atributos utilizados na análise de significância				Significância
							Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Físico	Água superficial e Sedimento	Alteração da morfologia do rio Doce	Alteração da dinâmica fluvial	F12	UC+ZA	Provável	Negativa	Indireta	Imediata	Longo	Média	Local	Média	Reversível	Média
		Rompimento da Barragem de Fundão; propagação, deposição e ressuspensão de sedimentos	Deposição de rejeitos na planície fluvial	F13	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Longo	Média	Local	Média	Reversível	Média
		alteração da morfologia do rio Doce; deposição de rejeitos na planície fluvial	Alteração do regime hídrico das planícies fluviais	F14	UC+ZA	Provável	Negativa	Indireta	Curto	Longo	Média	Local	Média	Reversível	Média
	Água Subterrânea	Contaminação dos aquíferos aluvionares pela carga dissolvida proveniente das lamas de rejeito depositadas nas margens fluviais e/ou carga dissolvida das águas superficiais pela recarga natural ou induzida por bombeamento	Degradação da qualidade da água subterrânea	F15	UC+ZA	Provável	Negativa	Direta	Curto	Permanente	Média	Local	Alta	Reversível	Alta
Biótico	Biodiversidade	Os contaminantes provenientes da lama de rejeitos são incorporados aos tecidos de animais e plantas causando alterações fisiológicas nos organismos	Contaminação e bi amplificação de contaminantes em animais e plantas.	B1	UC+ZA	Provável	Negativa	Direta	Curto	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
	Vegetação terrestre	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre	B2	UC+ ZA	Provável	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Pontual	Média	Reversível	Baixa

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Biótico	Vegetação	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação aquática	B3	UC + ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Média	Local	Alta	Reversível	Alta
	Vegetação terrestre	Deposição de sedimentos nas margens do rio Doce levando a germinação de espécies vegetais exóticas invasoras nas áreas afetadas	Aumento de espécies vegetais exóticas/invasoras nas margens do Rio Doce.	B4	UC+ZA	Provável	Negativa	Direta	Curto	Curto	Baixa	Local	Baixa	Reversível	Baixa
		O aumento da caça e da pesca ilegal nos lagos devido às restrições da pesca no rio Doce levam ao aumento do número de pessoas circulando no PERD, com consequente aumento da abertura de trilhas de acesso, impactando a vegetação.	Abertura de trilhas e extração ilegal de palmito e epífitas	B5	UC	Provável	Negativa	Indireta	Médio	Médio	Baixa	Pontual	Média	Reversível	Baixa
	Mastofauna	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais	B6	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Curto	Baixa	Local	Média	Reversível	Baixa
		Passagem e deposição dos rejeitos levando à degradação e consequente perda de habitat	Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes	B7	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Local	Média	Reversível	Baixa

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Biótico	Avifauna	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais	B8	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Local	Baixa	Reversível	Baixa
		Passagem e deposição dos rejeitos levando à degradação e consequente perda de hábitat	Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes	B9	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Local	Baixa	Reversível	Baixa
		Alteração na qualidade do ambiente aquático causada pela deposição de rejeitos, levando a alterações em cascata na cadeia trófica	Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a avifauna	B10	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Local	Baixa	Reversível	Baixa
		Alteração na qualidade do ambiente aquático causada pela deposição de rejeitos, levando a mudanças na composição das comunidades dos organismos de hábitos aquáticos avaliados	Alteração na composição das comunidades de aves aquáticas na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.	B11	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Baixa	Pontual	Baixa	Reversível	Baixa

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Biótico	Herpetofauna	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais	B12	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
		Passagem e deposição dos rejeitos levando à degradação e consequente perda de habitat	Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes	B13	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
		Alteração na qualidade do ambiente terrestre causada pela deposição de rejeitos, levando a alterações em cascata na cadeia trófica	Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre	B14	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediato	Longo	baixa	Local	Baixa	Reversível	Baixa
		Alteração na qualidade do ambiente aquático causada pela deposição de rejeitos, levando a alterações em cascata na cadeia trófica	Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna aquática	B15	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Direta	Imediato	Longo	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Biótico	Vertebrados terrestres e aquáticos (exceto peixes)	Restrição da pesca no rio Doce devido à contaminação dos ambientes levando ao aumento da caça de subsistência ou recreacional e à captura de aves de estimação ou para o tráfico de animais silvestres	Aumento da caça e captura de espécies de mamíferos, aves e crocodilianos	B16	UC+ZA	Provável	Negativa	Indireta	Curto	Médio	Baixa	Pontual	Média	Reversível	Baixa
	Ictiofauna	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Aumento de mortalidade da ictiofauna e redução dos tamanhos populacionais	B17	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta
		Passagem e deposição dos rejeitos levando à degradação e consequente perda de habitat	Destruição e degradação do habitat utilizado pela ictiofauna	B18	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Longo	Média	Regional	Alta	Reversível	Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Biótico	Ictiofauna	Passagem dos rejeitos, ressuspensão de material depositado na calha do rio Doce, asfixia e/ou soterramento dos indivíduos	Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce	B19	UC+ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Curto	Média	Pontual	Média	Reversível	Média
		Alteração na qualidade do ambiente aquático causada pela deposição de rejeitos, levando a alterações em cascata na cadeia trófica	Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a ictiofauna	B20	ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Curto	Longo	Baixa	Local	Alta	Reversível	Média
		Alteração na qualidade do ambiente aquático causada pela deposição de rejeitos, levando a mudanças na composição das comunidades dos organismos de hábitos aquáticos avaliados	Alteração na composição da assembleia ou comunidades de peixes na calha do rio Doce e ambientes adjacentes	B21	ZA	Verificado	Negativa	Indireta	Médio	Longo	Média	Local	Alta	Reversível	Alta
		Restrição da pesca no rio Doce devido à contaminação dos ambientes levando ao aumento da pesca ilegal nos lagos do PERD	Aumento da pesca ilegal nos lagos do PERD	B22	UC	Muito Provável	Negativa	Indireta	Curto	Longo	Baixa	Pontual	Alta	Reversível	Média

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Socioeconômico	Qualidade de vida	Descaracterização das relações simbólicas e materiais; perda de áreas para a pesca; perda das condições para a agropecuária;; alteração ou destruição de patrimônio cultural ou turístico; perda de espaço de sociabilidade; perda de espaço de lazer	Esgarçamento das relações tofófilas	S1	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Imediato	Médio	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta
		Perda de áreas de pesca; perda das condições para agropecuária; alteração ou destruição de patrimônio cultural ou turístico	Fragilização da identidade laboral	S2	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Imediato	Longo	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta
		Aumento da vulnerabilidade social; Discriminação de gênero; Insuficiência das medidas; emergenciais; Desarticulação social	Ampliação do sofrimento social	S3	UC+ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Imediato	Permanente	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta
	Relações sociais	Conflitos e tensões entre moradores e Fundação Renova; conflitos e tensões entre moradores	Acirramento dos conflitos socioambientais	S4	UC+ZA	Verificado	Negativa	Indireta	Imediato	Longo	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	Significância
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Socioeconômico	Qualidade de vida	Condições inadequadas de potabilidade da água do rio Doce	Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água	S5	ZA	Verificado	Negativa	Direta	Imediato	Médio	Alta	Regional	Alta	Reversível	Muito Alta
	Economia	Perda de áreas para a pesca; perda das condições para a agropecuária; Alteração ou destruição de patrimônio cultural ou turístico	Prejuízos às atividades econômicas	S6	ZA	Verificado	Negativa	Indireta	Imediato	Médio	Média	Regional	Alta	Reversível	Alta
	Segurança alimentar	Perdas de áreas para pesca; perda das condições para a agropecuária	Redução da segurança alimentar	S7	ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Imediato	Médio	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta
	Qualidade de Vida	Condições inadequadas de potabilidade da água do Rio Doce	Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica	S8	ZA	Muito Provável	Negativa	Indireta	Curto	Médio	Média	Regional	Alta	Reversível	Alta

Continuação da Tabela 113. Matriz de Síntese dos Impactos

Meios	Identificação dos impactos				Qualificação dos impactos										
	Componentes valorizados	Aspectos (ações desencadeadoras)	Impactos	Código do Impacto	Atributos						Atributos utilizados na análise de significância				Significância
					Áreas afetadas pelo impacto	Probabilidade de ocorrência	Natureza do impacto	Incidência do impacto	Tempo de resposta à ação desencadeadora	Duração do impacto	Magnitude do impacto	Extensão geográfica do impacto	Importância do componente afetado pelo impacto	Reversibilidade do impacto	
					UC e/ou ZA	Verificada, muito provável ou provável	Positiva ou negativa	Direta ou indireta	Imediato, curto, médio ou longo.	Curto, médio, longo ou permanente	Baixa, média ou alta	Pontual, local ou regional	Baixa, média ou alta	Reversível ou irreversível	Baixa, média, alta ou muito alta
Socioeconômico	Unidade de conservação	Redução na beleza cênica da UC e ZA; Prejuízo à imagem da UC; Alteração do patrimônio cultural ou turístico; Perda de espaço de sociabilidade; Perda de espaço de lazer	Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce	S9	UC	Muito Provável	Negativa	Indireta	Imediato	Médio	Média	Local	Alta	Reversível	Alta
	Demografia	Perda de áreas para a pesca; perda das condições para a agropecuária; condições inadequadas de potabilidade da água do Rio Doce	Alteração da dinâmica demográfica na Zona de Amortecimento do PERD	S10	ZA	Provável	Negativa	Indireta	Médio	Permanente	Alta	Local	Alta	Reversível	Muito Alta

8.5. Avaliação de Significância e de Atributos Agregados

Conforme orientado no Plano de Trabalho, avaliou-se a significância dos impactos por meio de uma matriz de significância embasada nos atributos Magnitude do Impacto, Extensão Geográfica do Impacto, Importância do Componente e Reversibilidade do Impacto. Os resultados dessa avaliação foram apresentados na Matriz de Impactos e sintetizados na Figura 106.

Figura 106. Significâncias dos impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico



De maneira geral, a avaliação da significância dos impactos indicou que os impactos de significâncias mais altas estão concentrados nos meios físico e socioeconômico. Apesar de ter sido identificado um maior número de impactos no meio biótico, dada a quantidade relativamente maior de componentes valorizados nesse meio, a maior parte dos impactos de alta ou muito alta significância foi observada nos componentes físicos e socioeconômicos. Isso se deveu aos atributos do meio biótico que, na maior parte dos impactos, tiveram valores proporcionalmente menores que os dos demais meios.

Também cumpre notar que dos 47 impactos identificados 28 (~60%) tiveram significância ou alta (12) ou muito alta (16). Isso se deveu à metodologia adotada que, conforme recomendado na literatura técnica-científica (Morgan, 1998; Sánchez, 2008), baseou-se em abordagem focada (e não exaustiva) de avaliação e impactos, na qual a análise é direcionada para os componentes e impactos mais claramente relevantes

para o contexto de reparação. Nesse sentido, outros impactos, de menores magnitudes e extensão, associados a componentes de menores importâncias, apesar de serem passíveis de identificação, não foram tratados aqui.

Os valores de significância devem ser interpretados com cautela, pois seus valores são contextuais, refletindo as particularidades da UC e sua ZA. Cumpre também salientar que os critérios definidos pelo Plano de Trabalho para a definição de significância não leva em consideração atributos como a duração dos impactos e o local de manifestação dos impactos, i.e., se na UC ou na ZA. Além disso, os juízos de significância não levam plenamente em consideração a interação e cumulatividade dos impactos. Por exemplo, um conjunto de impactos de baixa significância podem demandar tanta atenção quanto um impacto de alta significância. Nesse sentido, para a proposição das medidas mitigadoras apresentadas nas próximas seções, além da significância dos impactos, foram observados outros atributos e a potencial sinergia dos impactos.

Dentre os atributos adicionais mais relevantes desta análise estão o tempo de resposta e a duração dos impactos. Como se esperava, dada a natureza do evento de rompimento que desencadeou o arraste de rejeitos e outros materiais no rio Doce, 33 (~70%) dos 47 impactos identificados tiveram tempo de reposta imediato ou curto. Não foram identificados impactos com respostas longas. Todavia, a maior parte dos impactos identificados (39 dos 47) foi avaliada como tendo durações ou média ou de longo prazo, pois ainda tem presença de rejeito e demais materiais carregados na calha e margens dos rios impactados, não apenas na UC, mas também a montante, estando particularmente sujeitos a eventos de ressuspensão nos períodos chuvosos. Isso significa que grande parte dos impactos identificados aqui pode durar de 1 a 10 anos (no caso dos impactos de média duração) ou até mais que 10 anos (impactos de longa duração ou permanente). Os impactos foram todos classificados como 'reversíveis', pois existem tecnologias e meios de encurtar a duração desses impactos; porém, a reversão dependerá de uma série de ações e investimentos que ainda não estão suficientemente claros. Por esse motivo, a maior parte das medidas de reparação propostas aqui levou em consideração a duração dos impactos para cenários sem reversibilidade imediata.

Finalmente, observou-se que a maior parte dos impactos (37 dos 47) se manifestou não apenas na UC, mas também na ZA se estendendo para a área de entorno. E 7 impactos manifestaram-se só na ZA. A dispersão dos impactos nessas diferentes áreas se deve ao fato de o rejeito e demais materiais serem carregados por meio do rio Doce, que se sobrepõe com a ZA, tendo contato direto com a porção leste do PERD e interagindo significativamente com a área de entorno. Deve-se, porém, atentar para o fato de que alguns impactos que se manifestam na UC tiveram extensão pontual e local, não atingindo necessariamente o interior do parque ou sua porção oeste.

De maneira geral, os impactos identificados (todos potencialmente reversíveis) justificam a necessidade de diversas medidas de monitoramento, mitigação e restauração, que, combinadamente, permitam um aprimoramento das condições biofísicas e socioeconômicas da área de estudo, de modo a atingir uma situação mínima de *no net loss* ou ausência de perda líquida (BBOP, 2009), ou seja, de condições que sejam, pelo menos, equivalentes às condições da linha de base, anterior ao rompimento da barragem. A concretização desse cenário, porém, dependerá da efetividade dessas medidas, bem como da articulação desta com outros programas públicos e privados em andamento, em especial as medidas compensatórias a serem implementadas em atendimento à cláusula 182 do TTAC. Para tal, conforme, apresentado a seguir, são propostas diversas diretrizes metodológicas de implementação e articulação com outras ações em andamento.

9. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE REPARAÇÃO

A identificação dos impactos e o julgamento dos seus respectivos atributos, conforme descrito na seção de metodologia, geraram a base de conhecimento necessária para se propor medidas de reparação. Todas as medidas propostas a seguir estão associadas aos impactos identificados. Além disso, todas as medidas refletem, em algum grau, as respectivas significâncias e demais atributos temporais e espaciais dos impactos identificados.

As seções a seguir, além de introduzirem e justificarem cada medida, avançam no sentido de sugerir diretrizes metodológicas de execução. Todavia, tais diretrizes deverão ser devidamente ajustadas e refinadas à luz dos programas da Fundação Renova e de outras políticas públicas e privadas em andamento. Sugere-se que tal 'refinamento' se dê quando da definição dos Planos de Ação por parte da Fundação Renova. Durante esta etapa, deve-se atentar para o fato de que, embora esta AIA esteja voltada para a reparação de uma área de estudo que só inclui a UC e sua respectiva ZA, ações implementadas nos trechos de montante da bacia e na área de entorno da UC além da ZA, podem influenciar positivamente a reparação dentro da UC e da ZA. Caberá aos executores dos futuros Planos de Ação o refinamento do alcance geográfico das medidas, de modo a evitar sobreposições e assegurar a maior eficácia possível da reparação na área de estudo.

9.1. Medidas no Meio Físico

9.1.1. MF 1: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão no trecho do rio Doce da zona de amortecimento do PERD

Introdução e Justificativa

O rompimento da Barragem de Fundão resultou em severos impactos sobre a qualidade da água e do sedimento do rio Doce na Zona de Amortecimento do PERD. Estes impactos foram verificados por monitoramentos conduzidos antes, durante e depois da passagem da pluma de rejeitos. O monitoramento da qualidade da água do rio Doce mostrou que determinados parâmetros tiveram um único pico de valores (restrito à passagem de rejeitos e/ou temporada chuvosa subsequente) enquanto outros parâmetros tiveram picos de valores recorrentes, mas progressivamente atenuados ao longo do tempo. Mesmo que a maior parte dos parâmetros aparente ter convergido com a linha de base, é essencial que continuem sendo monitorados não apenas para confirmação desta tendência, mas porque rejeitos depositados na calha e margens do rio Doce na Zona de Amortecimento e a montante continuarão sendo ressuspensos, transportados e depositados.

Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo geral desta medida é monitorar a qualidade da água e do sedimento em suspensão do rio Doce na zona de amortecimento do PERD. Já os objetivos específicos são o monitoramento de parâmetros básicos de qualidade de água; metais dissolvidos e particulados; macronutrientes dissolvidos e particulados; parâmetros indicadores de contaminação microbiológica; carga orgânica e contaminantes orgânicos; e biomassa de fitoplâncton.

Impactos associados

Esta medida está associada a diversos impactos ambientais sobre as águas e sedimentos superficiais, quais sejam: (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa, (F2) Degradação da qualidade da água 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, (F7) Degradação da qualidade do sedimento do Rio Doce e corpos d'água marginais: contaminação por metais e (F8) Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce.

Área da abrangência das medidas

A medida de monitoramento da quantidade e qualidade das águas e sedimentos do rio Doce está restrita ao rio Doce e, portanto, à Zona de Amortecimento do PERD.

Natureza das medidas

Esta é uma medida de monitoramento.

Partes interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da população residente na Zona de Amortecimento e Área do Entorno, pescadores, prefeituras, gestores do PERD, usuários do PERD, Comitês de Bacia, Concessionárias de Abastecimento de Água, ONGs e Fundação Renova.

Diretrizes metodológicas de execução

O Rio Doce na Zona de Amortecimento do PERD já conta com uma estação de monitoramento do PMQQS (Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos da Bacia do rio Doce) em Bom Jesus do Galho, próximo à Ponte Perdida (RDO 04, que corresponde à estação RD023 do Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Esta é uma Estação de Monitoramento Automático de Tipo II, ou seja, que registra a cada hora ou meia hora o nível d'água, variáveis meteorológicas (temperatura do ar e precipitação) e parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio-dissolvido e pH) e hidrobiológicos (clorofila a, cianobactérias). Além deste monitoramento automático a Estação RDO 04 tem monitoramento manual mensal de cerca de 80 parâmetros químicos (posteriormente expandida para mais de 100) e de assembleias de macroinvertebrados bentônicos, ensaios ecotoxicológicos trimestrais de água e sedimento, análises trimestrais de parâmetros físico-químicos de sedimentos, e quatro amostragens anuais de perifiton.

Portanto, a caracterização da qualidade da água e sedimento do rio Doce ao longo do PERD já é bastante abrangente. Ocorre que são episódios de cheias que promovem tanto a erosão, a ressuspensão e o transporte do rejeito acumulado no leito e calha do rio Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce como a inundação de margens, tributários e lagos do PERD e da sua Zona de Amortecimento. Amostragens mensais ou trimestrais evidentemente não têm a resolução temporal necessária para o entendimento da qualidade da

água que penetra na Área de Estudo. Além disso, as análises de metais do PMQQS não reconhecem o grau de oxidação dos elementos, muito embora este grau de oxidação pode determinar se o estado do elemento é inerte ou capaz de dano ecotoxicológico. Portanto, recomendamos a (i) intensificação de monitoramento na Estação RDO04 na estação chuvosa, indo além do cronograma usual de amostragem do PMQQS nesta estação e (ii) a análise da biodisponibilidade e do grau de oxidação dos metais principais do rejeito (Fe, Al, Mn) e ao menos para os metais de relevância toxicológica detectados no rio Doce ao longo do PERD, ou em outras estações de amostragem (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn), a depender da disponibilidade de laboratórios acreditados para realizar tais análises.

Para a intensificação do monitoramento há ao menos duas opções viáveis. A primeira corresponde a amostragens automáticas de água desencadeadas pelo registro contínuo de nível d'água, toda vez que o nível d'água registrado na Estação RDO04 corresponder ao extravasamento da calha do rio Doce em qualquer ponto ao longo do PERD. A segunda corresponde a amostragens manuais episódicas, desencadeadas por previsão meteorológica e hidrológica, ou ainda pelos registros hidrológicos a montante, de eventos mais significativos de cheia que indiquem o extravasamento da calha do rio Doce em qualquer ponto ao longo do PERD. As amostras deverão ser analisadas para sólidos (sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos totais); metais particulados e dissolvidos, incluindo fracionamento por grau de oxidação; e ensaios toxicológicos. Uma vez que a Estação RDO04 já tem a infraestrutura para o monitoramento automático para parâmetros meteorológicos, físico-químicos e hidrobiológicos, recomenda-se a primeira opção, com a instalação de amostradores automáticos. Dado o caráter investigativo deste monitoramento, o monitoramento da qualidade da água em picos de cheia aqui recomendada poderia ser restrita a um período de três anos, prorrogáveis dependendo dos dados obtidos.

Estas informações serão muito importantes para se estabelecer com segurança se as cheias continuam contribuindo para a contaminação do interior do PERD e da Zona de Amortecimento, bem como para avaliar em que grau os registros periódicos da concentração de contaminantes tomados por IGAM e PMQQS até o momento são informativos dos picos de aporte de contaminantes para o interior do PERD e Zona de Amortecimento.

Potenciais articulações com outros planos e programas

- Programas da Fundação Renova: Programa de Monitoramento Quali-quantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da Bacia do rio Doce (PG038. Programa de Monitoramento da Bacia do rio Doce).
- Programas locais, estaduais e/ou federais - Programa Águas de Minas, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

9.1.2. MF 2: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão dos tributários ao rio Doce que banham o PERD

Introdução e Justificativa

O rompimento da barragem de Fundão resultou em severos impactos sobre a qualidade da água e do sedimento do rio Doce na Zona de Amortecimento do PERD, conforme verificados por monitoramentos conduzidos antes, durante e depois da passagem da pluma de rejeitos.

Ocorre que o rio Doce é conectado hidrologicamente e biologicamente com seus tributários. Do ponto de vista hidrológico, cheias no rio Doce promovem a entrada de água e sedimento nas confluências dos tributários. Imediatamente após o rompimento da Barragem de Fundão a lama de rejeitos penetrou em tributários do rio Doce dentro da UC, e cheias mais expressivas e típicas que ocorreram recentemente inundaram tributários da Zona de Amortecimento de forma bem mais extensa, de acordo com relatos de funcionários do Parque. Some-se a isso a conexão biológica entre rio Doce e tributários, por meio da movimentação de peixes, aves e invertebrados, entre outros, que poderia levar em sua biomassa a contaminação da água e sedimentos do rio Doce para dentro da Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento para além dos próprios limites das cheias - veja Schiesari et al. (2017) para este acoplamento de contaminantes entre ecossistemas espacialmente distintos por meio de biovetores. Infelizmente são escassos ou mesmo inexistentes os dados da qualidade da água e sedimentos de tributários ao rio Doce na área de estudo, justificando, portanto, uma medida de monitoramento. Cabe lembrar ainda que, além dos impactos já manifestados, tributários poderão continuar sendo afetados pela ressuspensão, transporte e deposição de rejeitos depositados na calha e margens do rio Doce na Zona de Amortecimento e a montante.

Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo geral desta medida é monitorar a qualidade da água e do sedimento em suspensão dos tributários ao rio Doce que banham o PERD e Zona de Amortecimento. Os objetivos específicos são o monitoramento de parâmetros básicos de qualidade de água; metais dissolvidos e particulados; macronutrientes dissolvidos e particulados; parâmetros indicadores de contaminação microbiológica; carga orgânica e contaminantes orgânicos; e biomassa de fitoplâncton em tributários que banham o PERD e a ZA.

Impactos associados

Esta medida está associada aos impactos (F5) Degradação da qualidade da água de tributários ao Rio Doce e (F8) Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce.

Área da abrangência das medidas

A medida de monitoramento da quantidade e qualidade das águas e sedimentos dos tributários está restrita aos tributários do rio Doce ou do rio Piracicaba que drenam a Unidade de Conservação e a Zona de Amortecimento. Note que trechos dos tributários que drenam o PERD ou sua ZA que estiverem localizados na Área de Entorno também deverão ser foco do monitoramento.

Natureza das medidas

Esta é uma medida de monitoramento.

Partes interessadas

A implementação e os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da população residente na Zona de Amortecimento e Área do Entorno, pescadores, prefeituras, gestores do PERD, usuários do PERD, Comitês de Bacia, ONGs e Fundação Renova.

Diretrizes metodológicas de execução

Este monitoramento deve analisar parâmetros básicos de qualidade de água, incluindo turbidez e sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais; metais dissolvidos e particulados; macronutrientes dissolvidos e particulados; parâmetros indicadores de contaminação microbológica; carga orgânica e contaminantes orgânicos; e biomassa de fitoplâncton em todos os tributários ao rio Doce e ao rio Piracicaba que drenam o PERD. Ao mesmo tempo que de grande importância para a conservação da fauna e flora do PERD, é desconhecido o grau de influência do rio Doce ou do rio Piracicaba na limnologia de seus tributários. Por este motivo, as amostragens deverão começar na confluência e se estenderem para o interior do Parque em estações múltiplas de coleta sempre que a extensão do tributário permitir. No caso de tributários que drenam áreas antropizadas antes de penetrarem o PERD, é importante que haja estações de amostragem entre a confluência e a UC. Uma sugestão de distribuição espacial das estações de amostragem dentro da UC seria que fossem localizadas a distâncias progressivamente espaçadas da borda do parque (0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 m). Tal delineamento traria resolução maior precisamente no trecho dos tributários onde a probabilidade de influência antrópica é máxima. Para metais, recomenda-se que a análise seja capaz de discriminar a biodisponibilidade e o grau de oxidação, uma vez que esta pode determinar se o estado do elemento é inerte ou capaz de dano ecotoxicológico. O grau de oxidação deve ser obtido para os metais principais do rejeito (Fe, Al, Mn) e ao menos para os metais de relevância toxicológica e ecotoxicológica detectados no rio Doce ao longo do PERD, ou em outras estações de amostragem (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn), a depender da disponibilidade de laboratórios acreditados para realizar tais análises. Este monitoramento poderia ser conduzido por um ano, com amostragens mensais. Em cada tributário que atravessasse os limites do Parque, e apenas nos limites do Parque (vamos dizer, a 25 m da borda em direção ao interior do parque), recomenda-se amostragens mais frequentes coordenadas com momentos de cheias expressivas do rio Doce ou rio Piracicaba, conforme indicadas por previsão climática, previsão hidrológica ou acompanhamento do nível d'água do rio Doce e rio Piracicaba a montante do PERD.

Há ao menos duas possibilidades concretas para a execução deste monitoramento: (i) que sejam incorporados ao Programa de Monitoramento Quali-quantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da Bacia do rio Doce ou (ii) que sejam contratados junto a grupos de pesquisa já realizando pesquisa limnológica no PERD.

Potenciais articulações com outros planos e programas/ tributários

- Programas da Fundação Renova: Programa de Monitoramento Quali-quantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da Bacia do rio Doce (PG038. Programa de Monitoramento da Bacia do rio Doce).

- Programas locais, estaduais e/ou federais: Programa Águas de Minas, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

9.1.3. MF 3: Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos dos lagos do PERD e ZA

Introdução e Justificativa

O rompimento da Barragem de Fundão resultou em severos impactos sobre a qualidade da água e do sedimento do rio Doce na Zona de Amortecimento do PERD, conforme verificados por monitoramentos conduzidos antes, durante e depois da passagem da pluma de rejeitos.

Conforme argumentado acima para tributários, o rio Doce é conectado hidrologicamente e biologicamente com lagos do PERD, ZA e entorno por meio de inundações por sobre o terreno, conexões superficiais via tributários, conexões subterrâneas e/ou movimentação da fauna. Cabe lembrar que vários dos lagos mais suscetíveis às cheias do rio Doce são pouco, ou mesmo não amostrados, por estarem em locais de difícil acesso e/ou por estarem fora da UC (e, portanto, despertando menor interesse científico das equipes de pesquisa do que os lagos protegidos). Por estes motivos se justifica um monitoramento da qualidade das águas e dos sedimentos dos lagos do PERD e ZA, especialmente com relação à contaminação de metais potencialmente oriundos da barragem de Fundão.

Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo geral desta medida é monitorar a qualidade da água e do sedimento dos lagos do Médio rio Doce. Os objetivos específicos são o monitoramento de parâmetros básicos de qualidade de água; metais dissolvidos e particulados; macronutrientes dissolvidos e particulados; parâmetros indicadores de contaminação microbológica; contaminantes orgânicos; e biomassa de fitoplâncton em tributários no PERD e na ZA.

Impactos associados

Esta medida está associada ao impacto (F6) Degradação da qualidade da água dos lagos do rio Doce.

Área da abrangência das medidas

A medida de Monitoramento da quantidade e qualidade das águas e sedimentos dos Lagos do rio Doce deverá ser conduzida no complexo de lagos do Médio rio Doce que estiverem localizados na Unidade de Conservação e na Zona de Amortecimento.

Natureza das medidas

Esta é uma medida de monitoramento. A partir dela novas medidas poderão ser propostas.

Partes interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da

população residente na Zona de Amortecimento e Área do Entorno, pescadores, prefeituras, gestores do PERD, usuários do PERD, Comitês de Bacia, ONGs e Fundação Renova.

Diretrizes metodológicas de execução

Além da hipótese de conexões subterrâneas, é sabido que lagos da Zona de Amortecimento e UC são inundados por cheias maiores do rio Doce. Porém, por ora não há uma estimativa, seja observacional ou por modelagem, da probabilidade de inundação de cada um dos lagos. O projeto de pesquisa da hidrogeologia do sistema lacustre do PERD - recarga, fluxos subterrâneos e conexão com as águas superficiais', que corresponde à Medida 11, trará alguns desses dados, que serão importantes para a priorização de lagos a serem monitorados, conforme explicado abaixo.

Há mais de uma opção de delineamento amostral para este monitoramento. Uma possibilidade seria estratificar lagos da UC e ZA em categorias de influência do rio Doce a partir dos dados mencionados acima. Esta estratificação poderia, por exemplo, selecionar 4 lagos inundados pelo rio Doce em cheias com tempo de retorno > 100 anos (que funcionariam como lagos de referência); 4 lagos inundados pelo rio Doce em cheias com tempo de retorno aproximado de 30 anos; e 4 lagos inundados pelo rio Doce em cheias com tempo de retorno < 10 anos (ou ainda mais frequentemente), todos preferencialmente em ambiente preservado para remover fontes alternativas de perturbação que não seja o aporte de água e sedimento do rio Doce. Estes lagos serão sujeitos a amostragem de água e, especialmente, de sedimentos pelo seu papel de registro de alterações passadas. As análises de água poderiam incluir parâmetros básicos de qualidade de água; metais dissolvidos e particulados; macronutrientes dissolvidos e particulados; parâmetros indicadores de contaminação microbiológica; carga orgânica e contaminantes orgânicos; e biomassa de fitoplâncton. Já as análises de sedimento deverão incluir análises de metais ao longo de colunas de sedimento, preferencialmente datadas. Tais análises permitirão reconstruir os padrões de deposição históricos de metais em uma subamostra dos lagos do PERD, em função do grau de influência do rio Doce. A busca por uma assinatura geoquímica poderá dar pistas sobre a contribuição do rejeito de Fundão. Dada a complexidade e especificidade de um programa de amostragem como esse, recomenda-se que sua execução seja contratada junto a grupos de pesquisa já realizando pesquisa limnológica no PERD.

Potenciais articulações com outros planos e programas

- Programas da Fundação Renova: Programa de Monitoramento Quali-quantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da Bacia do rio Doce (PG038. Programa de Monitoramento da Bacia do rio Doce).
- Programas locais, estaduais e/ou federais: Programa Águas de Minas, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

9.1.4. MF 4: Expansão das atividades de saneamento ambiental, relativas ao Programa 31 da Fundação Renova, para a área de estudo.

Introdução e Justificativa

As condições de saneamento básico da bacia do rio Doce são historicamente reconhecidas como precárias. Por conta desta precariedade, a passagem da pluma de rejeitos resultou na elevação na contaminação orgânica e microbiológica em diversas estações de amostragem de qualidade de água ao longo do rio Doce. O Parque Estadual do Rio Doce, relevante remanescente de floresta atlântica do estado de Minas Gerais, faz fronteira e é vulnerável à contaminação orgânica e microbiológica pelo rio Doce, pelo rio Piracicaba e pelos diversos riachos que drenam áreas antropizadas nos municípios de Jaguarauçu, Coronel Fabriciano, Timóteo e Marliéria. A Fundação Renova já possui um Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos (PG 31). Esta Medida sugere que o PG31 invista na estrutura de saneamento básico dos municípios que banham o Parque Estadual do Rio Doce. Tal sugestão é relevante também porque o PG31 é voltado prioritariamente para municípios que margeiam o rio Doce. Este não é o caso de Timóteo, Coronel Fabriciano e Jaguarauçu. Marliéria, Dionísio, Ipatinga e Córrego Novo, que margeiam o rio Doce, receberam recursos do PG31 mas em montantes bastante modestos (Renova 2021).

Objetivo geral e objetivos específicos

O objetivo deste programa é direcionar investimentos do já existente Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos (PG031) para os municípios que cercam o Parque Estadual do Rio Doce. Os objetivos do PG031 são custear a elaboração de planos básicos de saneamento básico, projetos de sistema de esgotamento sanitário, implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos, erradicação de lixões e implantação de aterros sanitários regionais. Com isso, pretende-se proteger o interior da UC da contaminação orgânica e microbiológica oriunda do entorno.

Impactos associados

Os impactos associados 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, (F5) Degradação da qualidade da água de tributários ao Rio Doce, (F8) Degradação da qualidade do sedimento de tributários ao Rio Doce, (F15) Degradação da qualidade da água subterrânea.

Área da abrangência das medidas

Esta medida está associada à Zona de Amortecimento e entorno do PERD, especificamente aos municípios de Jaguarauçu, Timóteo, Marliéria e Dionísio. Estes municípios estão na margem esquerda do rio Doce e imediatamente a montante do PERD e, portanto, contribuem diretamente com a qualidade da água dentro do Parque Estadual do Rio Doce por meio de riachos e ribeirões.

Natureza das medidas

Mitigação. Esta medida, que se baseia em um programa de compensação da Fundação Renova já existente (PG031. Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos) mitigará a contaminação microbiológica nas águas que banham o PERD.

Partes interessadas

A expansão das atividades de saneamento básico previstas no âmbito da presente medida é de interesse da população residente na Zona de Amortecimento e Área do Entorno, prefeituras, gestores do PERD, usuários do PERD, Comitês de Bacia, Concessionárias de Abastecimento de Água, ONGs e Fundação Renova.

Diretrizes metodológicas de execução

Conforme Programa PG031. Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos, da Fundação Renova.

Potenciais articulações com outros planos e programas

- Fundação Renova: Programa PG031. Programa de Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação Adequada de Resíduos Sólidos.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce: Programa de Saneamento da Bacia (P11 do PIRH-Doce) e Programa de Universalização do Saneamento (P41 do PIRH-Doce).
- Municípios: Políticas de saneamento.

9.1.5. MF 5: Monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial

Introdução e Justificativa

Essa medida decorre da identificação dos impactos (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial, classificadas como Muito Prováveis em razão de que a base de dados na linha de base e o monitoramento realizado após a ruptura da barragem de Fundão não permitem identificá-las com precisão.

Aprofundar o conhecimento sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial e avaliar a estabilidade dos terraços fluviais e das margens do rio Doce, na UC e na ZA, e dos seus tributários, nas regiões de confluência igualmente na UC e na ZA, são requisitos fundamentais para planejar e projetar as medidas reparatórias de estabilização de margens e recuperação das APPs fluviais e para desenvolver os projetos para tal. Também contribuem para planejar e projetar as medidas reparatórias de recuperação ambiental das APPs fluviais. Em razão das conexões físicas e hidrológicas entre a calha principal do rio Doce, sua planície fluvial e as áreas de confluência essa medida é definida integrando esses elementos da paisagem.

Objetivos

Os objetivos gerais são monitorar a estabilidade de terraços e margens fluviais do rio Doce e das zonas de confluência com seus tributários e diagnosticar a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial.

Os objetivos específicos são:

- Identificar as condições estruturais dos solos da planície fluvial (porosidade, textura, agregados) na UC e em sua Zona de Amortecimento.
- Identificar processos erosivos e de instabilidade de margens do rio Doce e de seus afluentes na UC e na Zona de Amortecimento bem como suas potenciais causas.

Impactos Associados

Os impactos no meio Físico são (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.

No âmbito do meio Biótico, os impactos são (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas, (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B18) Degradação do habitat utilizado pela ictiofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce, (B20) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.

No meio Socioeconômico, os impactos são (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S9) Redução da

visitação no Parque Estadual do Rio Doce.

Área de Abrangência das Medidas

A medida de monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais, diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial deve abranger a UC e a ZA. A depender de outros estudos em curso pela Renova sobre a estrutura do rio Doce e suas feições morfológicas, esta Medida poderá precisar ser estendida a montante, uma vez que a qualidade da água e a qualidade e quantidade dos sedimentos no rio Doce (ZA) e na confluência de tributários que drenam o PERD (UC), bem como a qualidade e quantidade dos sedimentos depositados nas margens do rio Doce no PERD (UC) é influenciada pela erosão, ressuspensão e transporte de rejeito depositado nos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e rio Doce a montante do PERD.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de monitoramento. Os impactos (F10), (F12) e (F14) são considerados muito prováveis, uma vez que não há dados ou registros disponíveis que permitam verificá-los. Dada a abrangência espacial desses impactos físico, as atividades de monitoramento aqui previstas devem ser realizadas na UC e na ZA. Medidas de reparação associadas ao resultado desse monitoramento estão, igualmente, previstas no presente documento.

Partes Interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Residentes na ZA, Agricultores não residentes na ZA, porém que aí desenvolvem atividades agropecuárias, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários do PERD e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Tendo em conta os objetivos da medida, os métodos a serem adotados combinam análise de dados cartográficos, visitas técnicas, modelagem hidráulica, coleta e análise de amostras de solo e de sedimentos e levantamentos topobatimétricos de calhas fluviais e planícies de inundações.

Os trabalhos iniciam-se pela caracterização detalhada das feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial com base no modelo digital de terreno (MDT) obtido a partir de levantamento LiDAR realizado por iniciativa da Fundação Renova e de imagens de satélite (ver, por exemplo, TOMSETT e LEYLAND, 2019). Essa análise deverá permitir (i) planejar as visitas técnicas e identificar os principais pontos de interesse a serem vistoriados e (ii) elaborar um plano amostral preliminar para a coleta de amostras solos na planície fluvial.

Também devem ser previamente consultados os vários documentos de monitoramento hidrológico e de diagnóstico de impactos produzidos após a ruptura da barragem de Fundão (e.g.: CPRM, 2015-a, CPRM, 2015-b, 2016-a e 2016-b, LACTEC, 2020, IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016).

A primeira visita técnica ao rio Doce, ao longo da fronteira com a UC e com a ZA tem por objetivos: (i) reconhecer as feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial; (ii) identificar processos erosivos e de instabilidade de margens do rio Doce e de tributários, nesse caso, nas áreas de confluência, bem como na planície fluvial; (iii) refinar o planejamento dos trabalhos de topobatimetria, de monitoramento de distribuição de velocidades de escoamento em trechos fluviais de interesse para fins de adoção de medidas de proteção e estabilização de margens; (iv) refinar o planejamento amostral para os estudos pedológicos e de delimitação e caracterização pedológica dos solos da planície fluvial.

Há vários protocolos definidos para orientar trabalhos de vistoria em geomorfologia fluvial, notadamente para fins de restauração de sistemas fluviais e que podem contribuir para definição detalhada dos métodos no caso das visitas técnicas aqui recomendadas (e.g.: BAPTISTA e PÁDUA, 2016; EVANGELISTA, 2016; BELETTI et al, 2017).

O plano amostral de solos para fins de estudos pedológicos pode seguir os protocolos estabelecidos em Filizola et al (2006), Claessen et al (1997) e IBGE (2007).

As estimativas de velocidade de escoamento na calha principal do rio Doce por modelagem hidráulica de eventos de diferentes tempos de retorno, estudo em elaboração por solicitação da Fundação Renova, podem ser utilizadas para avaliar os riscos de erosão da calha do rio e de instabilidade de encostas. Essas informações podem ser complementadas por medição de velocidade de escoamento com o emprego de ADCP, particularmente durante a ocorrência de eventos de cheia. São informações importantes para a elaboração dos projetos de restauração de estabilização das margens do rio Doce.

Levantamentos topobatimétricos do sistema fluvial em análise, o rio Doce e os tributários, nas zonas de confluência, na UC e na ZA, devem ser realizados em trechos fluviais em que a vistoria do sistema identificar processos erosivos intensos, instabilidade de margens e registros de depósitos de rejeitos. Essas informações são relevantes para o planejamento e o projeto de medidas de controle de erosão no sistema fluvial, bem como de estabilização de margens.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 23 – Manejo de Rejeitos

- Objetivo: Recuperação das áreas impactadas e o tratamento dos sedimentos

Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto

- Objetivo: de contenção de sedimentos das calhas dos rios e seu entorno

Programa 25 – Recuperação da Área Ambiental 1

- Objetivo: Recuperar a cobertura vegetal em 800 hectares, recuperar 2.000 hectares na área ambiental 1

Programa 26 – Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas

Programa 27 – Recuperação de Nascentes (PG027)

- Objetivo: Recuperar 5000 nascentes na bacia do Rio Doce.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

Projetos do setor público com interface com essa medida:

Emater: Agenda Segurança Hídrica e Sustentabilidade Ambiental

- Objetivo: Conjunto de programas que visam a conservação ambiental, com foco na conservação de água, solo e outros recursos naturais e na promoção de práticas de produção agrícola e pecuária de baixo impacto ambiental.

IEF: Programa Bolsa Verde

- Objetivo: Programa mantido pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais inspirado no conceito de pagamento por serviços ecossistêmicos, visa apoiar a conservação e a recuperação de cobertura vegetal nativa por meio do pagamento dos custos de oportunidade das áreas recuperadas e protegidas. Prioriza agricultores familiares, pequenos produtores rurais e propriedades localizadas no interior de UCs.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa Produtor de Água

- Objetivo: Inspirado no conceito de pagamento por serviços ecossistêmicos, o programa tem por objetivo a recuperação de áreas estratégicas para a melhoria da qualidade ambiental, com foco em produtores rurais.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa de Recomposição de áreas de APP e nascentes.

- Objetivo: O programa tem por objetivo a recomposição e o adensamento de matas ciliares, em topos de morro e de recuperação ambiental de áreas de nascentes.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa de Controle de Atividades Geradoras de Sedimentos

- Objetivo: O programa tem por objetivo o diagnóstico de degradação ambiental no meio rural e a promoção de uso de técnicas de conservação de solos em produção agrícola e pecuária.

9.1.6. MF 6: Monitoramento de depósitos e de rejeitos na planície fluvial

Introdução e Justificativa

Essa medida decorre da identificação dos impactos (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial, classificadas como Muito Prováveis em razão de que a base de dados na linha de base e o monitoramento realizado após a ruptura da barragem de Fundão não permitem identificá-las com precisão. A medida enfoca, igualmente os impactos (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce e (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial que, embora verificados, não estão perfeitamente delimitados em termos de área atingida e estimativa de volume de rejeitos depositados.

Identificar depósitos e avaliar a contaminação dos solos da planície fluvial por rejeitos, é requisito fundamental para planejar as medidas reparatórias de estabilização de recuperação das APPs fluviais e para desenvolver os projetos para tal.

Objetivos

Os objetivos gerais são monitorar a presença de rejeitos tendo origem na ruptura da barragem de Fundão na planície fluvial do rio Doce e nas zonas de confluência com seus tributários, delimitá-los e georreferenciá-los, estimar a sua espessura e caracterizar sua composição físico-química.

Os objetivos específicos são:

- Pesquisar a presença de rejeitos em depósitos de sedimentos na planície fluvial, delimitar e georreferenciar tais depósitos tanto na planície fluvial como nas áreas de confluências do rio Doce com seus tributários e estimar a sua espessura, na UC e na Zona de Amortecimento.
- Identificar a composição físico-química dos depósitos de rejeitos identificados.

Impactos Associados

Os impactos associados no âmbito do meio Físico são (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial, (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.

No âmbito do meio Biótico, os impactos são (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas, (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B18) Degradação do habitat utilizado pela ictiofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce, (B20) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.

No âmbito do meio Socioeconômico, os impactos são (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S9)

Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce.

Área de Abrangência das Medidas

A medida de monitoramento da presença de rejeitos tendo origem na ruptura da barragem de Fundão na planície fluvial do rio Doce e nas áreas de confluência com tributários deve abranger a UC e a ZA. A depender de outros estudos em curso pela Renova sobre a estrutura do rio Doce e suas feições morfológicas, esta Medida poderá precisar ser estendida a montante, uma vez que a qualidade da água e a qualidade e quantidade dos sedimentos no rio Doce (ZA) e na confluência de tributários que drenam o PERD (UC), bem como a qualidade e quantidade dos sedimentos depositados nas margens do rio Doce no PERD (UC) é influenciada pela erosão, ressuspensão e transporte de rejeito depositado nos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e rio Doce a montante do PERD.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de monitoramento. Os impactos (F10), (F12) e (F14) são considerados Muito Prováveis, uma vez que não há dados ou registros disponíveis que permitam verificá-los. Os impactos (F11) e (F13) foram verificados, entretanto não foram quantificados e delimitados no espaço, na UC e na ZA. Dada a abrangência espacial desses impactos físicos, as atividades de monitoramento aqui previstas devem ser realizadas na UC e na ZA. Medidas de reparação associadas ao resultado desse monitoramento estão, igualmente, previstas no presente documento.

Partes Interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Residentes na ZA, Agricultores não residentes na ZA, porém que aí desenvolvem atividades agropecuárias, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários do PERD e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Tendo em conta os objetivos da medida, os métodos a serem adotados combinam análise de dados cartográficos, visitas técnicas, modelagem hidráulica, coleta e análise de amostras de solo e de sedimentos, em áreas em que se identifica a presença de rejeitos e em áreas de controle, e levantamentos topobatimétricos das planícies de inundações nas áreas contaminadas por rejeitos.

Os trabalhos iniciam-se pela caracterização detalhada das feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial com base no modelo digital de terreno (MDT) obtido a partir de levantamento LiDAR realizado por iniciativa da Fundação Renova e de imagens de satélite (ver, por exemplo, Tomsett e Leyland, 2019). Essa análise deverá permitir (i) planejar as visitas técnicas e identificar os principais pontos de interesse a serem vistoriados; (ii) elaborar um plano amostral preliminar para a coleta de amostras solos e rejeitos na planície fluvial.

Também devem ser previamente consultados os vários documentos de monitoramento hidrológico e de diagnóstico de impactos produzidos após a ruptura da barragem de Fundão (e.g.: CPRM, 2015-a, CPRM, 2015-b, 2016-a e 2016-b, LACTEC, 2020, IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica

1/2016).

A primeira visita técnica ao rio Doce, ao longo da fronteira com a UC e com a ZA tem por objetivos: (i) reconhecer as feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial; (ii) identificar marcas de depósitos de rejeitos nas planícies fluviais e nas áreas de confluências com tributários; (iii) refinar o planejamento amostral para caracterização físico-química de depósitos de rejeitos na planície fluvial e (iv) refinar o planejamento dos levantamentos topográficos para delimitar os depósitos de rejeitos na planície fluvial. .

Há vários protocolos definidos para orientar trabalhos de vistoria em geomorfologia fluvial, notadamente para fins de restauração de sistemas fluviais e que podem contribuir para definição detalhada dos métodos no caso das visitas técnicas aqui recomendadas (e.g.: Baptista e Pádua, 2016; Evangelista, 2016; Beletti et al, 2017).

Amostras indeformadas de solo na planície fluvial para análise de composição físico-química para fins de identificação da presença de rejeitos provenientes da ruptura da barragem de Fundão devem ser coletadas. O plano amostral deve ter em conta a identificação de áreas potenciais de deposição de rejeitos, áreas onde a presença de rejeitos foi identificada e seguir os protocolos sugeridos em Filizola et al (2006), Claessen et al (1997) e Nanni et al (2011). Deve-se escolher, nos tributários e eventualmente na própria planície fluvial, áreas que seguramente não foram contaminadas por rejeitos para a coleta de amostras indeformadas de solo que serão usadas como testemunhos das características físicas e de composição físico-química dos solos não perturbados pela presença de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão.

Os resultados de modelagem hidráulica de eventos com diferentes tempos de retorno, em curso, para todo o rio Doce, a jusante da UHE Risoleta Neves, também devem orientar a elaboração do plano amostral de coleta de solos na planície fluvial para fins de identificação da presença de rejeitos na UC e na ZA.

Levantamentos topográficos dos depósitos de rejeitos na planície fluvial e nas áreas de confluência devem ser realizados para fins de delimitação dos mesmos. A localização dos depósitos deve ser georreferenciada e sua espessura estimada, na UC e na ZA.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 23 – Manejo de Rejeitos

- Objetivo: Recuperação das áreas impactadas e o tratamento dos sedimentos

Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto

- Objetivo: de contenção de sedimentos das calhas dos rios e seu entorno

Programa 25 – Recuperação da Área Ambiental 1

- Objetivo: Recuperar a cobertura vegetal em 800 hectares, recuperar 2.000 hectares na área ambiental 1

Programa 26 – Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas

Programa 27 – Recuperação de Nascentes (PG027)

- Objetivo: Recuperar 5000 nascentes na bacia do Rio Doce.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

9.1.7. MF 7: Monitoramento de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e de seus tributários, nas áreas de confluência.

Introdução e Justificativa

Essa medida decorre da identificação dos impactos (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial, classificadas como Muito Prováveis em razão de que a base de dados na linha de base e o monitoramento realizado após a ruptura da barragem de Fundão não permitem identificá-las com precisão.

O impacto (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce, embora verificado, não está perfeitamente delimitado nas áreas atingidas.

Aprofundar o conhecimento sobre a persistência de depósitos de rejeitos nas calhas fluviais do rio Doce e de seus tributários, nas áreas atingidas pelo trânsito dos rejeitos, é fundamental para avaliar a duração desses impactos e subsidiar eventuais medidas de recuperação quando viáveis.

Objetivos

Os objetivos gerais são identificar e delimitar depósitos de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão nas calhas fluviais do rio Doce e de seus tributários, nesse caso nas áreas de confluência, bem como estabelecer a caracterização físico-química dos rejeitos depositados.

Impactos Associados

Os impactos associados no âmbito do meio Físico são (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial, (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.

No âmbito do meio Biótico, os impactos são (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas, (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B18) Degradação do habitat utilizado pela ictiofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce, (B20) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.

No âmbito do meio Socioeconômico, os impactos são (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce

Área de Abrangência das Medidas

A medida de monitoramento de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e de seus tributários, nas áreas de confluência, deve abranger a UC e a ZA. A depender de outros estudos em curso pela Renova sobre

depósitos de rejeitos ao longo do rio Doce, esta Medida poderá precisar ser estendida a montante, uma vez que a quantidade dos sedimentos no rio Doce (ZA) e na confluência de tributários que drenam o PERD (UC) é potencialmente influenciada pela erosão, ressuspensão e transporte de rejeito depositado nos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e rio Doce a montante do PERD.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de monitoramento. Os impactos (F10), (F12) e (F14) são considerados muito prováveis, uma vez que não há dados ou registros disponíveis que permitam verificá-los. Os impactos (F11) e (F13) foram verificados, entretanto não foram quantificados e delimitados no espaço, na UC e na ZA. Dada a abrangência espacial desses impactos físico, as atividades de monitoramento aqui previstas devem ser realizadas na UC e na ZA. Medidas de reparação associadas ao resultado desse monitoramento estão, igualmente, previstas no presente documento.

Partes Interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Residentes na ZA, Agricultores não residentes na ZA, porém que aí desenvolvem atividades agropecuárias, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários do PERD e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Tendo em conta os objetivos da medida, os métodos a serem adotados combinam análise de dados cartográficos, visitas técnicas, modelagem hidráulica, coleta e análise de amostras de solo e de sedimentos e levantamentos topobatimétricos de calhas fluviais.

Os trabalhos iniciam-se pela caracterização detalhada das feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial com base no modelo digital de terreno (MDT) obtido a partir de levantamento LiDAR realizado por iniciativa da Fundação Renova. Essa análise deverá permitir (i) planejar as visitas técnicas e identificar os principais pontos de interesse a serem vistoriados; (ii) elaborar um plano amostral preliminar para a coleta de amostras de sedimentos de fundo em trechos fluviais potencialmente podendo conter depósitos de rejeitos. Imagens de satélite também podem contribuir para essa etapa dos estudos (e.g.: TOMSETT e LEYLAND, 2019).

O planejamento de coleta de amostras de depósitos potenciais de rejeitos deve ter em conta os trechos do leito do rio Doce que, em razão de suas características morfológicas, favorecem a deposição de sedimentos e, por conseguinte, de rejeitos (e.g.: curvas, margens de bacias naturais de dissipação de energia a jusante de cachoeiras, trechos a montante de afloramentos de rocha e outras singularidades que exercem controle hidráulico sobre os escoamentos, áreas de confluência com tributários, entre outros), na UC e na Zona de Amortecimento.

Também devem ser previamente consultados os vários documentos de monitoramento hidrológico e de diagnóstico de impactos produzidos após a ruptura da barragem de Fundão (e.g.: CPRM, 2015-a, CPRM, 2015-b, 2016-a e 2016-b, LACTEC, 2020, IEF 2015. Relatório 4/2015; PERD/ERRD 2016. Nota Técnica 1/2016).

A primeira visita técnica ao rio Doce, ao longo da fronteira com a UC e com a ZA tem por objetivos: (i) reconhecer as feições morfológicas do rio Doce e de sua planície fluvial; (ii) refinar o planejamento amostral para a coleta de sedimentos de fundo em áreas com maior potencial de manterem depósitos de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão.

Deve-se escolher, nos tributários áreas que seguramente não foram contaminadas por rejeitos para a coleta de amostras testemunha das características físicas e de composição físico-química dos sedimentos de fundo não perturbados pela presença de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão.

Os resultados de modelagem hidráulica de eventos com diferentes tempos de retorno, em curso, para todo o rio Doce, a jusante da UHE Risoleta Neves, também devem orientar a elaboração do plano amostral de coleta de sedimentos de fundo visando a identificação da presença de rejeitos no rio Doce e seus tributários, na UC e na ZA.

Amostras de depósitos de sedimentos no leito do rio Doce e nos tributários, em zonas de confluência, em trechos onde há maior probabilidade de permanência de rejeitos devem ser coletadas para fins de confirmação de sua presença, caracterização granulométrica e de composição físico-química. Há uma importante literatura sobre amostragem de sedimentos (e.g.: Carvalho et al, 2000). Deve-se considerar, igualmente, a coleta de amostras indeformadas dos depósitos de rejeitos, sobretudo para avaliação de espessura de depósitos e interação com a deposição de sedimentos não originários da ruptura da barragem de Fundão. Trata-se de uma informação importante, tendo em conta o tempo passado após o trânsito dos rejeitos seguido à ruptura da barragem de Fundão.

Levantamentos topobatimétricos do sistema fluvial em análise, o rio Doce e os tributários, nas zonas de confluência, na UC e na ZA, devem ser realizados em trechos fluviais em que for identificada a presença de rejeitos como parte dos trabalhos de estimativa de volumes de rejeitos ainda depositados nesse sistema fluvial.

Na hipótese de volumes significativos de rejeitos sejam identificados, será necessário conceber medidas para reduzir os impactos dessa disponibilidade de rejeitos que prolongam os impactos ambientais associados sobre o sistema fluvial em foco.

Ressalta-se que a presença de rejeitos na calha do rio Doce e em sua planície fluvial pode continuar a ser alimentada por depósitos de rejeitos nos sistemas fluviais dos rios Gualaxo e do Carmo, no rio Doce a montante da UC e da ZA e na UHE Risoleta Neves. A Fundação Renova desenvolve programas no sentido de remover, quando possível, ou reter esses rejeitos para evitar prolongar os impactos da ruptura da barragem de Fundão sobre o sistema fluvial do rio Doce. O monitoramento da eficiência dessas ações de controle e sua ampliação, correção e adaptação, conforme requerido, são importantes para reduzir o prolongamento dos impactos identificados.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 23 – Manejo de Rejeitos

- Objetivo: Recuperação das áreas impactadas e o tratamento dos sedimentos

Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto

- Objetivo: de contenção de sedimentos das calhas dos rios e seu entorno

Programa 25 – Recuperação da Área Ambiental 1

- Objetivo: Recuperar a cobertura vegetal em 800 hectares, recuperar 2.000 hectares na área ambiental 1

Programa 26 – Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas

Programa 27 – Recuperação de Nascentes (PG027)

- Objetivo: Recuperar 5000 nascentes na bacia do Rio Doce.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

9.1.8. MF 8: Estabilização das margens do rio Doce e de tributários com técnicas de bioengenharia

Introdução e Justificativa

Essa medida decorre da identificação dos impactos verificados (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce e (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial. Ela também é justificada pelos impactos considerados muito prováveis (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial. Finalmente, esta medida também se relaciona ao impacto (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa.

No conjunto, esses impactos atingem principalmente a planície fluvial do rio Doce, e sua calha principal, bem como trechos de seus tributários junto às respectivas confluências. Os impactos alteram a dinâmica de cheias do rio Doce, podendo conduzir à intensificação de processos erosivos e desestabilização de margens bem como, conforme relatado, alterar o regime hídrico da planície fluvial.

A ocorrência de cheias de maior magnitude, com ocupação da planície fluvial, pode levar à deposição de rejeitos tendo origem na ruptura da barragem de Fundão e ainda passíveis de serem ressuspensos durante esses eventos.

O controle de erosão e a estabilização de margens do rio Doce e igualmente dos tributários, nas áreas de confluência, são medidas de recuperação.

Objetivos

O objetivo geral da medida é de conceber e implementar técnicas de estabilização das margens fluviais nos vales do Rio Doce, tributários e zonas de confluência localizados na UC e em sua Zona de Amortecimento utilizando preferencialmente técnicas de bioengenharia com o emprego de espécies da vegetação nativa.

Objetivos específicos:

- Reduzir os impactos do trânsito e do depósito de rejeitos na calha do rio Doce sobre a morfologia fluvial;
- Contribuir para a melhoria da ecologia fluvial no rio Doce no trecho em foco.

Impactos Associados

Os impactos associados no âmbito do meio Físico são (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial, (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.

No âmbito do meio Biótico, os impactos são (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas, (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes,

(B13) Degradação do hábitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B18) Degradação do hábitat utilizado pela ictiofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B19) Destruição do hábitat da ictiofauna na calha do rio Doce, (B20) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.

No âmbito do meio Socioeconômico, os impactos são (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce.

Área de Abrangência das Medidas

A medida de estabilização das margens do rio Doce e de tributários com técnicas de bioengenharia deve abranger a UC e a ZA. É importante notar, no entanto, que a qualidade da água e sedimento do rio Doce na ZA do PERD depende da estrutura das margens ao longo de centenas de quilômetros a montante. Por isso, a depender de outros estudos em curso pela Renova sobre a estrutura morfológica do rio Doce, esta Medida poderá precisar ser estendida a montante, uma vez que a qualidade da água e a qualidade e quantidade dos sedimentos no rio Doce (ZA) e na confluência de tributários que drenam o PERD (UC), bem como a qualidade e quantidade dos sedimentos depositados nas margens do rio Doce no PERD (UC) é influenciada pela erosão, ressuspensão e transporte de rejeito depositado nos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e rio Doce a montante do PERD.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de recuperação. Os impactos (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce e (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial foram verificados. Os impactos (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial, e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial, embora não tenham sido verificados, são considerados muito prováveis tendo em conta o volume de rejeitos que transitou por esse trecho fluvial, parte do qual ficou aí depositado.

Partes Interessadas

Os resultados das atividades de recuperação previstas no âmbito da presente medida são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Residentes na ZA, Agricultores não residentes na ZA, porém que aí desenvolvem atividades agropecuárias, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários do PERD e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Para o controle de erosão de leito e estabilização de margens do rio Doce e tributários recomenda-se que sejam adotadas técnicas de bioengenharia por utilizarem materiais naturais, vivos (vegetação, sementes) ou inertes (rochas, palhas, folhas, troncos), o que promove a sua integração ao ambiente, possibilita uma regeneração mais rápida e efetiva da mata ciliar e contribui para a recuperação da ecologia fluvial.

Essa medida está intrinsecamente relacionada à medida de recuperação de áreas de proteção permanente (APP), no que se refere às APPs fluviais. Ambas devem, portanto, ser projetadas e implantadas de forma coordenada.

A Fundação Renova possui ampla experiência no emprego dessa medida a partir de projetos implantados nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo.

O detalhado monitoramento especificado na medida 5 “Monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial e contaminação por rejeitos” fornecerá a base de dados requeridas para o projeto das intervenções no sistema fluvial em análise.

Há uma ampla literatura técnica sobre a restauração de sistemas fluviais que pode orientar o projeto das intervenções aqui em foco (e.g.: Baptista e Pádua, 2016; Cardoso, 2012; Gordon et al, 2004; US-NRC, 2002; Wohl et al, 2015; Kondolf e Piégay, 2016).

Ressalta-se que a Fundação Renova desenvolve programas de controle de processos erosivos, conservação de solos, proteção de nascentes, recuperação de áreas de APP em partes da bacia do rio Doce no sentido de contribuir para a redução de impactos ambientais associados. Essas medidas visam melhorar a qualidade ambiental do sistema fluvial do rio Doce e se articulam com as medidas de reparação dos impactos do trânsito e da deposição de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão na bacia do rio Doce. O monitoramento da eficiência dessas medidas de controle e sua ampliação, correção e adaptação, conforme requerido, são importantes para reduzir o prolongamento dos impactos identificados.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 23 – Manejo de Rejeitos

- Objetivo: Recuperação das áreas impactadas e o tratamento dos sedimentos

Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto

- Objetivo: de contenção de sedimentos das calhas dos rios e seu entorno

Programa 25 – Recuperação da Área Ambiental 1

- Objetivo: Recuperar a cobertura vegetal em 800 hectares, recuperar 2.000 hectares na área ambiental 1

Programa 26 – Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas

Programa 27 – Recuperação de Nascentes (PG027)

- Objetivo: Recuperar 5000 nascentes na bacia do Rio Doce.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

9.1.9. MF 9: Conservação de solos e controle de erosão, regeneração natural da vegetação

Introdução e Justificativa

Essa medida decorre da identificação dos impactos verificados (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa, (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce e (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial. Ela também é justificada pelos impactos considerados muito prováveis (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial. Trata-se de uma medida que, embora não recupere impactos com origem direta no trânsito dos rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão, contribui para mitigá-los, na medida em que reduz os aportes de sedimentos tendo origem em processos erosivos na ZA.

No conjunto, como no caso dos rejeitos, esses impactos atingem principalmente a planície fluvial do rio Doce, e sua calha principal, bem como trechos de seus tributários junto às respectivas confluências. Os impactos alteram a dinâmica de cheias do rio Doce, podendo conduzir à intensificação de processos erosivos e desestabilização de margens bem como, conforme relatado, alterar o regime hídrico da planície fluvial.

Objetivos

O objetivo geral da medida é de conceber e implementar técnicas de conservação de solos e controle de processos erosivos na ZA e regeneração natural da vegetação em áreas de elevada vulnerabilidade a processos erosivos intensos.

Impactos Associados

Os impactos associados no âmbito do meio Físico são (F1) Degradação da qualidade da água do Rio Doce e corpos d'água marginais: aumento na carga suspensa, (F10) Alteração da morfologia do rio Doce, (F11) Obstrução parcial das confluências de tributários ao rio Doce, (F12) Alteração da dinâmica fluvial, (F13) Deposição de rejeitos na planície fluvial e (F14) Alteração do regime hídrico da planície fluvial.

No âmbito do meio Biótico, os impactos são (B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas, (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes, (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B18) Degradação do habitat utilizado pela ictiofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes, (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce, (B20) Interrupção do fluxo das espécies da ictiofauna decorrente da perda de conectividade entre os tributários e o rio Doce.

No âmbito do meio Socioeconômico, os impactos são (S6) Prejuízos às atividades econômicas e (S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce.

Área de Abrangência das Medidas

A medida conservação de solos e controle de erosão, regeneração natural da vegetação aplica-se sobretudo à ZA, uma vez que a UC possui boa cobertura vegetal, sem identificação de áreas em que ocorram processos erosivos intensos. É importante notar, no entanto, que a qualidade da água e sedimento do rio Doce na ZA do PERD depende da estrutura das margens ao longo de centenas de quilômetros a montante. Por isso, a depender de outros estudos em curso pela Renova sobre a estrutura morfológica do rio Doce, esta Medida poderá precisar ser estendida a montante.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de mitigação. Essa medida está delimitada à ZA.

Partes Interessadas

Os resultados das atividades de monitoramento previstas no âmbito da presente medida são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Residentes na ZA, Agricultores não residentes na ZA, porém que aí desenvolvem atividades agropecuárias, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários do PERD e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

A Fundação Renova possui ampla experiência no emprego de medidas de controle de erosão, técnicas de conservação de solos e regeneração natural de vegetação a partir de projetos implantados na bacia do rio Doce.

Os trabalhos iniciam-se pela classificação dos tipos de solo e dos usos do solo e pela identificação de processos erosivos na ZA. Esse trabalho pode inicialmente basear-se em imagens de satélite combinadas ao modelo digital de terreno (MDT) obtido a partir de levantamento LiDAR realizado por iniciativa da Fundação Renova. A tipologia de solos deve ser complementada por meio de um plano amostral que pode ser orientado por em Filizola et al (2006), Claessen et al (1997) e IBGE (2007).

A identificação das áreas mais sensíveis a processos erosivos na ZA pode ser realizada com o emprego da Equação Universal de Perda de Solos e técnicas associadas; ver, por exemplo Barbosa et al (2015) e Mishra et al (2007).

O projeto e a implantação de técnicas de controle de erosão e de conservação de solos são orientados por uma ampla literatura técnica em que se destacam: Pruski (2009), Bertol et al, 2019.

Ressalta-se que a Fundação Renova desenvolve programas de controle de processos erosivos, conservação de solos, proteção de nascentes, recuperação de áreas de APP em partes da bacia do rio Doce no sentido de contribuir para a redução de impactos ambientais associados. Essas medidas visam melhorar a qualidade ambiental do sistema fluvial do rio Doce e se articulam com as medidas de reparação dos impactos do trânsito e da deposição de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão na bacia do rio Doce. O monitoramento da eficiência dessas medidas de controle e sua ampliação, correção e adaptação, conforme requerido, são importantes para reduzir o prolongamento dos impactos identificados.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto

- Objetivo: de contenção de sedimentos das calhas dos rios e seu entorno

Programa 25 – Recuperação da Área Ambiental 1

- Objetivo: Recuperar a cobertura vegetal em 800 hectares, recuperar 2.000 hectares na área ambiental 1

Programa 26 – Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas

- Objetivo: Recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas

Programa 27 – Recuperação de Nascentes (PG027)

- Objetivo: Recuperar 5000 nascentes na bacia do Rio Doce.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

Projetos do setor público com interface com essa medida:

Emater: Agenda Segurança Hídrica e Sustentabilidade Ambiental

- Objetivo: Conjunto de programas que visam a conservação ambiental, com foco na conservação de água, solo e outros recursos naturais e na promoção de práticas de produção agrícola e pecuária de baixo impacto ambiental.

IEF: Programa Bolsa Verde

- Objetivo: Programa mantido pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais inspirado no conceito de pagamento por serviços ecossistêmicos, visa apoiar a conservação e a recuperação de cobertura vegetal nativa por meio do pagamento dos custos de oportunidade das áreas recuperadas e protegidas. Prioriza agricultores familiares, pequenos produtores rurais e propriedades localizadas no interior de UCs.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa Produtor de Água

- Objetivo: Inspirado no conceito de pagamento por serviços ecossistêmicos, o programa tem por objetivo a recuperação de áreas estratégicas para a melhoria da qualidade ambiental, com foco em produtores rurais.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa de Recomposição de áreas de APP e nascentes.

- Objetivo: O programa tem por objetivo a recomposição e o adensamento de matas ciliares, em topos de morro e de recuperação ambiental de áreas de nascentes.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CNH Doce): Programa de Controle de Atividades Geradoras de Sedimentos

- Objetivo: O programa tem por objetivo o diagnóstico de degradação ambiental no meio rural e a promoção de uso de técnicas de conservação de solos em produção agrícola e pecuária.

9.1.10. MF 10: Cadastramento de usuários de água subterrânea e Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos

Introdução e Justificativa

Na avaliação de impacto do presente estudo, ficou evidenciado a vulnerabilidade dos aquíferos aluvionares das margens do rio Doce, quanto a contaminação por infiltração de carga solúvel proveniente das lamas de rejeito que recobrem as margens fluviais ou ainda por recarga induzida de poços tubulares bombeando as águas impactadas.

O cadastro das captações subterrâneas no PERD e sua Zona de Amortecimento são atualmente deficitários e conforme informado pelo gestor da UC, não há dados analíticos que atestem a qualidade ambiental da água utilizada no mesmo após a chegada das lamas de rejeito. Trata-se assim de uma medida prioritária, uma vez que há captação subterrânea para o abastecimento tanto na UC quanto na ZA.

A importância do cadastro envolve a obtenção de informações que permitam uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos no território da UC e ZA, por exemplo, para administração de conflitos nos usos da água, liberação de outorgas de captação de mananciais, barramentos, irrigação e outras atividades presentes na Zona de Amortecimento da UC.

Os parâmetros quali-quantitativos por sua vez, são relevantes na avaliação da qualidade ambiental e sua conformidade com a legislação vigente, como a Resolução CONAMA no 399/2008 que apresenta os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os usos preponderantes da água subterrânea (consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação).

Objetivos

Os objetivos gerais são coletar dados relevantes para gestão do manancial hídrico na UC e na sua Zona de Amortecimento. Os objetivos específicos incluem a melhor caracterização dos aquíferos existentes e a identificação de perdas de qualidade ambiental que exijam medidas restritivas ou de recuperação.

Impactos Associados

Os impactos atendidos pela medida são os de degradação da qualidade da água subterrânea (F15). No âmbito do meio Socioeconômico, os impactos associados correspondem a (S5) Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água e (S8) Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica.

Área de Abrangência das Medidas

As medidas de cadastro de usuários e monitoramento analítico devem abranger a UC e ZA, porém o foco prioritário deve ser as captações subterrâneas nos aquíferos aluvionares ou localizadas nas margens fluviais impactadas nos municípios de Dionísio, Córrego Novo, Pingo D'Água, Bom Jesus do Galho, e Caratinga.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de monitoramento, uma vez que o impacto (F15), é provável, pois não há indicadores quantitativos/qualitativos para sua comprovação, conforme detalhado na linha de base e no diagnóstico pós-rompimento.

Caso sejam reconhecidas perdas da qualidade ambiental nas águas subterrâneas, devem ser avaliados caso a caso a efetivação das medidas reparatórias apropriadas.

Partes Interessadas

O cadastramento de usuários é uma demanda dos órgãos de gestão estaduais, no caso o Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM. Estes dados devem ser integrados aos bancos de dados federais tais como Sistema de Informações de Águas Subterrâneas-Siagas/CPRM e/ou Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos-CNARH/ANA.

Os resultados analíticos das águas subterrâneas são de interesse da Fundação Renova, gestores do PERD, Comitês de Bacia, Prefeituras, Usuários, Concessionárias de Abastecimento de Água, Usuários e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

O cadastramento de usuários de água subterrânea pode seguir o padrão adotado pelo IGAM. Atualmente as informações cadastrais se dão no “Sistema de Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos” para poços com vazão inferiores a 14 m³/dia ou no “Requerimento de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos”. Nestes formulários estão presentes as informações necessárias de cadastro, como dados do usuário, posição geográfica, tipo de captação, vazão e tempo de bombeamento e finalidades de uso, entre outras.

Durante o cadastro deve-se ainda coletar informações adicionais importantes para o conhecimento hidrogeológico da região como, a profundidade do poço, a medição do nível d’água estático nível d’água dinâmico e parâmetros físico-químicos in situ.

Os dados cadastrais serão a base para o plano de monitoramento analítico, que deve ter como áreas prioritárias as captações presentes na UC e os poços localizados em aluviões e/ou nas margens fluviais impactadas dentro da ZA.

As campanhas analíticas devem ser semestrais e contemplar o período chuvoso (outubro a março) e a estiagem (abril a setembro). Para uma padronização do método sugere-se o uso do “Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos” (CETESB, 2011), em que constam os procedimentos para amostragem em poços equipados com bomba e sem bomba.

Nas campanhas analíticas iniciais sugere-se a inclusão de todos os parâmetros presentes na lista presente no “Anexo-I” da Resolução CONAMA no 399/2008, parâmetros físico-químicos coletados in situ (cor, pH, ORP, OD, CE, salinidade e turbidez) e por fim, parâmetros hidrogeoquímicos relevantes como os cátions (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Fe²⁺) e os ânions de interesse (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻ e NO₃⁻).

Visando a evitar alterações na especiação dos metais causadas por turbidez e/ou purga rápida, deve-se coletar amostras para análise metais dissolvidos. Para isso, deve-se proceder a filtração em campo, conforme especificações descritas em CETESB (2011).

Dá análise dos resultados de campanhas sucessivas e eventual detecção de parâmetros com concentrações

acima dos padrões de referência, pode-se estabelecer campanhas analíticas com parâmetros mais específicos.

A legislação estadual não dispõe de padrões de referência para água subterrânea, e assim os resultados analíticos serão comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação, constantes na Resolução CONAMA no 396/2008.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Foram identificadas sinergias com os seguintes programas da Fundação Renova:

Programa 32 – Melhoria do Sistema de Abastecimento de Água

- Objetivo: Implementar ações que reduzam a dependência de abastecimento direta do Rio Doce nos municípios cuja operação do sistema de abastecimento público ficou inviabilizada temporariamente por conta do rompimento.

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos.

9.1.11. MF 11: Projeto de pesquisa da hidrogeologia do sistema lacustre do PERD - recarga, fluxos subterrâneos e conexão com as águas superficiais

Introdução e Justificativa

No levantamento bibliográfico da linha de base e diagnóstico pós-rompimento, fica evidente a ausência de trabalhos específicos sobre a circulação das águas subterrâneas na área do PERD. A literatura geológica sobre o sistema lacustre do médio rio Doce tem como enfoque principal os aspectos ligados à sua gênese e evolução.

Além de lacunas do conhecimento sobre as águas subterrâneas, a circulação das águas superficiais, seja ela “lago-lago” ou “lago-rio” não está consolidada. Estudos como Barbosa e Kohler (1981) indicam que a maior parte dos lagos do PERD não tem ligação direta ao leito do rio Doce, exceto em lagos localizados mais próximos das margens, que podem ser submetidos às oscilações do regime do rio Doce.

Pesquisas sobre a dispersão de ictiofauna exótica (Latini e Petrere Jr, 2004; Latini, 2016) apontam uma “rede” de comunicação entre lagos em pontos de extravasamento de água e a formação de um conjunto de cursos d’água que podem atingir os rios nos períodos de maior precipitação.

No Plano de Manejo (IEF, 2003) menciona-se os riscos potenciais de contaminação nos rios que cruzam o PERD. O ribeirão do Turvo tem uma parte significativa dos seus afluentes em áreas externas ao parque. Já na porção norte, o ribeirão Belém pode conduzir esgoto “in natura” do bairro Macuco (Timóteo-MG) para o interior do parque.

No contexto do rompimento da barragem de Fundão, pesquisas hidrogeológicas permitem caracterizar aquíferos, estabelecer as direções de fluxo, verificar as condições quali-quantitativas do manancial subterrâneo e auxiliar na delimitação das áreas vulneráveis à contaminação. Na avaliação de impacto do presente estudo, ficou evidenciado a vulnerabilidade dos aquíferos aluvionares das margens do rio Doce, que tem sua recarga direta pelas águas superficiais ou ainda, induzida por poços tubulares em bombeamento.

O projeto de pesquisa proposto, está em consonância com outras medidas relacionadas ao tema como a - Medida 10 - Cadastramento de usuários de água subterrânea e Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos.

Objetivos

Os objetivos gerais incluem estabelecer o modelo hidrogeológico do PERD envolvendo a recarga (águas pluviais), a circulação interlagos e a descarga nas drenagens presentes na UC. Dentre os objetivos específicos estão a consolidação de uma base de dados SIG, uma rede instrumental para uso em monitoramento ambiental e pesquisas limnológicas, um mapa de fluxo de água subterrânea para a região e a delimitação de áreas vulneráveis à contaminação.

Impactos Associados

Os impactos verificados atendidos pela medida são a da degradação da qualidade da água superficial, corpos d’água marginais e tributários do rio Doce (F1 a F5) bem como, o impacto provável da degradação da

qualidade da água subterrânea (F15). No âmbito do meio socioeconômico, os impactos associados correspondem a (S5) perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água e (S8) aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica.

Área de Abrangência das Medidas

Dada ampla área de abrangência dos lagos dentro da unidade da UC (2.100 ha ou 6% da área total), a pesquisa deve-se restringir a algumas áreas alvo. Os lagos próximos das drenagens principais (rio Doce, ribeirão Mombaça, ribeirão do Turvo, ribeirão Belém) são relevantes para se estabelecer a relação entre fluxos subterrâneos e superficiais ou pontos de conexão entre rios e lagos.

Natureza da Medida

A natureza da medida proposta tem caráter de monitoramento, dada a identificação de um provável impacto das lamas de rejeito da barragem contaminarem as águas subterrâneas. Ao término do projeto, tanto a base de dados consolidada quanto a instrumentação devem servir a futuros programas de monitoramento ambiental da UC e/ou pesquisas científicas de interesse.

Partes Interessadas

Os resultados da pesquisa são de interesse direto dos gestores do Parque Estadual do Rio Doce, Instituto o Estadual de Florestas (IEF), universidades e centros de pesquisa atuantes na UC.

Os resultados analíticos das águas superficiais e subterrâneas são de interesse do Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM, Fundação Renova, Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Doce-CBH-DOCE, Prefeituras de municípios da ZA e ONGs.

Diretrizes Metodológicas de Execução

A pesquisa deve ser iniciada pela elaboração de um banco de dados num Sistema de Informação Geográfica-SIG, com a compilação de resultados de estudos científicos relevantes ao tema. Devem ser incluídos dados georreferenciados de topografia de alta resolução, delimitação dos corpos d'água, rede de drenagem, limites e infraestrutura da UC, uso e ocupação, pontos de monitoramento de água superficial, estações pluviométricas, estações fluviográficas, mapas geológicos, perfis geofísicos, batimetria de lagos, sondagens e resultados analíticos de estudos científicos de interesse. A base de dados consolidada permitirá a delimitação das áreas alvo da pesquisa e a locação da instrumentação necessária.

A instrumentação consiste em rede de piezômetros e poços de monitoramento de água subterrânea, estações meteorológicas, sensores de umidade do solo, réguas e medidores de nível d'água (*levellogger*), e boias de monitoramentos hidrológico, entre outros. Além da aquisição e tratamento dos dados instrumentais, a pesquisa envolve campanhas sazonais de monitoramento geoquímico e isotópico das águas pluviais, subterrâneas e superficiais para análise de parâmetros de interesse, que permitam complementar o modelo hidrogeológico.

Os resultados obtidos serão suficientes para elaboração do modelo hidrogeológico da área, além de avaliar a qualidade ambiental dos recursos hídricos da UC e delimitar regiões de vulneráveis à contaminação.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

O projeto de pesquisa tem sinergia com o seguinte programa da Fundação Renova:

Programa 38 – Monitoramento da Bacia do Rio Doce

- Objetivo: Desenvolver e implantar um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo sistemático (PMQQS) de água e de sedimentos, de caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos

Na esfera do poder público, os resultados da pesquisa proposta podem ser incorporados a programas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM e/ou Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM.

9.2. Medidas no Meio Biótico

9.2.1. MB 1: Medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica das condições do rio Doce a montante do PERD.

Introdução e Justificativa

Os impactos que estão relacionados à redução dos tamanhos populacionais, alterações na qualidade da água e consequentes alterações na cadeia trófica atingiram principalmente a calha do rio Doce e apenas marginalmente o PERD. Isso ocorreu visto que no trecho do rio Doce que margeia o PERD, o rio se encontra encaixado e a onda de rejeitos e as cheias sazonais que sucederam o rompimento invadiram pouco o interior do parque, através dos tributários.

Esses impactos afetaram de maneira sistêmica o rio Doce e suas margens, desde a origem do evento até a foz do rio Doce. Dessa maneira, as medidas de mitigação desses impactos, devem idealmente ser tomadas no rio Doce como um todo e não especificamente no trecho do rio que constitui a zona de amortecimento da UC.

Medidas que objetivam a melhoria nas condições ambientais do rio Doce, especialmente aquelas ligadas à qualidade da água e sedimento, podem mitigar parte dos impactos desencadeados pela degradação do rio devido ao desastre. Nesse sentido, medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica da bacia a montante do PERD, especialmente no trecho mais afetado pelo rompimento (a montante da UHE Risoleta Neves), além de medidas que visam restaurar e melhorar a qualidade da água para além dos parâmetros verificados na linha de base, facilitarão a recuperação das populações reduzidas e consequentemente o restabelecimento das cadeias tróficas aquática e terrestre.

Dessa forma, medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica tomadas especificamente no trecho do rio que margeia o PERD seriam ineficientes, motivo pelo qual é necessário a tomada de medidas na bacia como um todo, e principalmente a montante da UC. Tais medidas se fazem mais necessárias no trecho mais afetado pelo desastre onde houve perda de áreas expressivas de vegetação ripária e em áreas de nascentes localizadas em cabeceiras de sub-bacias de contribuintes do rio Doce.

Objetivos Gerais e Específicos

- Melhorar as condições ambientais do rio Doce a montante do PERD.
- Promover a recuperação ambiental de áreas diretamente afetadas pelo rejeito.
- Promover a restauração ecológica, especialmente de APPs.
- Melhorar a qualidade da água do rio Doce

Impactos Associados

(B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas

(B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre

- (B3) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação aquática
- (B4) Aumento de espécies vegetais exóticas/invasoras nas margens do Rio Doce.
- (B6) Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais
- (B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes
- (B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais
- (B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes
- (B10) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a avifauna
- (B11) Alteração na composição das comunidades de aves aquáticas na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.
- (B12) Aumento da mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais
- (B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes
- (B14) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre
- (B15) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna aquática
- (B17) Aumento de mortalidade da ictiofauna e redução dos tamanhos populacionais
- (B18) Destruição e degradação do habitat utilizado pela ictiofauna
- (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce
- (B20) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a ictiofauna
- (B21) Ambiente aquático: Alteração na composição da assembleia ou comunidades de peixes na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.

Área de Abrangência da Medida

Toda a baixa hidrográfica do rio Doce, com foco nos trechos mais degradados e com maior acúmulo de sedimentos, especialmente a montante do PERD. Conforme detalhado na descrição da medida, considerando que os impactos afetaram de maneira sistêmica o rio Doce, a mitigação desses impactos necessita ter como alvo o rio como um todo, e não especificamente no trecho do rio que constitui a zona de amortecimento da UC. Cabe notar, no entanto, que já faz parte dos Programas 23 e 24 em execução pela Renova.

Natureza da Medida

Restauração e mitigação

Partes Interessadas

Fundação RENOVA, órgãos ambientais, gestores do parque, comunidade científica, comunidade em geral.

Diretrizes Metodológicas de Execução

As medidas de recuperação ambiental devem estar de acordo com os Programas 23 e 24 em execução pela Renova e que envolvem técnicas de engenharia como construção de enrocamentos, colocação de mantas geotécnicas, reconformação topográfica da margem, criação de áreas de remanso, remoção e disposição de sedimentos nas margens, remoção de sedimento das calhas (dragagem pontual), criação de drenos superficiais e correção de drenagem pluvial.

Já as medidas de restauração ecológica devem estar de acordo com o Programa 26 em execução pela Renova que preveem a restauração de mais de 40 mil ha da bacia do rio Doce, em pouco mais de 10 anos (Meira Neto et al. 2020). A depender das condições, a restauração deve incluir metodologias passivas, assistidas e ativas, e até por meio da implantação de sistemas agroflorestais, associando os programas socioeconômicos 17 (Retomada das atividades agropecuárias) e 18 (Desenvolvimento e Diversificação Econômica), aos programas socioambientais citados.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova: 9 – Recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves, 17 - Retomada das atividades agropecuárias, 18 - Desenvolvimento e Diversificação Econômica, 23 - Manejo de Rejeitos, 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos Locais de Impacto nos Rios, 25 – Revegetação, Enrocamentos e Outros Métodos, 26 – Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas, 27 – Programa de Recuperação de Nascentes, 28 – Programa de Conservação da Biodiversidade, 31 – Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação de Resíduos Sólidos, Programa de Monitoramento Qualiquantitativo sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da Bacia do rio Doce (PG038. Programa de Monitoramento da Bacia do rio Doce).
- Programas locais, estaduais e/ou federais - Programa Águas de Minas, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

9.2.2. MB 2: Definição de áreas prioritárias para promover a conectividade entre fragmentos florestais

Introdução e Justificativa

Um modelo de conservação bastante defendido no meio científico, é o modelo de Unidades de Conservação conectado por corredores ecológicos, os quais formam uma rede de habitats que possibilitam a conexão genética das populações e aumento da biodiversidade. Populações de fragmentos isolados possuem menor probabilidade de sobrevivência do que populações de fragmentos conectados entre si, principalmente considerando a sobrevivência a longo prazo (Lefkovitch e Fahrig, 1985). Os mamíferos de médio e grande porte, grupo em que são encontradas grande parte das espécies em algum grau de preocupação com relação à sua conservação, dependem em grande parte de ambientes florestados contínuos para sua sobrevivência e manutenção de populações viáveis. Da mesma forma, aves endêmicas e ameaçadas, e que desempenham importantes papéis ecológicos, beneficiam-se de áreas de floresta contínua para manter populações saudáveis. Cabe lembrar que o PERD é considerado um sítio RAMSAR devido às suas características ambientais peculiares, e a proteção e manutenção dos lagos e áreas úmidas está intimamente relacionada à presença da vegetação nativa e sua conectividade.

Embora o rompimento da barragem de Fundão não tenha resultado diretamente na perda da conectividade entre o PERD e demais fragmentos no entorno, a alteração dos ambientes ripários representou não apenas perda de habitat para a fauna terrestre e semi-aquática, mas também a diminuição da conectividade formada pela APP. É possível que as alterações na qualidade da água e a presença dos rejeitos tenham também diminuído a possibilidade de travessia deste pela fauna de maior porte, conforme sugerido em alguns dos relatórios técnicos sobre os impactos relacionados ao PERD (IEF, 2016), embora não existam informações disponíveis sobre o deslocamento e uso da área por mamíferos de médio e grande porte. Desta forma, o aumento da conectividade através de corredores, ao longo do rio e entre fragmentos adjacentes, tem como decorrência aumentar a área disponível para a manutenção das populações de vertebrados terrestres, facilitando sua recomposição. Esta medida, portanto, tem o potencial de mitigar e reparar diversos impactos de baixa ou média significância que atingiram a fauna de vertebrados terrestres e semi-aquáticos, além da vegetação.

Objetivos Gerais e Específicos

Promover a conectividade entre os fragmentos florestais do PERD e entorno e das APPs.

Expandir a área de habitat adequado

Fomentar a dinâmica de metapopulações

Permitir a conexão genética entre populações

Impactos Associados

Essa medida se refere aos impactos:

(B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre

(B6) Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais

(B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

(B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais

(B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

(B12) Aumento de mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais

(B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes

(B14) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre

Área de Abrangência da Medida

A UC e sua Zona de Amortecimento

Natureza da Medida

Mitigação

Partes Interessadas

Comunidade do entorno do PERD, gestores do PERD, pesquisadores e Fundação RENOVA.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Devem ser 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.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Programas da Fundação Renova: 25 – Revegetação, Enrocamentos e Outros Métodos, 26 – Programa de Recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Recargas Hídricas, 27 – Programa de Recuperação de Nascentes, 28 – Programa de Conservação da Biodiversidade, 39 – Unidades de Conservação.

9.2.3. MB 3: Fiscalização e educação ambiental na estratégia de mitigação de impactos sobre a biodiversidade do PERD

Introdução e Justificativa

A gestão de unidades de conservação, sobretudo as de proteção integral, enfrenta desafios constantes quanto a usos não permitidos de ambientes e de recursos naturais. Dentre as ações de gestão, a fiscalização tem papel estratégico no cerceamento das práticas ilegais e, por conseguinte, na proteção da UC. Proteger os limites da UC contra invasões, orientar ou controlar os usos das várias zonas, coibir o desmate e a extração de espécies da flora e da fauna, são atividades rotineiras de equipes de vigilância. Tão importante quanto ter equipes treinadas e equipamentos, o planejamento das ações de fiscalização repercute no sucesso da conservação. Além da vigilância contínua, ações preventivas de proteção, associadas a processos de educação ambiental e de participação socioambiental, contribuem fortemente para a proteção do patrimônio natural.

Dentre os impactos relatados como decorrência do rompimento da barragem de Fundão no Parque Estadual do Rio Doce destaca-se um marcado aumento da pressão da caça sobre aves e mamíferos. A caça é um dos problemas crônicos do PERD e, além da redução de populações de mamíferos e aves que historicamente são alvo de caçadores, dois dos maiores troféus cinegéticos originalmente encontrados na área, o mutum-de-bico-vermelho *Crax blumenbachii* e a jacutinga *Aburria jacutinga*, não possuem registros recentes. Outras importantes espécies cinegéticas ainda presentes na UC são o macuco *Tinamus solitarius*, o jaó-do-sul *Crypturellus noctivagus* e os jacus *Penelope* spp.

O impacto de aumento da caça do jacaré-do-papo-amarelo dentro do parque, relatado pelo gestor da UC e atribuído à diminuição das atividades de pesca na região, foi considerado de baixa importância e significância. Ainda assim, é importante que ações de fiscalização associadas à educação ambiental sejam implantadas para mitigar esse impacto.

Além da caça, foi reportado o incremento da supressão de vegetação, causado pelo aumento da circulação de pessoas com entrada ilegal com abertura de trilhas na área do PERD para acesso aos lagos para pesca, caça e para a extração de bromélias, orquídeas e palmito.

A sobrepesca e a introdução de espécies são as principais ameaças aos peixes de água doce ao redor do mundo (CBD 2020) e particularmente nas lagoas do PERD, a presença de espécies introduzidas reduziu drasticamente a diversidade funcional da ictiofauna nativa (Souza et al., no prelo). Apesar de já ser um problema histórico no parque, intimamente ligado à presença e introdução de espécies exóticas e alóctones com apelo de pesca, foi relatado pelo gestor que a pesca ilegal nos lagos do PERD foi intensificada por consequência do rompimento da barragem de Fundão. Com o prolongamento do período de pandemia, é provável que este problema seja ainda mais agravado, sendo cada vez mais necessária uma intensificação da fiscalização, associada a ações de educação ambiental, com o objetivo de mitigar esse impacto.

A Lei Federal n.º 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) o Decreto Federal n.º 4.340/2002, que o regulamenta, preveem a existência dos Conselhos Gestores de UC, de caráter consultivo, no caso das unidades de conservação de proteção integral. Especialmente quanto às competências dos Conselhos, este Decreto prevê, em seu artigo 20, a necessidade de buscar a integração da unidade de conservação com as demais unidades e espaços territoriais especialmente protegidos e seu entorno; esforços para compatibilizar os interesses dos diversos segmentos sociais relacionados com a unidade; a proposição de diretrizes e ações para compatibilizar, integrar e otimizar a relação com a população do entorno ou do interior da unidade, conforme o caso (BRASIL, 2002)

.Considerando esse último aspecto, o de integrar e otimizar as relações entre população do entorno e os objetivos da proteção ambiental, avalia-se que importante estratégia seja o envolvimento do conselho gestor da UC, por meio de um processo de formação socioambiental que habilite seus membros a contribuir na fiscalização da UC. Não se trata, em absoluto, de substituir a fiscalização rotineira e/ou ostensiva, mas de se criar espaço para ampliação da atividade e, conseqüentemente, maior envolvimento da sociedade, representada pelo conselho gestor, na proteção do PERD. Os Conselhos e a gestão da UC são, então, espaços para desenvolvimento da educação ambiental, com potencial de contribuição à fiscalização ambiental, na medida em que podem reforçar o viés preventivo, com potencial de abordagens mais amplas, como a identificação e de condicionantes sociais, econômicos, culturais e históricos manifestos na UC

A medida ora proposta visa contribuir para a proteção da UC, atuando de forma mais direta na mitigação dos impactos identificados em relação à caça, à pesca não regulamentada, ao extrativismo vegetal e aos usos não permitidos, de modo complementar às rotinas já existentes de fiscalização.

Objetivos Gerais e Específicos

- Contribuir para proteção da biodiversidade do PERD a partir de estratégias de fiscalização preventiva associadas à educação ambiental com participação do Conselho Gestor.
- Diminuir a extração ilegal de plantas na UC.
- Diminuir a caça dentro do PERD.
- Diminuir a pesca ilegal dentro do PERD

Impactos Associados

(B5) Abertura de trilhas e extração ilegal de palmito e epífitas

(B16) Aumento da caça e captura de espécies de mamíferos, aves e crocodilianos

(B22) Aumento da pesca ilegal nos lagos do PERD

Área de Abrangência da Medida

UC e ZA

Natureza da Medida

Mitigação

Partes Interessadas

Fundação RENOVA, órgãos ambientais, gestores do parque, comunidade em geral.

Diretrizes Metodológicas de Execução

As medidas de mitigação visando a fiscalização e educação ambiental devem estar de acordo com as ações previstas no Plano de Trabalho para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta celebrado entre a União, os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e a Samarco Mineração S.A., a Vale S.A. e BHP Billiton Brasil que tem como objetivo instrumentalizar o PERD com ferramentas necessárias para a consolidação da UC, bem como prover o parque de serviços, recursos e insumos necessários para sua operacionalização adequada, possibilitando a construção de rotinas e ações que incluem fiscalização e educação ambiental.

As ações previstas no plano de trabalho relacionadas a essa medida, relacionada ao Plano de Trabalho do acordo de cooperação para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do TTAC, incluem a revisão do plano de manejo e dos seus respectivos programas, incluindo os de fiscalização e educação ambiental, a aquisição de veículos, embarcações, reboque e implantação de sistema de vídeo vigilância. O controle da estrada da Ponte Queimada, que corta o PERD no sentido leste-oeste, é uma medida que deve ser estudada, pois a estrada constitui importante rota de acesso às áreas mais preservadas do parque, sendo utilizada por caçadores, pescadores, e coletores de plantas silvestres. O risco de atropelamento da fauna, destacado no site da Convenção RAMSAR como um dos problemas do parque, também deve ser considerado.

Dentre as experiências bem-sucedidas na combinação da educação ambiental e da fiscalização como estratégia de proteção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, pode-se citar aquela contida no documento intitulado “Contribuição dos Conselhos Gestores à Proteção das Unidades de Conservação: um guia prático para atuação a partir da fiscalização ambiental preventiva” (SÃO PAULO, 2016).

O Guia parte da premissa de que um problema de fiscalização demanda abordagens em diferentes “frentes” para ser efetivamente enfrentado: se, por um lado, o viés repressivo da fiscalização tem sua importância assentada na urgência de estancar sua manifestação na UC, por outro lado, é preciso que se reconheça a necessidade de se enfrentar o que motiva a existência dos problemas que afetam os objetivos de conservação da biodiversidade em cada UC.

Sugere-se, então, que sejam observados os passos metodológicos contidos nessa publicação, considerada uma boa prática de fiscalização, para implementação da medida.

Momento 1 – Definindo o ponto de partida

Reconhecimento do percurso, dos problemas de fiscalização da UC e tomada de decisão: por qual problema começar?

Momento 2 – Compreendendo melhor o problema

Identificando os descritores, as causas, as consequências e os agentes que se relacionam ao problema definido.

Momento 3 – Planejando intervenções na realidade apreendida

Organizando grupos e ações a partir do espaço do Conselho para intervir na gestão do território de influência da UC.

Momento 4 – Acompanhando e avaliando a eficácia das ações

Registro, compartilhamento, análise e avaliação das ações e correção de rotas.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova: 13 – Programa de Turismo, Cultura, Esporte e Lazer, 20 – Estímulo à Contratação Local, 28 – Conservação da Biodiversidade, 30 – Fauna e Flora Terrestre, 33 – Programa de Educação para Revitalização da Bacia do Rio Doce, e 39 – Unidades de Conservação
- Plano de Trabalho do acordo de cooperação para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do TTAC
- Póde público: IEF, SEMAD, secretarias de meio ambiente municipal.

9.2.4. MB 4: Avaliação e monitoramento de contaminantes em espécies da fauna e da flora

Introdução e Justificativa

Historicamente, a bacia do rio Doce vem sendo impactada pelo acúmulo de contaminantes, em níveis reconhecidamente altos, oriundos das atividades humanas como a mineração, siderurgia, atividades industriais, atividades agrícolas e resíduos domésticos. Os contaminantes detectados há décadas no sedimento do rio Doce e de seus tributários se acumulam nos tecidos da biota, em especial das espécies aquáticas e semi-aquáticas, desenvolvendo patologias e provocando alterações histofisiológicas nessas espécies. É preciso destacar que ainda antes do rompimento as concentrações de contaminantes no tecido de peixes eram maiores do que aquelas encontradas no sedimento do rio Doce e tributários, apontando para um processo histórico de bioacumulação de contaminantes na ictiofauna (LACTEC, 2019), o que dificulta sobremaneira a avaliação do nexos causal entre o rompimento da barragem e o aumento da contaminação dos organismos.

É muito provável que contaminantes oriundos dos rejeitos persistam por décadas na calha do rio Doce, nas áreas ripárias atingidas pela lama, e mesmo incorporados na cadeia trófica. Desta forma os elementos presentes podem continuar a contaminar indivíduos de organismos associados aos ambientes terrestre e aquático, sendo fundamental quantificar e monitorar suas concentrações nos tecidos e, principalmente, compará-las aos dados publicados anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão, detectando a ocorrência do aumento dos níveis de metais e metalóides: arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), prata (Ag), cromo (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe).

O aumento da biodisponibilidade de metais e compostos metálicos no ambiente é preocupante do ponto de vista ecotoxicológico e socioeconômico. Através da contaminação do solo, ar e água, os metais encontrados nos rejeitos podem entrar nos sistemas biológicos e, assim, ser incorporados na cadeia alimentar, sendo amplificados ao longo da cadeia trófica. A contaminação por metais pode causar danos aos tecidos e células onde se acumulam ou estão reativos, podendo, a depender dos níveis de contaminação, levar à morte ou diminuição da performance dos organismos, em decorrência de patologias e alterações histofisiológicas.

Organismos aquáticos são especialmente suscetíveis à contaminação, através do contato direto com a água do rio Doce. Plantas e animais terrestres estão também sujeitos à contaminação por meio do contato com os sedimentos provenientes do rompimento, sob a forma de aerossol, e também através da cadeia trófica.

Além dos impactos diretos na biota, é especialmente preocupante o impacto da contaminação para a saúde humana. A qualidade do pescado para consumo humano foi questionada logo do rompimento da barragem de Fundão e espalhamento da lama de rejeito pela calha do rio Doce. O contato da lama de rejeito no ambiente aquático e recursos pesqueiros, além da mortalidade imediata de peixes, trouxe a possibilidade da contaminação do rio Doce por substâncias tóxicas presentes nos rejeitos da Samarco, ou ainda remobilizadas devido à movimentação de substâncias poluentes preexistentes, comprometendo a qualidade de recursos pesqueiros importantes para a alimentação local (IBAMA, 2015; VIANA, 2016; QUEIROZ et al. (2021).

A produção pesqueira tem um papel fundamental na nutrição e segurança alimentar mundial, especialmente das populações em países pobres (FLUET-CHOUIARD et al., 2018). A atividade pesqueira além de produzir alimentos de altíssimo valor nutricional e criar postos de trabalho que ocupam um contingente considerável de pessoas em situação de vulnerabilidade, gera empregos diretos e indiretos, em suas cadeias de processamento, comercialização, fornecimento de insumos e serviços (VIANA, 2016; FUNDAÇÃO RENOVA, S/D). As análises elaboradas pela Fundação Renova (2017) sobre as informações do Cadastro Integrado

mostram que a destinação da produção pesqueira em toda a área afetada pelo rompimento é cerca de 50% para consumo e 50% para comercialização, dado que reforça a importância da pesca na sobrevivência das famílias e em sua segurança alimentar, e evidencia que as restrições a sua realização vêm afetando a dieta alimentar. Além disso, a perda desse alimento, de alta qualidade nutricional, rebate também em perdas econômicas pelo acréscimo das despesas das famílias com alimentação e aumento dos conflitos socioambientais e crises identitárias nos grupos de pescadores atingidos.

Diante da incerteza quanto à sanidade do pescado e por receio de contaminação da população, foi estabelecida em 2016 a Portaria IEF nº 78/2016, que proibiu a pesca profissional em toda a bacia do rio Doce, no estado de Minas Gerais ficando permitida somente a pesca científica, desde que devidamente autorizada e a pesca amadora, na modalidade pesque e solte. Um ano mais tarde, a Portaria IEF nº 40/2017 revogou a Portaria IEF nº 78/2016, manteve a proibição da pesca de espécies nativas e regulamentou a pesca de espécies exóticas. A ANVISA através da Nota Técnica ANVISA nº 8/2019 concluiu que o consumo de pescado pode ocorrer, mas precisa ser limitado: o consumo diário de peixes na região não deve ser maior que 200g para adultos e 50g para crianças. A ANVISA enfatizou, contudo, que a NT não teve o objetivo de fundamentar, por si só, qualquer decisão com relação à liberação ou proibição da atividade pesqueira, sobre o consumo de pescados ou sobre a continuidade ou não dos programas socioambientais e socioeconômicos executados na região. A incerteza sobre os níveis de contaminação do pescado e riscos à saúde humana limita tanto o consumo de pescado quanto a comercialização da produção pesqueira, impactando a renda obtida pelos grupos sociais, e interfere na segurança alimentar da população, que deixa de consumir a principal proteína de qualidade da sua dieta. Vale destacar que futuros resultados conclusivos sobre a contaminação do pescado local, serão essenciais à revogação legal da proibição de pesca no rio Doce.

Apesar de ter sido classificado como de significância muito alta, o impacto de contaminação e bioamplificação de contaminantes (B1), caso verificado, terá afetado principalmente a calha do rio Doce e marginalmente o PERD. O impacto tende a atingir de forma mais intensa as espécies de peixes, vegetais da margem do rio, de vertebrados de hábitos aquáticos que vivem na calha e margem, já que estiveram/estão em contato direto com a água e sedimento contaminado pelo rejeito, além de se alimentarem de peixes e outros invertebrados aquáticos.

Contudo, a transferência de contaminantes do rio Doce para os tributários é uma provável decorrência, possibilitada pela biomassa de organismos móveis que atuam como biovetores ou biotransportadores (Schiesari et al. 2018). A poeira de rejeito também pode ser dispersa pelo parque pela ação de ventos.

Esse impacto, caso venha a ser verificado, provavelmente terá afetado as espécies de forma sistêmica ao longo de toda calha do rio Doce, com possíveis variações na sua intensidade dependendo do trecho do rio. Portanto, não há motivos para hipotetizar que esse impacto tenha afetado de maneira diferenciada as espécies que habitam o trecho do rio que margeia o PERD.

Dessa maneira, as medidas necessárias para confirmar se a contaminação de fato ocorreu devem ser empregadas em toda a extensão do trecho afetado pelo rompimento e não no PERD especificamente.

Os impactos na vegetação terrestre decorrentes da presença de contaminantes concentram-se nas áreas em que ocorreu deposição de rejeitos, nas margens dos cursos d'água e nas áreas adjacentes passíveis de inundação. Os contaminantes presentes no rejeito ou mobilizados pela onda de rejeitos e disponibilizados no ambiente promovem mudanças na qualidade do solo e, em consequência, aumento das concentrações de metais na vegetação, afetando diretamente as espécies-alvo e, indiretamente, a biota da cadeia trófica, com biomagnificação dos metais e redução de populações de polinizadores (Vieira et al. 2020). Os estudos realizados pela Bicho do Mato (BICHO DO MATO/FUNDAÇÃO RENOVA, 2019) e pela Ello Consultoria (Ello/FUNDAÇÃO RENOVA, 2020) não obtiveram resultados conclusivos sobre a contaminação na vegetação.

Embora os resultados apresentados pela Bicho do Mato (BICHO DO MATO/FUNDAÇÃO RENOVA, 2019) com base na análise de algumas poucas amostras obtidas de pequenos mamíferos e aves não apontem resultados conclusivos diretamente relacionados aos rejeitos, esta pode ser considerada uma lacuna no que diz respeito ao estudo dos impactos. Desta forma, é fundamental aprofundar e ampliar as amostragens e os táxons, ao longo do tempo, para determinar a ocorrência de contaminação e a amplitude do impacto.

Projetos para avaliar a contaminação no cágado-de-barbicha e no jacaré-do-papo-amarelo fazem parte do Programa 30 – Fauna e Flora Terrestre em desenvolvimento pela Renova. Os dados obtidos sobre a contaminação da herpetofauna, até o momento, são poucos e inconclusivos (Bicho do Mato 2020). Apesar dos esforços, o baixo número de indivíduos desses répteis capturados durante o primeiro da Avaliação Ecológica Rápida sugere que essas espécies não são bons indicadores para se avaliar a contaminação, já que seria difícil obter amostras representativas delas em diversos trechos da bacia.

Os estudos sobre a contaminação do pescado disponíveis indicam a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade de pescados, com foco nas espécies-alvo do consumo humano local e com dados suficientes para garantir o nível adequado da cobertura geográfica e a quantidade adequada de espécies e de espécimes por amostra para avaliar a segurança do consumo de peixes provenientes do rio Doce e seus afluentes, incluindo também análises que foquem nas concentrações de elementos químicos ainda não regulamentados pela legislação brasileira, cujo consumo possa trazer risco para a saúde humana (VIANA, 2016; INSTITUTOS LATEC, 2017; GABRIEL et al., 2020; QUEIROZ et al., 2021). Tal realidade aponta para a ausência de informações advindas de um monitoramento contínuo da qualidade de pescados com dados suficientes para garantir uma avaliação segura sobre os contaminantes presentes nos recursos pesqueiros provenientes do rio Doce e seus afluentes, prejudicando a retomada do comércio e consumo de pescado, o que causa diversos impactos no meio socioeconômico.

Os contaminantes presentes nos rejeitos depositados no leito do rio Doce e ressuspensos periodicamente nas épocas chuvosas, aumentam o nível de contaminação dos peixes presentes ou que transitam neste ambiente. Além disso, deslocamentos naturais, como os que ocorrem em épocas reprodutivas e por conta da busca por recursos, bem como os forçados, como os relatados pelo gestor do parque, que correm na época chuvosa em consequência do aumento da turbidez, possibilitam que indivíduos contaminados alcancem áreas não afetadas, como os tributários do rio doce (inclusive dentro do PERD), aumentando as chances de serem agregados a cadeias alimentares que transpõem os limites da calha do rio Doce. Considerando essa possibilidade, a bioacumulação pode se tornar um problema regional. Por conta disso, é imprescindível que haja um monitoramento rigoroso do grau de contaminação desses organismos e, caso confirmada a possibilidade de bioamplificação, ao longo da cadeia alimentar, um monitoramento dos deslocamentos e interações possíveis, a fim de entender a dimensão do problema.

Objetivos Gerais e Específicos

- Verificar a contaminação por metais na biota.
- Verificar se há contaminação por metais pesados em plantas de fragmentos florestais marginais do Rio Doce.
- Acompanhar a variação ao longo do tempo dos níveis de contaminantes em espécies de pequenos mamíferos terrestres (marsupiais e roedores) e mamíferos de médio e grande porte, incluindo espécies de topo de cadeia e espécies associadas a ambientes marginais ao rio, semi-aquáticas e aquáticas, para verificar a possibilidade de bioacumulação.

- Verificar se o nível de contaminação de aves é suficiente para ocasionar problemas relacionados a bioacumulação ao longo da cadeia alimentar.
- Verificar se o nível de contaminação dos peixes que transitam entre a calha do rio Doce e seus tributários, é maior do que o detectado nos estudos anteriores ao rompimento da barragem de Fundão e suficiente para agravar problemas relacionados a bioacumulação ao longo da cadeia alimentar.
- Verificar o nível de contaminação das espécies de pescado preferencialmente consumidas pelos grupos sociais locais.
- Aumentar a amostragem do número de espécies de pescado-alvo do consumo humano e de espécimes por amostra para garantir a cobertura geográfica e a quantidade adequada para a análise de contaminantes.
- Verificar níveis de contaminantes nos indivíduos de pescado-alvo do consumo humano ainda não regulamentados pela legislação brasileira, cujo consumo possa trazer risco para a saúde humana.
- Disponibilizar informação sobre os dados contaminação do pescado nas áreas monitoradas em formato e linguagem acessível aos grupos sociais atingidos.

Impactos Associados

(B1) Contaminação e bioamplificação de contaminantes em animais e plantas

(B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre

(B3) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação aquática

(B6) Aumento de mortalidade de mamíferos e redução dos tamanhos populacionais

(B7) Degradação do habitat utilizado por mamíferos em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

(B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais

(B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

(B10) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a avifauna

(B11) Alteração na composição das comunidades de aves aquáticas na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.

(B12) Aumento da mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais

(B13) Degradação do habitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes

(B14) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna terrestre

(B15) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a herpetofauna aquática

- (B17) Aumento de mortalidade da ictiofauna e redução dos tamanhos populacionais
- (B18) Destruição e degradação do habitat utilizado pela ictiofauna
- (B19) Destruição do habitat da ictiofauna na calha do rio Doce
- (B20) Efeitos negativos das alterações na cadeia trófica sobre a ictiofauna
- (B21) Ambiente aquático: Alteração na composição da assembleia ou comunidades de peixes na calha do rio Doce e ambientes adjacentes.
- (S2) Fragilização da identidade laboral
- (S4) Prejuízos às atividades econômicas
- (S6) Acirramento dos conflitos socioambientais
- (S7) Redução da segurança alimentar

Área de Abrangência da Medida

UC e ZA.

Natureza da Medida

Monitoramento e Mitigação

Partes Interessadas

Fundação RENOVA, órgão ambientais, gestores do parque, comunidade científica, comunidade em geral, ANVISA, Fórum Permanente em Defesa da Bacia do Rio Doce, Comissões de Atingidos, pescadores

Diretrizes Metodológicas de Execução

A metodologia de execução para avaliação da contaminação em plantas deve seguir os respectivos protocolos descritos no documento da Proposta de Monitoramento da Biodiversidade Terrestre elaborada pelo Ekos Brasil (2020).

Para mamíferos, o foco deverá ser em diferentes grupos, abrangendo pequenos mamíferos e os de médio e grande porte, visando não apenas quantificar a possível contaminação como também determinar se há bioamplificação nas espécies de topo de cadeia. Deverão ser escolhidas espécies comuns, que utilizam diferentes ambientes e representam distintas guildas tróficas.

O monitoramento da avifauna deverá ter como foco espécies comuns, abundantes e residentes. Deverão, portanto, ser evitadas espécies raras (impossibilidade de se alcançar um número amostral adequado) e migratórias (possibilidade de confusão dos resultados com fontes externas de contaminação). Espécies de aves aquáticas que realizam amplos movimentos regionais irregulares, como muitas das espécies de patos

e marrecos (*Cairina moschata* e *Dendrocygna* sp.), biguás (*Nannopterum brasilianus*) e garças de grande porte (e.g. *Ardea cocoi* e *Ardea alba*) devem ser evitadas, não apenas pela enorme área de vida utilizada (o que também pode confundir os resultados), mas também porque a coleta de espécimes de grande porte exigirá o uso de armas de fogo. Dentre as possíveis espécies alvo de monitoramento sugere-se passeriformes insetívoros de pequeno porte (*Furnarius figulus* e *Fluvicola nengeta*, duas espécies ripícolas), aves aquáticas de pequeno porte e de comportamento predominantemente residente (e.g. *Amazonetta brasiliensis*, *Butorides striata*, *Rallidae* spp., *Chloroceryle americana* e *Chloroceryle amazona*). Estas espécies são geralmente abundantes na região, sendo possível sua captura com arapuca/armadilhas (no caso dos *Rallidae*), com redes de neblina (Passeriformes e martim-pescadores) ou coletadas com carabina de pressão (todas as espécies). A grade de amostragem sugerida para a avifauna é a mesma utilizada pela herpetofauna, com amostragem de até 10 indivíduos por sítio de amostragem. Ao final do primeiro ano de amostragem deverá ser feita uma avaliação dos níveis de contaminação. Caso não seja verificada contaminação elevada dos indivíduos de trechos afetados, quando comparados aos trechos não afetados, o projeto já poderá ser encerrado. Caso seja verificada uma maior concentração de metais em trechos afetados, quando comparados aos trechos não afetados, os níveis de contaminação deverão ser monitorados anualmente.

Deve-se considerar a possibilidade de avaliar a contaminação em representantes da herpetofauna em trechos diretamente afetados (desde o rio Gualaxo do Norte até a foz do rio) e não afetados ao longo da bacia do rio Doce, representado pelos contribuintes do rio Doce (e.g. Carmo - trecho a montante da sua confluência com o Gualaxo do Norte, Piracicaba, Santo Antônio, Caratinga, Manhauçu, Pancas). Sugere-se amostrar 10 indivíduos por trecho. As concentrações de contaminantes devem ser feitas em tecidos como fígado, rins e músculo.

Ao primeiro ano, o projeto deve fazer uma avaliação dos níveis de contaminação. Caso não seja verificada a contaminação nos indivíduos de trechos afetados, quando comparados aos trechos não afetados, o projeto já poderá ser encerrado. Caso seja verificada uma maior concentração de metais em trechos afetados, quando comparados aos trechos não afetados, os níveis de contaminação deverão ser monitorados periodicamente.

A avaliação de contaminação da ictiofauna deve ser feita em espécies do gênero *Prochilodus*, possibilitando o entendimento dos desdobramentos da contaminação tanto em uma espécie autóctone, endêmica e ameaçada (*Prochilodus vimboides*), quanto em uma espécie introduzida (*Prochilodus lineatus*). Ambas as espécies realizam longas migrações, estão presentes tanto no rio Doce quanto em seus tributários, são detritívoras, consumindo a matéria orgânica depositada no fundo do corpo d'água (Flecker, 1996), costumam ocorrer em abundância constante, ainda estão presentes tanto nos trechos não afetados quanto nos afetados, apesar dos dados do monitoramento indicarem uma baixa abundância, são espécies de porte considerável, possibilitando a retirada de amostras individuais e garantindo um n amostral suficiente, com a coleta, quando necessária, de poucos indivíduos. Além dos curimatás (*Prochilodus* spp.) as espécies *Astyanax lacustris*, *Geophagus brasiliensis*, *Leporinus* sp., *Hypostomus affinis* e *Rhamdia quelen*, também são importantes alvos para o estudo por serem espécies comuns, apresentarem baixa mobilidade e nas quais foram detectadas acúmulo de contaminantes com maior frequência nos estudos realizados anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão.

As amostragens, ao longo do primeiro ano, podem seguir a periodicidade dos monitoramentos que já estão em execução e caso seja constatada contaminação que possibilite a bioamplificação ao longo da cadeia alimentar, um novo desenho amostral deverá ser proposto, considerando os dados obtidos, a fim de monitorar a bioacumulação e elucidar a possibilidade de bioamplificação, definindo outras espécies foco, tanto de peixes predadores, quanto de vertebrados terrestres que estejam consumindo diretamente indivíduos da ictiofauna.

A metodologia de execução para avaliação das espécies de pescado-alvo do consumo humano vai demandar, primeiramente a identificação das espécies preferenciais do consumo humano. Tal informação deve ser levantada através de coleta primária de dados em trabalho de campo, em entrevistas sobre a dieta alimentar dos grupos sociais residentes na área de estudo. Nesta mesma coleta de dados, a entrevista deve versar também sobre os pontos de pesca de tais espécies (ou habitats e áreas de vida), ditas pelos próprios pescadores, facilitando com isso o mapeamento dos potenciais pontos de amostragem para o monitoramento. Identificados os recursos-alvo do monitoramento, e de posse deste primeiro mapeamento das áreas de ocorrência de tais recursos, tal informação deve ser validada e completada por especialistas para determinar a área amostral definitiva.

A próxima etapa é a execução de metodologias específicas de monitoramento ambiental que devem ser aplicadas para se determinar o número de pontos de coleta e o quantitativo necessário de espécies e espécimes nas amostras para se alcançar resultados seguros relativos a contaminação do pescado-alvo do consumo humano local. Este monitoramento deve ser contínuo e de longo prazo, podendo identificar necessidade de ajustes nas normativas de consumo de pescado, conforme novas informações forem identificadas e validadas. Para implementar tal medida se faz necessário uma equipe de especialistas do meio socioeconômico para executar a etapa de entrevistas de dieta e mapeamento dos pontos de pesca e/ou de ocorrência de espécies de pescado-alvo do consumo humano local e uma outra equipe técnica para recolher as amostras em campo e analisar em laboratório. Vale destacar que os dados advindos do monitoramento devem ser encaminhados aos órgãos competentes para direcionar as normativas legais condizentes ao consumo e comércio de pescado na área afetada.

Outra etapa fundamental desta metodologia é definir como divulgar as informações do monitoramento e avaliação das espécies de pescado-alvo do consumo humano aos públicos interessados, em especial, aos grupos sociais atingidos de pescadores e trabalhadores da cadeia produtiva. A garantia de divulgação das informações sobre a condição do pescado local em formato e linguagem acessíveis aos pescadores é condicionante para o cumprimento da legislação ambiental de restrição das atividades de pesca no rio Doce (Portaria IEF nº 40/2017), mas principalmente vai garantir a saúde e qualidade de vida dos grupos sociais, que devidamente informados podem tomar a decisão consciente de consumir pescado apenas dentro dos padrões seguros estabelecidos para a região.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova: Programa 28 – Conservação da Biodiversidade, Programa 30 – Fauna e Flora Terrestre; Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS); Programa 16 - Retomada das Atividades Aquícolas e Pesqueiras.
- Políticas públicas federais: Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN (Lei nº 11.346/2006); Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2016-2019); Plano Nacional de Segurança Hídrica MDR/ANA (2019).
- Pode público: IEF, SEMAD, secretarias de meio ambiente municipal.

9.2.5. MB 5: Análise da viabilidade de reintrodução de aves ameaçadas de extinção e provedoras de importantes serviços ecossistêmicos

Introdução e Justificativa

O PERD, pela sua extensão e bom estado de conservação de suas matas, apresenta ainda um número considerável de espécies de mamíferos e aves de grande porte. Muitas dessas espécies desempenham papel chave no funcionamento dos ecossistemas, atuando, por exemplo, na dispersão de sementes de grande porte (e.g. macuco *Tinamus solitarius* e tucano-de-bico-preto *Ramphastos vitellinus*), fomentando o recrutamento de diversas espécies arbóreas típicas de florestas maduras. Diversos estudos têm demonstrado que o desaparecimento dessas espécies de áreas sob forte pressão antrópica (e.g. desmatamento, fragmentação e caça) causa sérias perturbações na estruturação das comunidades locais e no funcionamento dos ecossistemas (Dirzo et al., 2014; Galetti et al., 2013; Guimarães, Galetti e Jordano, 2008).

Algumas dessas espécies chave são particularmente vulneráveis à extinção, não apenas por conta da sua elevada exigência em relação à conservação do hábitat, mas também por conta do seu alto valor cinegético. Dentre essas espécies, três merecem destaque, a jacutinga *Aburria jacutinga*, o mutum-de-bico-vermelho *Crax blumenbachii*, e o inambu-anhangás *Crypturellus variegatus*. Estas três espécies encontram-se ameaçadas de extinção no estado de Minas Gerais, sendo as duas primeiras classificadas como Criticamente Ameaçadas e a terceira como Em Perigo (COPAM, 2010). Para se ter uma melhor dimensão do grau de ameaça destas três espécies no estado, o importante site de ciência cidadã Wikiaves (www.wikiaves.com), que reúne mais de 3,5 milhões de registros de aves brasileiras, não aponta registros recentes de populações naturais dessas três espécies para o estado, apenas de populações reintroduzidas.

Um dos impactos indiretos causados pelo rompimento da barragem foi o aumento da caça no PERD (Impacto B16), conforme relatado pelo gestor do parque em entrevista aos coordenadores temáticos deste estudo. A caça é um problema crônico do parque, cujas espécies cinegéticas sofrem, desde tempos históricos, grave pressão antrópica (IEF, 2001). Embora inexistam registros confirmados destas três espécies para o PERD ao longo das últimas décadas, não é possível afirmar que elas se encontrem localmente extintas. Isso porque os setores mais bem preservados do PERD jamais foram objeto de inventários detalhados e, especialmente, de buscas direcionadas. O cenário mais parcimonioso, portanto, é que as populações dessas três espécies estivessem muito reduzidas antes mesmo do acidente. Um eventual aumento da pressão de caça sobre elas, portanto, poderá produzir efeitos devastadores. Desta forma, propõe-se uma análise da viabilidade da reintrodução das três espécies de aves ameaçadas aqui indicadas e, em caso positivo, o desenvolvimento e execução desse projeto. Além dos aspectos positivos relacionados à conservação dessas espécies introduzidas e a recuperação de importantes serviços ecossistêmicos, essa medida poderá também fomentar o turismo de observação de aves no local. Este é um público altamente desejável para UC, pois é dotado de elevada consciência ambiental. Dessa maneira, essa medida poderá acabar resultando em impactos socioeconômicos positivos.

Objetivos Gerais e Específicos

- Avaliar a viabilidade de reintroduzir na área do PERD três espécies de aves ameaçadas de extinção e que sofrem forte pressão de caça (*Crypturellus variegatus*, *Aburria jacutinga* e *Crax blumenbachii*).
- Promover a conservação de espécies ameaçadas de extinção.

- Restaurar funções ecológicas perdidas após a extinção real ou ecológica das espécies de interesse, especialmente a dispersão de sementes.
- Fomentar o turismo de observação de aves no parque, atraindo recursos financeiros para a região.

Impactos Associados

(B2) Aumento de mortalidade e redução dos tamanhos populacionais da vegetação terrestre

(B8) Aumento de mortalidade da avifauna e redução dos tamanhos populacionais

(B9) Degradação do habitat utilizado pela avifauna em decorrência da passagem e deposição de rejeitos nas margens do rio Doce e áreas adjacentes

(B12) Aumento de mortalidade da herpetofauna e redução dos tamanhos populacionais

(B13) Degradação do hábitat da herpetofauna, em decorrência da passagem e deposição de rejeitos na calha do rio Doce e áreas adjacentes

(B16) Aumento da caça e captura de espécies de mamíferos, aves e crocodilianos.

Área de Abrangência da Medida

Esta medida se aplica apenas à 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. Uma boa gestão da área é, portanto, fundamental.

Natureza da Medida

Mitigação

Partes Interessadas

Fundação RENOVA, órgãos ambientais, gestores do parque, comunidade científica, comunidade em geral.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Já existem experiências prévias de introdução de jacutinga e do mutum-de-bico-vermelho na natureza, lideradas pela Sociedade de Pesquisa da Fauna Silvestre (CRAX) em uma área da CENIBRA em Ipaba. A CRAX também está realizando a reintrodução da jacutinga em uma área no entorno do Parque do Ibitipoca. A equipe da CRAX possui vasta experiência e *expertise* única com a reintrodução de Cracidae na natureza, detendo também um respeitável plantel de matrizes. Portanto, caso os estudos demonstrem que a reintrodução dessas espécies no PERD seja viável, o envolvimento da CRAX no projeto pode ser fundamental para o sucesso da medida.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

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 publicado pelo ICMBio (Silveira et al. 2008).

Programas da Fundação Renova: 30 – Fauna e Floresta Terrestre Ameaçada de Extinção

9.3. Medidas no Meio Socioeconômico

9.3.1. MS 1: Organização de iniciativas de formação comunitária

Introdução e Justificativa

Em 2015, representantes de 193 países assumiram compromisso com a Agenda 2030, resultado de um longo processo de debates e definições que declaram, em síntese, o direito à vida digna para todas as pessoas no presente e no futuro em todo o planeta, a partir do alcance de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas. Embora não haja hierarquia entre os objetivos, destaca-se aqui aquele diretamente ligado à medida proposta: Formação Comunitária.

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resistentes e sustentáveis:

11.3. até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países;

11.4. fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo;

11.6. até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros;

11.7. até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, em particular para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência;

11.a. apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento;

11.b. até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.

Trata-se do entendimento de que condições objetivas podem fazer das cidades e dos assentamentos humanos locais de vida saudável e participativa e que todas as pessoas têm direito à cidade, ainda que não vivam nela.

A participação e o envolvimento das pessoas com o que acontece nos cotidianos das cidades e do campo possibilitam a construção de relações saudáveis, a diminuição da vulnerabilidade e a construção da resiliência coletiva, eixos fundamentais de apoio à reparação dos impactos sociais ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão como os identificados no diagnóstico pós-rompimento: Ampliação do sofrimento social (S3) e Acirramento dos conflitos socioambientais (S4).

A mitigação desses impactos avaliados como muito provável (S3) e verificado (S4), ambos reversíveis e significância muito alta, ainda de duração longa (S4) ou permanente (S3), demanda iniciativas imediatas e

prioritárias, uma vez que se trata de aumento da vulnerabilidade e dos conflitos que permeiam as condições de vida de parcelas da população nos municípios da área de estudo.

Conforme se verificou na linha de base, o cenário dos municípios da área de estudo apresentava precariedades na oferta de serviços públicos essenciais, como saúde e educação, e nesse contexto, agravado pelos efeitos da pandemia da Covid19, se desdobraram e se desdobram as consequências do rompimento, amplificando as carências e a necessidade de reconfiguração nos modos de organização das comunidades e da gestão das políticas públicas.

No Brasil, desde o início da redemocratização, há inúmeras iniciativas que promovem a participação das comunidades na produção de uma vida melhor nas localidades em que vivem e no seu entorno. Essas iniciativas vão desde as mais institucionais, pela convocação do poder público, pela instalação de conselhos, comitês e grupos de trabalho, até as mais informais, como os coletivos jovens que se espalham em todo o país, passando pelas organizações do chamado *terceiro setor*.

Em Minas Gerais, canais e mecanismos institucionais de participação estão instalados e vigentes. Nos municípios da área de estudo encontram-se associações religiosas, sindicatos de trabalhadores, associações filantrópicas, conselhos comunitários, organizações ambientais e de saúde, institutos voltados para públicos específicos, organizações sociais de proteção e manutenção de tradições e manifestações culturais e coletivos jovens. Consta-se diferentes possibilidades de organização participativa que, articuladas, poderão apoiar iniciativas de formação comunitária visando ampliar a participação das comunidades na definição de ações, projetos e programas, na manutenção do bem-estar e na melhoria das condições de vida para todas as pessoas.

No entanto, boa parte dos obstáculos à participação das comunidades em canais e mecanismos institucionais residem nas fragilidades da incorporação efetiva das vozes de todos, seja porque as pessoas não acreditam no que sabem, seja porque as instituições demandam competências que a maioria das pessoas não possui, dadas suas trajetórias resultantes dos acessos nos campos da cultura e da educação.

Como registrado na linha de base e no diagnóstico pós-rompimento, parcelas importantes da população nos municípios da área de estudo possuem pouca escolarização formal. Ainda, registra-se que nesses municípios o acesso aos conhecimentos especializados é bastante limitado. Boaventura de Sousa Santos, sobre as possibilidades de diálogo entre saberes, afirma: “Toda a ignorância é ignorante de um certo saber e todo o saber é a superação de uma ignorância particular. [...] O confronto e o diálogo entre os saberes é um confronto e diálogo entre diferentes processos através dos quais práticas diferentemente ignorantes se transformam em práticas diferentemente sábias” (2002, p. 250).

A medida ora proposta pretende enfrentar alguns dos maiores obstáculos à participação e ao envolvimento das pessoas que são: o conhecimento sobre os temas para os quais as pessoas são chamadas a colaborar; a baixa autoconfiança das pessoas em suas possibilidades de atuação. Trata-se da organização de situações de formação comunitária, visando à participação das comunidades nos temas de seu interesse ou nas garantias de vida digna, tal como defendido por Sandro Pereira Silva (2013, p. 143), sobre a necessidade de criar contextos e sentidos para que a participação ocorra:

No tocante à participação social, as instâncias abertas à representação da sociedade civil (conselhos, comitês, fóruns etc.) constituem processo de aprendizagem válido e importante conquista em termos de valorização das instituições democráticas; este é um fato que não pode ser negado. No entanto, o compartilhamento de poder – ou o tal empoderamento a que tanto se referem os documentos oficiais – não se realiza por decreto; deve ser desejado e conquistado. Neste sentido, para participação mais representativa, é necessário que os programas garantam investimentos próprios para isto, principalmente em ações de capacitação, assessoramento técnico e informações.

Não se pode esperar que, em um “passe de mágica”, os atores locais marginalizados tomem para si o protagonismo do planejamento estratégico do território, sobretudo em regiões mais pobres, historicamente marcadas pela exclusão social e pelo domínio do poder local por pequenos grupos familiares.

Objetivo Geral

Contribuir para a formação das comunidades direta ou indiretamente afetadas pelos impactos do rompimento, visando ampliar suas possibilidades de atuação para a diminuição da vulnerabilidade e a construção da resiliência coletiva.

Objetivos Específicos

- Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na produção de melhores condições de vida e melhores cotidianos.
- Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de redes de apoio mútuo e na construção de resiliência coletiva.
- Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de apoios às políticas públicas de educação, saúde, cultura e meio ambiente e, em especial no apoio às iniciativas junto ao Parque Estadual do Rio Doce. PERD

Impactos Associados

Além dos impactos *Ampliação do sofrimento social* (S3) e *Acirramento dos conflitos socioambientais* (S4) que poderão ser diretamente mitigados pelas iniciativas decorrentes da medida *Formação Comunitária*, estima-se que os resultados da implantação da proposta têm potencial relação com os demais impactos socioeconômicos identificados, a depender das temáticas abordadas em cada ciclo formativo.

Área de Abrangência da Medida

Municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

Mitigação.

Partes Interessadas

- Equipes da Fundação Renova.
- Gestores PERD.
- Moradores das áreas urbanas e rurais dos municípios de abrangência do PERD e de sua Zona de

Amortecimento.

- Governos municipais (articulação entre as secretarias de educação, saúde, desenvolvimento social e outras, conforme os temas definidos para os ciclos formativos).
- Organizações da sociedade civil.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Prevê-se que a proposta desenvolva ações, tendo como foco os objetivos da medida e as metas estabelecidas em cada ciclo de formação comunitária. As metas para cada ciclo devem ser definidas pela priorização das necessidades identificadas e em cada contexto de realização. Adiante se apresentam sugestões para o desenvolvimento das ações, para o acompanhamento e para avaliação de resultados.

Etapas de desenvolvimento:

1. Definição de temáticas prioritárias para a qualificação da participação comunitária e para a construção de iniciativas coletivas de melhoria das condições de vida. Para a realização dessa etapa, prevê-se:

- a. Envolvimento do poder público local – fundamental para a mobilização de técnicos e gestores da área da saúde, da educação e do meio ambiente no desenvolvimento de iniciativas articuladas aos objetivos da medida.

Sugere-se um termo de parceria em que a Fundação Renova seja executora, por meio da contratação de instituições ou coletivos responsáveis pela realização das iniciativas vinculadas aos objetivos da medida.

- b. Envolvimento de lideranças comunitárias – fundamental para mobilização das comunidades na participação das iniciativas vinculadas à medida.

Sugere-se a realização de oficinas visando a apresentação da proposta e a escuta ativa das demandas das comunidades.

- c. Envolvimento de associações, institutos, coletivos e ongs – fundamental para a mobilização de determinados grupos nas comunidades e eventuais parcerias para a realização das iniciativas.

Sugere-se a realização de oficinas visando a apresentação da proposta e a escuta ativa das propostas desses potenciais parceiros.

2. Levantamento das instituições e organizações da sociedade civil, bem como dos coletivos jovens em cada um dos municípios da área de estudo, visando identificar sua área de atuação e potencial colaboração.

Sugere-se o uso de questionários para sistematização dos perfis e identificação de potenciais parceiros.

3. Definição de temáticas e elaboração de edital para a realização de um ciclo de formação comunitária, contendo o delineamento da proposta:

- i. Ações da proposta de formação comunitária.

- ii. Temas a serem abordados.

- iii. Perfil da instituição ou do coletivo jovem a ser executor da proposta.

- iv. Produtos esperados: abordagem das comunidades; realização de ciclos de formação; avaliação dos participantes.
 - v. Prazos de execução.
 - vi. Resultados esperados.
4. Detalhamento do ciclo de formação (conteúdos, cronograma, atividades, expectativa de resultados ou produtos do ciclo, instrumentos de acompanhamento e avaliação).
 5. Execução do ciclo de formação comunitária.
 6. Acompanhamento da execução.

O acompanhamento da execução poderá se dar por meio dos relatórios semestrais, contendo:

- i. Descrição da ação realizada – conceitos, objetivos, metodologia e operacionalização.
- ii. Descrição do público envolvido – perfil e quantidade.
- iii. Registro das apreciações do público envolvido – adequação, pertinência e potencial de consecução dos objetivos, coletados por meio de instrumento específico.
- iv. Registros sobre eventuais mudanças em andamento ou realizadas pela comunidade.
- v. Registro das apreciações dos executores – avaliação da ação e recomendações para a continuidade.

Para o registro do perfil e quantitativo dos participantes sugere-se uma lista de presença que contenha o nome, o endereço e o contato (telefone, e-mail ou WhatsApp).

Para o registro das apreciações do público, sugere-se um instrumento de consulta anônima, uma vez que se quer saber a apreciação dos participantes, sem filtros que eventualmente se coloquem. Algo simples, com questões fechadas, numa escala entre 1 e 6, sendo 1 o pior desempenho. A escala em número par permite identificar tendências. A melhor situação é o preenchimento do instrumento a cada atividade.

7. Avaliação da execução.

A avaliação de resultados deve acompanhar as expectativas de resultados ou produtos esperados a cada ciclo de formação comunitária e, ainda, identificar mudanças que permitam verificar o alcance dos objetivos da medida.

Para verificar o alcance do objetivo 1 (Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na produção de melhores condições de vida e melhores cotidianos): indicadores registrados pelo Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) em suas categorias de análise poderão ser utilizados para verificar alterações no meio ambiente, na educação, na cultura e na saúde das populações nos municípios da área de estudo.

Para verificar o alcance do objetivo 2 (Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de redes de apoio mútuo e na construção de resiliência coletiva): indicadores e instrumentos de verificação poderão ser construídos para a aferição do alcance do objetivo, tais como a criação de: associações de moradores, de cooperativas agrícolas, de cooperativas de comércio, organizações de mulheres, organizações de cultura, coletivos jovens, coletivos de mães, entre outros.

Para verificar o alcance do objetivo 3 (Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de apoios às políticas públicas de educação, saúde, cultura e meio ambiente): indicadores e instrumentos de verificação poderão ser construídos

para a aferição do alcance do objetivo, tais como: participação das famílias nas escolas, participação nas atividades da saúde, da cultura e do meio ambiente, participação nas atividades e apoio às iniciativas do PERD, entre outras.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova:

A medida Formação Comunitária pode ter interlocução com os seguintes programas desenvolvidos pela Fundação Renova, a depender das temáticas dos ciclos de formação:

PG005 – Proteção Social

PG006 – Comunicação, participação, diálogo e controle social

PG013 – Turismo, cultura, esporte e lazer

PG014 – Apoio à saúde física e mental da população impactada

PG015 – Promoção da inovação

PD 017 – Retomada das Atividades Agropecuárias

PG018 – Desenvolvimento e diversificação econômica

PG027 – Recuperação de nascentes

PG028 – Conservação da Biodiversidade

PG033 – Educação para revitalização da bacia do rio Doce

PG034 – Preparação para emergências ambientais

- Políticas do terceiro setor:

A medida poderá dialogar com políticas do terceiro setor, posto que atuará como fomento e organização de iniciativas desses agentes nos municípios da área de estudo.

- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais:

Estima-se que a medida contribuirá para a melhor execução das políticas públicas locais e estaduais de educação, cultura, meio ambiente e saúde.

9.3.2. MS 2: Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores

Introdução e Justificativa

O percurso da lama de rejeitos, da barragem que a originou à foz do rio Doce, durou 15 dias, período marcado por muita ansiedade e expectativa na região, levando a alterações no cotidiano das localidades atingidas. Várias atividades que dependem do rio foram, então, suspensas ou aceleradas. Reforçada pela falta de informações dos órgãos oficiais ou de um canal de comunicação direto com as comunidades, a insegurança acerca do que estava por vir começou a afetar as relações de trabalho, de convívio familiar e social na foz do rio Doce tão logo foi anunciado o desastre (Leonardo e Izoton, 2018). Em um primeiro momento pós-rompimento, a medida de reparação implementada veio da Samarco (responsável até agosto de 2016), disponibilizando para as famílias que tiveram constatada a perda do meio de subsistência um Auxílio Financeiro Emergencial- AFE. Contudo, o processo de implementação do AFE como substituto da renda antes proveniente da pesca e de outras atividades econômicas gerou alterações marcantes na dinâmica financeira e no poder de compra das famílias, além de ser pouco sensível a peculiaridades locais, principalmente as relacionadas com comunidades onde a pesca, além de atividade econômica, constitui-se em uma forma de manutenção da tradicionalidade, aspecto central na composição dos “modos de vida”. Sua prática, nesses casos, é crucial para a transmissão intergeracional de conhecimentos ancestrais e atividade mantenedora de modos de vida específicos, todos danos passíveis de indenização e outras formas de reparação, aspectos pouco ou nada considerados na “Matriz de Danos” da Fundação Renova (Silva e Torres, 2018; FGV, 2019b). No caso dos pescadores, muitos demonstram receio em se autodeclararem pescadores no momento do cadastro indenizatório devido ao estabelecimento da Portaria IEF nº 40/2017 que regulamenta as atividades de pesca no rio Doce, pois têm medo de serem vistos como criminosos e da repressão da Polícia Ambiental e Ministério Público (Fundo Brasil de Direitos Humanos, 2018a). De acordo com o estudo do Fundo Brasil de Direitos Humanos (2018 a), comunidades de pescadores da bacia do rio Doce que vivem a mais de 1.500 metros da margem do rio Doce e vivem da renda das atividades de pesca e do consumo de pescado têm dificuldades para serem reconhecidos como atingidos, pois a distância do rio e a pesca de subsistência limitam o reconhecimento e inclusão destes pescadores nos critérios estabelecidos para registro dos atingidos no Programa de Retomada das Atividades Pesqueiras e Aquícolas (PG 16). Existe ainda uma demanda das mulheres pescadoras que não se sentem devidamente contempladas nos processos de cadastramento, por não conseguirem comprovar sua participação direta na cadeia produtiva da pesca, como as etapas de limpeza e negociações de venda de peixes, estando ligadas apenas como dependentes de seus maridos, identificados nos processos como os “chefes de família” (FGV, 2019b). Os auxílios emergenciais foram necessários no período inicial pós-rompimento, mas não são suficientes e os critérios de elegibilidade para os programas de indenização, mitigação/recuperação precisam ser aprimorados e redefinidos à luz da realidade socioeconômica das áreas afetadas (Viana, 2017; FGV, 2020). Após a análise de resultados primários advindos do Projeto Pescador de Fato, implementado entre 2018-2019 em caráter piloto, a FGV (2020) destaca os seguintes entraves nos processos indenizatórios: a demora na devolutiva dos resultados por parte da Fundação Renova às comunidades inseridas no piloto; ausência de mecanismos de impugnação e/ou recurso sobre a decisão, inviabilizando o direito de contestar e de recorrer do resultado de pareceres essencialmente padronizados e pouco claros para os atingidos sobre as razões que conduziram à conclusão aferida (resultando em um processo pouco transparente e participativo); e a exigência do RGP para indenização do valor integral implementada pela Fundação Renova durante o processo do piloto, que é incompatível com o propósito do projeto e com a realidade da pesca no Brasil e nos territórios atingidos, dada a informalidade do exercício dessa atividade e todos os entraves burocráticos que têm inviabilizado a emissão e regularização da documentação oficial. O estudo apresenta potenciais alterações para aprimorar os processos relacionados às indenizações e por consequência as medidas de

mitigação/recuperação, a maioria das quais inclui formas de participação dos atingidos em diferentes etapas do processo de tomada de decisão, ressaltando-se a participação nas estruturas decisórias já estabelecidas, o reconhecimento do trabalho da mulher, independente e autônomo, na pesca e na cadeia produtiva, e maior transparência do processo todo.

Iniciativas independentes de informação e formação aos atingidos são necessárias para que possam participar do processo de planejamento ao qual estão expostos, municiando-os de ferramentas que lhes possibilitem um papel mais ativo na defesa de seus interesses e direitos. Dito isso, justifica-se a proposição da presente medida para fomentar a participação qualificada dos pescadores atingidos nos processos de tomada de decisão para a mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão.

Objetivo Geral

- Promover a organização social para participação qualificada dos/as pescadores/as nos processos de mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão.

Objetivos específicos

- Fortalecer os/as pescadores/as para a participação qualificada em processos de mitigação/recuperação.
- Promover processos de autorreconhecimento e identidade dos grupos sociais atingidos.
- Promover e/ou fortalecer a atuação das associações e comissões locais relacionadas aos direitos dos/as pescadores/as.
- Promover e/ou fortalecer instrumentos democráticos de tomada de decisão sobre as medidas de mitigação/recuperação.
- Promover a comunicação entre as partes interessadas para processos transparentes de tomada de decisão relacionados as medidas de mitigação/recuperação.
- Promover a ampla divulgação de informações em formato e linguagem condizente aos grupos sociais atingidos e sociedade sobre os processos de implementação das medidas de mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão.

Impactos Associados

(S2) Fragilização da identidade laboral

(S4) Acirramento dos conflitos socioambientais

Área de Abrangência Da Medida

Municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

Mitigação/Recuperação

Partes Interessadas

- Fundação Renova
- Comitê Interfederativo (CIF)
- Pescadores/as
- Instituições e organizações atuantes junto aos/às pescadores/as atingidos/as.

Diretrizes Metodológicas de Execução

A execução da medida proposta implica, primeiramente, uma sistematização dos entraves processuais relacionados aos cadastros e critérios de elegibilidade da Fundação Renova para as medidas de indenização e mitigação/recuperação na área de abrangência proposta (ZA e ZE). Neste sentido, deve ser considerado o potencial de replicação da metodologia e análise de resultados para a área em tela, conforme antes executado pelo Projeto Piloto Pescador de Fato. Concomitantemente a execução desta etapa, devem ser identificadas lideranças locais, associações e comunitários que demonstrem interesse em participar das formações para qualificação nos processos de tomada de decisão relacionados as medidas de mitigação/recuperação da Fundação Renova. Uma vez mapeadas as lideranças comunitárias dos pescadores interessados, as formações devem ser executadas por uma equipe multidisciplinar e independente que atue essencialmente no campo dos direitos humanos, mas composta por especialistas em impactos ambientais, conflitos socioambientais, legislação associada, entre outros temas pertinentes. A Fundação Renova deve compor pontualmente o processo das formações, comunicando, em linguagem acessível aos grupos sociais atingidos, as atuais medidas de mitigação/recuperação e programas relacionados, que estejam em andamento na área de abrangência. Informações qualificadas sobre como funcionam e quais os meios de participação no Conselho Gestor da Unidade de Conservação, na Comissão dos Atingidos e como os interessados podem formalizar a criação de Associações de Moradores ou outras organizações equivalentes, deve ser alvo do planejamento do conteúdo das oficinas de formação, assim como o histórico e os aspectos jurídicos e de avaliação associados a criação do TTAC firmado em 2016 em decorrência do rompimento da barragem de Fundão.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

Programas da Fundação Renova:

PG-01: Levantamento e Cadastro dos Impactados.

PG-02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados; a execução de ambos os programas poderá ser fortalecida a partir da qualificação dos grupos sociais atingidos para os processos participativos e transparentes resultantes da medida proposta.

PG-05: Programa de Proteção Social, poderá ser articulado para contribuir nos processos de autorreconhecimento e identidade dos grupos sociais atingidos, bem como os resultados da medida proposta

podem contribuir para diminuir a demanda por ações psicossociais do programa, uma vez que os grupos sociais estão mais fortalecidos.

PG-06: Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social, tem relação direta com a medida proposta e os resultados da mesma podem contribuir para o alcance do objetivo previsto no programa relacionado a criação de canais permanentes de comunicação e interação com a sociedade; neste mesmo contexto existe potencial na articulação da medida proposta com o PG-35- Programa de Informação para a População, que objetiva a criação e manutenção da operação dos centros de informações técnicas e bases físicas regionais nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

- Políticas do terceiro setor:

Agenda 2030 Para o Desenvolvimento Sustentável, em especial os diferentes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS's) relacionados a pauta dos direitos humanos que compõe um eixo fundamental da Agenda: Saúde e Bem Estar (ODS3), Igualdade de Gênero (ODS5), Paz, Justiça e Instituições Eficazes (ODS 16) e Parcerias e Meios de Implementação (ODS17).

- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais:

Política Nacional de Pesca.

9.3.3. MS 3: Segurança hídrica para territórios rurais

Introdução e Justificativa

A água é elemento essencial para os processos vitais, como suprir as necessidades básicas de consumo e de higiene da população, para produção de alimentos e dessedentação animal, para processos industriais, para a produção de energia, transporte e para manutenção dos ecossistemas. Considerando a necessidade de disponibilidade hídrica para os diversos usos humanos e ambientais, a Organização das Nações Unidas – ONU – propôs, em maio de 2013, uma definição para segurança hídrica:

Capacidade de uma população de assegurar o acesso sustentável à água de qualidade, em quantidade adequada à manutenção dos meios de vida, do bem-estar humano e do desenvolvimento socioeconômico; garantir proteção contra a poluição hídrica e desastres relacionados à água; preservar os ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política

O acesso à água potável e ao saneamento é um direito humano reconhecido pela ONU, que conclama para que Estados e organizações internacionais provenham recursos, assistência e transferência tecnológica para os esforços de atendimento ao direito à água para todos, principalmente para as populações vulneráveis (UN, 2010).

O rompimento da barragem de Fundão colocou em risco esse direito humano das populações da bacia do rio Doce, em particular aquelas que vivem ao longo do rio e que têm o curso d'água como fonte para captação dos sistemas do abastecimento urbano e aquelas que vivem em áreas rurais e que captam a água diretamente do rio ou de poços localizados em suas imediações para suprir as necessidades pessoais, domésticas e da produção agrícola e pecuária. A segurança hídrica está colocada sob risco, dado o comprometimento da quantidade e, sobretudo, da qualidade da água após o rompimento.

Medidas emergenciais foram implementadas para o abastecimento de cidades de grande porte que tinham a captação para abastecimento urbano exclusivamente no rio Doce (ANA, 2019).

Em atendimento ao TTAC, em particular para a reparação relacionada ao abastecimento de água, a Fundação Renova elaborou o Programa 32 – Melhoria do Sistema de Abastecimento de Água. Esse programa tem por objetivo reduzir a dependência de captação exclusiva do rio Doce daqueles municípios cujos sistemas ficaram temporariamente inviabilizados em razão do rompimento, além de promover a melhoria das estações de tratamento de água.

O outro programa relacionado à segurança hídrica é o Programa 31 (Coleta e Tratamento de Esgoto e Destinação de Resíduos Sólidos). Na área de estudo tem-se a informação de que três municípios receberam recursos para obras: na zona de amortecimento do PERD, em março de 2021, os municípios de Córrego Novo (implantação de sistema de esgotamento sanitário para na sede do município) e Dionísio (implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos em Baixa Verde); na área de entorno, Ipatinga obteve, em junho de 2020, autorização para dar sequência às obras de saneamento.

As ações que foram implementadas ou encontram-se em curso contemplam principalmente sistemas urbanos para o abastecimento de água e para o esgotamento sanitário. Identifica-se, então, necessárias medidas estruturantes para a garantia da segurança hídrica em territórios rurais vizinhos ao PERD para a reparação dos impactos causados sobretudo aos estabelecimentos rurais que, conforme descrito anteriormente, passaram e/ou passam por situações de vulnerabilidade hídrica após o rompimento da barragem de Fundão.

O Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019) cita explicitamente os desastres “de Mariana e de Brumadinho” – na realidade, os rompimentos das barragens de Fundão (Samarco, Vale e BHP Billiton) e B1, B4 e B4-A (Vale) – como exemplos de riscos à segurança hídrica. Nos dois casos aborda-se o comprometimento dos sistemas de abastecimento (captação e distribuição) vinculados principalmente ao atendimento das populações e atividades urbanas. Nos dois casos, entretanto, a população rural foi atingida pelos efeitos dos rompimentos.

A publicação *Gestão de Bacias Hidrográficas: Critérios para definição de áreas prioritárias para revitalização* (IGAM, 2018), no âmbito do Programa Somos Todos Água (Programa Estratégico de Segurança Hídrica e Revitalização de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais), ressalta a importância de se abordar também a análise das áreas rurais para a definição das ações voltadas à segurança hídrica.

Objetivo geral

- Viabilizar a segurança hídrica para a população rural com vulnerabilidade hídrica que sofreu os efeitos do rompimento da barragem de Fundão.

Objetivos específicos

- Propor métodos, manejos e/ou tecnologias sociais para aumento da segurança hídrica, com alternativas para redundância hídrica e tratamento de efluentes.
- Habilitar a população local sobre as tecnologias alternativas para abastecimento e para tratamento de efluentes.
- Viabilizar técnica e financeiramente a implantação das soluções validadas.
- Viabilizar técnica e financeiramente a implantação de sistemas agroflorestais como alternativa produtiva voltada à produção natural de água.
- Estimular a participação da população local na articulação com Defesa Civil, poder público local e estadual na gestão de eventos climáticos críticos (inundações e estiagens prolongadas).

Impactos Associados

(S1) Esgarçamento das relações topofílicas

(S3) Ampliação do sofrimento social

(S4) Acirramento dos conflitos socioambientais

(S5) Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

(S7) Redução da segurança alimentar

(S8) Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica

Área de Abrangência da Medida

A medida deve abranger áreas rurais sob influência do rio Doce, na zona de amortecimento do PERD.

A ampliação pode, ainda, ser feita por meio de parcerias institucionais, fomentos e transferências de tecnologias e metodologias, levando as mesmas atividades para outras áreas, também afetadas pelo rompimento, nas áreas rurais sob influência do rio Doce na área de entorno do PERD, o que possibilitará melhoria sistêmica na gestão da água.

Natureza da Medida

Trata-se de medida de mitigação dos impactos decorrentes do rompimento da barragem e Fundão.

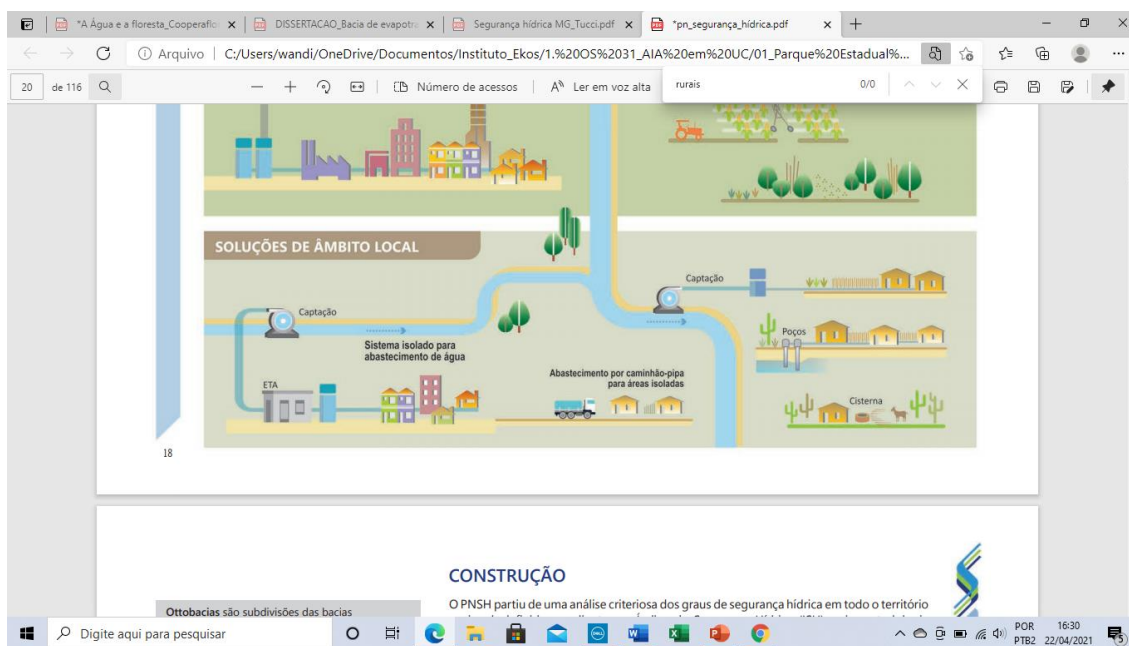
Partes Interessadas

- Agricultores familiares localizados na zona de amortecimento do PERD.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.
- Prefeituras Municipais.
- Movimentos sociais.
- Movimentos ligados à organização da produção agrícola e pecuária.
- Movimentos ambientalistas.

Diretrizes Metodológicas de Execução

O Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019) apresenta, em seu escopo, soluções de abrangência regional e soluções de âmbito local, este representado na Figura 107. É na perspectiva de atendimento às demandas locais, particularmente aquelas realizadas pela captação direta e caracterizadas como abastecimento autônomo, que são apresentados os procedimentos a seguir.

Figura 107. Ilustração das soluções de abastecimento d'água no âmbito local



Fonte: ANA (2019).

Uma das premissas de execução da presente medida é a inserção da população atingida pelo rompimento da barragem de Fundão no processo de tomada de decisão e na autogestão comunitária. Sabe-se que as ações beneficiarão as comunidades participantes se elas se apropriarem da proposta. Assim, propõe-se que equipes sejam qualificadas ao trabalho junto às comunidades tendo como referência a pesquisa-ação (Santos, 2005, p. 75), de maneira que a troca de saberes seja profícua.

[...] a pesquisa-ação consiste na definição e execução participativa de projetos de pesquisa, envolvendo as comunidades e organizações sociais populares a braços com problemas cuja solução pode beneficiar dos resultados da pesquisa. Os interesses sociais são articulados com os interesses científicos dos pesquisadores, e a produção do conhecimento científico ocorre, assim, estreitamente ligada à satisfação de necessidades dos grupos sociais que não têm poder para pôr o conhecimento técnico e especializado ao seu serviço pela via mercantil.

Considerando que a segurança hídrica se relaciona intrinsecamente à fragilidade dos grupos sociais, deve-se atentar para a incorporação da perspectiva de gênero na formulação e implementação de medidas voltadas ao acesso à água. Trata-se, então, de avançar para além da implantação de infraestruturas hídricas, pois o processo pode representar uma oportunidade para discussão de temas como direitos, divisão sexual do trabalho, o papel da mulher (Nogueira, 2017, p. 33)

O desenvolvimento do projeto deve levar em conta a organização social e produtiva dos grupos sociais para enfrentamento dos três principais temas vinculados à segurança hídrica: abastecimento autônomo, tratamento de efluentes e gestão de eventos críticos (estiagens e cheias). Os interessados em participar do projeto devem ser chamados a atuar em todas as suas fases, desde a formulação, passando pela implementação de ações voltadas à produção, à captação, ao uso e reúso das águas, ao tratamento de resíduos e à gestão de eventos críticos. É imprescindível, também, que as ações desta medida se vinculem a outras iniciativas no mesmo território, de modo a otimizar tanto a participação da coletividade, quanto seus resultados.

Com base em exemplos de boas práticas, literatura e políticas e planos sobre o tema, sugere-se os procedimentos a seguir.

1) Mobilização comunitária

Da mobilização e do engajamento do público dependerá o sucesso da ação. Aos participantes serão garantidas a tomada de decisão, a validação e a gestão no longo prazo das soluções escolhidas, a partir da identificação dos problemas em relação à água que geram os riscos relacionados à segurança hídrica da comunidade. Agentes de campo devem ser habilitados em temas como a importância da água no contexto do território, o tratamento alternativo das águas residuais e saneamento ambiental, técnicas de irrigação e conservação de água no solo, modelos produtivos sustentáveis, a relação da água com doenças de veiculação hídrica e com a proliferação de vetores de doenças, entre outros. Os agentes de campo deverão ser capazes de executar os processos de diagnóstico e atuar nos processos de acompanhamento da implementação das ações. O processo de mobilização deve contemplar visitas aos estabelecimentos agropecuários, diálogos coletivos e formas variadas de aproximação e engajamento do grupo. Todas essas ações poderão ocorrer de forma coletiva, a fim de fortalecer o grupo, otimizar as ações e garantir o engajamento. Metodologias como o DRP – Diagnóstico Rural Participativo (Cotrim et al., 2006) e DSP – Diagnóstico Socioambiental Participativo (MINAS GERAIS, 2017) são apropriadas para a articulação de grupos sociais locais, colaborando para a mobilização e para a construção de projetos coletivos.

2) Classificação da vulnerabilidade hídrica.

A compreensão da vulnerabilidade hídrica da população constitui-se na base para a definição e priorização das necessidades de intervenção e investimento. Para identificar o nível de vulnerabilidade hídrica, sugere-se a utilização do Índice de Pobreza Hídrica (IPH), que realiza uma medida que integra escassez e estimativas de disponibilidade de água com variáveis socioeconômicas (Sullivan et al., 2006; Ogata et al., 2017). O IPH constitui-se em ferramenta para diagnosticar e classificar as áreas com vulnerabilidade hídrica e, a partir de seus resultados, direcionar ações que permitam a melhoria na qualidade de vida e bem-estar das populações envolvidas. Os parâmetros que indicam as áreas mais carentes, em relação aos recursos hídricos, são instrumentos que favorecem o planejamento e a tomada de decisão (Luna, 2007). O IPH pode ser utilizado como indicador para priorização das ações, além de referência para o monitoramento dos resultados das medidas. É importante que a população local tenha conhecimento dos parâmetros que compõem o índice e que participe, o máximo possível, de sua construção.

3) Identificação da demanda específica e diagnóstico do estabelecimento agropecuário

O cálculo de demanda de água, sobretudo nas atividades agrícolas, é complexo e dependente de uma série de parâmetros e fatores edafoclimáticos (tipo de clima, culturas, solo, manejo, genética, objetivo da produção, entre outros). Parâmetros mundiais de consumo podem ser úteis para a projeção das demandas de água, tanto para o consumo humano, como para as atividades agrícolas e pecuárias, associados às informações locais, prestadas pelos usuários. Cada estabelecimento agropecuário deverá ser conhecido para o correto dimensionamento da demanda de água. Sugere-se o emprego de questionário situacional rural, suficientemente detalhado com os dados de uso e ocupação do território de cada família que permita o diagnóstico do estabelecimento. Deve ser avaliada a possibilidade de aplicação do questionário quando do levantamento das informações para a composição do IPH.

4) Proposição de tecnologias redundantes para o abastecimento autônomo e tratamento de efluentes.

Tendo como base o diagnóstico de cada estabelecimento agropecuário, validado pelos usuários, e análises da qualidade das águas superficiais e subterrâneas potencialmente disponíveis, será possível obter o cenário de uso e ocupação, subsídio para propostas de melhorias no manejo de sistemas existentes e/ou novas tecnologias. Há uma gama relativamente variada de alternativas tecnológicas para captação, armazenamento, uso, reuso, tratamento da água para consumo humano e para o tratamento de efluentes, de construção relativamente simples, de fácil operação e manutenção (Costa, 2014). As alternativas devem ser avaliadas levando-se em conta a aceitação pelos usuários, os custos de manutenção, a eficiência, entre outros fatores. Soluções coletivas devem ser acompanhadas de decisões quanto à governança dos equipamentos.

5) Incentivo ao manejo agroflorestal

Um importante aspecto relacionado à segurança hídrica no meio rural é que os estabelecimentos produtivos não são apenas consumidores de água, são também produtores. Essa característica é extremamente importante, pois a compatibilização da produção agrícola e/ou pecuária com a conservação e recuperação ambiental pode aumentar a segurança hídrica não apenas do local, mas de espaço territorial maior, diante da contribuição a nascentes, riachos e rios. Segundo Souza (2018, p. 51), “as áreas com pastagens degradadas são consideradas estratégicas para implantação de procedimentos e medidas ambientais para a promoção da melhoria da oferta de água”. Experiências de produção de alimentos associadas à recuperação e conservação florestal têm apontado para a importância da cobertura vegetal na produção de água, mostrando a necessária integração entre os cuidados com o solo, os manejos dos plantios agrícolas e de pastagens (COOPERAFORESTA, 2021). Os Sistemas Agroflorestais – SAFs – têm se apresentado como importante alternativa aos cultivos convencionais, com viabilidade econômica, promovendo a recuperação do solo, particularmente de pastagens, e auxiliando a produção de chuva por meio da oxidação de substâncias liberadas pelas folhas na atmosfera que formam partículas as quais agregam água em torno formando os núcleos das nuvens e as chuvas posteriores. Os SAFs também contribuem para a proteção dos solos, à medida que propicia diminuição do impacto da chuva no solo, por meio do uso de coberturas orgânicas, em comparação aos cultivos convencionais (NICODEMO, 2011; COOPERAFORESTA, 2021). Alternativas de produção agrícola e pecuária devem ser apresentadas e discutidas com os participantes. Sugere-se a realização de intercâmbios entre produtores para conhecimento de experiências já implantadas in loco. Todo o processo deve ser acompanhado por profissionais habilitados em sistemas agroflorestais.

6) Gestão de eventos críticos

O Plano Nacional de Segurança Hídrica alerta sobre a importância de se incorporar medidas para gestão de riscos, “o que envolve um conhecimento aprofundado da vulnerabilidade e da exposição do ambiente diante de algum evento, visando à proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência da área envolvida”. (ANA, 2019, p. 13). O diagnóstico dos estabelecimentos rurais deve levantar a suscetibilidade das áreas a situações críticas de estiagens e cheias. Recomenda-se a formação de coletivos regionais com a atribuição de mediação entre a comunidade local e os canais oficiais (Defesa Civil, Prefeituras) para comunicação ágil em relação a possíveis cheias, de modo a viabilizar a proteção das comunidades.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova

PG 017 – Retomada das Atividades Agropecuárias, que prevê: reestabelecimento das estruturas de captação de água para irrigação e dessedentação animal impactados à situação anterior ou, não sendo possível, desenvolver alternativas ao reestabelecimento das estruturas de captação de água.

PG018 – Desenvolvimento e diversificação econômica

PG027 – Recuperação de nascentes

PG028 – Conservação da Biodiversidade

PG033 – Educação para revitalização da bacia do rio Doce

PG034 – Preparação para emergências ambientais

- Políticas do terceiro setor

- Organizações não governamentais voltadas à proteção ambiental, recuperação de áreas degradadas e conservação de florestas.

- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais

- Plano Nacional de Segurança Hídrica.
- Programa Somos Todos Água/ Plano Mineiro de Segurança Hídrica
- PSA Rio Doce (CT-FLOR e a Fundação RENOVA).
- Programa Produtor de Água – Agência Nacional de Águas
- Planos municipais de saneamento básico.

9.3.4. MS 4: Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce

Introdução e Justificativa

A produção proveniente da aquicultura é uma importante fonte de proteína e pode contribuir para o atendimento de parte da crescente demanda por alimento, uma vez que as práticas predatórias de pesca vêm continuamente reduzindo os estoques naturais de pescados. A importância da produção da aquicultura para a segurança alimentar mundial se mostra nos 46% do total de produção de pescados serem provenientes da aquicultura, responsável por 52% do consumo de pescados por humanos (FAO, 2020).

A aquicultura é definida pela Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca (Lei nº 11.959/2009) como “a atividade de cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático, implicando a propriedade do estoque sob cultivo, equiparada à atividade agropecuária”. No estado de Minas Gerais, a política para o desenvolvimento da pesca e da aquicultura é dada pela Lei nº 14.181/2002 regulamentada pelo Decreto nº 43.713/2004, que contém no seu Cap. II as especificações da Aquicultura. Os empreendimentos aquícolas devem observar também a Portaria IEF nº 103/2002, que estabelece as normas sobre registro de aquicultor de pessoa física ou jurídica e legislações associadas. Vale destacar que outras legislações ambientais tais como o Código Florestal e legislações pertinentes que dispõem sobre as Áreas de Preservação Permanente – APP, devem ser consideradas para empreendimentos aquícolas em áreas de salinas, salgados, apicuns, restingas, bem como em todas e quaisquer áreas adjacentes a rios, lagoas, lagos e açudes.

Desde o início dos anos 1990, evidencia-se no Brasil um crescimento da produção aquícola (Vidal e Ximenes, 2019). Os últimos dados oficiais sobre estatística nacional de pesca registram que a atividade de aquicultura, produziu o total de 544.490,0 toneladas (MPA, 2011). O estado de Minas Gerais desembarcou 9.879,7 toneladas de pescado capturado em ambiente continental e produziu 25.917,9 t de pescado da aquicultura, ficando sua produção pesqueira total em terceiro lugar na produção do sudeste, atrás da produção pesqueira dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (MPA, 2011). Este dado evidencia a importância da produção aquícola no estado, que ultrapassou a produção da pesca extrativista continental. Em Minas Gerais, o cultivo de pescado começou na década de 1980, nos reservatórios das hidrelétricas e entre os anos de 2014 e 2018 teve um aumento significativo (Kubtiza, 2003; Vidal e Ximenes, 2019). A tilápia é o principal produto da aquicultura nacional (Camargo e Pouey, 2005; Schultze e Vieira-Filho, 2017), reflexo também da produção em Minas Gerais, onde dados recentes do IBGE (2020), registram que tilápia é o principal recurso cultivado com registro de 34.039 kg de tilápia produzidos em tanques escavados em diversos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Além da produção de tilápia, outros cultivos, como por exemplo, tambaqui, tambacu e matrinxã são identificados no estado em menor escala. Mesmo em áreas não impactadas, ou em cidades “autossuficientes” em pescado extrativo, como as localizadas às margens dos piscosos rios com grande potencial à pesca extrativa, a população e os restaurantes locais ainda necessitam do pescado advindo da aquicultura (Cyrino et al., 2020).

Em áreas da zona de amortecimento do PERD e no seu entorno já existem alguns cultivos de aquicultura que poderão ser ampliados e/ou fortalecidos, escalonando assim os benefícios sociais e econômicos para os grupos sociais atingidos conforme os objetivos da medida proposta. Para os municípios inseridos na ZA e ZE, existem dados nacionais oficiais sobre a produção aquícola nas localidades de Marliéria, Dionísio, Ipatinga, Bom Jesus do Galho, Santa do Paraíso e Caratinga (IBGE, 2020). Nestas localidades, informações sistematizadas pela Fundação Renova (S/D) registram que a produção aquícola em Marliéria e Ipatinga entre os anos de 2017-2018 foi exclusivamente de tilápias, rendendo respectivamente, os totais de 23,90 toneladas

e R\$ 306,911 e 3,80 t e R\$ 53.360. Já em Dionísio, Bom Jesus do Galho, Santana do Paraíso e Caratinga, a produção aquícola predominante também foi a tilápia, mas registram-se cultivos em menor proporção de outros recursos tais como, tambaquis, tambacus, curimbatá, carpas, camarão, pacus, pintado e piau. Em Dionísio, entre 2015 e 2018 foram produzidos um total de 97,92 toneladas (R\$ 374.378), Bom Jesus do Galho produziu entre 2014 a 2018 um total de 17,04 toneladas (R\$ 200.649), Santana do Paraíso produziu entre 2015 e 2018 um total de 12,25 toneladas (R\$ 56.025) e Caratinga produziu entre 2014 a 2018 um total de 72,80 toneladas (R\$ 229.598). Estes resultados demonstram a importância da produção aquícola como uma atividade econômica que promove a geração de renda e alimento aos grupos sociais que residem na área atingida.

Como exposto, a produção de pescado pela aquicultura, apresenta potencial e importância de produção de alimentos, contribuindo na geração de emprego e renda. Dito isso, justifica-se a proposição da medida voltada ao planejamento e implementação de cultivo e comércio de produtos aquícolas na área de estudo.

Objetivo geral

- Promover formas de produção e comércio de alimento de qualidade, em quantidade suficiente, que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Objetivos específicos

- Promover a produção de alimento saudável para a população.
- Promover a geração de renda advinda da comercialização dos produtos produzidos.
- Viabilizar a conservação do meio ambiente, por meio de práticas produtivas alinhadas ao manejo sustentável de recursos naturais cultivados.
- Contribuir para a retomada da relação dos grupos sociais atingidos com os recursos pesqueiros e o meio ambiente.

Impactos Associados

(S1) Esgarçamento das relações toponímicas

(S2) Fragilização da identidade laboral

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

(S7) Redução da segurança alimentar

Área de Abrangência da Medida

Municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

Mitigação/Recuperação

Partes Interessadas

- Pescadores e moradores e suas respectivas associações e/ou organizações locais, que irão se beneficiar com uma atividade produtiva alternativa de geração de renda e promotora de consumo de alimento de qualidade.
- Instituto Estadual de Florestas (IEF), uma vez que é o órgão gestor das atividades pesqueiras no estado e suas respectivas secretarias e/ou departamentos diretamente envolvidos na gestão pesqueira.
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER), que realiza o fomento e a coordenação das atividades de assistência técnica e de apoio à produção no estado de Minas Gerais, entre outras.

Diretrizes Metodológicas de Execução

O estabelecimento de cultivos e formas de comercialização de produtos da aquicultura demandam:

- Mapeamento do potencial de execução da medida que poderá incluir:
 - Identificar em campo, através de coleta de dados primários o número de famílias e/ou pessoas que irão aderir a iniciativa, seus hábitos alimentares e diferentes atividades econômicas com respectivas rendas mensais;
 - identificar áreas para a instalação dos cultivos que estejam primeiro, próximas as áreas de moradia dos futuros produtores e, em segundo, que sejam condizentes com a legislação ambiental pertinente; e
 - identificar os potenciais locais para a instalação da infraestrutura da cadeia produtiva - considerando as etapas de beneficiamento, armazenamento e comercialização, necessária para inserção da produção no mercado.

Concluída esta primeira etapa, deve-se:

- Planejar a execução de oficinas de capacitação dos produtores que levem em conta dois diferentes momentos:
 - capacitação técnica ao cultivo;
 - capacitação para o mercado.

Neste contexto devem ser consideradas diferentes tipos de formações: as que incluam equipes técnicas com transferência de conhecimento sobre construção dos tanques de cultivo e das técnicas de cultivo e sua manutenção saudável, e momentos de troca de experiências com outros produtores aquícolas já experientes. Também deve ser realizada a formação dos produtores para inserção no mercado, seja através da organização local para criar/fortalecer associações e/ou cooperativas, ou da criação de microempresas, e/ou empresas de pequeno porte que capacitem os produtores a buscar créditos e formas de venda de sua produção em cadeias produtivas justas e equitativas. As oficinas devem ser lideradas por instituições

reconhecidas do setor, tais como o EMATER e o SEBRAE, por exemplo, bem como devem incluir instituições parceiras que já integram outros Programas do Eixo Socioeconômico da Fundação Renova. O prazo para a execução destas duas primeiras etapas depende, especialmente, do prazo necessário para se efetivar o licenciamento ambiental ou outros processos semelhantes que resultem na legalização de áreas para instalação dos cultivos pelos órgãos ambientais. Aprovadas as áreas, ainda será necessário considerar o tempo de construção das infraestruturas para os cultivos, bem como as que servirão ao beneficiamento e comércio da produção. O último prazo a ser considerado é o cronograma de execução das oficinas de formação. Para que se avalie o impacto positivo da medida, deve-se primeiramente considerar como indicador o número de famílias/pessoas que aderiram à proposta, bem como quantos de fato irão construir seus respectivos cultivos e cumprir as oficinas de formação. A partir da instalação dos cultivos e de iniciada a produção, será necessário executar um monitoramento anual da produção aquícola por produtor, desde o início das respectivas vendas, incluindo dados quantitativos, qualitativos e de rendimento. Com isso, será possível consolidar no médio prazo, uma análise sobre as alterações no meio socioeconômico resultantes da proposta e os impactos na geração de renda e no consumo de proteína de qualidade aos produtores envolvidos na iniciativa.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova
 - PG016 - Retomada das Atividades Aquícolas e Pesqueiras;
 - PG019 - Programa de Recuperação de Micro e Pequenos Negócios
- Políticas do terceiro setor
 - Agenda 2030 Para o Desenvolvimento Sustentável
- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais
 - Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca (Lei nº 11.959/2009)
 - Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN (Lei nº 11.346/2006)
 - Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2016-2019)
 - Política Estadual de Proteção à Fauna e à Flora Aquáticas e de Desenvolvimento da Pesca e da Aquicultura (Lei nº 14.181/2002).

9.3.5. MS 5: Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD

Introdução e Justificativa

A cadeia produtiva do turismo foi impactada pela passagem da lama de rejeitos que interrompeu ou reduziu as atividades de turismo e uso público no interior e entorno do PERD. Grande parte dessas atividades era desenvolvida por empresas de apoio à UC, que operavam no interior e entorno da UC. É necessário, portanto, reestabelecer a atuação dessas empresas para que consigam oferecer seus serviços aos visitantes da região. Assim, pode-se pensar em incentivos ao turismo rural e ecoturismo, preconizados pelas diretrizes do turismo de base comunitária, sem descaracterização das atividades tradicionais.

Um fundo de reserva para o incentivo a essas empresas é uma solução importante e contribui para as ações de manejo do PERD, à medida que visa incentivar atividades de baixo impacto na região, como as práticas turísticas, que diminuem os impactos negativos sobre a UC.

Um fundo de reserva visa agir como intermediário para financiamento de médio e longo prazo em agendas de interesse (GEF, 1998; Spergel e Taieb, 2008, apud Machado et al, 2020, p. 30). Os fundos socioambientais são “organizações criadas para atuar como intermediários entre doadores e beneficiários, promovendo a contribuição de recursos públicos ou privados para a implementação de iniciativas coletivas (projetos e programas), que levam em consideração o meio ambiente, aspectos sociais e econômicos” Barcellos (Barcellos, 2015, p. 55, apud Machado et al., 2020, p. 30). No caso em questão, o fundo deve ser criado e operado por instituição do terceiro setor, a Fundação Renova. Além de operar mecanismos de financiamento para a conservação, os fundos ambientais privados podem desempenhar um papel fundamental na definição da conservação nacional e estratégias e promoção de parcerias público-privadas para desenvolver uma gestão eficiente e inovadora sobre as estratégias de conservação (Machado et al., 2020, p. 31). Para a execução desta medida sugere-se que o fundo a ser criado seja um “Fundo de doação, o qual preserva o capital e a receita do investimento e seja usado para financiar subsídios e atividades” (Machado et al., 2020, p. 31).

Objetivo geral

- Criar fundo para oferecimento de crédito a fundo perdido para empresas e pessoas físicas do setor de turismo e entretenimento atingidas pela redução destas atividades na região.

Objetivo específico

- Oferecer recursos aos atingidos do setor de turismo e entretenimento para recuperarem suas atividades econômicas

Impactos Associados

(S2) Fragilização da identidade laboral

(S3) Ampliação do sofrimento social

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

(S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce

Área de Abrangência Da Medida

Área da UC e municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

- Mitigação

Partes Interessadas

- Empresas e pessoas físicas que trabalham com o turismo, entretenimento, lazer, esportes e cultura na região.

Diretrizes Metodológicas de Execução

- Criação do fundo via doação da Samarco/Renova;
- Contratação de pessoas para gestão do fundo, baseado numa estrutura de governança de um fundo ambiental. Isto compreende “os órgãos sociais constituídos para a tomada de decisões e implementação de ações de mobilização, para gerenciar e uso dos recursos no cumprimento de seus objetivos e programação de uma agenda de financiamento (prioridades)” (Barcellos, 2015, p. 65, apud Machado et al., 2020, p. 32)
- Estabelecimento de critérios para desembolso de recurso aos interessados.
- Inventário dos afetados e interessados, vinculados à cadeia produtiva do turismo, lazer, entretenimento, esportivo, cultural.
- Liberação de recursos aos cadastrados que se enquadrem nas diretrizes de liberação de recursos
- Comprovar a qualificação do proponente.
- Avaliar o orçamento detalhado e o cronograma de execução.
- Estruturação de procedimentos de prestação de contas. Os fundos ambientais precisam ter credibilidade e garantir operações transparentes. Visando o interesse público, o fundo precisa fornecer meios adequados para a sociedade monitorar suas atividades (Machado et al., 2020, p. 33).

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova
 - PG 013: Turismo, Cultura, Esporte e Lazer

- PG018: Desenvolvimento e Diversificação Econômica

Essa medida vincula-se a Nota Técnica no 19/2020/CTBio/DIBIO/ICMBio, em seu item 4.2, que trata da aderência do plano de trabalho aos objetivos da cláusula 182 do TTAC e à no18/2018/CTBio/DIBIO/ICMBio e Deliberação CIF no 237/2018. Nessa nota técnica é indicada como

Um segundo elemento importante para a sustentabilidade financeira do parque diz respeito à proposta de criação de um **fundo de sustentabilidade** da UC. No planejamento proposto, uma parte importante do recurso previsto para a consolidação do PERD será destinado a um fundo de sustentabilidade, que contemple os aspectos jurídicos necessários, de modo a evitar qualquer improbidade, principalmente considerando a natureza dos investimentos desse processo de consolidação. Verifica-se, portanto, uma total aderência ao consenso estabelecido na NT no18/2018/CTBio/DIBIO/ICMBio, a qual prevê que: “Deve ser desenvolvido um instrumento que contribua para a sustentabilidade financeira/orçamentária das UCs abrangidas pela Cláusula 182 do TTAC, a qual deverá ser adequada às realidades e status de implantação de cada uma das UCs. A sugestão preliminar foi a da criação de um Fundo independente do orçamento do órgão gestor, de forma a aumentar a resiliência da gestão das UCs com relação às flutuações da gestão governamental.

9.3.6. MS 6: Fortalecimento do Circuito Turístico no Interior e Entorno do Parque Estadual do Rio Doce

Introdução e Justificativa

O Ministério do Turismo do Brasil (Mtur) desenvolve um programa de políticas públicas baseado no que se convencionou chamar de “turismo de base comunitária” (TBC). O TBC é “aquele em que as comunidades de forma associativa organizam arranjos produtivos locais, possuindo o controle efetivo das terras e das atividades econômicas associadas à exploração do turismo. Nele o turista é levado a interagir com o lugar e com as famílias residentes” (Coriolano, 2009, p. 282).

Desta maneira, trata-se de uma mudança nas bases filosóficas de planejamento e gestão do turismo que busca uma modificação na forma pela qual se dá a apropriação dos benefícios gerados pela atividade, à medida que a comunidade local se torna participante ativa de seu próprio desenvolvimento.

Para o fortalecimento do roteiro de visita já existente na região é importante investir na capacitação dos interessados em trabalhar com a cadeia produtiva do turismo. Assim, visa-se tornar os pequenos e médios produtores da Zona de Amortecimento a oeste e leste do PERD em protagonistas de ações de usos de baixo impacto nessas áreas, com a conversão de uso das terras para uma agricultura agroecológica, com SAFs, e atividades de apoio à visita da área, como aquelas voltadas à hospedagem (hotéis, pousadas e campings) e alimentos e bebidas, como bares e restaurantes. As bases para essa mudança se dão pela criação de associação ou cooperativa alicerçadas nos princípios da economia solidária.

Nesse sentido, visa-se também a inclusão social dos envolvidos nessas atividades turísticas e de entretenimento. A ideia de inclusão social está associada, segundo Raimundo (2019, p. 31) à inserção econômica e à participação política e social. Nessa linha, a inclusão social deve ser vista para além de abordagens econômicas, mas considerar o papel político dos segmentos da sociedade envolvidos numa dada atividade. Isso significa entender a diversidade sociocultural para garantir, de alguma forma, o acesso aos recursos daqueles que foram sempre considerados como “excluídos” dos processos decisórios. A ideia de inclusão social deve ultrapassar o discurso da geração de emprego e renda. Isso é importante, mas a inclusão social deve ser pensada como uma distribuição justa dos benefícios de desenvolvimento e a afirmação do sentido de reconhecimento.

A Fundação Renova realizou, sob responsabilidade do Programa de Turismo e Educação, visitas a estabelecimentos dessa região antes da pandemia para entendimento inicial e levantamento de interesses e necessidades de aprimoramento, que culminaram na realização de cursos direcionados a esse público durante a pandemia (em modalidade online). Contudo, é importante que esses cursos e demais atividades sejam desenvolvidos como preconiza os princípios do TBC visando o protagonismo e inclusão social dos moradores dos municípios do entorno do PERD.

Assim, é importante destacar que o setor oeste do PERD apresentava um pequeno receptivo de agências e operadoras para atendimento ao visitante que foram impactados no pós-rompimento da barragem. Essa rede precisa ser fortalecida para continuar prestando serviços de apoio à visita no entorno oeste do parque. Essa rede precisa também ser estendida para o setor leste do parque, onde as atividades de visita ainda são incipientes e aleatórias, sem a utilização de empresas ligadas ao setor de viagens e lazer. Nesse sentido, integra-se o setor oeste do PERD com seu setor leste, num roteiro regional de visita.

Uma das possibilidades e eixo integrador para a visita na região está associada à sua história natural, que se constitui num excelente diferencial e mote de visita. A história natural da região é um tema de

destaque e que proporciona um roteiro específico para a visita, seja no interior, seja no entorno do parque. O tema da história natural pode ser desenvolvido, inserido em um circuito turístico regional, por meio da interpretação ambiental. 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, 2006). Assim, pressupõe-se que a Interpretação Ambiental permite uma reflexão mais ampla por parte do visitante, não só sobre os aspectos da natureza, mas também sociais, culturais e econômicos no qual o local visitado se insere. Com isso, o papel do guia (ou intérprete da natureza) é fundamental, sendo ele

“entendido não apenas como intérprete passivo da dinâmica natural, mas, também como um agente engajado, capaz de incentivar a reflexão [...]. O visitante e o turista precisariam também ser repensados como sujeitos políticos no seu ambiente de origem e não apenas como atores passivos no processo” (Botelho et al., 2015, p. 193).

A interpretação ambiental tem como uma de suas diretrizes de que ela seja temática, a fim de aguçar a curiosidade do visitante. Ham (1992) apresenta algumas características para a estruturação de um roteiro de interpretação ambiental. Para ele, a interpretação ambiental deve ser:

Amena: Apesar do entretenimento não ser a principal meta da interpretação, é uma de suas qualidades essenciais, no sentido de manter a atenção do visitante. O que se sobressai em toda interpretação excitante é ser informal e não formal como em sala de aula. Pertinente: A informação tem significado e é personalizada. Sendo significativa, temos capacidade de relacioná-la com o contexto que conhecemos e, assim, também sendo personalizada encontrando uma forma de vincular a informação transmitida com algo que o visitante conhece bem ou com algo pelo qual se interesse. Organizada: as ideias apresentadas dentro de um roteiro interpretativo devem seguir uma sequência lógica de pensamento. Como resultado, a informação apresentada é muito mais fácil de seguir, sendo possível apresentá-la em categorias e, por consequência, não parecer tão volumosa. Temática: A interpretação deve ter um tema como ponto principal. Os temas ajudam os intérpretes a selecionar dentro da riqueza de seu conhecimento, os poucos eixos e conceitos que colocarão em sua apresentação. Adaptado de Ham (1992, pp 10-35)

Considerando essas diretrizes, a história natural da região deve ser pensada como elemento central do circuito turístico, incluindo pontos e atrativos de visita a oeste e a leste do PERD, assim como seu interior.

O circuito precisa destacar como esses elementos são importantes na formação regional, pois a paisagem é uma depressão interplanáltica do médio vale do rio Doce, tratando-se de um vale alongado com cerca de 200 km de comprimento e 50 km de largura. O relevo montanhoso é sustentado por rochas ígneas e metamórficas proterozoicas com cumes superando 1.100 m. Alinhando elementos do leste e oeste do PERD, do mirante do pico do Jacroá, em Marliéria-MG, avista-se parte do Sistema Lagunar do Médio Rio Doce; e um ponto de observação da geologia local está em Ponte Queimada (Pingo d'água - MG), onde afloram nas margens do rio Doce, rochas ortognaisses e os depósitos aluvionares recentes na forma de bancos arenosos. O Sistema Lagunar do Médio Rio Doce apresenta cerca de 150 lagos e é considerado um dos três maiores ecossistemas lacustres do país, juntamente com o Pantanal Mato-grossense e o sistema Amazônico. Tendo como modelo evolutivo do Lago Dom Helvécio, o maior e mais profundo da UC, o sistema de lagos se desenvolveu em fases distintas caracterizadas por mecanismos sedimentares e neotectônicos particulares (Mello, 1997 e Mello et al. 1999). O isolamento definitivo dos lagos do sistema fluvial adjacente foi condicionado por uma fase tectônica de caráter extensional NW-SE, sendo evidenciada por falhamento normalmente mapeado por perfilação sísmica na desembocadura do lago Dom Helvécio. Esta fase tectônica teria condicionado a migração do rio Doce e explica o alinhamento principal das depressões lacustres (NE-SW), paralelo ao traçado do paleocanal do rio Doce.

Assim, essas características naturais são o fio condutor para o fortalecimento e desenvolvimento de um circuito turístico regional, o qual deve ser complementado pelas ações antrópicas que ocorreram ao longo do processo de uso e ocupação de suas terras e que presentemente se expressam na agropecuária e nas manifestações culturais ligadas ao rio e lagos.

Objetivo geral

- Fortalecer o circuito turístico regional, voltado ao geo-ecoturismo e turismo rural e baseado no Turismo de Base Comunitária, garantindo a inclusão social de moradores do entorno do PERD.

Objetivos específicos

- Garantir emprego e renda ligados ao turismo às comunidades afetadas
- Envolver as comunidades locais no planejamento do lazer e turismo da região
- Fortalecer os laços de sociabilidade e de topofilia dos moradores da região para desenvolvimento de atividades voltadas ao turismo
- Criar um roteiro de interpretação ambiental baseado no tema da história natural da região

Impactos Associados

(S1) Esgarçamento das relações topofílicas

(S2) Fragilização da identidade laboral

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

(S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce

Área de Abrangência Da Medida

Área da UC e municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

- Mitigação

Partes Interessadas

- Empresas e pessoas físicas, como monitores, que trabalham com o turismo, entretenimento, lazer, esportes e cultura na região.
- Proprietários e funcionários de fazendas e sítios,

- Técnicos das secretarias de turismo, meio ambiente e lazer.

Diretrizes Metodológicas de Execução

- Levantar os problemas e soluções do trade turístico local para enfrentamento da redução da visitação pós-rompimento
 - Realizar oficinas de planejamento com os atores ligados ao setor turístico para levantamento de problemas (diagnóstico) e soluções (propostas) para compor o circuito turístico
- Inventariar, de forma participativa com o trade e proprietários rurais, os atrativos já existentes em operação e os potenciais da região oeste e leste do PERD. Esse inventário deve estar associado a informação espacial (localização dos atrativos e seus atributos) para montagem / fortalecimento do circuito turístico.
 - Levantar as necessidades de cada atrativo para ser inserido num roteiro integrado regional – leste e oeste -, assim como do interior do PERD.
- Contatar proprietários para sensibilização em um TBC
 - Capacitar proprietários e funcionários de fazendas e sítios do setor leste e oeste do PERD em atividades de atendimento ao visitante. Mas a visitação deve ser balizada pelas práticas agropecuárias que já são praticadas na área. O turismo deve ser entendido como uma atividade complementar de vivências à produção nessas áreas e atrativos.
 - Capacitar envolvidos no desenvolvimento do TBC, baseado em experiências exitosas de outras regiões brasileiras (troca de experiências com esses locais para sensibilização e capacitação de interessados). Nesse sentido, devem-se realizar oficinas de divulgação de experiências de outras localidades para verificar a introdução destes modelos na região. Sugere-se palestras com lideranças da Praia Verde (CE), Acolhida da Colonia (SC) e Quilombo Ivaporunduva (SP) que se constituem em boas práticas de implantação de TBC.
 - Capacitar envolvidos em sistemas de uso da terra ligados a agricultura agroecológica e SAFs.
- Capacitar interessados em angariar fundos para desenvolvimento de suas atividades de TBC, a partir de participação em fundos de apoio.
 - Apoiar empresas do setor de turismo, como agências e operadoras, as de meios de hospedagem e as do setor de alimentos e bebidas para participação em editais de fomento a suas atividades. Apoiar igualmente os proprietários de fazendas e sítios para fomento de atividades de apoio ligadas ao turismo, e conversão de uma agropecuária convencional quimificada para a agroecologia e SAFs.
- Construir de forma participativa, em oficinas de planejamento os roteiros de visitação que abarquem os atrativos e atividades de um turismo de experiência rural e ambiental nas fazendas e sítios envolvidos. Nesse roteiro inserir como uma das atividades o oferecimento de um *tour virtual* por estes atrativos
 - Os roteiros devem ser confeccionados considerando um plano de ação. Este deve conter

as atividades a serem desenvolvidas no atrativo/local; um cronograma de execução com atividades de curto prazo (até um ano para execução; médio prazo, até 3 anos; e longo prazo, até 5 anos); os responsáveis pela implantação ou fortalecimento do atrativo; e possíveis parcerias para a efetivação da atividade proposta no roteiro.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova
 - PG 13: Turismo, Cultura, Esporte e Lazer. Objetivo: realizar o diagnóstico de impacto no turismo, cultura, esporte e lazer que deverá nortear a estruturação de projetos e processos para fomento dessas atividades nas localidades que tiverem impactos apontados.
 - PG 17: Retomada das Atividades Agropecuárias, mais especificamente ao Projeto: Projeto de Agregação de Valor e Comercialização
 - PG 18: Desenvolvimento e Diversificação Econômica. Objetivo: implementar estratégias para o desenvolvimento de outras atividades econômicas na região que promovam a diminuição de sua dependência com relação à indústria minerária, estimulando o surgimento de novas indústrias na região, baseada em alternativas tecnológicas de base sustentável e capaz de promover uma maior integração produtiva da população.

Vincula-se a Política Estadual de Turismo de MG. Esse documento estabelece em seu Art. 5º, que trata dos objetivos da política estadual de turismo: I - democratizar e propiciar o acesso ao turismo no Estado, contribuindo para a elevação do bem-estar da população; II - contribuir para a redução das disparidades sociais e econômicas de ordem regional e promover uma melhor distribuição de renda e a inclusão social por meio do crescimento da oferta de trabalho no setor turístico no Estado; III - ampliar os fluxos turísticos, a permanência e o gasto médio dos turistas no Estado, mediante a promoção e o apoio à comercialização e ao desenvolvimento do produto turístico; IV - estimular a criação, a consolidação e a difusão dos produtos e destinos turísticos do Estado, com vistas a atrair turistas, diversificar os fluxos entre as unidades regionais e beneficiar, especialmente, as regiões de menor nível de desenvolvimento econômico e social que possuam atrativo turístico... VIII - propiciar a prática de turismo sustentável nas áreas naturais, com vistas a promover a atividade como veículo de educação e interpretação ambiental e incentivar a adoção de condutas e práticas de mínimo impacto compatíveis com a conservação do meio ambiente; IX - estimular a participação e o envolvimento das comunidades e populações tradicionais no desenvolvimento sustentável da atividade turística, de maneira a promover a melhoria da sua qualidade de vida e a preservação da sua identidade cultural; X - estimular a integração das atividades turísticas com as economias regionais e locais. Na seção II desta política estadual, que dá as diretrizes para os Circuitos Turísticos, é indicado no Art. 16 - Os circuitos turísticos são a instância de governança regional integrados por municípios de uma mesma região com afinidades culturais, sociais e econômicas, que se unem para organizar, desenvolver e consolidar a atividade turística local e regional de forma sustentável, regionalizada e descentralizada, com a participação da sociedade civil e do setor privado. E no Art. 17 - Os circuitos turísticos são responsáveis pela articulação de ações e pelo levantamento de necessidades locais e regionais, apoiando a gestão, a estruturação e a promoção do turismo em uma região, de acordo com os objetivos desta lei e atendendo às diretrizes federais.

Nesse sentido, a implantação desta medida segue o preconizado por estas alíneas dos objetivos da política estadual de turismo.

Esta medida vincula-se também ao Plano de Trabalho para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta celebrado

entre a União, os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e a SAMARCO MINERAÇÃO S.A., a Vale S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda. (“BHP”)

Nos objetivos desse plano destacam-se dois deles que tem forte relação com essa medida:

- A legitimação social, por meio da excelência do uso público da UC, da comunicação e a educação ambiental, da estruturação e a difusão das pesquisas desenvolvidas no interior da UC, do fortalecimento da relação com a comunidade do entorno e do fortalecimento dos instrumentos de participação;
- Sustentabilidade da UC ao longo do tempo, possibilitando à mesma a responder aos novos desafios que se apresentarem em decorrência às mudanças institucionais, culturais, econômicas ou naturais.

Também se destaca que esta medida está vinculada ao que preconiza as orientações metodológicas para a elaboração de planos de uso público em unidades de conservação federais (Brasil, 2019), que entre outras diretrizes, indica que para um programa de uso público (PUP) adequado deve-se: V. Valorizar e desenvolver de forma sustentável a vocação e os atrativos turísticos da UC; VI. Promover a diversificação de oportunidades e experiências de visitação na UC, atendendo às demandas de diferentes públicos e maximizando os impactos positivos do turismo, sobretudo o estímulo à geração de negócios e o desenvolvimento econômico; VII. Identificar as lacunas de conhecimento e planejamento, sempre que necessário, para a implementação da visitação na UC; VIII. Orientar o manejo das atividades recreativas e a estruturação das áreas de visitação, com base nas classes de experiência do Rol de Oportunidades de Visitação de Unidades de Conservação – ROVUC (Portaria nº 1148/2018) e nas melhores práticas de manejo; IX. Desenvolver planos de uso público alinhados com as normas e o zoneamento do plano de manejo da UC.

9.3.7. MS 7: Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce

Introdução e Justificativa

Todas as práticas de lazer no rio Doce, em seus 40 km de limites do PERD foram interrompidas. “Da noite para o dia”, os municípios a leste do PERD, situados na margem direita do rio Doce tiveram essas atividades de uso do tempo livre impedidas de serem realizadas, atividades essas ligadas a esportes náuticos, banhos de rio, churrascos e piqueniques, entre outras atividades de sociabilização no espelho d’água do rio e em suas margens. A medida se justifica para oferecer práticas de lazer e recreação às comunidades da faixa leste do PERD que foram impedidas de usar o rio. Nesse sentido, os equipamentos existentes nesses municípios a leste do PERD, como praças, parques urbanos, bibliotecas, cinemas, teatros, centros culturais, entre outros, precisam ser renovados em suas abordagens de lazer, para poderem oferecer espaços e atividades às práticas que foram interrompidas no rio Doce.

As praças e parques urbanos, devido à arborização, ou mesmo à vegetação rasteira, apresentam características para garantir um conforto ambiental e fornecer serviços ecossistêmicos de informação e de regulação para os moradores das sedes dos municípios em suas atividades de lazer.

Demantova (2011) fez uma revisão da função de regulação dos serviços ecossistêmicos dos parques nas cidades. Segundo ela, em um parque, mais de 85% da poluição do ar pode ser filtrada; em uma rua arborizada esse valor pode ser de 70% [...] estima-se que em Chicago (EUA), as árvores removeram 5500 toneladas de poluentes do ar, fornecendo nove milhões de dólares de qualidade do ar em um ano [...] uma única árvore larga pode transpirar 450 litros de água por dia, [...] reduzindo as temperaturas e as ilhas de calor nas cidades [...]. Em áreas vegetadas apenas entre 5 e 15% das águas das chuvas escapam para fora do solo, com o restante evaporando ou infiltrando no solo (Demantova, 2011, p. 83).

Do ponto de vista das características que os parques urbanos e praças apresentam na atualidade, eles merecem ser vistos como espaços multifuncionais, prestadores desses serviços ecossistêmicos. Assim, a questão ambiental se relaciona fortemente com o lazer, com a presença de áreas com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, para infiltração da água da chuva no solo; características essas que possibilitam a existência de áreas para terrenos de esportes. Se pensarmos na lógica dos interesses culturais do lazer (Dumazedier, 1980; Camargo, 1986) permitem também os demais interesses do lazer ao ar livre, com uma maior interação da população com a natureza (ou meio ambiente), e não apenas as atividades esportivas, embora nos pareçam muito predominantes nos parques e outros equipamentos urbanos. Esses diversos interesses culturais presentes nas práticas de lazer podem ir desde as práticas esportivas e artísticas aqui mencionadas, bem como as práticas sociais, manuais, intelectuais e até mesmo turísticas. No entanto, não é incomum na lógica dos parques urbanos a instalação de equipamentos “culturais”, tais como museus, teatros de arena, espaços para exposições e oficinas de artes, dentre outros, numa abordagem intersetorial e multifuncional destes espaços. É nessa abordagem de espaços multifuncionais que os equipamentos existentes nos municípios a leste do PERD precisam ser pensados, para assim, garantir o acesso ao lazer de qualidade nesses espaços existentes e por meio do oferecimento de atividades críticas e criativas aos cidadãos.

A existência desses equipamentos no setor a leste do PERD é preciso ser avaliada para renovação daqueles dos atuais espaços ou para ampliação em novos locais (bairros), que apresentam lacunas de equipamentos de lazer e recreação. Além da existência dos espaços e equipamentos é preciso elaborar atividades nesses locais, preconizadas por ações de interpretação ambiental e animação sociocultural, na perspectiva da

educação ambiental. Seja em museus, seja nos centros culturais, mas igualmente nas praças e parques urbanos, uma equipe capacitada nessas técnicas permite o envolvimento dos visitantes e frequentadores para uma tomada de consciência sobre os assuntos tratados (interpretados) e assim, o desenvolvimento individual e social deles a partir de atividades críticas e criativas. Essas ações sobre a animação socioambiental e interpretação ambiental são muito importantes para um maior envolvimento e sentido de pertença dos turistas, mas principalmente dos moradores do entorno.

A Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999) define a educação ambiental como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. A educação ambiental com a comunidade tem sua importância como condutora das ações de mobilização, reflexão, cooperação entre os moradores do entorno e a gestão da UC, de modo a diminuir os conflitos relacionados ao uso dos recursos naturais e potencializar as ações para conservação da área. Parcerias entre a UC, poder público municipal, escolas, associações e organizações do entorno constituem-se em elemento central de uma estratégia de utilização desses espaços. Nesse sentido, as atividades de educação ambiental estão relacionadas aos referenciais da animação sociocultural, quando as pessoas aprendem em seu momento de lazer e, no caso, aprendem sobre as questões ambientais da região nesses equipamentos existentes a serem renovados.

A prática da animação sociocultural vem sendo desenvolvida a partir de 1960, para acolher um conjunto variado de atividades que se distancia da maneira elitista, acadêmica e formal de produção (PUIG; TRILLA, 2004). A animação vem de “anima” (alma) o que a torna um campo de atuação onde o lazer pode ser vivenciado em todos seus aspectos constituintes. Nesta linha a perspectiva da animação cultural é trazer vida, ânimo, esperança, transgressão e mudança. E o profissional que atua nesta perspectiva no campo do lazer é o animador cultural (alguns também o chamam de animador sociocultural).

Não se trata então de uma simples reprodução de atividades recreativas, mas sim de uma possibilidade de vivenciar o lazer em todos seus aspectos, como cultura e como desenvolvimento tanto no plano pessoal, como no social. De acordo com Puig e Trilla (2004) a animação sociocultural é um instrumento privilegiado para tornar possível e potencializar uma situação de democracia cultural, entendendo a animação sociocultural como um conjunto de ações e medidas para impulsionar um uso democrático da cultura, reunindo ações artísticas, sociais, formativas, entre outras, que tem como fim promover uma participação criativa na produção a assimilação da cultura. Ampliando essas ideias Puig e Trilla (2004) destacam a animação cultural como instrumento de atividade política, nas quais as ações de reivindicação e de conscientização política e ideológica acontecem no campo da animação.

Para Marcellino (2007) existem três níveis em que o indivíduo que pratica e vivencia uma atividade de lazer pode tramitar: conformista, crítico e criativo. O nível conformista está relacionado com uma vivência passiva, estática, já os níveis críticos e criativos são de grande importância para uma prática que possa levar o indivíduo a uma reflexão e algum aprendizado, que fornecerá subsídios para seu desenvolvimento em todos seus aspectos abordados dentro do lazer.

Assim, a partir de uma participação ativa, alcançando-se o nível crítico e criativo do indivíduo, é possível influenciar diretamente no tipo de ação que tal indivíduo passará a ter, após reflexão e reavaliação da cultura colocada em questão. Dumazedier (2004) coloca que o telespectador ativo não guarda para si mesmo as aquisições culturais obtidas, mas sim poderá comunicá-las a outras pessoas, exercendo o papel de informante ou animador de seus amigos, de sua família, de seus companheiros de trabalho, em seu imediato ou mediato. Para o autor, “Inicialmente, é preciso esclarecer que a atividade de lazer em si mesma não é passiva ou ativa, mas o será pela atitude que o indivíduo assumir com relação às atividades decorrentes do

próprio lazer” (Dumazedier, 2004, p. 257)

As características naturais da região podem se encaixar como um conteúdo específico a ser trabalhado, sendo que muitas vezes quem atua nesse segmento são profissionais vindos das áreas de ciências naturais, que detêm conhecimento dessas características, mas não domina a técnica da animação cultural. Por isso, é fundamental a capacitação de todos os envolvidos nos procedimentos desta técnica.

Objetivo geral

- Renovar os espaços de lazer existentes nos municípios do setor leste do PERD, oferecendo atividades críticas e criativas de lazer para as comunidades.

Objetivos específicos

- Permitir uma educação pelo lazer nesses espaços.
- Garantir o direito constitucional de acesso ao lazer.
- Propor atividades críticas e criativas para a população usufruir desses espaços de lazer.
- Dotar a comunidade de informações acerca dos problemas socioambientais da região.
- Propor ações, protagonizadas pelas comunidades, de resolução de problemas socioambientais a partir das ações dos moradores e agentes da região.

Impactos Associados

(S1) Esgarçamento das relações topofílicas

(S3) Ampliação do sofrimento social

(S4) Acirramento dos conflitos socioambientais

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

Área de Abrangência das Medidas

- Zona de amortecimento e nos municípios a leste do PERD: Caratinga, Pingo D’água, Córrego Novo e Bom Jesus do Galho.

Natureza da Medida

- Mitigação

Partes Interessadas

- Moradores dos municípios da região leste do PERD
- Visitantes
- Prefeituras do setor leste do PERD
- ONGs ou OCIPS.
- Escolas
- Igrejas
- Associações comunitárias

Diretrizes Metodológicas de Execução

- Oficina com lideranças formais e informais da região a leste do PERD: técnicos e funcionários de órgãos públicos estaduais e municipais, associações de bairros, funcionários do PERD, ONGs e OCIPS. Nessas oficinas, deve-se
 - Levantar as formas de lazer da comunidade que podem ser implantadas em equipamentos existentes na região;
 - Levantar a relação de locais propícios para renovação e fortalecimento dessas atividades (centros culturais, praças e parques urbanos)
- Contratação de equipe para adequação dos equipamentos existentes a novos formatos preconizados por uma educação pelo lazer (não-formal).
- Definição da governança dos equipamentos. Isto visa a criação de conselhos ou comitês de acompanhamento dos equipamentos e atividades neles desenvolvidas a fim de garantir a gestão democrática dos mesmos. Gestão essa que envolva, segundo Grahlan; Amos, Plumptre (2003): participação, com legitimidade e voz dos afetados e interessados na gestão dos equipamentos; adequação dos instrumentos de planejamento do local (direcionamento das atividades); e prestação de contas e transparência do uso de recursos.
- Contratação e capacitação de equipes de atendimento aos visitantes (moradores e turistas) capacitados em atividades de animação sociocultural e interpretação. As atividades dessas equipes devem obedecer aos princípios da animação, ou seja, como instrumento de atividade política, nas quais as ações de reivindicação e de conscientização política e ideológica acontecem no campo da animação. Isso deve ser focado nos grupos, na vida coletiva, cultural e participação social. Assim, segundo Puig e Trilla (2004, p. 160) a animação sociocultural a ser desenvolvida deve:
 - Ser dirigida a indivíduos isolados, pequenos grupos ou coletividades mais amplas, o que depende dos perfis de visitantes a esses equipamentos renovados.
 - Ser inspirada numa pedagogia participativa, dialógica e não-diretiva.
 - Promover aos destinatários atividades voluntárias, abertas a todos, que não exigem conhecimentos prévios, desinteressadas e livres.
 - Serem atividades que podem ser artísticas, intelectuais, sociais, práticas ou físicas.

- Serem atividades orientadas para facilitar a emancipação pessoal ou coletiva, o desenvolvimento cultural, a formação permanente, a intercomunicação humana, a estruturação da vida social, a ocupação formativa do tempo livre, a criatividade e a redução da distância cultural entre os indivíduos.
- Sugere-se que para os processos educativos sejam utilizados os procedimentos do PBL (*Problem-Based Learning*), que segundo preconiza Queiroz (2012), baseia-se nas seguintes etapas:
 - Esclarecimento de termos de difícil compreensão, com a identificação de palavras, expressões, termos técnicos que o grupo não compreenda sobre o tema.
 - Listagem dos problemas, com a identificação de cada um deles. Qual ou quais são os problemas mais importantes que a comunidade queira trabalhar com educação ambiental?
 - Discussão dos problemas. Numa primeira sessão tutorial visa-se trazer para discussão os conhecimentos prévios do grupo. Todos têm conhecimentos prévios, e alguns se lembram de coisas que os outros esqueceram.
 - Formulação dos objetivos de aprendizado de uma atividade de educação ambiental. Diante dos problemas identificados, e após a primeira discussão, com base nos conhecimentos prévios, identificam-se pontos obscuros, isto é: assuntos ou temas que precisam ser estudados, para resolver o(s) problema(s).
 - Busca de informações. O estudo ou busca de informações são essencialmente individuais. Recomendam-se livros textos clássicos, opiniões de especialistas, buscas em bases de dados. O melhor é buscar informações em mais de uma fonte, e ter como um dos objetivos trocar essas informações, de fontes diversificadas, na discussão em grupo. Importante destacar que podem ser necessárias várias rodadas de reuniões para que o grupo consolide seus resultados e tenham elementos para propor ações de educação ambiental ligadas a um problema identificado
 - Fechamento das ações, com retorno, integração das informações e resolução do caso.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova
 - PG 13: Turismo, Cultura, Esporte e Lazer, que tem como objetivo: realizar o diagnóstico de impacto no turismo, cultura, esporte e lazer que deverá nortear a estruturação de projetos e processos para fomento dessas atividades nas localidades que tiverem impactos apontados.

Além dessas relações, esta medida vincula-se ao preconizado no Anexo 1 do Plano de Trabalho para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta celebrado entre a União, os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e a SAMARCO MINERAÇÃO S.A., a Vale S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda. (“BHP”). Um dos objetivos desse plano de trabalho é:

A legitimação social, por meio da excelência do uso público da UC, da comunicação e a educação ambiental, da estruturação e a difusão das pesquisas desenvolvidas no interior da UC, do fortalecimento da relação com a comunidade do entorno e do fortalecimento

dos instrumentos de participação. Embora seja indicado a UC, como área de atuação, destaca-se que a medida proposta deve ser implantada na zona de amortecimento do PERD e, por isso, compõe as ações indicadas nesse objetivo do plano de trabalho.

Também se destaca que esta medida está vinculada ao que preconiza as orientações metodológicas para a elaboração de planos de uso público em unidades de conservação federais (Brasil, 2019), que entre outras diretrizes, indica que para um programa de uso público (PUP) adequado deve-se: IV. Considerar outros instrumentos de ordenamento da visitação e delegação de serviços existentes ou necessários para complementar o PUP; e VI. Promover a diversificação de oportunidades e experiências de visitação na UC, atendendo às demandas de diferentes públicos e maximizando os impactos positivos do turismo, sobretudo o estímulo à geração de negócios e o desenvolvimento econômico. Nesse sentido, a criação destes espaços de lazer fora da UC, complementa a diversidade que essa orientação metodológica recomenda.

9.3.8. MS 8: Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA

Introdução e Justificativa

A cultura é um dos elementos que promove o fortalecimento da identidade do sujeito, sendo as manifestações culturais regionais uma possibilidade de valorização da identidade do cidadão, pois consolida o sentimento de pertencimento ao espaço ao qual ele está inserido (Nunes e Bianchezzi, 2017, p. 1-2). Segundo essas autoras, as manifestações culturais de uma sociedade apontam características de pertencimento de indivíduos a um grupo, desta forma ao identificarmos as principais manifestações culturais de um local podemos compreender os múltiplos elos identitários desta sociedade, considerarmos que cultura abrange todas as realizações materiais e os aspectos espirituais de um povo (Nunes e Bianchezzi, 2017, p. 2). Em outras palavras, cultura é tudo aquilo produzido pela humanidade, seja no palco concreto ou no plano imaterial, desde artefatos e objetos até ideias e crenças. Cultura é todo complexo de conhecimentos e toda habilidade humana empregada socialmente. Além disso, é também todo comportamento apreendido, de modo independente da questão biológica. (Silva e Silva, 2013, p.85, apud Nunes e Bianchezzi, 2017, p 3).

Do ponto de vista do uso público, ressalta-se também que a visitação, segundo a definição de ecoturismo brasileira e a resolução de Quebec (Canadá), se dá num “Patrimônio Natural e Cultural”. Portanto, a natureza não está vazia de pessoas. Ao contrário, além de a comunidade local ser envolvida no planejamento do turismo, seus saberes tradicionais, ou seja, suas manifestações culturais merecem respeito e devem ser incentivadas nas práticas de turismo. Isso porque “Patrimônio cultural inclui monumentos, grupos de edifícios e áreas que têm valor histórico, estético, arqueológico, científico, etnológico ou antropológico. Patrimônio natural compreende formações físicas, biológicas e geológicas excepcionais, hábitat de espécies animais e vegetais ameaçadas e zonas que tenham valor científico, de conservação ou estético”.

Pode-se, nesse sentido, assinalar que o patrimônio histórico, cultural e artístico de um povo é mais do que um conjunto de antiguidades, ele é responsável, segundo Raimundo (2019, p. 85) pela continuidade histórica de uma comunidade que se reconhece como tal e corporifica seus ideais e valores; manifestadas ao longo das gerações, expressam a memória e a identidade das populações e comunidades. Dessa forma, além da natureza, a cultura faz parte das aspirações de viagens dos turistas. Mas destaca-se que esta não pode ser encarada como algo coisificado (reificado), sendo que o envolvimento e participação da comunidade é elemento central para evitar ou reduzir efeitos negativos à comunidade.

Objetivo geral

- Incentivar o fortalecimento da cultura local.

Objetivos específicos

- Inventariar, de forma participativa, as manifestações culturais do interior e da zona de amortecimento do PERD.
- Propor ações para o resgate das manifestações culturais associando-as à recuperação dos sentidos de pertencimento e identidade regionais.

- Inserir as manifestações locais como expressão da cultura da região em roteiros de visitação.
- Fortalecer os laços de sociabilidade e de topofilia dos moradores da região para desenvolvimento de suas expressões culturais e também ao turismo.

Impactos Associados

(S1) Esgarçamento das relações topofílicas

(S3) Ampliação do sofrimento social

(S6) Prejuízos às atividades econômicas

(S9) Redução da visitação no Parque Estadual do Rio Doce

Área de Abrangência das Medidas

Área da UC e Zona de amortecimento.

Natureza da Medida

- Mitigação
- Reparação

Partes Interessadas

Moradores dos municípios da ZA e dos municípios da área de entorno do PERD, visitantes, prefeituras, ONGs ou OCIPS.

Diretrizes Metodológicas de Execução

- Inventariar, de forma participativa com os atores locais formais e informais, as manifestações culturais da região, notadamente as que ocorrem na calha do rio Doce, no PERD e em sua zona de amortecimento.
- Construir um calendário de eventos baseado no inventário realizado.
- Angariar fundos para realização de eventos das manifestações culturais, como a participação num fundo de reserva.
- Integrar o calendário de eventos, com a realização das festividades, aos roteiros turísticos.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova

- PG 013: Turismo, Cultura, Esporte e Lazer.
- PG 017: Retomada das Atividades Agropecuárias, mais especificamente ao Projeto de Agregação de Valor e Comercialização
- PG 018: Desenvolvimento e Diversificação Econômica.

Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais

Política Estadual de Turismo de MG

Além disso, o Plano de Trabalho para a Consolidação do Parque Estadual do Rio Doce, em atendimento ao disposto na Cláusula 182 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta celebrado entre a União, os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e a SAMARCO MINERAÇÃO S.A., a Vale S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda. (“BHP”), estabelece em seu item 2 de AÇÕES PREVISTAS PARA CONSOLIDAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE, em sua etapa 2, a “Implantação do Plano de Uso Público do Parque, incluindo ações de ativação/engajamento com os segmentos turísticos, conforme estudo de viabilidade realizado e mapeamento de interessados.”

Destaca-se também que esta medida se vincula ao que preconiza as orientações metodológicas para a elaboração de planos de uso público em unidades de conservação federais (Brasil, 2019).

9.3.9. MS 9: Monitoramento da incidência de doenças de veiculação hídrica

Introdução e Justificativa

Dentre os impactos identificados no meio socioeconômico verificou-se como muito provável o *Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica* (S8) após o rompimento da barragem de Fundão.

Conforme registrado na descrição do referido impacto, documento do Ministério da Saúde (2018, p. 9), apresenta o que são doenças de veiculação hídrica:

entende-se por surto de doença ou agravo de veiculação hídrica o aumento, além do esperado, do número de casos de infecção ou intoxicação com vínculo clínico epidemiológico associados à ingestão, inalação ou contato com água contaminada, bem como a ingestão de alimentos irrigados ou lavados com água contaminada em período ou local determinado.

Verificou-se, no diagnóstico pós-rompimento, que todos os municípios da área de estudo apresentaram aumento na proporção de internações entre os anos 2015 e 2016 por doenças de veiculação hídrica e na maioria dos municípios os percentuais retornaram aos padrões de 2015. Destaca-se que se trata de um levantamento dos casos de internação, portanto, de casos graves.

A medida proposta aqui pretende alcançar a identificação de casos graves e também de casos crônicos ou ignorados na estatística disponível. Propõem-se a realização de um levantamento atualizado da situação em cada município, visando o suporte aos municípios para o tratamento eficaz da população. Estima-se que o diagnóstico inicial poderá indicar a necessidade de manutenção da medida.

Objetivo Geral

Contribuir para a identificação de casos de doenças de veiculação hídrica e potencializar as iniciativas para tratamento da população atingida pelo rompimento da barragem de Fundão.

Objetivos Específicos

- Identificar casos de doenças de veiculação hídrica (graves, leves e crônicos).
- Apoiar o planejamento de políticas públicas de saúde em relação aos casos de doenças de veiculação hídrica, nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD.

Impactos Associados

Além do impacto *Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica* (S8), diretamente ligado à medida proposta, estima-se que o resultado do monitoramento poderá contribuir no enfrentamento do impacto *Ampliação do sofrimento social* (S3).

Área de Abrangência Da Medida

Municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

Trata-se de uma medida de monitoramento.

Partes Interessadas

- Gestores municipais, em especial da área da saúde.
- Moradores das áreas urbanas e rurais dos municípios da Zona de Amortecimento do PERD.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Prevê-se ações de *Monitoramento da incidência de doenças de veiculação hídrica*, tendo como foco os objetivos da medida.

Etapas de desenvolvimento:

- 1) Diálogo com os municípios da ZA e da AE.
Apresentação da proposta aos gestores municipais, em especial aos gestores da área da saúde.
- 2) Diagnóstico inicial
Levantamento de dados atualizados junto aos gestores municipais da Saúde sobre a incidência de doenças de veiculação hídrica: casos graves, casos leves e casos crônicos.
- 3) Banco de dados
Criação e manutenção de banco de dados que poderá ser alimentado pelos gestores municipais da saúde.
- 4) Análise de dados do monitoramento
 - a. Análises preliminares com resultados e recomendações.
 - b. Debates com representantes das prefeituras municipais para apresentação de resultados e proposição de recomendações.
- 5) Avaliação da execução.

A avaliação de resultados deve verificar o alcance dos objetivos da medida.

Para verificar o alcance do objetivo 1 (Identificar casos de doenças de veiculação hídrica - graves, leves e crônicos): consolidação e análise dos dados.

Para verificar o alcance do objetivo 2 (Apoiar o planejamento de políticas públicas de saúde em relação aos casos de doenças de veiculação hídrica, nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD e na área de entorno): consolidação de plano de ação junto aos municípios onde se tenha verificado a confirmação do impacto.

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova:
 - PG014 – Apoio à saúde física e mental da população impactada, desenvolvido pela

Fundação Renova.

- Políticas do terceiro setor:
 - Não identificadas.
- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais:
 - Estima-se que a medida contribuirá para a melhor execução das políticas públicas municipais de saúde.

9.3.10. MS 10: Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD

Introdução e Justificativa

Dentre os impactos identificados no meio socioeconômico verificou-se como provável a movimentação demográfica de uma parcela da população que, em razão do rompimento da barragem de Fundão, sofreu mudanças em seus modos de vida pela impossibilidade de uso das águas do rio Doce para agricultura, dessedentação animal, pesca ou consumo próprio. Ainda, identificou-se, em Marliéria, um sensível aumento nas matrículas de Educação Básica, entre os anos de 2015 e 2019, em especial de estudantes do Ensino Médio, contrariando a tendência verificada em Minas Gerais e em todo o país. Um outro indício considerado foi o aumento no número de eleitores registrados no município, superiores à variação no estado, entre os anos 2015 e 2020.

Tais indício, se confirmados, podem implicar pressão sobre os serviços públicos de saúde, educação, segurança, habitação, transporte e assistência social. Ainda, e com foco no objeto deste estudo que é o Parque Estadual do Rio Doce, destaca-se potenciais pressões ambientais que, um eventual aumento populacional não planejado nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD, podem trazer.

Não se trata aqui de uma visão catastrofista ou mesmo de uma redução da compreensão desse eventual impacto à equação “pressão de números sobre recursos”, uma das críticas que Hogan (1991, p. 62) delineia para explicitar as limitações dos estudos demográficos. Trata-se de admitir, como defende Repetto (1985, p. 145 apud Hogan, 1991, p. 62) que: “É um erro descrever a degradação de recursos que resulta quando agricultores marginais abusam de terras marginais como consequência da pressão demográfica, quando, na realidade, é uma consequência da grosseira desigualdade de acesso a recursos entre ricos e pobres”.

Outros estudos acrescentam ao debate entre demografia e meio ambiente o conceito de vulnerabilidade que reside nas possibilidades de respostas que um determinado grupo social mobiliza para enfrentar riscos ou desastres (HOGAN; MARANDOLA JR., 2007, p. 77). Os mesmos autores defendem, ainda, a associação da “noção de estrutura de oportunidades” na leitura das questões que envolvem demografia, meio ambiente e vulnerabilidade:

A noção de estrutura de oportunidades parece ter uma contribuição ainda a ser melhor explorada nestes estudos, pois ela amplia o leque, não limitando estes ativos à situação socioeconômica. Pois numa situação de risco, entre os ativos que determinada população poderá articular para diminuir sua vulnerabilidade, poderão estar elementos do capital social, que não têm vinculação com poder aquisitivo nem renda. São as redes de solidariedade, os sistemas de proteção comunitários e familiares, além de outras alternativas que não estão diretamente vinculadas à situação socioeconômica da população. (p. 25)

A partir das noções apresentadas, a proposição de uma medida de *Monitoramento demográfico* para os municípios da Zona de Amortecimento do PERD, pretende focar no conhecimento da situação que se tem, visando apoiar decisões que permitam acomodar a relação entre os grupos sociais nas vizinhanças do PERD e os interesses e finalidades do Parque.

Objetivo Geral

Contribuir para o planejamento da ocupação urbana e do uso da terra nas áreas rurais, bem como para a

organização de iniciativas que promovam relações saudáveis entre os grupos sociais da vizinhança do PERD e os interesses e finalidades do Parque.

Objetivos Específicos

- Identificar potenciais áreas de conflito entre interesses de grupos sociais residentes na Zona de Amortecimento do PERD e as finalidades do Parque.
- Identificar compra e venda ilegais de áreas próximas ao PERD.
- Apoiar o planejamento de políticas públicas de expansão populacional nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD.

Impactos Associados

Além do impacto (S10) Alteração da dinâmica demográfica na Zona de Amortecimento do PERD, diretamente ligado à medida proposta, estima-se que o resultado de monitoramento sistemático da dinâmica demográfica poderá contribuir no enfrentamento dos impactos:

(S1) Esgarçamento das relações topofílicas.

(S3) Ampliação do sofrimento social.

(S4) Acirramento dos conflitos socioambientais.

Área de Abrangência Da Medida

Municípios da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

Natureza da Medida

Trata-se de medida de monitoramento, que poderá subsidiar as demais ações de mitigação e recuperação.

Partes Interessadas

- Gestores do PERD.
- Moradores das áreas urbanas e rurais dos municípios da Zona de Amortecimento do PERD.
- Governos municipais.

Diretrizes Metodológicas de Execução

Prevê-se que sejam desenvolvidas ações de monitoramento demográfico ao longo de cinco anos, tendo como foco os objetivos da medida.

Etapas de desenvolvimento:

- 1) Diálogo com os municípios da ZA
 - a. Apresentação da proposta aos gestores municipais.
 - b. Definição, junto aos gestores municipais, dos temas de interesse do monitoramento.
- 2) Diagnóstico inicial
 - a. Levantamento de dados secundários atualizados junto às prefeituras dos municípios da Zona de Amortecimento do PERD em relação a:
 - i. Matrículas escolares
 - ii. Número de famílias atendidas por programas de saúde (PSF).
 - iii. Número de famílias no Cadastro Único.
 - iv. Outros, conforme interlocução com os gestores municipais.
 - b. Realização de mini-censo populacional a partir de coleta de dados primários, junto à população residente nos municípios da ZA.

Recomenda-se a utilização de questões selecionadas do Censo Demográfico realizado pelo IBGE.
 - c. Realização de estudos qualitativos a partir do mapeamento oferecido pelos mini-censos em cada município, em relação a potenciais áreas de conflito entre interesses de grupos sociais residentes na Zona de Amortecimento do PERD e as finalidades do Parque; e situações de compra e venda ilegais de áreas próximas ao PERD.

Recomenda-se consultas às imobiliárias da região, às famílias que se mudaram após o rompimento da barragem, a fiscais ambientais e gestores da segurança pública.
- 3) Banco de dados
 - a. Criação e manutenção de banco de dados secundários que poderá ser alimentado pelas prefeituras municipais da ZA.
 - b. Criação e manutenção de banco de dados do mini-censo.
- 4) Análise de dados do monitoramento
 - a. Análises preliminares com resultados e recomendações.
 - b. Debates com representantes das prefeituras municipais para apresentação de resultados e proposição de recomendações.
- 5) Avaliação da execução.

A avaliação de resultados deve verificar o alcance dos objetivos da medida.

Para verificar o alcance do objetivo 1 (Identificar potenciais áreas de conflito entre interesses de grupos sociais residentes na Zona de Amortecimento do PERD e as finalidades do Parque): consolidação e análise dos resultados de estudos qualitativos com os grupos sociais potencialmente envolvidos e os contextos que produzem os conflitos.

Para verificar o alcance do objetivo 2 (Identificar compra e venda ilegais de áreas próximas ao PERD): consolidação e análise dos resultados de estudos qualitativos com moradores, imobiliárias, fiscais ambientais e gestores da segurança pública

Para verificar o alcance do objetivo 3 (Apoiar o planejamento de políticas públicas de expansão populacional nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD: consolidação e análise de resultados dos mini-censos municipais e dos estudos qualitativos).

Potenciais Articulações com outros Planos e Programas

- Programas da Fundação Renova
 - PG005 – Proteção Social
 - PG006 – Comunicação, participação, diálogo e controle social
 - PG013 – Turismo, cultura, esporte e lazer
 - PG014 – Apoio à saúde física e mental da população impactada
 - PG015 – Promoção da inovação
 - PG018 – Desenvolvimento e diversificação econômica
 - PG034 – Preparação para emergências ambientais
- Políticas do terceiro setor:
 - Não identificadas.
- Políticas públicas locais, estaduais e/ou federais:
 - Estima-se que a medida contribuirá para a melhor execução das políticas públicas municipais e para o fortalecimento do Parque Estadual do Rio Doce.

9.4. Correlação das medidas com os impactos identificados e com os atuais programas da Fundação Renova

Conforme descrito na seção de metodologia, a comparação das condições de linha de base com as condições pós-rompimento, à luz da literatura técnica-científica e da legislação ambiental, permitiu a identificação dos impactos e um juízo mais qualificado dos seus respectivos atributos. Com base nesse conhecimento, pôde-se, finalmente, propor medidas para tratar os impactos identificados, de modo minimizar incertezas, mitigar os efeitos adversos e recuperar a qualidade das áreas afetadas. A relação dos impactos com as medidas propostas, apresentada nas Tabelas 114 e 115, reflete esse nexo causal, bem como uma preocupação com a eficiência administrativa e a gestão integrada das diversas ações da bacia. Como se observa, a maioria dos impactos está sendo tratada por mais de uma medida. A natureza de cada medida e sua potencial articulação com os programas da Fundação Renova também estão apresentados nas Tabelas 114 e 115.

Tabela 114. Relação de Medidas.

Impactos Identificados	Códigos das Medidas	Medidas	Natureza	Programas da Fundação Renova de Interesse
Meio Físico				
F1, F2, F3, F4, F7, F8	MF1	Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão no trecho do rio Doce da zona de amortecimento do PERD	Monitoramento	PG38
F5, F8	MF2	Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão dos tributários ao rio Doce que banham o PERD	Monitoramento	PG38
F6	MF3	Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos dos lagos do PERD e ZA	Monitoramento	PG38
F3, F4, F5, F8, F15	MF4	Expansão das atividades de saneamento ambiental, relativas ao Programa 31 da Fundação Renova, para a área de estudo.	Mitigação	PG31
F10, F12, F14, B1, B7, B9, B13, B18, B219, S6, S9	MF5	Monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial	Monitoramento	PG23, PG24, PG25, PG26, PG27 e PG38
F10, F11, F12, F13, F14, B1, B7, B9, B13, B18, B19, B20, S6, S9	MF6	Monitoramento de depósitos e de rejeitos na planície fluvial	Monitoramento	PG23, PG24, PG25, PG26, PG27 e PG38
F10, F11, F12, F13, F14, B1, B7, B9, B13, B18, B19, B20, S6, S9	MF7	Monitoramento de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e de seus tributários, nas áreas de confluência.	Monitoramento	PG23, PG24, PG25, PG26, PG27 e PG38
F10, F11, F12, F13, F14, B1, B7, B9, B13, B18, B19, B20, S6, S9	MF8	Estabilização das margens do rio Doce e de tributários com técnicas de bioengenharia	Recuperação	PG23, PG24, PG25, PG26, PG27 e PG38
F10, F11, F12, F13, F14, B1, B7, B9, B13, B18, B19, B20, S6, S9	MF9	Conservação de solos e controle de erosão, regeneração natural da vegetação	Mitigação	PG24, PG25, PG26, PG27 e PG38
F15, S5, S8	MF10	Cadastramento de usuários de água subterrânea e Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos	Monitoramento	PG32, PG38
F1, F2, F3, F4, F5, F15, S5, S8	MF11	Projeto de pesquisa da hidrogeologia do sistema lacustre do PERD - recarga, fluxos subterrâneos e conexão com as águas superficiais	Monitoramento	PG38

Tabela 115. Continuação da Tabela 114.

Impactos Identificados	Códigos das Medidas	Medidas	Natureza	Programas da Fundação Renova de Interesse
Meio Biótico				
B1-22	MB1	Medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica das condições do rio Doce a montante do PERD.	Restauração e mitigação	PG9, PG17, PG18, PG23, PG24, PG25, PG26, PG27, PG28, PG31, PG38
B2, B6, B7, B8, B9, B12, B13, B14	MB2	Definição de áreas prioritárias para promover a conectividade entre fragmentos florestais	Mitigação	PG25, PG26, PG27, PG28, PG39
B5, B16, B22	MB3	Fiscalização e educação ambiental na estratégia de mitigação de impactos sobre a biodiversidade do PERD	Mitigação	PG13, PG20, PG28, PG30, PG39
B1, B2, B3, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B17, B18, B20, B20, B21	MB4	Avaliação e monitoramento de contaminantes em espécies da fauna e da flora	Monitoramento e Mitigação	PG28, PG30
B2, B8, B9, B12, B13, B16	MB5	Reintrodução de aves ameaçadas de extinção e provedoras de importantes serviços ecossistêmicos	Mitigação	PG29
Meio Socioeconômico				
S3, S4	MS1	Organização de iniciativas de formação comunitária	Mitigação	PG5, PG6, PG13, PG14, PG15, PG17, PG18, PG27, PG28, PG33, PG34
S2, S4	MS2	Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores	Mitigação e restauração	PG1, PG2, PG5, PG6, PG35
S1, S3, S4, S5, S6, S7, S8	MS3	Segurança hídrica para territórios rurais	Mitigação	PG17, PG18, PG27, PG28, PG33, PG34
S1, S2, S6, S7	MS4	Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce	Mitigação e restauração	PG16, PG19
S2, S3, S6, S9	MS5	Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD	Mitigação	PG13, PG18
S1, S2, S6, S9	MS6	Fortalecimento do Circuito Turístico no Interior e Entorno do Parque Estadual do Rio Doce	Mitigação	PG13, PG17, PG18
S1, S3, S4, S6	MS7	Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce	Mitigação	PG13
S1, S3, S6, S9	MS8	Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA	Mitigação e restauração	PG13, PG17, PG18
S3, S8	MS9	Monitoramento da incidência de doenças de veiculação hídrica	Monitoramento	PG14
S1, S3, S4	MS10	Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD	Monitoramento	PG5, PG6, PG13, PG14, PG15, PG18, PG34

9.5. Macro Projetos

Para otimizar a implementação das medidas, propõe-se, finalmente, a criação de projetos que permitam a integração de medidas que tenham objetivos sinérgicos. Os seis projetos e seus respectivos objetivos e medidas estão apresentados a seguir:

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

Objetivo: Subsidiar o poder público e a Fundação Renova no planejamento e execução de serviços voltados para a segurança hídrica, melhoria da qualidade e uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas na área de estudo.

Medidas integradas:

- MF 1 – Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão no trecho do rio Doce da zona de amortecimento do PERD
- MF 2 – Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos em suspensão dos tributários ao rio Doce que banham o PERD
- MF 3 – Monitoramento da qualidade das águas e sedimentos dos lagos do PERD e ZA
- MF 4 – Expansão das atividades de saneamento ambiental, relativas ao Programa 31 da Fundação Renova, para a área de estudo
- MF 10 – Cadastramento de usuários de água subterrânea e Monitoramento de parâmetros quali-quantitativos
- MF 11 – Projeto de pesquisa da hidrogeologia do sistema lacustre do PERD - recarga, fluxos subterrâneos e conexão com as águas superficiais
- MS 3 – Segurança hídrica para territórios rurais

Projeto de Requalificação Sustentável dos Vales e Planícies Fluviais para a População

Objetivo: Avaliar as características e comportamento dos solos nas planícies fluviais do trecho do rio Doce localizados na área de estudo, identificando possíveis tendências a contaminação; 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; e contribuir com o uso sustentável dos solos dos vales e planícies fluviais.

Medidas integradas:

- MF 5 – Monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial
- MF 6 – Monitoramento de depósitos e de rejeitos na planície fluvial
- MF 7 – Monitoramento de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e de seus tributários, nas áreas

de confluência

- MF 8 – Estabilização das margens do rio Doce e de tributários com técnicas de bioengenharia
- MF 9 – Conservação de solos e controle de erosão, regeneração natural da vegetação

Projeto de Conservação da Biodiversidade

Objetivo: Contribuir para a melhoria da qualidade e diversidade da vegetação e a manutenção das populações animais, é necessário recompor a cobertura vegetal de APPs e estabelecer corredores que reconectem fragmentos florestais da região. Assim, as perdas biológicas poderão ser mitigadas. Recompor parcialmente a biota local original por meio da introdução de espécies-chave, promovendo o restabelecimento de importantes serviços ecossistêmicos que foram perdidos ou severamente comprometidos.

Medidas integradas:

- MB 1 – Medidas de recuperação ambiental e restauração ecológica das condições do rio Doce a montante do PERD
- MB 2 – Definição de áreas prioritárias para promover a conectividade entre fragmentos florestais
- MB 5 – Reintrodução de aves ameaçadas de extinção e provedoras de importantes serviços ecossistêmicos

Projeto de Fortalecimento Territorial e Comunitário

Objetivo: Promover o protagonismo da sociedade envoltória do Parque Estadual do Rio Doce em sua proteção, de modo a aumentar a capacidade da Zona de Amortecimento de atenuar os impactos sobre a UC, garantindo, assim, a oferta dos serviços ecossistêmicos dos quais a sociedade é beneficiária. Objetiva-se, ainda, o fortalecimento dos vínculos com o território; a participação qualificada dos moradores/trabalhadores nos processos dialógicos da conservação; a recuperação ou ressignificação de patrimônios culturais materiais e imateriais.

Medidas integradas:

- MS 1 – Organização de iniciativas de formação comunitária
- MS 2 – Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores
- MS 7 – Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce
- MS 8 – Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA
- MS 11 – Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD
- MB 3 – Fiscalização e educação ambiental na estratégia de mitigação de impactos sobre a biodiversidade do PERD

Projeto de Fomento à Economia Local

Objetivo: Contribuir para a geração de ambiente econômico propício ao empreendimento, por pessoas físicas e/ou jurídicas, nas cadeias produtivas da pesca e do turismo, tendo como ponto focal o Parque Estadual do Rio Doce. Objetiva-se, ainda, viabilizar alternativas de geração de trabalho e renda em apoio aos moradores da ZA do PERD; qualificar os envolvidos nos temas pesca e turismo e em negócios sustentáveis; investir em estruturas de produção; apoiar financeiramente iniciativas locais.

Medidas integradas:

- MS 4 – Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce
- MS 5 – Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD
- MS 6 – Fortalecimento do Circuito Turístico no Interior e Entorno do Parque Estadual do Rio Doce

Projeto de Saúde da Gente e do Ambiente

Objetivos: Contribuir para a promoção e manutenção da saúde das pessoas e do ambiente no território. Objetiva-se, mais especificamente, produzir conhecimentos sobre o nível de contaminação da biota e de espécies utilizadas na alimentação dos grupos sociais locais e acompanhar dados sobre a saúde da população em relação às doenças de veiculação hídrica, a fim de orientar ações para a mitigação de impactos.

Medidas integradas:

- MB 4 – Avaliação e monitoramento da contaminação de plantas, mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes, incluindo espécies utilizadas para consumo humano
- MS 9 – Monitoramento da incidência de doenças de veiculação hídrica

9.6. Recomendações Finais

Foram identificados um total de 47 impactos, todos negativos, nos meios físico, biótico e socioeconômico. Dos 47 impactos identificados, 28 (~60%) tiveram significância ou alta (12) ou muito alta (16). Além disso, a maior parte dos impactos identificados, apesar de ter tempos de resposta imediato ou curto, deverá ter durações de médio ou longo prazo, podendo se manifestar por períodos que variam de poucos anos a mais de 10 anos, caso não sejam tratados. Detalhes adicionais dos impactos, tais como localização, magnitude, extensão geográfica, entre outros, são detalhados ao longo do documento.

De maneira geral, os impactos identificados (todos potencialmente reversíveis) justificaram a proposição de 6 projetos e 26 medidas de monitoramento, mitigação e recuperação que objetivam aprimorar as condições físicas, biológicas e socioeconômicas da área de estudo, de modo a atingir uma situação mínima de *no net loss* ou ausência de perda líquida em relação às condições de linha de base (pré-rompimento). A concretização desse cenário dependerá da efetividade das medidas de reparação propostas aqui, as quais, por sua vez, dependerão de diversos programas da Fundação Renova já em andamento, bem como de futuras ações de articulação e integração.

Tendo em vista que o rio Doce é o principal vetor dos impactos remanescentes na UC e na ZA, todos os programas de manejo de rejeito e recuperação ambiental a montante do PERD influenciarão o sucesso das medidas aqui propostas. Em específico, recomenda-se que se intensifiquem as medidas já previstas pela Fundação Renova de recuperação das condições da bacia a montante do PERD. Afinal, a qualidade e a quantidade da água e do sedimento que flui ao longo do rio Doce e que penetra lateralmente na Unidade de Conservação por meio da inundação de planícies aluvionares, tributários e lagos é produto não apenas de medidas localizadas, mas principalmente de medidas de remoção e/ou redução da remobilização de rejeitos depositados muitas dezenas de quilômetros a montante. Recomenda-se ainda que as medidas aqui propostas sejam atualizadas e revistas à luz de todas essas ações e, em especial, das medidas compensatórias que deverão ser implementadas no PERD em atendimento à cláusula 182 do TTAC.

Ao longo deste documento foram apresentadas diversas lacunas e incertezas relacionas às condições anteriores e posteriores à linha de base. Várias medidas aqui propostas deverão reduzir essas incertezas, mas isso não basta. Esse conhecimento deverá subsidiar novos projetos mais focados e direcionados para as especificidades da UC e da ZA. Recomenda-se, portanto, que se implemente um plano de ação para acompanhar de forma sistêmica o conjunto de medidas propostas e ações em andamento.

A Fundação Renova tem um papel fundamental na implementação de todas as medidas propostas. Mas, ao mesmo tempo, ela depende de diversos atores públicos e privados da bacia. Para dar mais legitimidade a todas as ações propostas e em andamento, recomenda-se que haja engajamento de diversas partes interessadas, em especial das comunidades adjacentes ao PERD, do poder público local, dos comitês de bacia, dos órgãos ambientais dos três níveis da federação, das organizações da sociedade civil, instituições de ensino e pesquisa, dentre outros. Recomenda-se, inclusive, que se estabeleçam parcerias ou colaborações com tais instituições quando houver convergências temáticas e interesses comuns.

Para tal, são fundamentais os esforços para um planejamento territorial que leve em conta a escala da paisagem e a interdependência dos componentes físicos, biológicos, socioeconômicos e culturais nos mais diversos níveis. Recomenda-se uma gestão integrada da bacia e dos UCs, reconhecendo suas conexões e aptidões no território. Recomenda-se, ainda, que se contemple a possibilidade de criar novas unidades de conservação que fortaleçam a conexão entre as UCs existentes, APPs e demais áreas de relevância ambiental, em especial às áreas de proteção ambiental e outras UCs de uso sustentável.

Espera-se que as instituições responsáveis pela implementação das medidas aqui propostas adotem uma

abordagem adaptativa e participativa de gestão, baseada no aprendizado e na melhoria contínua.

10. RESPOSTAS ÀS PERGUNTAS ORIENTADORAS DO PLANO DE TRABALHO

10.1. Perguntas gerais (todas as UC)

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?

No PERD foram atingidas diretamente a própria UC e a ZA. Estudos de terceiros estimaram que entre 1,7 e 3 milhões de m³ de rejeitos tenham sido depositados entre as estações fluviométricas de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente. Embora não se tenham notado alterações significativas nas seções transversais das duas Estações Fluviométricas analisadas que possam ser atribuídas ao trânsito dos rejeitos, é muito provável que grandes volumes de rejeito tenham se concentrado sobretudo a montante de controles hidráulicos, como afloramentos de rocha e corredeiras no rio Doce, bastante presentes ao longo do PERD, entre Cachoeira dos Óculos e a confluência com o rio Piracicaba.

Também se encontra documentada por fotos e relatos dos administradores do PERD a deposição de rejeitos junto às confluências com tributários que cruzam a UC ou a ZA, notadamente os ribeirões Belém e Turvo. Por meio de imagens de satélite do trecho do rio Doce, em foco, é possível constatar a deposição de rejeitos sobre ilhas, barras fluviais, e margens do rio e sua permanência por anos após a ruptura de Fundão.

Com a chegada da lama de rejeitos no rio Doce, a área afetada do PERD foram as margens, 30m até o Ribeirão Belém e margens da zona de amortecimento do PERD. Com as cheias periódicas, algumas lagoas da ZA podem sofrer aporte de sedimentos oriundos da lama de rejeitos de 2015, por causa da ressuspensão destes sedimentos.

b) Com a chegada da lama de rejeitos na UC, qual componente ou compartimento dos meios físicos e/ou biótico foi afetado?

Diversos componentes foram afetados; todavia, os mais valorizados são aqueles discutidos na seção 8 de avaliação de impactos. A respectiva Matriz de Impacto sintetiza os principais componentes relacionados aos impactos identificados aqui.

Do ponto de vista do meio físico foram afetadas as águas superficiais e sedimento do rio Doce, dos corpos d'água marginais associados ao rio Doce como poças e brejos, e dos tributários (testemunhos para o Ribeirão Belém e o ribeirão do Turvo). Local e pontualmente, também houve alterações na morfologia do rio Doce e confluências com tributários, que podem ter resultado em alterações hidrológicas no rio e na planície fluvial. O depósito de rejeitos em ilhas, barras e planície fluvial também é consequência do rompimento da Barragem de Fundão e pode ter afetado o aquífero aluvionar através da solubilização e infiltração do rejeito.

Há ainda testemunhos de que, posteriormente à passagem da pluma de rejeitos e em momentos de cheia mais pronunciada, lagoas periféricas na Zona de Amortecimento e na Área de entorno foram inundadas por água do rio Doce (testemunhos para as lagoas Aririnha, Barra, Amarela, Palmeirinha, Jacaré, Alméciga, Poço Redondo, Caxote, Timbure, Remoarda, Carvão com Azeite, da Quadra, Café, Aguapé). Mesmo lagoas na porção sul do PERD podem ter sido inundadas, mas a dificuldade de acesso impediu checagens *in situ*.

Os componentes do meio Biótico afetados pela chegada da lama de rejeitos foram vegetação da margem do rio, macrófitas aquáticas da calha do rio, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos associados à margem do rio. A ictiofauna e alguns répteis, aves e mamíferos de habitats aquáticos ou semi-aquáticos foram

afetados principalmente na Zona de Amortecimento (calha do rio Doce) e, em um primeiro momento pós-rompimento, foi registrado o bloqueio da foz do Ribeirão do Belém e deposição de rejeito em seus 30 metros finais. Posteriormente, com a persistência dos rejeitos no ambiente, todos os componentes do meio biótico foram potencialmente afetados, através das alterações de longo prazo no ambiente e especialmente com a possibilidade de contaminação através da cadeia trófica.

Com relação ao meio socioeconômico, observou-se que os efeitos do rompimento se manifestaram na qualidade de vida dos moradores da zona de amortecimento da UC e em sua área de entorno. Conflitos originados no desastre, ou por ele recrudescidos, afetaram as relações sociais. Alguns setores da economia regional foram afetados pelo rompimento, que provocou, também, efeitos sobre a segurança alimentar e sobre a saúde da população. Ainda, há efeitos sobre a imagem e a representação simbólica da unidade de conservação e, potencialmente, sobre aspectos demográficos intrarregionais.

c) Quais evidências apontam que a lama foi depositada ou interferiu no ambiente?

Imagens de satélite (disponíveis no Google Earth e em diversas bases e repositórios) mostram claramente, após o rompimento da barragem, a ocorrência de depósitos nas margens do rio Doce, nas barras fluviais e em ilhas, bem como em áreas baixas da planície de inundações e junto a curvas do rio. Há registros fotográficos realizados pelos administradores do PERD e reproduzidos em notas técnicas e em relatórios que mostram depósitos de rejeitos em trechos da planície de inundação do rio Doce, nas margens do rio e em tributários que cruzam a UC. No caso do ribeirão Belém, um desses tributários, notam-se depósitos de rejeitos por cerca de 30 m de extensão a partir da confluência, para montante.

Sob o ponto de vista do meio Físico, os depósitos de rejeitos interferem sobre a dinâmica fluvial e a dinâmica de cheias na planície fluvial. Há, igualmente, alterações na composição química e na granulometria dos sedimentos que se refletem nos resultados do monitoramento de qualidade de água, ou seja, nos valores assumidos pelo parâmetros físico-químicos monitorados desde o rompimento da barragem de Fundão que se diferenciam, estatisticamente, dos valores de referência da linha de base.

Por meio de imagens de satélite, é possível constatar alterações de cor da água por anos seguidos após a ruptura (cerca de 5 anos), que podem ser associados a processos de ressuspensão de sedimentos durante eventos de cheia. Relatos dos administradores do PERD em 2020 reportam que essas alterações de cor ainda são visíveis durante cheias no rio.

Diversas imagens em relatórios técnicos e o depoimento do gestor do PERD mostram a deposição dos rejeitos em áreas de remanso do rio Doce e no tributário ribeirão Belém. Nas áreas registradas através das imagens é possível notar que as áreas onde houve deposição perderam a vegetação ripária. Diversas fontes apontam também a presença de elementos da fauna aprisionados na lama de rejeitos logo após o acidente. Evidências indiretas, como a mortalidade ou migração dos peixes da calha do rio Doce para os tributários, também indicam interferências dos rejeitos no ambiente. As evidências estão documentadas no Relatório Técnico no. 04/2015 (IEF, 2015).

d) A presença da lama nas áreas atingidas causou alguma alteração física, biológica ou de utilização socioeconômica dos seus recursos?

A presença da lama alterou a composição química de sedimentos no rio Doce e planícies fluviais: conforme explicado na seção 5, os rejeitos da barragem de Fundão contém ferro, silício, alumínio, manganês, cobalto, antimônio, selênio, cromo, 2,4,5-triclorofenol, 2-4-6-triclorofenol e fenol, e depósitos aportados aos cursos

d'água Gualaxo do Norte, Carmo e Doce contém predominantemente ferro, alumínio, manganês, cromo, zinco, bário, níquel e cobre. Há intensa interação entre sedimento e água, de tal forma que a presença de rejeito ao longo do PERD e em toda a bacia hidrográfica a montante influenciou e continua influenciando a qualidade de água superficial. A presença da lama também deve ter alterado a granulometria de sedimentos no rio Doce e planícies fluviais, uma vez que constituída de partículas finas. A solubilização de rejeitos depositados nas planícies fluviais pode ter ocasionado a contaminação de aquíferos aluvionares. Depósitos de rejeitos no leito do rio Doce e na confluência de tributários pode ter alterado a hidrologia dos corpos d'água e planícies fluviais, mesmo que de forma localizada.

A passagem da lama impactou de forma mecânica, através do soterramento dos ambientes ocupados pela vegetação e pela fauna nas margens, e ainda dos próprios animais e plantas, resultando na morte de grande número de indivíduos, especialmente aqueles que utilizam a calha do rio. Ao mesmo tempo, a confluência entre os tributários e o rio Doce foi temporariamente interrompida pela quantidade de sedimentos depositada, enquanto os rejeitos alcançaram cerca de 30m acima da confluência. Os habitats ao longo do rio Doce foram afetados através da deposição da lama, que permaneceu sobre as margens em alguns pontos. Posteriormente, durante os períodos chuvosos, a ressuspensão dos sedimentos impacta, embora de forma menor, a ictiofauna e a fauna semi-aquática. Em diversos locais de remanso e onde o rio é menos encaixado, observa-se a presença da lama depositada, alterando o ambiente das margens. Embora a maior parte dos impactos tenha se concentrado ao longo do rio Doce, e, portanto, na zona de amortecimento do PERD, sua extensão pontual ao longo das margens e no trecho final dos tributários caracteriza impactos na UC. Por outro lado, o rompimento da barragem e suas alterações resultaram em mudanças no uso de recursos pelas populações humanas no entorno da UC, refletindo-se de forma indireta na utilização de recursos do PERD (caça, pesca e extração ilegal de vegetação).

Com relação à utilização socioeconômica dos recursos das áreas atingidas pela lama, verificou-se alterações ligadas a aspectos culturais, sociais e econômicos. Do ponto de vista cultural, houve alteração nos usos da calha e das margens do rio para atividades ligadas ao lazer, à recreação e à sociabilidade dos grupos sociais locais e regionais. As práticas de lazer ligadas a esportes náuticos, natação, pesca e outras de sociabilização, como churrascos e piqueniques, foram todas interrompidas. O rio perdeu sua característica de atrativo turístico em razão da carga de sedimentos e da mortandade de peixes, o que afastou os moradores em suas práticas de lazer.

Há indicativos de impactos econômicos naquelas atividades geradoras de renda associadas ao suporte dessas práticas socioculturais. Notadamente, os bares, restaurantes e clubes náuticos tiveram interrupção de suas atividades. O comprometimento da qualidade da água mudou a dinâmica de abastecimento de comunidades rurais localizadas próximas às margens do rio que utilizavam a água do rio ou dos poços para consumo próprio, dessedentação animal e irrigação.

A presença da lama gerou dúvidas - e demanda ainda hoje-, estudos específicos de médio e longo prazo sobre a qualidade do pescado para consumo, o que resultou na aplicação do conceito da precaução através das Portarias Estaduais IEF nº 78/2016 e IEF nº 40/2017 que regulamentaram as práticas de pesca em toda as áreas atingidas, alterando a utilização socioeconômica dos recursos pesqueiros.

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?

Pode-se dizer que todo o ecossistema foi direta ou indiretamente afetado, por meio de soterramento, contaminação, alterações de parâmetros físico-químicos, alterações nas cadeias tróficas. As alterações

observadas ou inferidas foram desde a mortalidade por ação mecânica da lama, até mudanças no uso do ambiente devido às alterações ou perdas de hábitat e disponibilidade de recursos. Além disso, a contaminação pelos elementos presentes na pluma de rejeitos tem o potencial de alterar e persistir no ambiente, amplificando-se através das cadeias tróficas e causando alterações fisiológicas com sérias implicações para os organismos.

Do ponto de vista dos vertebrados terrestres (mamíferos, aves e herpetofauna), todas as espécies podem ter sido afetadas em maior ou menor grau. As lacunas de conhecimento, no entanto são consideráveis, dificultando uma comparação mais refinada sobre as alterações na composição das comunidades entre o período pré-rompimento e o pós-rompimento. As aves aquáticas formam o grupo mais afetado pelo desastre, tendo sido registrado, segundo relatos da imprensa e do gestor do Parque, mortalidade e mudanças nas áreas utilizadas para forrageamento. O sucesso reprodutivo e sobrevivência futura dos representantes dessas espécies também pode ter sido comprometido devido às mudanças estruturais observadas no seu hábitat, baixa oferta de alimento e contaminação, entre outros impactos prováveis. Aves e mamíferos cinegéticos também podem ter sofrido impactos advindos do aumento da pressão de caça.

As espécies de peixes residentes do rio Doce foram afetadas pela incidência da lama de rejeitos, de sua pluma ou em decorrência de alterações das características físicas e químicas da água. Em um primeiro momento houve uma grande mortandade de peixes, e com o passar dos anos, durante eventos de ressuspensão do sedimento durante as cheias há a redução da concentração de oxigênio dissolvido na água, causando novos picos de mortalidade de peixes e segundo relatos do gestor, deslocamento de espécies para os tributários. Além disso o bloqueio temporário, logo após o rompimento, da confluência entre tributários e rio Doce pode ter interferido no deslocamento de espécies da ictiofauna, prejudicando fluxos migratórios reprodutivos.

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)?

Com relação aos projetos de pesquisa sobre o meio biótico, segundo reportado pelo gestor do PERD, percebeu-se o aumento dos trabalhos e projetos de pesquisa desenvolvidos na área, especialmente relacionadas aos impactos do rompimento. Adicionalmente, alguns dos projetos de monitoramento conduzidos pela Fundação Renova têm o PERD como uma das áreas de estudo.

A média de visitação no PERD no período entre 2011 e 2015, segundo o Observatório do Turismo (<https://www.observatorioturismo.mg.gov.br/?p=4570>) era de quase 20 mil visitantes/ano. Em 2016, o número de visitantes foi de 13.707, em 2017 foi de 7.642, em 2018 foi de 9.139 e em 2019 foi de 11.728. Com isso, ocorreu uma redução de cerca de 30% no número de visitantes no pós-rompimento, quando comparado aos dados de 2015. Isso provavelmente se deve também ao impacto que a imagem da UC sofreu, veiculada nas mídias diversas. O número de visitantes, que caiu sensivelmente, principalmente em 2017, apresentou, posteriormente, sinais de leve elevação. É importante observar que o Vale do Rio Doce foi foco de epidemia de febre amarela no período de 2016 e 2017, o que significa que outros fatores podem concorrer para a queda de visitação.

Em relação à atividade pesqueira profissional não houve alteração, uma vez que a pesca não é permitida na UC. A pesca amadora de espécies exóticas é permitida na Lagoa Dom Helvécio no interior do PERD, mas não houve extravasamento da lama de rejeitos para esta lagoa indicando que tal atividade não foi afetada. Ainda assim, a redução no número de visitantes provocou a diminuição da pesca amadora autorizada para

o manejo do Parque.

A seção 8 discute mais detalhadamente diversos impactos diretos e indiretos no PERD e sua ZA.

- 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?**

Os relatórios técnicos elaborados pela CPRM, a partir do monitoramento emergencial que empreendeu no rio Doce, a partir do dia 07 de novembro de 2015, entre a estação fluviométrica Cachoeira dos Óculos, localizada logo a montante do PERD, em sua ZA, e a foz do rio Doce, em Linhares, no Espírito Santo, não registram marcas de extravasamento para a planície de inundações da onda de ruptura e da massa de água contendo as mais elevadas concentrações de rejeitos. A modelagem hidráulica da propagação de ruptura realizada pela empresa LACTEC, entre a barragem da UHE Risoleta Neves e a foz do rio Doce, em Linhares, igualmente não evidencia extravasamentos para a planície fluvial.

Entretanto, visitas técnicas organizadas por equipes de pesquisadores e professores universitários, logo após a ruptura, cujos registros são publicados na forma de artigos científicos em periódicos, mencionam depósitos de rejeitos na planície fluvial do rio Doce, por trechos de rio e os ilustram por meio de fotos.

No caso do PERD, encontra-se documentada por fotos e relatos dos administradores do PERD a deposição de rejeitos junto às confluências com tributários que cruzam a UC ou a ZA, notadamente os ribeirões Belém e Turvo. Esses relatos são documentados por meio de notas técnicas e relatórios elaborados pelo IEF e pelos administradores do PERD. Por meio de imagens de satélite do trecho do rio Doce, em foco, é possível constatar a deposição de rejeitos sobre ilhas, barras fluviais, e margens do rio e sua permanência por anos após a ruptura de Fundão.

Não há, entretanto, um registro preciso e georreferenciado das áreas atingidas na UC e em sua ZA, nem uma estimativa precisa das áreas atingidas. Além das simulações hidráulicas de propagação da onda de ruptura, foram elaboradas simulações de eventos sintéticos de cheia para tempos de retorno de 2 a 10 anos e mapeadas as áreas potencialmente atingidas por extravasamento dos escoamentos, da calha principal do rio Doce para a sua planície fluvial, que na área do PERD e sua ZA, se caracterizam por serem encaixadas, com margens altas e planície fluvial estreita. Essas simulações delimitam áreas potencialmente inundáveis na planície fluvial, tendo largura da ordem de 5,0 a 20,0 m, em cada margem. Trata-se de um estudo simplificado sobretudo em decorrência da carência de base de dados topobatimétricos à época de sua elaboração pela empresa SRK, em 2019. Na atualidade, há estudos semelhantes em curso, com base em dados topobatimétricos de alta resolução, que permitirão delimitar mais precisamente as áreas potencialmente inundáveis na planície fluvial. Porém, até a presente data, esses estudos ainda não estão concluídos.

Estudos resultantes do monitoramento emergencial da CPRM, entre novembro e dezembro de 2015, permitiram estimar que entre 1,7 e 3 milhões de m³ de rejeitos tenham sido depositados entre as estações fluviométricas de Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente, cobrindo uma extensão do rio Doce um pouco além da que se refere à UC e à sua ZA. Não há registros precisos e delimitações de áreas onde esses rejeitos se depositaram. Considerando-se o elevado volume estimado de rejeitos e as características da calha principal de rio Doce e de sua planície fluvial no trecho que atravessa a UC e a ZA, é possível afirmar que grande parte desse volume ficou depositada na própria calha principal do rio. Trechos de afloramento de rocha na calha do rio certamente cria condições hidráulicas para uma maior deposição de rejeitos a montante.

Imagens de satélite permitem visualizar claramente os depósitos de rejeitos em todas as barras e ilhas fluviais nesse trecho. As ilhas e as barras fluviais vegetadas tiveram sua vegetação inteiramente destruída ou severamente afetada pelos depósitos de rejeitos, o que é visível por meio de imagens de satélite datadas de logo após a ruptura e nos anos subsequentes. Os depósitos de rejeitos na planície fluvial e nos leitos de tributários são de mais difícil identificação pelas imagens de satélite, em particular pela densa cobertura vegetal das áreas ribeirinhas. Porém, há registros fotográficos em relatórios e nota técnica elaborados pelo IEF e pelos administradores do PERD que registram a vegetação atingida nessas áreas, embora sem uma delimitação precisa de sua extensão.

Na atualidade, as imagens de satélite não permitem identificar depósitos de rejeitos nas margens, nas ilhas e nas barras fluviais. Porém, há persistência de depósitos de rejeitos na calha do rio Doce, o que pode ser constatado pelo monitoramento fluviométrico na estação Cachoeira dos Óculos em termos de concentração de sedimentos em suspensão, e pelo monitoramento de qualidade de água realizado pelo IGAM em diferentes parâmetros físico-químicos.

- 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)?**

Para mudanças físico-químicas, leia resposta para a Pergunta Orientadora (d).

As alterações físicas, químicas e biológicas causadas pela lama foram observadas e relatadas, mas não adequadamente quantificadas, em razão da lacuna de monitoramento e levantamentos de dados primários nos últimos 5 anos. Potencialmente, devem ter sido afetadas áreas de reprodução de peixes e de anfíbios, através das alterações na quantidade de oxigênio e de sedimentos presentes, destacando-se entre os répteis duas espécies, o cágado-de barbicha e o jacaré-do-papo-amarelo. Para as aves, existe a possibilidade de alterações em áreas de forrageio ou reprodução de espécies migratórias e aquáticas (ver resposta ao item “e” acima). Diversos outros impactos são discutidos na seção 8.

- 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?**

No que se refere a questões de recuperação de áreas degradadas ligadas à morfologia fluvial e a impactos de deposição de rejeitos na planície fluvial e nas áreas de confluências há uma vasta literatura técnica de alternativas. Para a escolha das soluções mais adequadas é fundamental dispor de informações, por exemplo, sobre as áreas atingidas pelos rejeitos, a espessura e o volume dos depósitos de rejeitos. É importante dispor, igualmente, da caracterização físico-química dos rejeitos depositados. Apesar das caracterizações físico-químicas já realizadas, como em Lactec (2020) para a o sistema fluvial entre a área de armazenamento de Fundão e a UHE Risoleta Neves, tais características mudam com a propagação dos rejeitos e com o passar do tempo.

O Plano de Manejo de Rejeitos, em elaboração pela Renova, fornecerá respostas a grande parte dessas questões, porém não se encontrava plenamente disponível no momento da elaboração do presente estudo.

O tratamento dos depósitos de rejeitos na planície fluvial está relacionado à implantação de medidas de recuperação das áreas de APP fluviais. Na margem do PERD, a cobertura vegetal das áreas de APP, antes da ruptura da barragem de Fundão encontrava-se bem preservada. As medidas de recuperação dessas áreas devem, em primeira instância, cadastrar a vegetação afetada e estabelecer relações de causalidade entre os depósitos de rejeitos e os tipos de danos à vegetação. Também é necessário caracterizar detalhadamente o impacto dos depósitos de rejeitos sobre o solo constituinte da planície de inundação com o objetivo de avaliar se o substrato mantém condições para uma recuperação dessas áreas por meio da vegetação nativa. A opção mais recomendável, nessas áreas, é optar pela recuperação com replantio de vegetação nativa. Essas medidas podem ser combinadas com técnicas de biorremediação para situações em que as características físico-químicas dos rejeitos e o nível de deterioração do solo requeiram esse tipo de técnica. Recomendam-se como referencial teórico e técnico e a título de exemplos os trabalhos de Albi (2018) e Tavares et al (2008).

No caso das áreas de APP fluvial na margem oposta ao PERD, a margem direita do rio, basicamente as mesmas técnicas de recuperação, monitoramento e estudos podem ser aplicadas. Nesse caso, há algumas distinções com relação à margem esquerda, porque nota-se maior degradação da cobertura vegetal e/ou remoção das espécies nativas e sua substituição por arbustos, vegetação de pequeno porte, pastagens ou atividade agrícolas. Portanto, aos aspectos estritamente ambientais e regulamentares de recuperação dessas áreas, somam-se questões socioeconômicas. Há experiências positivas de recuperação de áreas de APP em situação de conflitos ambientais explícitos ou potenciais por meio de um consórcio de espécies nativas com, por exemplo, árvores frutíferas de modo que, em particular no caso de população de extratos de renda mais baixos, possa-se contribuir para a segurança alimentar e a geração de renda (ver, por exemplo, Tavares et al, 2008). Alternativamente, a recuperação integral com espécies nativas e o cercamento das APPs fluviais pode ser objeto de instrumentos como o pagamento por serviços ecossistêmicos já adotado pela Renova na bacia do rio Doce. As recomendações de caráter técnico sobre aspectos ligados às características físico-químicas dos rejeitos nos depósitos fluviais e contaminação de solos são as mesmas já elencadas para a margem esquerda do rio Doce, como também valem para as áreas afetadas nos tributários.

Para o controle de erosão de leito e estabilização de margens do rio Doce e tributários recomenda-se que sejam adotadas técnicas de bioengenharia por utilizarem materiais naturais, vivos (vegetação, sementes) ou inertes (rochas, palhas, folhas, troncos), o que promove a sua integração ao ambiente, possibilita uma regeneração mais rápida e efetiva da mata ciliar e contribui para a recuperação da ecologia fluvial.

A adoção dessas técnicas está intrinsecamente relacionada à recuperação de áreas de proteção permanente (APP), no que se refere às APPs fluviais. Ambas devem, portanto, ser projetadas e implantadas de forma coordenada. A Fundação Renova possui ampla experiência no emprego dessa medida a partir de projetos implantados nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo.

O monitoramento da estabilidade de terraços e margens fluviais e o diagnóstico sobre a estrutura e qualidade dos solos na planície fluvial e contaminação por rejeitos é essencial para fornecer a base de dados requeridas para o projeto dessas intervenções no sistema fluvial em análise.

Há uma ampla literatura técnica sobre a restauração de sistemas fluviais que pode orientar o projeto das intervenções aqui em foco (e.g.: Baptista e Pádua, 2016; Cardoso, 2012; Gordon et al, 2004; US-NRC, 2002; Wohl et al, 2015; Kondolf e Piégay, 2016).

Ressalta-se que a Fundação Renova desenvolve programas de controle de processos erosivos, conservação de solos, proteção de nascentes, recuperação de áreas de APP em partes da bacia do rio Doce no sentido

de contribuir para a redução de impactos ambientais associados. Essas medidas visam melhorar a qualidade ambiental do sistema fluvial do rio Doce e se articulam com as medidas de reparação dos impactos do trânsito e da deposição de rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão na bacia do rio Doce. O monitoramento da eficiência dessas medidas de controle e sua ampliação, correção e adaptação, conforme requerido, são importantes para reduzir o prolongamento dos impactos identificados.

Do ponto de vista técnico, há viabilidade para a dragagem dos depósitos de rejeitos na calha do rio Doce e em áreas de confluência nos limites da UC e da ZA. Apesar das sucessivas ocorrências de cheias, entre novembro de 2015 e hoje, o alto volume de rejeitos depositados nesse trecho do rio Doce, estimado tanto pela CPRM como em outros estudos, sugere a permanência de depósitos de rejeitos sobretudo a montante de controles hidráulicos de escoamento que reduzem, de forma significativa, as velocidades de escoamento e facilitam a deposição de sedimentos e de rejeitos na calha fluvial a montante. É importante que esses depósitos potenciais sejam identificados e delimitados (local, espessura, área, volume) e que a dinâmica de transporte de sedimentos e de rejeitos seja mais detalhadamente estudada combinando monitoramento que enfoque os processos de deposição e ressuspensão de sedimentos e a sua modelagem por modelagem hidráulica de leito móvel.

A despeito de tecnicamente viável, a dragagem de rejeitos pode perder a sua efetividade se rejeitos depositados a montante do trecho do rio Doce que margeia o PERD e que podem passar por processos de ressuspensão e transporte não foram dragados ou controlados localmente. Ainda há um volume elevado de rejeitos depositados no reservatório da UHE Risoleta Neves e não se conhece com precisão o volume de rejeitos ainda depositados na calha do rio Doce, entre esse reservatório e a estação Cachoeira dos Óculos, a montante do PERD.

O elevado volume de rejeitos depositados a montante da UHE Risoleta Neves foi objeto de técnicas de recuperação de áreas degradadas que contribuíram para a sua fixação e promoveu processos de biorremediação. O monitoramento continuado dessas medidas é fundamental para controlar os processos de erosão e transporte de rejeitos para jusante.

Portanto, a dragagem de depósitos de sedimentos na calha do rio Doce junto ao PERD e a sua ZA adquirem sentido se integrarem um conjunto de medidas no mesmo sentido, ou seja, retirada e/ou fixação de depósitos de rejeitos, no sistema fluvial a montante e, por coerência, em todo o sistema fluvial afetado.

Para o meio biótico em ambiente terrestre as estratégias recomendadas para recuperação das áreas afetadas são a recomposição das matas ciliares com o uso de espécies nativas.

Para a ictiofauna, uma técnica que pode ajudar a recuperação e restauração das áreas afetadas pelo depósito da lama é o enriquecimento ambiental com estruturas (naturais ou artificiais) que promovam aumento da diversidade de fluxo de água, e que com o passar do tempo atuem facilitando a remoção natural de sedimento dos locais mais afetados. No ponto de vista do grupo em questão (ictiofauna), ações de dragagem podem ser mais prejudiciais do que benéficas, dependendo da quantidade de sedimento à montante.

- 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?**

Qualquer ação que recupere as APPs tem potencial de oferecer input de recursos alóctones (como troncos

e galhos, folhço e invertebrados terrestres) essenciais para a integridade ambiente aquático, aumentando a sua complexidade, a disponibilidade de locais para refúgio, reprodução e a diversidade de recursos alimentares para toda a comunidade aquática. Além disso, a recuperação das florestas ripárias aumenta a interceptação da chuva, permite uma maior infiltração, o que reduz a compactação do solo, o escoamento superficial e a entrada de sedimentos, que é uma das principais causas da homogeneização de habitat nos ambientes aquáticos que desencadeia a perda de biodiversidade desses ambientes. O aumento da umidade relativa desse ambiente restaurado o configura como um importante refúgio para as espécies de anfíbios, que por consequência podem se beneficiar da maior disponibilidade de refúgios ofertados pela queda de troncos e folhço, com a maior diversidade e disponibilidade de alimento, aumentando a diversidade do grupo e o fitness reprodutivo das espécies.

- k) Com o “rompimento [sic] 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?**

Não é possível saber, com base nos dados disponíveis, se houve aumento do isolamento de populações de mamíferos. Embora aparentemente existam resultados de estudos de longa duração sobre as espécies de mamíferos de médio e grande porte, dentro do PELD/CNPq, a equipe deste estudo não teve acesso aos relatórios. No entanto, o aumento da conectividade ao longo do rio Doce e entre fragmentos vizinhos ao PERD, além da manutenção das áreas de eucalipto que aparentemente funcionam como uma zona tampão para algumas espécies presentes (Fonseca, 2001), são iniciativas que certamente favorecem as espécies que necessitam de áreas contínuas e maiores para a manutenção de populações viáveis. As áreas que devem ser priorizadas são os fragmentos florestais adjacentes à UC e especialmente as APPs, não necessariamente envolvendo a criação de novas UCs. A necessidade de fortalecer a conectividade de fragmentos florestais foi, inclusive, proposta na Medida 2 do meio biótico, onde essa questão está mais bem detalhada.

- 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, etc.)? Quais medidas na gestão das atividades produtivas ou na gestão do território poderiam ser utilizadas para mitigar tais impactos?**

O histórico da ocupação e do uso da terra da região do Vale do Rio Doce, onde se localiza o PERD, tornou-o uma ilha em meio a processos pouco sustentáveis: industrialização, silvicultura, pecuária e urbanização provocam uma série de pressões sobre o Parque tornando-o mais vulnerável às consequências de um desastre, como o do rompimento da barragem de Fundão. As condições pretéritas que contribuem para potencial agravamento da situação englobam: i) aterramento das margens de rios, lagos e lagoas, despejo de efluentes domésticos sem tratamento e assoreamento dos leitos d'água, que comprometem a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos; ii) poluição atmosférica decorrente do polo siderúrgico; iii) pressão imobiliária sobre os limites do parque decorrentes da expansão urbana; iv) desmatamento e utilização do fogo para manejo de cultivos madeiráveis, como o eucalipto, e para a formação/renovação de pastagens,

causando fragmentação florestal; v) concentração fundiária, que limita o acesso à terra aos pequenos produtores e provoca a perda de conhecimentos sobre o ambiente e da relação com o lugar; vi) poucas opções de lazer nos municípios, com carência de equipamentos para cultura e esportes, sendo o rio um local importante para essas práticas.

A construção de barragens para a instalação de usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas desde a década de 1990, tem forte impacto na atividade pesqueira da bacia do rio Doce, limitando o desenvolvimento de espécies nativas e promovendo a introdução de espécies exóticas, que acabaram por suplantam as nativas como os principais alvos da atividade dos pescadores da bacia. Tal realidade compromete a capacidade de renovação e limita a distribuição das espécies na bacia do rio Doce.

No caso do rio Doce, o rompimento da barragem de Fundão ocorreu em uma bacia hidrográfica altamente modificada por atividades antrópicas (despejos inadequados advindos da mineração e demais indústrias da região, pelo uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras etc.) e pela quase inexistência de sistema de tratamento de esgotos, destacando-se ainda, o assoreamento como um dos sérios problemas dessa bacia, especialmente em suas regiões mais baixas, as quais recebem elevada carga de sedimentos provenientes de diferentes atividades antropogênicas das áreas a montante do rio, especialmente do Médio Rio Doce.

O potencial acúmulo de sedimento e assoreamento no rio Doce pode agravar os impactos do rompimento sobre a atividade pesqueira, pois grande parte das espécies de peixes que habitam o rio Doce são migradoras, ou seja, utilizam a calha do rio para deslocamentos reprodutivos, alimentares e desenvolvimento e ao se deslocar ao longo da bacia, caso o peixe esteja contaminado por alguma substância ou composto tóxico, o risco de contaminação se estende para além daquela área que sofreu o contato direto com o rejeito.

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?

Rio Doce, tributários na confluência com o rio Doce, poças marginais: Conforme pormenorizado nas seções 6 e 8, de Diagnóstico e de Avaliação de Impactos respectivamente, o rompimento da Barragem de Fundão causou um aumento na carga suspensa (sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais e turbidez), na concentração de metais (em ordem decrescente de magnitude de mudança: manganês; alumínio e níquel; arsênio, cádmio, chumbo, cromo e ferro; cobre), na carga orgânica (DQO), macronutrientes (nitrito e potássio; possivelmente também nitrato, amônia, nitrogênio orgânico e fósforo total), parâmetros básicos da qualidade de água (condutividade, cor, alcalinidade total), e possivelmente, na contaminação microbiológica do rio Doce ao longo do PERD. Causou ainda uma diminuição brusca e aguda na concentração de oxigênio dissolvido no rio Doce. Algumas destas alterações se restringiram à passagem da pluma de rejeitos ou às semanas e meses subsequentes; outras se manifestam até os dias de hoje de forma progressivamente mais atenuada. Uma vez que a pluma de rejeitos penetrou algumas dezenas de metros (~30m) nos tributários e que cheias no rio Doce inundam pequenos corpos d'água marginais, tributários e poças marginais devem ter sido afetados de forma similar, muito embora não haja dados quantitativos como há para o rio Doce. Também há testemunhos de inundação de lagos na ZA e UC. Para a contaminação por carga orgânica e coliformes o fortalecimento da estrutura de saneamento básico a montante (seja a montante do rio Doce, do rio Piracicaba ou dos tributários menores que drenam áreas antropizadas antes de chegar o PERD) seria efetiva. Para a contaminação pelo material particulado com origem no rejeito depositado nas margens, todas as medidas de estabilização de margens e encostas, bem como de restauração e revegetação de áreas ripárias, contribuirão para mitigar o problema.

Águas subterrâneas. Para a área de estudo não há informações disponíveis que comprovem alterações de qualidade das águas subterrâneas relacionado ao evento de rompimento da Barragem de Fundão. No estudo ficou evidenciada a vulnerabilidade dos aquíferos aluvionares presentes nas margens do rio Doce, que tem sua recarga direta pelas águas superficiais ou ainda, induzida por poços tubulares em bombeamento. Assim, podem ser adotadas medidas preventivas que envolvem esforços para cadastro de poços e a implantação de campanhas de monitoramento da qualidade ambiental das captações subterrâneas. Este tema foi tratado especificamente na subseção 6.1.6 de “Caracterização das medidas de reparação com potenciais efeitos do meio físico”, no presente trabalho.

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?

Conforme apresentado na Pergunta Orientadora (m), do ponto de vista limnológico abiótico o rompimento da Barragem de Fundão e consequente propagação da pluma de rejeitos resultou em alterações físicas e químicas da água e dos sedimentos muito diversas, e em muitos casos de grande magnitude. Conforme apresentado no Mapa Conceitual, os mecanismos através dos quais estas mudanças influenciaram diretamente a biota aquática incluem o arraste, a abrasão, o soterramento, a asfixia e a contaminação, todos eles com potencial de danos letais e sub-letais. Indiretamente, ainda pode-se citar a perda ou modificação do habitat no rio Doce, a perda de recursos alimentares, e a perda de recursos reprodutivos.

As alterações da qualidade de água e a perda de habitat na calha do rio Doce ocasionaram uma grande mortandade de peixes logo após o rompimento, que continua a ser detectada periodicamente após eventos de chuva.

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)?

O aumento da turbidez da água pode ter impacto a capacidade de forrageamento das espécies de aves aquáticas visualmente orientadas. A redução na oferta de alimento (mortandade de peixes, por exemplo) e provável contaminação também deve ter impactado negativamente a riqueza e diversidade de espécies na UC e ZA. Impacto negativo parece ter ocorrido no tamanho das populações de aves aquáticas, que aparentemente sofreram marcada redução no tamanho de suas populações imediatamente após o desastre (entrevista com o gestor, relatório Institutos Lactec).

Não há espécies raras ou endêmicas de anfíbios e répteis que ocorram na calha do rio Doce. As espécies raras, endêmicas e/ou ameaçadas ocorrem principalmente em poças temporárias no interior de florestas ou em sua borda e não na margem do rio Doce. Algumas espécies aquáticas, como o cágado-de-barbicha *Phrynops geoffroanus* e sapo-cururu *Rhinella diptycha*, são bem adaptadas a ambientes bastante alterados e poluídos e, portanto, devem ser capazes de se adaptar às mudanças na qualidade da água ocasionadas pelo rompimento. De fato, indivíduos do cágado-de-barbicha foram capturados no rio Doce, após o rompimento.

No trecho do rio Doce limítrofe ao PERD foi detectada uma considerável redução na riqueza e na abundância

de peixes. No entanto, não é possível avaliar se ocorreu alteração na diversidade ou dominância de espécies pois os dados anteriores ao rompimento não foram coletados nos mesmos locais e tampouco utilizando os mesmos métodos designados para os monitoramentos pós-rompimento.

- 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?**

Não há informações sobre a dispersão de espécies da herpetofauna entre as margens do rio Doce, assim como não evidências de que o rompimento tenha ocasionado o isolamento dessas populações. As espécies aquáticas da herpetofauna como o cágado-de-barbicha *Phrynops geoffroanus* e o jacaré-do-papo-amarelo *Caiman latirostris* se adaptam bem em ambientes alterados e poluídos e, portanto, é pouco provável que tenham sofrido algum tipo de isolamento.

Os programas de monitoramento pós-rompimento não voltaram a detectar algumas espécies de peixes reofílicos associadas ao fundo do rio Doce (como espécies da família Parodontidae e cascudos das subfamílias Delturinae e Hypoptopomatinae) presentes anteriormente, e aparentemente houve redução da quantidade de Curimbas na calha rio Doce (com destaque para *Prochilodus vimboides*, espécie endêmica do rio Doce e presente na lista vermelha de peixes ameaçados do Brasil. Apesar de terem ocorrido bloqueios temporários em algumas confluências de tributários com o rio Doce, é muito difícil afirmar que houve isolamento de populações sem dados de genética de espécies alvo. Uma ação possível para mitigar esse impacto é o incremento da heterogeneidade do habitat no ambiente aquático e a recuperação de APPs ao longo da bacia.

- 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?**

No caso do PERD, as ações devem ser prioritariamente voltadas para as lagoas do parque, por serem ambientes fechados e mais facilmente manejáveis. Uma ação possível é promover o manejo de pesca direcionado às espécies introduzidas, com envolvimento das comunidades do entorno, atrelado a um programa de educação ambiental direcionado à conscientização dos impactos da introdução de espécies sobre as populações nativas. A Medida 3 do meio biótico proposta no presente relatório detalha as recomendações.

- r) Com relação aos aspectos acima elencados, 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?**

Todos os aspectos do ciclo biológico das espécies de peixes foram afetados, reprodução, crescimento, alimentação, deslocamento, visto que as espécies estão imersas em um habitat insalubre, física e

quimicamente alterados, e que volta a ser alterado a cada estação chuvosa. As medidas mais efetivas para garantir viabilidade das populações existentes na UC e sua zona de amortecimento devem estar relacionadas com a proteção e revitalização dos tributários, estabelecendo cota zero de pesca para as espécies nativas por período indeterminado.

- 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?**

Foi observado o aumento na concentração de metais em avaliações de plantas das áreas afetadas (principalmente margem do rio), tanto no PERD quanto em outras áreas ao longo do rio Doce. Contudo, essas avaliações foram realizadas em poucos espécimes e não foi observado impacto no recrutamento de novos indivíduos. É necessário o monitoramento para acompanhar a presença e persistência dos metais, enquanto o plantio de espécies nativas da área pode ajudar na recuperação das margens afetadas. São propostos no presente relatório, para o meio biótico, a Medida 1 que visa restabelecer a conectividade florestal, inclusive nas APPs, áreas afetadas pela deposição dos rejeitos, e ainda a Medida 3 que propõe a avaliação e monitoramento de contaminantes em espécies da fauna e flora.

- 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 e econômicos aferidos por usuários e beneficiários da UC, entre outros)?**

Conforme relatado na seção 8, houve diminuição da visitação de cerca de 30%, culminando em um pico inferior de 7642 visitantes em 2017, mas que a partir daí apresentou uma leve tendência de aumento.

- 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?

Prevê-se que a realização das medidas listadas a seguir, por meio da consecução de seus objetivos, poderá contribuir para o aumento da visitação no PERD, para o apoio das comunidades às iniciativas do Parque, para a conservação da biodiversidade e para a ampliação das atividades de lazer e turismo sustentáveis na Zona de Amortecimento do PERD: A ser respondida após a definição e descrição das medidas.

- i) Organização de iniciativas de formação comunitária, que tem dentre seus objetivos específicos “Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de apoios às políticas públicas de educação, saúde, cultura e meio ambiente e, em especial no apoio às iniciativas junto ao Parque Estadual do Rio Doce (PERD)”; ii) Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD, com o objetivo específico de “Oferecer recursos aos atingidos do setor de turismo e entretenimento para recuperarem suas atividades econômicas”; iii) Fortalecimento do circuito turístico no interior e entorno do Parque Estadual do Rio Doce, que tem como

objetivo “Fortalecer o circuito turístico regional, voltado ao geo-ecoturismo e turismo rural e baseado no Turismo de Base Comunitária”; iv) Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce, que objetiva “Renovar os espaços de lazer existentes nos municípios do setor leste do PERD, oferecendo atividades críticas e criativas de lazer para as comunidades”; v) Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA, que tem como objetivo geral “Incentivar o fortalecimento da cultura local”, e como objetivos específicos: “Inventariar, de forma participativa, as manifestações culturais do interior e da zona de amortecimento do PERD”; “Propor ações para o resgate das manifestações culturais associando-as à recuperação dos sentidos de pertencimento e identidade regionais”; “Inserir as manifestações locais como expressão da cultura da região em roteiros de visitaç  o”; “Fortalecer os laços de sociabilidade e de topofilia dos moradores da regi  o para desenvolvimento de suas express  es culturais e tamb  m ao turismo”.

N  o h   informa  es sobre impactos em projetos de pesquisa relacionados ao meio bi  tico

- u) Quais os impactos do rompimento da barragem no n  mero de visitantes? Desde o ocorrido, houve alguma altera  o no perfil dos visitantes? Qual o impacto dessa redu  o na economia local e regional? Quais os setores mais afetados? Que tipo de a  es/projetos/programas poderiam mitigar tais impactos?**

Quais os impactos do rompimento da barragem no n  mero de visitantes?

A visita  o ao PERD, conforme explicado na se  o 8, sofreu redu  o de cerca de 30% desde o rompimento da barragem, tendo como base comparativa as informa  es do Observat  rio de Turismo de Minas Gerais e os dados repassados pelo gestor da Unidade.

Desde o ocorrido, houve alguma altera  o no perfil dos visitantes?

N  o h   informa  o sobre altera  o no perfil dos visitantes.

Qual o impacto dessa redu  o na economia local e regional?

A extens  o e os detalhes dos impactos na economia local e regional a partir da redu  o da visita  o no PERD s  o lacunas de informa  o. Todavia,    seguro afirmar que a redu  o da visita  o no PERD impactou suas receitas. Por exemplo, considerando uma visita  o m  dia de 17 mil pessoas antes do rompimento da barragem, que pagaram em m  dia R\$20,00 de ingresso ao parque, estima-se uma receita de R\$ 300.000,00, j   descontadas poss  veis isen  es. Por  m, impactos na escala local e regional n  o foram estimados.

Quais os setores mais afetados?

Apesar da falta de registros oficiais, infere-se que o setor de com  rcio e o de alimentos e bebidas tenham sido os mais afetados.

Que tipo de a  es/projetos/programas poderiam mitigar tais impactos?

A realiza  o das medidas listadas a seguir, por meio da consecui  o de seus objetivos espec  ficos, poder   contribuir para a mitiga  o dos impactos    economia movimentada pelo turismo ligado ao PERD:

- i) Cria  o de fundo de reserva para organiza  es da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD, com o objetivo o “oferecimento de cr  dito a fundo perdido para empresas e pessoas f  sicas do setor de turismo e entretenimento atingidas pela redu  o destas atividades na regi  o”; ii) Fortalecimento do circuito tur  stico no interior e entorno do Parque Estadual do Rio Doce, que tem como objetivos “Garantir

emprego e renda ligados ao turismo às comunidades afetadas, envolver as comunidades locais no planejamento do lazer e turismo da região e fortalecer os laços de sociabilidade e de toponímia dos moradores da região para desenvolvimento de atividades voltadas ao turismo”; iii) Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA, que tem os seguintes objetivos específicos: “Inventariar, de forma participativa, as manifestações culturais do interior e da zona de amortecimento do PERD, propor ações para o resgate das manifestações culturais associando-as à recuperação dos sentidos de pertencimento e identidade regionais, inserir as manifestações locais como expressão da cultura da região em roteiros de visitação e fortalecer os laços de sociabilidade e de toponímia dos moradores da região para desenvolvimento de suas expressões culturais e também ao turismo”.

v) Houve comprometimento da imagem da UC enquanto mantenedora dos serviços ambientais, turísticos 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?

Segundo o gestor do parque e relatório apresentado pelo IEF (2016) a imagem do parque foi prejudicada pelo rompimento da barragem e consequente contaminação por rejeitos, mortalidade de fauna e vegetação. Além disso, em se tratando de um sítio RAMSAR, a imagem também teria sido prejudicada, internacionalmente. O fortalecimento da UC seria uma ação importante para melhorar a imagem e função da unidade, incluindo de ações que promovam a relação entre o PERD e as comunidades do entorno.

Houve comprometimento da imagem da UC enquanto mantenedora dos serviços ambientais, turísticos e de conservação da biodiversidade?

O PERD tinha uma imagem historicamente construída e que foi abalada. Imagem essa ligada a ser um exemplo exitoso de gestão e implantação de uma UC no país, sendo “Sítio Ramsar”, Reserva da Biosfera pela UNESCO, Patrimônio da Humanidade e um dos maiores remanescentes de mata atlântica do Estado de Minas Gerais, premiado por excelência na gestão pública.

Com relação à imagem de mantenedor de serviços turísticos, a associação entre o nome do rio e o nome do Parque pela sociedade em geral provocou o entendimento de que o PERD havia sido atingido pelos rejeitos.

Em quais níveis se deu esse comprometimento (local, regional, estadual, nacional, internacional)?

As evidências, no momento, informam que houve comprometimento local e regional. No entanto, a projeção internacional do Parque, por meio de seu reconhecimento como Sítio Ramsar, Reserva da Biosfera e Patrimônio da Humanidade permite inferir que possa ter ocorrido comprometimento nacional e internacional.

Quais as ações necessárias para restabelecer a imagem e a função da unidade em todas estas instâncias?

A realização das medidas listadas a seguir, por meio da consecução de seus objetivos, poderá contribuir para o restabelecimento da imagem e função do Parque Estadual do Rio Doce: i) *Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD*, com o objetivo específico de “Oferecer recursos aos atingidos do setor de turismo e entretenimento para recuperarem suas atividades econômicas”; ii) *Fortalecimento do circuito turístico no interior e entorno do Parque Estadual do Rio Doce*, que tem como objetivos “Garantir emprego e renda ligados ao turismo às comunidades afetadas, envolver as comunidades locais no planejamento do lazer e turismo da região, fortalecer os laços de sociabilidade e de toponímia dos moradores da região para desenvolvimento de atividades voltadas ao turismo e criar um roteiro de interpretação ambiental baseado no tema da história natural da região; iii) Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA, que tem os seguintes objetivos específicos:

“Inventariar, de forma participativa, as manifestações culturais do interior e da zona de amortecimento do PERD, propor ações para o resgate das manifestações culturais associando-as à recuperação dos sentidos de pertencimento e identidade regionais, inserir as manifestações locais como expressão da cultura da região em roteiros de visitação, e fortalecer os laços de sociabilidade e de toponímia dos moradores da região para desenvolvimento de suas expressões culturais e também ao turismo”.

- w) Qual o grau de comprometimento do rio (e de seus afluentes afetados), da região costeira e área marinha 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?**

Os moradores da Zona de Amortecimento e da Área de Entorno do PERD tiveram comprometidos, sobretudo, os usos dos seguintes recursos: água, recursos pesqueiros e espaços de lazer.

Recursos afetados:

Água:

A indisponibilidade de uso da água do rio Doce para consumo humano, dessedentação animal e irrigação comprometeu as atividades econômicas e de subsistência de uma parcela da população vivendo nas áreas rurais da ZA e seu entorno, conforme registrado no Diagnóstico pós-rompimento e descrito nos impactos *S5 Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água, S6 Prejuízos às atividades econômicas e S10 Alteração da dinâmica demográfica na ZA do Perd.*

Um dos principais recursos afetados é a água e, em decorrência, a criação de animais, as pastagens, as plantações, as hortas e os quitais, conforme registrado no Diagnóstico pós-rompimento e descrito nos impactos *S5 Perda ou interrupção de fonte de abastecimento ou de acesso à água, S6 Prejuízos às atividades econômicas e S10 Alteração da dinâmica demográfica na ZA do Perd.*

Uma das formas de dimensionar os impactos em termos quantitativos encontra-se no Cadastro dos Impactados da Fundação Renova, embora não necessariamente se trate de mapeamento de impactos ou atingidos. Em relação ao acesso à água, o Cadastro do Impactados registra 1692 pessoas impactadas, sendo 1376 que tiveram o abastecimento afetado e 316 que alegaram desabastecimento de água tratada, em dez municípios da área de estudo. No setor agropecuário, registram-se 362 pessoas impactadas em dez municípios, sendo que 256 delas declararam produzir para a comercialização.

A perspectiva temporal de regularização do abastecimento de água é de médio prazo, podendo ocorrer em até dez anos, com a implantação de alternativas estruturantes de segurança hídrica.

A falta de abastecimento ou acesso à água afetou os moradores para além dos impactos em suas atividades econômicas. Registra-se que houve ou que muito provavelmente tenha ocorrido: o *Esgarçamento das relações topofílicas*; a *Fragilização da identidade laboral*; o *Acirramento dos conflitos socioambientais*; a

Ampliação do sofrimento social; a Redução da segurança alimentar e o Aumento na incidência de doenças de veiculação hídrica, como registrado no Diagnóstico pós-rompimento e nas descrições dos impactos do meio socioeconômico.

Há lacunas de informação quanto ao número de famílias direta ou indiretamente afetadas; sobre perdas financeiras e como a restrição do acesso à água para essas famílias tenha afetado a UC.

Recursos pesqueiros:

Os dados sobre aspectos socioeconômicos da pesca e monitoramento da produção pesqueira nos municípios diretamente ligados ao PERD e seu entorno revelam uma geral escassez de informações. Apesar de identificado comprometimento do rio, seus afluentes e área marinha como fonte de recursos pesqueiros, evidenciado pela mortandade de cerca de 2 toneladas de recursos pesqueiros com a chegada dos rejeitos, até o momento, não existem estudos conclusivos sobre a amplitude de contaminação dos recursos pesqueiros que possa determinar a retomada da pesca de forma segura e continua vigente a Portaria IEF nº 40/2017 que regulamenta a pesca na área afetada. Não existem dados consolidados que possam indicar qual a extensão do comprometimento de cada recurso pesqueiro em termos quantitativos e nem o prazo de restauração destes recursos.

Não existem dados sobre o quantitativo de famílias de pescadores afetadas na Zona de Amortecimento e Zona Entorno do PERD. O Cadastro Integrado da Fundação Renova elaborado entre 2016 e 2017, identificou 13.736 pescadores autodeclarados e 35.641 pessoas envolvidas na cadeia produtiva, direta ou indiretamente afetados pelo comprometimento dos recursos pesqueiros ao longo do rio Doce. Contudo, o estudo elaborado pela Fundação Renova denominado “Monitoramento e Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira no rio Doce e no Litoral do Espírito Santo”, conclui que “para a região do médio rio Doce não foram localizados trabalhos voltados a descrição socioeconômica da pesca e a inexistência de informações específicas sobre a pesca nos municípios de Zona de Amortecimento e entorno do PERD. O estudo destaca ainda que para os municípios de Córrego Novo, Dionísio, Marliéria, Pingo d’água, Raul Soares nem mesmo é encontrado registro oficial de pescador (RGP),

Informações mais recentes, registradas nos cadastros dos Programas da Fundação Renova PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e indenização dos impactados, somam um total de 1.890 pescadores em Minas Gerais todas as categorias relativas aos impactos à atividade pesqueira estabelecidas pela Fundação Renova. Deste total, especificamente nos municípios da área de estudo, existem pescadores residentes em Bom Jesus do Galho (953); Caratinga (152); Coronel Fabriciano (17); Córrego Novo (3); Dionísio (46); Ipatinga (213); Marliéria (1); Pingo D’Água (78); Santana do Paraíso (407) e Timóteo (20)¹⁴⁷.

Não é possível estimar a perda financeira dos pescadores afetados, uma vez que não existem estudos conclusivos sobre o rendimento da pesca pré-rompimento. Para se compreender os valores da produção é necessário um levantamento qualitativo em campo, junto com os pescadores, já que os preços dos pescados podem se diferenciar pelo tamanho do exemplar capturado e pela relação de comercialização direta (pescador – consumidor final) ou indireta (pescador – atravessador – consumidor final). O que deve ser

¹⁴⁷ Informações disponibilizadas pela Fundação Renova em 18 de março de 2021, a partir dos dados sistematizados no escopo dos Programas PG 01: Levantamento e cadastro dos impactados e PG 02: Ressarcimento e Indenização dos Impactados. Vale destacar de que os números aqui apresentados foram atualizados em 28 de fevereiro de 2021 e são dinâmicos, haja visto que o quantitativo dos cadastros e as indenizações vêm sendo realizadas em ritmo intenso, alterando números totais a cada semana.

compreendida é a importância da pesca na sobrevivência das famílias e segurança alimentar, fato evidenciado pelo dado de que a destinação da produção pesqueira é cerca de 50% para consumo e 50% para comercialização, e que as condições da pesca vem afetando tanto a dieta alimentar quanto rebote também em perdas econômicas pelo acréscimo das despesas das famílias com alimentação.

Espaços de lazer e turismo:

O rio Doce foi totalmente comprometido pela lama de rejeitos, afetando assim os 40 km de divisas do PERD, com a chegada da lama e sua ressuspensão no momento de cheias posteriores, que geraram turbidez de suas águas, mortandade de peixes e interrupção de atividades de lazer e turismo. Os recursos afetados dizem respeito à paisagem bem conservada da margem esquerda do rio, protegida pelo PERD, com sua floresta, animais, além dos atrativos histórico-culturais e o espelho d'água do rio com seus remansos e trechos encachoeirados. Isso mudou a relação das comunidades locais e regionais com o lugar. Não há dados quantitativos sobre tais impactos, no que diz respeito ao número de pessoas que utilizavam a calha do rio na área de estudo. Contudo, o rio era o locus de lazer ao ar livre dos munícipes da região leste do PERD. Estima-se que a totalidade das atividades de lazer no rio tenham sido interrompidas, num primeiro momento.

A perspectiva temporal de recuperação das atividades de lazer e turismo é de médio prazo, estimada em até dez anos. Para que isso ocorra num tempo mais adequado (menor), é importante o investimento em ações de recuperação da imagem da UC e também sobre a qualidade das águas do rio Doce e seus afluentes. Com isso, haverá o restabelecimento das áreas de lazer para os moradores, que poderão retomar suas práticas materiais e simbólicas.

Não há informações sobre as perdas financeiras, mas indicativos de que a cadeia produtiva do turismo foi impactada negativamente. Notadamente, o funcionamento de bares populares e clubes, que tinham o peixe vendido em pratos e petiscos; e as atividades culturais que eram realizadas nesses bares e clubes, como atrações musicais; ao lazer noturno; e ao funcionamento de um aeroclube (Aeroclube Aerovão), de onde se faziam sobrevoos ao Parque, todas esses equipamentos deixaram de funcionar com suas atividades interrompidas. Devido à perda desses espaços de lazer e recreação, houve no PERD, uma pressão (aumento) dos usos de áreas clandestinas e de lagoas no interior da UC. Relatos sobre pesca em áreas não autorizadas e caça a animais silvestres, inclusive com um aumento dos preços destes no mercado local clandestino, foi constatado.

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?

A realização das medidas listadas a seguir, por meio da consecução de seus objetivos, poderá contribuir para restauração dos recursos afetados:

Água:

i) Segurança hídrica para territórios rurais, que tem como objetivos específicos: “Propor métodos, manejos e/ou tecnologias sociais para aumento da segurança hídrica, com alternativas para redundância hídrica e tratamento de efluentes, habilitar a população local sobre as tecnologias alternativas para abastecimento e para tratamento de efluentes, viabilizar técnica e financeiramente a implantação das soluções validadas, viabilizar técnica e financeiramente a implantação de sistemas agroflorestais como alternativa produtiva voltada à produção natural de água”, e estimular a participação da população local na articulação com Defesa Civil, poder público local e estadual na gestão de eventos climáticos críticos (inundações e estiagens

prolongadas)".

Recursos pesqueiros:

ii) Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores, que tem dentre seus objetivos: "Fortalecer os/as pescadores/as para a participação qualificada em processos de mitigação/recuperação, promover e/ou fortalecer instrumentos democráticos de tomada de decisão sobre as medidas de mitigação/recuperação, promover a comunicação entre as partes interessadas para processos transparentes de tomada de decisão relacionados as medidas de mitigação/recuperação, promover a ampla divulgação de informações em formato e linguagem condizente aos grupos sociais atingidos e sociedade sobre os processos de implementação das medidas de mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão".

ii) Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce por meio dos objetivos: "Promover a produção de alimento saudável para a população, promover a geração de renda advinda da comercialização dos produtos produzidos, viabilizar a conservação do meio ambiente, por meio de práticas produtivas alinhadas ao manejo sustentável de recursos naturais cultivados, contribuir para a retomada da relação dos grupos sociais atingidos com os recursos pesqueiros e o meio ambiente".

Espaços de lazer e turismo:

i) *Criação de fundo de reserva para organizações da cadeia produtiva do turismo na zona de amortecimento do PERD*, que tem como objetivo específico "Oferecer recursos aos atingidos do setor de turismo e entretenimento para recuperarem suas atividades econômicas".

ii) *Fortalecimento do circuito turístico no interior e entorno do Parque Estadual do Rio Doce*, que tem como objetivos "Garantir emprego e renda ligados ao turismo às comunidades afetadas, envolver as comunidades locais no planejamento do lazer e turismo da região, fortalecer os laços de sociabilidade e de topofilia dos moradores da região para desenvolvimento de atividades voltadas ao turismo e criar um roteiro de interpretação ambiental baseado no tema da história natural da região.

iii) *Renovação e valorização dos espaços de lazer e de educação ambiental nos municípios a leste do Parque Estadual do Rio Doce*, que objetiva "Renovar os espaços de lazer existentes nos municípios do setor leste do PERD, oferecendo atividades críticas e criativas de lazer para as comunidades"

iv) *Incentivo às festividades e demais manifestações culturais no PERD e ZA*, que tem como objetivos específicos: "Inventariar, de forma participativa, as manifestações culturais do interior e da zona de amortecimento do PERD, propor ações para o resgate das manifestações culturais associando-as à recuperação dos sentidos de pertencimento e identidade regionais, inserir as manifestações locais como expressão da cultura da região em roteiros de visitação, e fortalecer os laços de sociabilidade e de topofilia dos moradores da região para desenvolvimento de suas expressões culturais e também ao turismo".

Ainda, estima-se que, além das medidas indicadas para cada um dos recursos comprometidos, as medidas a seguir poderão contribuir para a sustentabilidade da comunidade e para harmonizar a relação entre a UC e a comunidade.

i) *Organização de iniciativas de formação comunitária*, que tem como objetivos específicos "Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de apoios às políticas públicas de educação, saúde, cultura e meio ambiente e, em especial no apoio às

iniciativas junto ao Parque Estadual do Rio Doce (PERD), apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na produção de melhores condições de vida e melhores cotidianos, apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de redes de apoio mútuo e na construção de resiliência coletiva”.

ii): *Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD* por meio dos objetivos específicos: “Identificar potenciais áreas de conflito entre interesses de grupos sociais residentes na Zona de Amortecimento do PERD e as finalidades do Parque, identificar compra e venda ilegais de áreas próximas ao PERD, apoiar o planejamento de políticas públicas de expansão populacional nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD”.

- x) Quais os tipos de pressão sobre as UCs foram intensificados 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).**

O PERD sofre historicamente com a caça, que é um dos problemas crônicos desta UC. Dois dos maiores troféus cinegéticos originalmente encontrados na área, o mutum-de-bico-vermelho *Crax blumenbachii* e a jacutinga *Aburria jacutinga*, estão provavelmente extintos no local. Outras importantes espécies cinegéticas ainda presentes na UC são o macuco *Tinamus solitarius*, o jaó-do-sul *Crypturellus noctivagus* e os jacus *Penelope* spp. O gestor do PERD revelou, em entrevista, um marcado aumento da pressão da caça na área da UC após o desastre. Faltam dados, no entanto, sobre o tipo de caça visado, mas é bem provável que as espécies de ave cinegéticas aqui relacionadas, mesmo sem constituir alvo principal dos caçadores, tenham sofrido impactos advindos do desastre. Além das ações gerais, como o aumento da fiscalização, educação ambiental e melhoria das condições socioeconômicas da população local, a reintrodução das duas espécies de Cracidae que se encontram possivelmente extintas é uma medida fortemente recomendada. Isso porque o PERD possui extensas áreas com habitat adequado para essas duas espécies de Cracidae, as quais possuem destacada importância ecológica na dispersão de frutos (Brooks, 2006; Delacour et al., 2004).

Assim como a caça, a pesca predatória também não é uma novidade no PERD. No entanto, segundo o relato do gestor, essa atividade se intensificou por consequência do rompimento da barragem. Associada a introdução e presença de espécies exóticas e alóctones, a pesca predatória tem um potencial considerável de reduzir ainda mais a riqueza e diversidade funcional da ictiofauna nativa, nas lagoas do parque. Com o prolongamento do período de pandemia, é esperado que este problema seja ainda mais agravado, sendo cada vez mais necessária uma intensificação da fiscalização, associada a ações de educação ambiental, com o objetivo de mitigar esse impacto.

O comprometimento de recursos pesqueiros na calha do rio Doce resultou em um aumento de pressão de pesca em lagoas na Zona de Amortecimento do PERD, uma vez que pescadores migraram suas pescarias da área afetada no rio Doce em busca de recursos pesqueiros em áreas no interior do PERD.

Quais ações devem ser utilizadas para mitigar as pressões exercidas sobre a UC? (Destaque para o incremento de caça e pesca dentro das UCs).

Estima-se que a consecução dos objetivos das medidas elencadas a seguir possa contribuir para a mitigação das pressões exercidas sobre o PERD: i) *Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores* que tem dentre seus objetivos específicos: “Fortalecer os/as pescadores/as para a participação qualificada em processos de mitigação/recuperação, promover e/ou fortalecer instrumentos democráticos de tomada de decisão sobre as medidas de mitigação/recuperação, promover a comunicação entre as partes interessadas

para processos transparentes de tomada de decisão relacionados as medidas de mitigação/recuperação,; “Promover a ampla divulgação de informações em formato e linguagem condizente aos grupos sociais atingidos e sociedade sobre os processos de implementação das medidas de mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão”; ii) Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce por meio dos objetivos: “Promover a produção de alimento saudável para a população, promover a geração de renda advinda da comercialização dos produtos produzidos, viabilizar a conservação do meio ambiente, por meio de práticas produtivas alinhadas ao manejo sustentável de recursos naturais cultivados, contribuir para a retomada da relação dos grupos sociais atingidos com os recursos pesqueiros e o meio ambiente”.

Quais ações de apoio à comunidade podem diminuir as pressões observadas na UC?

i) Organização de iniciativas de formação comunitária, que tem como objetivos específicos “Apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de apoios às políticas públicas de educação, saúde, cultura e meio ambiente e, em especial no apoio às iniciativas junto ao Parque Estadual do Rio Doce (PERD), apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na produção de melhores condições de vida e melhores cotidianos, apoiar as comunidades direta ou indiretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão na organização de redes de apoio mútuo e na construção de resiliência coletiva”; ii) Fortalecimento da organização social e produtiva dos pescadores que tem dentre seus objetivos específicos: “Fortalecer os/as pescadores/as para a participação qualificada em processos de mitigação/recuperação, promover e/ou fortalecer instrumentos democráticos de tomada de decisão sobre as medidas de mitigação/recuperação, promover a comunicação entre as partes interessadas para processos transparentes de tomada de decisão relacionados as medidas de mitigação/recuperação, promover a ampla divulgação de informações em formato e linguagem condizente aos grupos sociais atingidos e sociedade sobre os processos de implementação das medidas de mitigação/recuperação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão”; iii) Monitoramento demográfico na zona de amortecimento do PERD por meio dos objetivos específicos: “Identificar potenciais áreas de conflito entre interesses de grupos sociais residentes na Zona de Amortecimento do PERD e as finalidades do Parque, identificar compra e venda ilegais de áreas próximas ao PERD; apoiar o planejamento de políticas públicas de expansão populacional nos municípios da Zona de Amortecimento do PERD”.

y) Quais ações de apoio à comunidade podem diminuir as pressões observadas na UC? Sendo constatado o aumento da pesca na UC, e considerando que espécies mais sensíveis tendem ter suas populações reduzidas, qual a viabilidade da reprodução dessas espécies em cativeiro? Considerando as espécies mais valorizadas para a pesca comercial, qual a viabilidade de criação de áreas de produção dessas espécies para exploração pela comunidade do entorno da UC?

A reintrodução de espécies de peixes é um tema polêmico, dado que é necessário um estudo muito aprofundado antes de qualquer tentativa. Exemplares reintroduzidos podem carregar doenças e parasitas, oferecendo risco à ictiofauna já existente. Estes exemplares podem não estar adaptados às condições ambientais do local de reintrodução, se tornando mais suscetíveis a doenças e parasitas já presentes no ambiente. Além disso, é muito difícil garantir a sobrevivência dos indivíduos e a variabilidade genética necessária para que haja a manutenção das populações introduzidas, a longo prazo.

Por outro lado, a possibilidade de criação de sítios de aquicultura é bastante válida como substituto da atividade econômica dos pescadores profissionais e possibilidade de redirecionamento do turismo de pesca,

mesmo que temporariamente. No entanto é necessário que o foco seja na criação de espécies nativas e autóctones do rio Doce, diminuindo a chance de introdução acidental de mais espécies exóticas e alóctones neste ambiente já fragilizado. Além disso, sítios de aquicultura focados em espécies autóctones, podem, caso seja de fato necessário, servir de fonte para reintrodução de espécies. Assim, é necessário que seja feito um planejamento de plantel, pensando na diversidade genética.

Estima-se que a consecução dos objetivos da medida indicada a seguir possa contribuir para a viabilidade da reprodução de espécies em cativeiro: i) Fomento à cadeia produtiva da aquicultura no entorno do Parque Estadual do Rio Doce por meio dos objetivos: “Promover a produção de alimento saudável para a população, promover a geração de renda advinda da comercialização dos produtos produzidos, viabilizar a conservação do meio ambiente, por meio de práticas produtivas alinhadas ao manejo sustentável de recursos naturais cultivados, contribuir para a retomada da relação dos grupos sociais atingidos com os recursos pesqueiros e o meio ambiente”.

- z) Com o rompimento da barragem houve forte incremento das invasões humanas na UC? Quais os impactos desse aumento na frequência e magnitude de incêndios florestais? 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?**

Houve relatos do aumento da presença de pessoas no PERD praticando a caça e a pesca ilegal, abrindo picadas e extraindo epífitas e palmito. Potencialmente, haveria maior probabilidade de incêndios associados à presença humana, causando pressões ainda maiores, que vão além da caça e da pesca, sobre a biodiversidade. A limitação do acesso (caso os gestores do parque julguem necessário), aumento da fiscalização, incremento das atividades de educação ambiental, fortalecimento da relação entre a UC e comunidades do entorno e eventualmente o fechamento da estrada que atravessa o parque e serve (também) como via de acesso à entrada de pessoas são ações que poderiam mitigar os problemas apontados.

10.2. Perguntas específicas PE Rio Doce

- a) Quais os efeitos dos impactos decorrentes do evento sobre a avifauna local, em especial as espécies migratórias, na região do PERD e seu entorno?**

Apesar das grandes lacunas de conhecimento que impedem uma análise mais precisa e detalhada, alguns impactos sofridos pela avifauna do PERD são evidentes. Estes impactos, entretanto, dependem muito do grupo sob análise, variando entre o desprezível e o dramático. Estes impactos também variam espacialmente, pois os mais graves impactos ficaram concentrados ao longo do rio e de uma estreita faixa da vegetação ripária, não atingindo o sistema lacustre e a quase totalidade da vegetação florestal. De uma maneira geral, as espécies mais impactadas são aquelas diretamente associadas à calha do rio Doce e áreas úmidas associadas, especialmente aquelas espécies aquáticas e que se alimentam de recursos obtidos no rio, tais como peixes, invertebrados aquáticos e macrófitas aquáticas. Dentre estas espécies destacam-se as marrecas (Anatidae), biguás (Phalacrocoracidae), socós e garças (Ardeidae) e martim-pescadores (Alcedinidae) (Accordi, 2010; Sick, 1997). O relatório técnico no. 04/2015 e a nota técnica 01/2016/PERD/ERRD, produzidos pelo gestor do PERD, bem como notícias veiculadas pelos diversos veículos de imprensa na época do acidente, confirmam a grande mortandade de peixes ao longo do Rio Doce. A mortalidade de aves aquáticas e o consumo de carcaças de peixes e outras fontes de alimento

potencialmente contaminadas pelas aves sobreviventes também foi relatada. Contagens supostamente baixas de algumas espécies de aves aquáticas ao longo da calha do Rio Doce também foram reportadas nos relatórios supracitados, bem como no relatório do Instituto Lactec (2018). As aves aquáticas aqui listadas, embora em sua maior parte residentes, possuem elevada vagilidade, sendo capazes de realizar movimentos dispersivos de longa distância em resposta a alterações nas condições de seus habitats, especialmente em relação à oferta de alimento (Hancock e Kushlan, 1984; Sick, 1997). Assim movimentações locais e mesmo regionais provavelmente ocorreram, o que pode ter estendido o impacto sofrido na calha do rio para os lagos do PERD e para outros corpos hídricos da região, que de repente passaram a receber um número elevado de indivíduos, talvez contaminados. É importante destacar, no entanto, que o médio curso do Rio Doce não é uma área de conhecida importância para aves aquáticas e que nenhum ninhal relevante é conhecido na região.

Espécies ripícolas (Accordi, 2010) também foram impactadas pelo acidente, embora provavelmente em menor grau. O casaca-de-couro-da-lama (*Furnarius figulus*), bentevizinho-do-brejo (*Philohydor lictor*) e lavadeira-mascarada (*Fluvicola nengeta*), constituem bons exemplos de espécies que, apesar de intimamente associadas com ambientes ripícolas, também forrageiam em ambientes terrestres (Ridgely e Tudor, 2009; Sick, 1997), não estando, portanto, em contato permanente com a água e sedimentos do rio, consumindo também alimentos capturados na vegetação ripária adjacente.

Aves exclusivamente associadas com ambientes terrestres, especialmente as espécies florestais constituem as espécies mais abundantes e ameaçadas do PERD, sendo prioridade de conservação. Espécies incluídas nesse grupo sofreram impactos muito pequenos, talvez desprezíveis. Isso porque a maioria das espécies de aves associadas a florestas úmidas tropicais é residente ao longo do ano, muitas vezes defendendo territórios de uso múltiplo ao longo de toda a sua vida (Stutchbury e Morton, 2001). Ou seja, indivíduos dessas espécies residentes nas áreas mais interioranas do parque provavelmente não se aproximarão da calha do rio Doce ao longo de sua vida. Portanto, somente serão impactados através da ação de biovetores ou de alterações dramáticas nas cadeias tróficas.

Com relação às espécies de aves migratórias, ainda existem profundas lacunas de conhecimento em nível nacional e, especialmente, regional (Somenzari et al., 2018). Isso porque nem todas as populações de uma dada espécie são migratórias, existindo populações, especialmente em áreas tropicais úmidas, que são residentes ao longo de todo o ano, ao passo que populações encontradas em áreas mais frias e/ou secas frequentemente exibem habitats migratórios (Rappole, 2013). A existência de migração parcial (Şekercioğlu, 2010), migração altitudinal (Barçante et al., 2017) e o desconhecimento de detalhes das rotas migratórias da maioria das aves brasileiras (CEMAVE, 2020; Somenzari et al., 2018), dificultam até mesmo a identificação das espécies migratórias ocorrentes no PERD, quem dirá os impactos sofridos. Tendo em mente todas essas limitações, alguns padrões gerais parecem emergir. Espécies florestais migratórias, novamente, sofreram provavelmente pouco ou nada com os impactos do acidente. Já as espécies limícolas visitantes setentrionais, tais como os Charadriidae e Scolopacidae que realizam migrações intercontinentais (Hayman et al., 1986; Sick, 1997), podem ter sofrido grandes impactos. Entretanto, visto que, até onde se sabe, o PERD não integra nenhuma rota migratória importante desses migrantes setentrionais, é provável que este impacto, embora potencialmente grave, tenha sido sentido por um número relativamente pequeno de indivíduos, especialmente por indivíduos vagantes e fora das rotas habituais de migração.

b) Há conexão dos lagos com o rio Doce por meio de suas vazantes naturais ou por vias subterrâneas?

A literatura geológica sobre o sistema lacustre do médio rio Doce aborda os aspectos ligados à sua gênese e evolução, não havendo trabalhos específicos sobre a circulação das águas subterrâneas na área. Estudos

hidrodinâmicos envolvem instrumentação própria específica como rede de piezômetros, dados históricos de nível d'água e monitoramento analítico, usos de traçadores, análises isotópicas, entre outros.

Tomando como ponto de partida as informações da bibliografia, os lagos do PERD estão encaixados em antigos vales, barrados por terraços de acumulação e alçados a cerca de 20 m do leito do rio Doce (PFLUG, 1969).

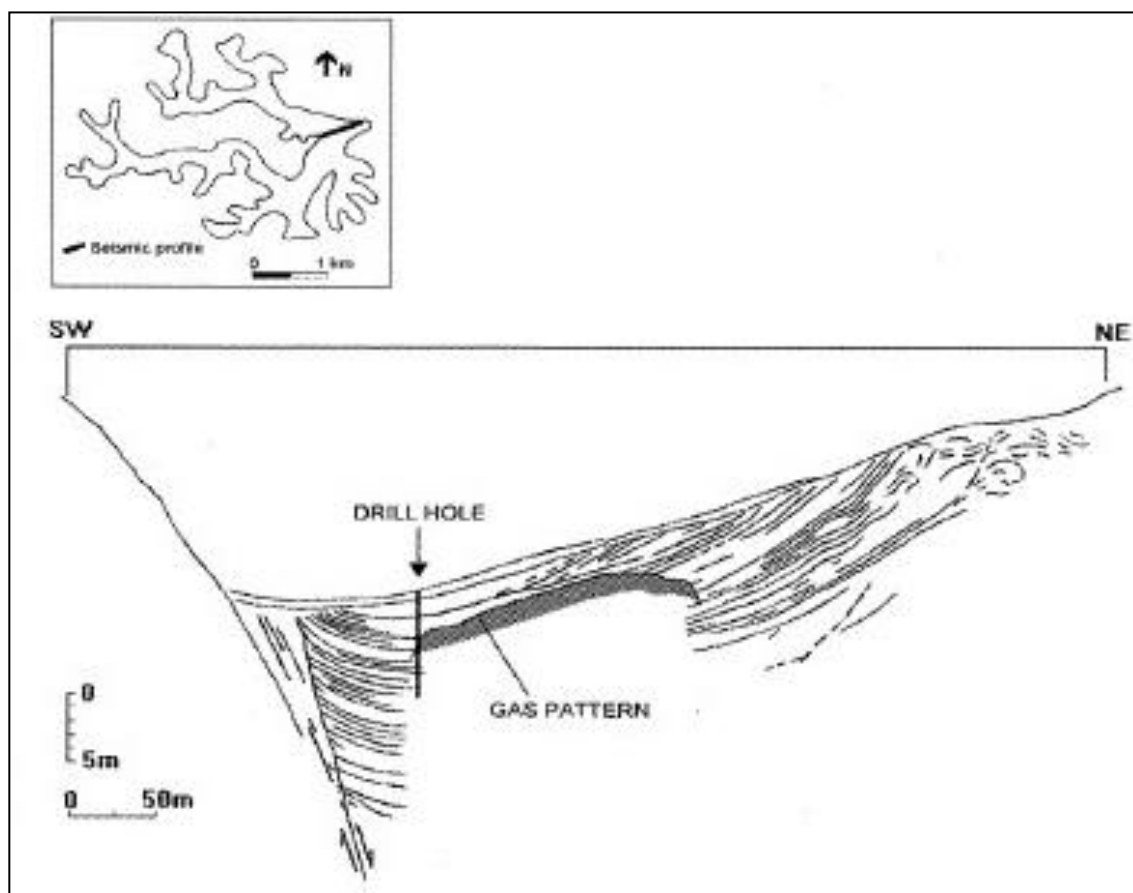
A partir de fotointerpretação no sistema lacustre (Barbosa e Kohler, 1981; Mello, 1997) delimita-se uma superfície de terraços fluviais cercando corpos lacustres ao longo dos vales dos rios que cortam o PERD. Os lagos estão mais concentrados ao longo de paleocanais, que representam parte do traçado do antigo curso do rio Doce.

O trabalho de Barbosa e Kohler (1981), estudando a tipologia dos lagos conclui que a maior parte dos lagos não está ligada ao leito ou aos regimes atuais do rio Doce, não sendo classificáveis como lagos de planície aluvial. No entanto, os autores descrevem os lagos localizados nas margens do rio Doce, com uma desembocadura (dreno) sendo submetidos as oscilações do regime do rio principal e assim menos suscetíveis a processos de colmatção.

Mello (1997) e Mello et al. (1999) atribuem a mecanismos neotectônicos o condicionante principal da origem do sistema de lagos. O último evento tectônico reconhecido na área foi provavelmente o responsável pelo isolamento definitivo do ambiente lacustre de um sistema fluvial adjacente, com uma migração abrupta do canal do rio Doce para uma posição a sudeste.

Os levantamentos geofísicos executados no lago Dom Helvécio, o maior lago do PERD, registram a presença mecanismo de falhamento normal com basculamento de bloco, associados a um evento holocênico (Figura 108) provavelmente associados ao último evento tectônico (Figura 108). Este perfil está localizado em área de desembocadura do lago, evidenciando uma origem essencialmente tectônica no barramento do lago Dom Helvécio (Mello, 1997).

Figura 108. Perfil sismoestratigráfico na desembocadura do lago Dom Helvécio.



Fonte: Modificado de MELLO et al. (1999).

Do exposto, configura-se no sistema de lagos do médio rio Doce, um quadro geológico bastante complexo envolvendo rochas metamórficas do embasamento, depósitos flúvio-aluvionares inativos e ativos e estruturas relacionadas a atividades tectônicas recentes. De forma conceitual e não conclusiva, a questão da conexão dos lagos com o rio Doce pode se dar de duas maneiras distintas.

A primeira, é restrita aos lagos localizados próximos ao leito do rio Doce sujeitas as oscilações do regime do rio principal conforme descrito Barbosa e Kohler (1981). É uma conexão rio-lago via águas superficiais e subterrânea em momentos de excedente hídrico. A segunda, ocorre em lagos localizados no interior do PERD em cotas mais elevadas que o leito do rio Doce. Por terem um potencial mais elevado, as águas subterrâneas dos lagos tendem a seguir para área de descarga natural, o rio Doce, que representa o nível de base local. As águas subterrâneas podem assim fluir no sentido preferencial lago-rio tanto em meio poroso nos depósitos flúvio-aluviais holocênicos e/ou em fraturas e falhas abertas presentes nas rochas do embasamento. Além do rio Doce, pode haver uma contribuição de águas subterrâneas dos lagos os demais rios que cruzam o PERD como o ribeirão Mombaça, ribeirão do Turvo e ribeirão Belém.

Em efeito, o Gestor do Parque Estadual do Rio Doce Vinicius de Assis Moreira relatou, a partir de testemunhos dos guarda-parques, que após anos comparativamente secos, em 2020/2021 um maior transbordamento rio Doce atingiu 14 lagoas na ZA e entorno (Lagoa Ariranha, Lagoa Barra, Lagoa Amarela, Lagoa Palmeirinha, Lagoa Jacaré, Lagoa Alméciga, Lagoa Poço Redondo, Lagoa Caxote, Lagoa Timbure, Lagoa Remoarda, Lagoa Carvão com Azeite, Lagoa da Quadra, Lagoa Café, Lagoa Aguapé).

Pesquisas sobre a dispersão de espécies exóticas de peixes têm como hipótese a formação de uma “rede”

de uma “rede” de comunicação entre lagos em pontos de extravasamento de água e a formação de um conjunto de cursos d’água superficiais que podem atingir os rios nos períodos de maior precipitação (Latini e Petrer Jr 2004; Latini 2016).

c) Em caso de Cheias [sic] no rio Doce acima da média dos últimos 10, 50 e 100 anos, há risco de expansão da lama para os lagos no interior da UC?

As simulações hidráulicas disponíveis até a presente data contemplam eventos de até tempo de retorno de 10 anos. Ademais, são simulações realizadas sobre uma base de dados topobatimétricos pouco precisa, o que torna mais incerta a avaliação dos resultados obtidos.

A estimativa de vazão máxima para o Cachoeira dos Óculos para o tempo de retorno de 10 anos é da ordem de 1600 m³/s e para o tempo de retorno de 100 anos, da ordem de 2400 m³/s. As profundidades de escoamento para essas vazões de referência, com base na curva cota-descarga da estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos são, respectivamente, de 6,5 m e 8,0 m, a partir do fundo da seção transversal do rio Doce, nesse trecho.

Com base nas informações topográficas disponíveis, é possível estimar o desnível entre a área do PERD onde os lagos estão localizados e a planície fluvial do rio Doce em cerca de 25 m. Portanto, as cheias com tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos não resultarão na expansão da lama de rejeitos para os lagos no interior da UC.

Há, atualmente, uma base topográfica de alta definição disponível e que está sendo utilizada para novas simulações hidráulicas de eventos de cheias de diferentes tempos de retorno, o que permitirá o mapeamento das manchas de inundação com baixa incerteza. Os resultados desse estudo ainda não estão disponíveis.

d) Quais os efeitos da permanência da pluma de rejeitos oriunda das intervenções da Usina de Candonga na região do PERD, desde o início das intervenções até o momento atual?

As estimativas de volume de rejeitos retidos na Usina de Candonga situam-se por volta de 9,0 milhões de m³, apesar de tal volume ter se alterado em razão da gradual dragagem do rejeito para a Fazenda Floresta. Parte desses rejeitos são ressuspensos durante as cheias no rio Doce e a operação da UHE Risoleta Neves (Candonga). Os trabalhos de desassoreamento da área de armazenamento da UHE também acabam por promover a ressuspensão e o transporte de parte dos rejeitos, ainda que seja uma pequena fração em relação ao volume removido. São, portanto, fontes de aportes continuados de rejeitos para a área do PERD, além dos rejeitos depositados entre a UHE Risoleta Neves e a área do PERD na calha do rio Doce. Portanto, esses depósitos de rejeitos contribuem em alguma medida para manter os impactos sobre a área da UC, embora, com o tempo, note-se uma redução em intensidade desses efeitos negativos da presença de rejeitos no meio.

Cada momento de intervenção a montante da Usina de Candonga causa deslocamento de lama de rejeitos e provoca, em menor proporção, os mesmos efeitos do deslocamento da lama de rejeitos ocorrido após o rompimento da barragem de fundão, aumento de turbidez, alterações físico-químicas na água, redução da concentração de oxigênio dissolvido e deposição de sedimento, que irá provocar novos eventos de mortandade de peixes e de outros organismos associados aos ambientes aquáticos.

e) Os impactos na comunidade pesqueira localizada no entorno do PERD promoveram o aumento na pesca e caça no interior do PERD? Qual o impacto deste aumento na biodiversidade local e na relação entre o PERD e a comunidade?

De acordo com o gestor do PERD, houve um aumento significativo da caça de jacarés no parque que estaria ligado à diminuição das atividades de pesca na região. Esse impacto acarreta na diminuição das populações de jacaré do PERD. Entretanto, é pouco provável que a pressão de caça seja grande o suficiente para diminuir as populações desta espécie a ponto de afetar as funções dessa espécie nos ecossistemas lacustres do PERD.

Houve aumento da pesca predatória nos lagos do PERD, tanto das espécies introduzidas quanto das espécies nativas. O aumento da pressão de pesca sobre as populações de peixes nativas em ambientes como os das lagoas do PERD, onde a conexão com o rio Doce não é permanente e nem muito frequente, pode causar um declínio irreversível, direcionando algumas populações à extinção local nas lagoas atingidas.

Há indicativos de que houve migração da pesca, que ocorria anteriormente na calha principal do rio Doce, para as lagoas do PERD e lagoas de entorno, o que indica um aumento da pressão de captura de recursos pesqueiros no interior do parque. Isto teve, por consequência, conflitos na relação entre os pescadores e o Parque sendo registrado em diferentes localidades que os pescadores se sentem marginalizados e têm medo de represálias por parte dos órgãos ambientais. De acordo com o Fundo Brasil de Direito Humanos (2018), enquanto vigora a Portaria, milhares de pescadores atingidos têm receio de se autodeclarar como tal, por medo de serem vistos como criminosos e têm medo de exercer a pesca e sofrerem sanções legais, o que indica o acirramento dos conflitos entre comunidades e órgãos de fiscalização das atividades de pesca no Parque.

Devido à ausência de um monitoramento pesqueiro de longo prazo na região, não existem informações suficientes sobre estoques e produção pesqueira que possam responder ao nível de impacto do potencial aumento da pesca no interior do PERD na biodiversidade local.

f) Considerando o trecho do rio Doce limítrofe ao PERD, bem como os cursos de água e lagoas localizadas no interior do PERD, que alterações se observaram com relação à conservação de peixes e anfíbios? Houve alguma espécie que teve sua frequência ou dominância significativamente alterada? Houve alguma alteração na riqueza de espécies?

No trecho do rio Doce limítrofe ao PERD, o pulso de inundação causado pela passagem do rejeito ou por cheias sazonais subsequentes extravasaram muito pouco a calha do rio e, assim, não atingiu ambientes terrestres não marginais. Apesar de algumas espécies de anfíbios utilizarem as margens do rio Doce limítrofe ao PERD como habitat de forrageamento, esse local não é utilizado para reprodução dessas espécies, que em sua maioria se reproduz em corpos d'água parada no interior do parque. Apesar de não ter extravasado muito a calha do rio, segundo o gestor do parque, o pulso de inundação afetou cerca de 30 metros dos tributários que vêm da UC e desaguam no Rio Doce, como o ribeirão Belém. Devido ao seu porte médio e a presença de pequenos peixes o ribeirão Belém, assim como os ambientes marginais ao rio Doce, também não é um ambiente utilizado por poucas espécies de anfíbios para a reprodução. Assim, apesar dos impactos no meio físico nas margens do rio Doce e nos seus tributários, o impacto sobre a conservação de anfíbios provavelmente foi de baixa importância.

Já as lagoas localizadas no interior do PERD, apesar de também não abrigarem espécies de anfíbios relevantes para a conservação (a maioria delas ocorre em poças temporárias na borda e interior da floresta), abrigam um grande contingente populacional de diversas espécies e, por isso, tem um importante papel na

conservação dos anfíbios do PERD. Entretanto, essas lagoas não tiveram contato com a água do rio Doce e, portanto, não foram afetadas pelo desastre.

Não há dados pretéritos ou pós-rompimento que permitam verificar alterações na riqueza, frequência ou dominância de espécies de anfíbios nesses ambientes.

Apoiando-se na análise comparativa entre os dados levantados para a linha de base e os obtidos nas campanhas de monitoramento já realizadas, é possível afirmar que houve significativa perda de riqueza e abundância da ictiofauna do rio Doce, por consequência das alterações decorrentes do rompimento da barragem de fundão.

Devido à falta de padronização metodológica, tanto com relação às técnicas usadas, quando ao esforço e sítios amostrais, não é possível falar acerca da exclusão pontual de espécies. É certo que no momento da chegada da lama, o pico de aumento de turbidez causou o esvaziamento, provavelmente completo, de espécies da ictiofauna do rio Doce, seja por morte ou por deslocamento forçado para os tributários. O mesmo ocorre periodicamente, em proporções variáveis, a cada evento de ressuspensão a depender da intensidade e duração de cada um deles.

O que pode ser apontado no momento é que alguns grupos da ictiofauna de hábitos específicos, presentes na linha de base, ainda não foram registrados nos monitoramentos pós-rompimento. Espécies de hábitos bentônicos muito restritos, intimamente relacionadas com habitats de fundo rochoso, altas velocidades de correnteza e grande oxigenação da água, como os Parodontidae (*Apareiodon* e *Parodon*) e os cascudos-laje da subfamília Hypoptopomatinae (*Pareiorhaphis*, em especial), parecem ter desaparecido dos trechos no entrono do PERD. Vale salientar que, as três espécies de *Pareiorhaphis* registradas na linha de base são endêmicas da bacia do rio Doce, sendo que *Pareiorhaphis scutula* e *P. nasuta* estão classificadas na Lista Vermelha de peixes de água doce (ICMBIO/MMA, 2018), como Em Perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR), respectivamente.

Outro grupo bastante afetado foram os detritívoros, dando ênfase aos corimbas da espécie *Prochilodus vimboides*, endêmica do rio Doce, que teve uma perda significativa de abundância e hoje (nas amostragens do monitoramento), mesmo ainda estando presente, apresenta um número de indivíduos muito baixo, quando consideramos as características da espécie.

g) Há ameaça de revogação do título Sítio Ramsar e Reserva da Biosfera pela UNESCO? Quais as ações necessárias para restabelecer a imagem e a função da unidade em todas estas instâncias?

De acordo com o site do Serviço de Informações da Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional - Ramsar (<https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/BR1900RIS.pdf>), os limites do sítio Ramsar no. 1900, "Rio Doce State Park", são os mesmos do Parque Estadual do Rio Doce. É importante notar que as informações constantes no site foram atualizadas pela última vez em julho de 2009, não trazendo, portanto, qualquer menção ao desastre, que ocorreu em data posterior. Na "visão geral" sobre a área, o site da Convenção Ramsar destaca a importância do sistema lacustre da bacia hidrográfica do Rio Doce, o terceiro maior em território nacional, e também o fato do PERD ser o maior fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, abrigando 42 dos cerca de 150 lagos da bacia. Segundo o site, o PERD atende a três dos critérios propostos pela Convenção Ramsar para o reconhecimento de uma área úmida de importância internacional:

Critério 1: Uma zona úmida deve ser considerada de importância internacional se contiver um exemplo representativo, raro ou único de um tipo de zona úmida natural ou quase natural encontrado dentro da região

biogeográfica apropriada.

O PERD é um dos maiores remanescentes florestais da altamente ameaçada ecorregião “Florestas do Interior da Bahia”, que faz parte da província biogeográfica da Mata Atlântica. Esta ecorregião encontra-se sob forte pressão antrópica, tendo sofrido dramática destruição e degradação dos seus habitats originais.

Critério 2: Uma área úmida deve ser considerada de importância internacional se abrigar espécies vulneráveis, em perigo ou criticamente em perigo ou comunidades ecológicas ameaçadas.

O PERD abriga rica biodiversidade, abrangendo um elevado número de espécies ameaçadas de extinção e endêmicas, incluindo plantas, peixes, anfíbios, mamíferos e aves.

Critério 3: Uma área úmida deve ser considerada de importância internacional se suportar populações de espécies vegetais e/ou animais importantes para a manutenção da diversidade biológica de uma região biogeográfica específica.

Além da elevada riqueza e endemismo de sua biota, o PERD abriga algumas espécies de grande importância para a manutenção da diversidade biológica e funcionamento dos ecossistemas, incluindo grandes carnívoros topo de cadeia (felinos em especial) e dispersores de grandes sementes (especialmente primatas e galiformes). A maior parte dessas espécies encontra-se severamente ameaçada de extinção.

O site também destaca o PERD como um dos mais bem estruturados parques de Minas Gerais do ponto de vista turístico, desempenhando um importante papel no turismo local, educação e pesquisa científica.

Dentre os fatores que já afetavam adversamente as características ecológicas do parque antes do desastre, o site destaca: 1) a caça e pesca ilegal; 2) a presença de uma estrada cortando o parque; e 3) a introdução de espécies exóticas de peixes no sistema lacustre do PERD. O site destaca ainda os problemas causados pela poluição dos corpos hídricos no entorno do parque, inclusive do rio Doce.

A partir das características que qualificaram o PERD como um sítio RAMSAR, os problemas pré-existent e considerando os impactos causados pelo desastre, fica claro que o desastre impactou negativamente alguns dos atributos que levaram o PERD a ser reconhecido como um Sítio Ramsar. Entretanto, com as medidas de mitigação e recuperação previstas é perfeitamente possível reverter esses problemas e ainda solucionar/minimizar alguns dos problemas pré-existent.

Em primeiro lugar é necessário esclarecer à Convenção RAMSAR o real nível de independência dos lagos da UC em relação ao rio Doce. Isso porque no próprio site suposta independência desses dois sistemas é colocada de forma ambígua. Em um primeiro momento é dito que “uma vez que os lagos são fechados, ou seja, eles não se comunicam com os afluentes, o ciclo hidrológico é regulado por chuva direta, drenagem da área de captação principal e da camada de água subterrânea, bem como pelo processo de evaporação e transpiração das macrófitas (tradução livre).” Posteriormente é dito que “Há uma conexão temporária entre vários lagos e rios durante a estação das chuvas. Essas redes permitem um fluxo de peixes entre diferentes sistemas hidrológicos (tradução livre).” Até onde foi possível apurar os lagos do parque são independentes do rio, inexistindo indícios de que a lama de rejeito tenha atingido sequer um único lago da UC.

Com relação aos impactos sobre a diversidade biológica local, incluindo organismos terrestres, é preciso destacar que apenas uma estreita faixa da unidade de conservação foi afetada diretamente pelo desastre. Ou seja, a quase totalidade do parque não foi afetada. As diversas medidas visando a recuperação ambiental e restauração ecológica da bacia que estão sendo implementadas irão contribuir para recuperar a qualidade ambiental do sítio Ramsar em questão. Medidas visando a fiscalização e educação ambiental para mitigar o aumento da caça, pesca e extração de plantas nativas também irão reduzir alguns impactos que já existiam e que foram agravados pelo desastre. A avaliação e monitoramento de contaminantes em espécies da fauna

e da flora irá verificar e monitorar a contaminação por metais na biota local. Medidas visando a reintrodução de aves irão auxiliar na recuperação das populações de algumas das espécies de aves mais ameaçadas do PERD, promovendo o restabelecimento de importantes serviços ecossistêmicos.

Medidas específicas visando uma melhor estruturação do parque para receber turistas, incluindo campanhas de marketing para melhorar a imagem do parque perante a sociedade poderão mitigar o impacto do comprometimento da visitação.

Concluindo, os impactos mais graves causados pelo acidente atingiram o rio Doce, não afetando diretamente o sistema lacustre e áreas úmidas associadas no interior do PERD. Portanto, as medidas propostas, se devidamente implementadas, serão suficientes para justificar a manutenção do PERD como um sítio Ramsar.

h) Quais as condições do ecossistema de suporte ao constante despejo da pluma oriunda das intervenções na Usina de Candonga? O ecossistema é resiliente? Qual o limite da resiliência?

As intervenções em Candonga tem efeito similar às ressuspensões que ocorrem no período chuvoso, que foram apontadas na resposta da pergunta (d); porém, não foram identificados estudos quantitativos sobre os efeitos das intervenções na UHE Risoleta Neves na qualidade da água a jusante do barramento.

Para a ictiofauna está sendo observada uma recuperação gradativa de riqueza e abundância de espécies no rio Doce, no entanto estes parâmetros são muito menores do que os detectados nos tributários, indicando que a resiliência do grupo. Porém essa resiliência é totalmente condicionada à integridade dos tributários, visto que o rio Doce, que anteriormente ao rompimento atuava como fonte de diversidade para os seus tributários, passou a ser um sumidouro da diversidade dos tributários.

11. REFERÊNCIAS

ABREU, E.F., CASALI, D. M., GARBINO, G. S. T., LORETTO, D., LOSS, A. C., MARMONTEL, M., NASCIMENTO, M. C., OLIVEIRA, M. L., PAVAN, S. E., TIRELLI, F. P. 2020. Lista de Mamíferos do Brasil. Comitê de Taxonomia da Sociedade Brasileira de Mastozoologia (CT-SBMz). Disponível em: <<https://www.sbmz.org/mamiferos-do-brasil/>>. Acessado em janeiro de 2021.

ACCORDI, I. A. 2010. Pesquisa e conservação de aves em áreas úmidas. In: VON MATTER, S., STRAUBE, F. C., ACCORDI, I. A., PIACENTINI, V. Q., CÂNDIDO, J. F. Jr. (Eds). Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, Brasil, p. 189-216.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., PELICICE, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM. Maringá. 501 p.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., PELICICE, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM. Maringá. 501p.

ALBA, J. M. F. 2018. Recuperação de áreas mineradas. Embrapa. Brasília. 3ª ed. 15 p.

ALI, H., KHAN, E., SAJAD, M. A. 2013. Phytoremediation of heavy metal: Concepts and applications, Chemosphere. v91. p869–881

ALONSO, L. B. N, BARBOSA, F. A. R., BRITO, M. C. W., MAY, P., MAROUN, C., SÁNCHEZ, L. E., KAKABADSE, Y. 2020. Interconexões entre saúde humana e saúde dos ecossistemas: Uma abordagem integrativa para a Bacia do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão. Painel do Rio Doce Questões em Foco. UICN Gland. Suíça:

ALVES, C. B. M., VIEIRA, F., MAGALHÃES, A. L. B., BRITO, M. F. G. 2007. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: BERT TM (Coordenadores). Ecological and genetic implications of aquaculture activities. Kluwer Academic Publishers. Países Baixos. p. 291-314.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2010. PIRH – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Relatório Executivo. Consórcio Ecoplan-Lume. Disponível em: http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PIRH_Doce_Volume_I.pdf Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2016. Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da barragem em Mariana/MG – conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, informe 2015. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR, ANA. Brasília. 50 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2018. HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Estação. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acessado em 28 de outubro de 2018.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2019. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acessado em 22 abril de 2021.

ANDRADE, P. M., PEREIRA, M. C. A, SILVA, L. V. C. 1997. The vegetation of Rio Doce State Park. In: TUNDISI, J. G., SAIJO, Y. (Eds.). Limnological studies on the Rio Doce Valley lakes, Brazil. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. p. 15-21.

ANDRADE, M. T.; VEADOR, M. A. R. V.; MENEZES, M. A. B. C.; ALÍPIO, V. C. Análise da

concentração de metais pesados no rio Piracicaba, Minas Gerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. Anais... São Carlos, 2010. p. 1-15. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_739_16250.pdf>.

ANTICAMARA, J. A., WATSON, R., GELCHU, A., PAULY, D. 2011. Global fishing effort (1950-2010): Trends, gaps and implications. *Fisheries Research*. v107. p131-136.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2019. Nota Técnica Nº 8/2019/SEI/GEARE/GGALI/DIRE2/ANVISA. Dispõe sobre Avaliação de Risco: Consumo de pescado proveniente de regiões afetadas pelo rompimento da Barragem do Fundão/MG. Brasília.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. NBR 10.004 - Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro.

BANDEIRA, F. P., BAQUEIRO, C., JACINTHO, B., LOBAO, J. S. B., MALAFAIA, P. N., MODERCIN, I., MOURA, L., NASCIMENTO, C., RIGUEIRA, D., PIOVESAN, J. 2011. Estudo etnoecológico sobre a percepção de riscos ambientais de comunidades ribeirinhas da Baía de Todos os Santos. Estudo apresentado no 1º Seminário Espaços Costeiros: Dinâmica e conflitos no litoral Baiano. Salvador.

BAPTISTA, M. B., PADUA, V. L. 2016. Restauração de sistemas fluviais. 1. ed. Editora Manole Ltda. São Paulo. 582 p.

BARBOSA G. V., KOHLER H. C. 1981. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia-MG*. v2. p. 37-46.

BARBOSA, A.F., OLIVEIRA, E.T., MIOTO, C.L., PARANHOS FILHO, A.C. 2015. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos, Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ. v38. p. 170-179.

BARBOSA, F.A., SOUZA, E.M.D.M., VIEIRA, F., DE-PAULA, G.C.P., ROCHA, L.A., MAIA-BARBOSA, P.M., MINGOTI, S.A. 1997. Impactos antrópicos e biodiversidade aquática. Biodiversidade, população e economia: uma região de mata atlântica. Biodiversity, population and economy: a region of Atlantic forest. p. 345-454.

BARÇANTE, L., VALE, M. M., ALVES, M. A. S. 2017. Altitudinal migration by birds: a review of the literature and a comprehensive list of species. *Journal of Field Ornithology*. v88. p. 321-335.

BARROS, R. P., CARVALHO, M., MENDONÇA, R. 2009. Sobre as utilidades do Cadastro Único. Textos Para Discussão. IPEA. Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1414.pdf. Acessado em fevereiro de 2021.

BBOP. 2009. The Relationship between Biodiversity Offsets and Impact Assessment: A BBOP Resource Paper. Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). Washington.

BEGOSSI, A. 1992. Fishing Actives and Strategies at Búzios Island (Brazil) Fisheries Resource Utilization and Policy. Athens. Greece. p. 125-141.

BEGOSSI, A., MAY, P.H., LOPES, P.F., OLIVEIRA, L.E.C., VINHA, V., SILVANO, R. A.M. 2011. Compensation for environmental services from artisanal fisheries in SE Brazil: Policy and technical strategies? *Ecological Economics*. v71. p. 25-32.

BELETTI, B., RINALDI, M., BUSSETTINI, M., COMITI, F., GURNELL, A. M., MAO, L., NARDI, L., VEZZA, P. 2017. Characterising physical habitats and fluvial hydromorphology: A new system for the survey

and classification of river geomorphic units. *Geomorphology*. v283. p143-157.

BELL, J. D; WATSON, R. A; YE, Y. 2017. Global fishing capacity and fishing effort from 1950 to 2012. *Fish Fisheries*. v18. p. 489-505

BENCKE, G. A., MAURÍCIO, G. N., DEVELEY, P. F., GOERCK, J. M. 2006. Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil, parte I, estados do domínio da Mata Atlântica. SAVE. São Paulo. Brasil.

BENJAMIM, A. M. 2013. Bacia de Evapotranspiração: Tratamento de Efluentes Domésticos e de Produção de Alimentos. Dissertação de Mestrado em engenharia Agrícola Universidade Federal de Lavras. UFLA. Lavras. Minas-Gerais. Brasil.

BERKES, F; COLDING, J; FOLKE, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*. v10, p.1251-1262.

BERTOL, I.C., DE MARIA, I., SOUZA, L.C. 2019. Manejo e conservação do solo e da água. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 1355 p.

BEZERRA, M.P., BARBOSA, P.M., BARBOSA, F.A.R., BEZERRA NETO, J.R. 2017. Temporal coherence of physical, chemical and biological variables in four tropical lakes (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnológica Brasiliensia*. v29. e12.

BICHO DO MATO/ FUNDAÇÃO RENOVA. 2019. Relatório anual: avaliação ecológica rápida da fauna e flora terrestre na bacia do rio Doce. MG/ES.

BIODIVERSITAS. 2001. Fundação Biodiversitas. Projeto Doces Matas - Minas Gerais O trabalho com comunidades rurais no entorno de unidades de conservação. Belo Horizonte.

BIODIVERSITAS. 2007. Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais, vol 3. Relatório Final. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, Brasil.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2021. Important Bird Areas factsheet: Parque Estadual do Rio Doce. Disponível em <http://www.birdlife.org>. Acessado em 17 de fevereiro de 2021.

BOMFIM, L. F. C. 2010. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em Ambiente SIG: concepção e metodologia. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas. São Luís. São Paulo. 18p.

BORGES, M. G.; LEITE, M. E.; LEITE, M. R. 2018. Mapeamento do Eucalipto no Estado de Minas Gerais Utilizando o Sensor Modis. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro. v8. p53-70.

BORTOLUZZI, R.L.C., CARVALHO-OKANO, R.M., GARCIA, F.C.P., TOZZI, A.M.G.A. 2004. Leguminosae, Papilionoideae no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil II: árvores e arbustos escandentes. *Acta Botanica Brasilica*. v18. p49-71.

BOTELHO, E., MACIEL, G., GONÇALVES, R., IRVING, M. 2015. Reflexões sobre educação ambiental e turismo nos parques nacionais brasileiros. In: IRVING, M., RODRIGUES, C., RABINOVICI, A., COSTA, H. (orgs.). Turismo, áreas protegidas e inclusão social: diálogos entre saberes e fazeres. Folio Digital. Rio de Janeiro. p177 203.

BRANDÃO, M. V., HINGST-ZAHER E. 2020. Atlas craniano de mamíferos da Mata Atlântica e lista de espécies. TIJD Edições. São Paulo.

BRASIL Ministério da Economia, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

BRASIL. 1967. Lei n. 5.197, DE 3 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Brasília.

BRASIL. 1981. Lei No 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília.

BRASIL. 1988. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal.

BRASIL. 1993. Decreto Federal nº 750/1993. Diário Oficial da União - Seção 1 - 11/2/1993. p1801.

BRASIL. 1998. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília.

BRASIL. 1999. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Manual do chefe. Brasília.

BRASIL. 2000. 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.

BRASIL. 2001. Lei n. 10.257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Brasília. Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1. Ed. 2001.

BRASIL. 2003. Lei n. 10.779, de 25 de novembro de 2003. Dispõe sobre a concessão do benefício de seguro desemprego, durante o período de defeso, ao pescador profissional que exerce a atividade pesqueira de forma artesanal. Brasília.

BRASIL. 2006. Lei n. 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília.

BRASIL. 2006. Lei n. 12.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. 2006. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação. Diretoria de Áreas Protegidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 61p.

BRASIL. 2007. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília.

BRASIL. 2007. Decreto n. 6040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Brasília.

BRASIL. 2008. 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. 2008. Instrução Normativa IBAMA nº 196, de 2 de outubro de 2008. Brasília.

BRASIL. 2009. Lei n. 11959 de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Brasília.

BRASIL. 2011. Instrução Normativa MPA/MMA nº 10, de 10 de Junho de 2011. Brasília.

BRASIL. 2015. Decreto n. 8424 de 31 de março de 2015. Regulamenta a Lei nº 10.779, de 25 de novembro de 2003, para dispor sobre a concessão do benefício de seguro-desemprego, durante o período de defeso, ao pescador profissional artesanal que exerce sua atividade exclusiva e ininterruptamente. Brasília, 2015.

BRASIL. 2015. Decreto n. 8425 de 31 de março de 2015. Regulamenta o parágrafo único do art. 24 e o art. 25 da Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, para dispor sobre os critérios para inscrição no Registro Geral da Atividade Pesqueira e para a concessão de autorização, permissão ou licença para o exercício da atividade pesqueira. Brasília.

BRASIL. 2015. Lei n. 13.123, de 20 de maio de 2015, Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição Federal, o Artigo 1, a alínea j do Artigo 8, a alínea c do Artigo 10, o Artigo 15 e os §§ 3º e 4º do Artigo 16 da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgada pelo Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998; dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade; revoga a Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. 2015. Ministério da Saúde - Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES.

BRASIL. 2015. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Regulação. Avaliação e Controle de Sistemas Critérios e Parâmetros para o Planejamento e Programação de Ações e Serviços de Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde. Brasília, Ministério da Saúde. Série Parâmetros SUS –Volume 1.

BRASIL. 2017. Lei n. 13.844, de 18 de junho de 2019. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios; altera as Leis nos 13.334, de 13 de setembro de 2016, 9.069, de 29 de junho de 1995, 11.457, de 16 de março de 2007, 9.984, de 17 de julho de 2000, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, 8.001, de 13 de março de 1990, 11.952, de 25 de junho de 2009, 10.559, de 13 de novembro de 2002, 11.440, de 29 de dezembro de 2006, 9.613, de 3 de março de 1998, 11.473, de 10 de maio de 2007, e 13.346, de 10 de outubro de 2016; e revoga dispositivos das Leis nos 10.233, de 5 de junho de 2001, e 11.284, de 2 de março de 2006, e a Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017.

BRASIL. 2018. Ministério da Saúde. Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica. Brasília.

BRASIL. 2018. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador – Brasília.

BRASIL. 2019. Decreto n. 9.667, de 2 de janeiro de 2019. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro

Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, remaneja cargos em comissão e funções de confiança, transforma cargos em comissão e funções de confiança e altera o Decreto nº 6.464, de 27 de maio de 2008, que dispõe sobre a designação e atuação de adidos agrícolas junto a missões diplomáticas brasileiras no exterior. Brasília.

BRASIL. 2019. Orientações metodológicas para elaboração de planos e uso público em unidades de conservação federais / Allan Crema, Paulo Eduardo Pereira Faria. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Brasília. 22p.

BRASIL. 2020. Ministério da Economia, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

BRIDGE, J. Rivers and Floodplains: Forms, processes, and sedimentary record, Hong Kong: Blackwell, 491 p.2003

BRITO, F. R. A., OLIVEIRA, A. M., JUNQUEIRA, A. C. 1997. A Ocupação do território e a devastação da Mata Atlântica. In: Biodiversidade, população e economia: Uma região da Mata Atlântica. PAULA, J. A. (coord.) UFMG/Cedeplar; ECMVS, PADCT/CIAMB. Belo Horizonte. p. 49-89.

BRITO, M. C. W; ALONSO, L; BARBOSA, F. A. R; LAUREANO, F. V; MAY, P; SÁNCHEZ, L. E; KAKABADSE, Y. 2019. A proibição da pesca após o rompimento da Barragem de Fundão: usando o princípio da precaução para restaurar a pesca na Bacia do Rio Doce. Painel do Rio Doce. Questões em Foco no 2. UICN-União Internacional para a Conservação da Natureza. Programa de Negócios e Biodiversidade.

Brooks, 2006 CITADO, MAS AUSENTE NAS REFERÊNCIAS.

BROOKS, D. M. 2006. Conserving cracids: the most threatened family of birds in the Americas. Houston, USA: Miscellaneous Publications of The Houston Museum of Natural Science, No. 6.

BROOKS, T. M., PIMM, S. L., OYUGI, J. O. 1999b. Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments. *Conservation Biology*. v13. p1140-1150.

BROOKS, T. M.; TOBIAS, J. A.; BALMFORD, A. 1999a. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic forest. *Animal Conservation*. v2. p. 211-222.

BURDGE, R. J. 1991. A brief history and major trends in the field of impact assessment. *Impact Assessment*, v9. p. 93-104.

CAMARGO, J. A., ALONSO, A. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment International*. v32. p. 831–849.

CAMARGO, L. O. L. 1986. O que é lazer. Brasiliense. São Paulo.

CAMARGO, S. G. O; POUEY, J. L. O. S. 2020. Aquicultura - Um Mercado Em Expansão. *Revista Brasileira de Agrociência*, v11. p. 393–396. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1273/1060>. Acessado em: 04 de fevereiro de 2020.

CAMARGOS, V. L., DA SILVA, MARTINS, S. V. .2008. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. *Acta Bot. Bras.* v22. p. 75-84.

CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (CEPA) .1999. Priority substances. Toxic

substances list — updated schedule 1 as of December 27, 2006. Disponível em:
http://www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/subs_list/Priority.cfm.

CÂNDIDO, A. 1987. Parceiros do Rio Bonito: estudos sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida. 7ª ed. Livraria Duas Cidades.

CANTER, L. W. 1983. Methods for Environmental Impact Assessment: Theory and Application (Emphasis on Weighting-Scaling Checklists and Networks). In: Environmental Impact Assessment. Dordrecht: Springer Netherlands. p.165-233.

CARDOSO, A.S. 2012. Proposta de sistemática para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas. Tese de Doutorado, PPG em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARMO, R. L., MARQUES, C., MIRANDA, Z. A. I. 2012. Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo. Núcleo de Estudos de População / Unicamp. Campinas.

CARNEVALLI, N. 1978. Estudo da ornitofauna do Parque Florestal do Rio Doce, MG - 1º relatório científico. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brazil: 72 p.

CARNEVALLI, N.; MATTOS, G. T. n. d. Lista de aves do Parque Florestal do Rio Doce. 3º Encontro Nacional de Observadores de Aves. Belo Horizonte. Brasil. 6 p.

CARVAJAL, M. A. M. E. 2013 Ecotourists: profile and implications for the marketing strategy. Masters of Management Sciences. Université Du Québec à Montreal. Canadá. 272p

CARVALHO, I.; SCOTTO, G. 1995. Conflitos sócio-ambientais no Brasil, Rio de Janeiro: Graphos, IBASE – Projeto Meio ambiente e Democracia/Fundação Heinrich-Böll-Stiftung. eV.

CARVALHO, N.O., FILIZOLA JR., N.P., SANTOS, P.M.C., LIMA, J.E.F.W. 2000. Guia de práticas sedimentométricas. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 116 p.

CASATTI, L; CASTRO, R.M.C. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fishassemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology, v4. p. 203-204.

CASTRO, E. 2012. Produção de Pellet Feed a Partir de Lamas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. 2009. Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos. São Paulo.

CEMAVE. 2020. Relatório de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil, 3ª. ed. CEMAVE, ICMBio. Cabelo. Brasil.

CEPEMAR. 2020. Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. Relatório de Avaliação de Impactos Ambientais no Parque Estadual do Rio Doce. Relatório Final, CP+ RT, sem revisão.

CEPEMAR/ Fundação RENOVA. 2020. Relatório de Avaliação de Impactos Ambientais no Parque Estadual do Rio Doce.

CERVANTES, A. L.; BERGAMASCO, A.; CARDOSO, C. 1992. 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. p.1076-1080.

CETEC. 1981. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Vegetação do Parque Estadual do Rio Doce. Vol. 2. Relatório Final. 288p.

CETESB. 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: BRANDÃO, C. J., BOTELHO, M. J. C., SATO, M. I. Z., LAMPARELLI, M. C. São Paulo: CETESB. Brasília. ANA. 326p.

CHEN, D., CHEN, H.W. 2013. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: Na example for 1901-2010. *Environmental Development*. v6. p. 68-79.

CHIAPETTI, R. J. N., CHIAPETTI, J., 2011, A Água e os Rios: imagens e imaginário da natureza. *Geograficidade* v1. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/geograficidade/article/view/12809/pdf>. Acessado em 10 de abril de 2021.

CHIESURA, A. 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68 (2004) 129–138, p. 179-180.

CLAESSEN, M.E.C., BARRETO, W.O., PAULA, J.L., DUARTE, M.N. 1997. Manual de Métodos de Análise de Solo, Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.

CLAUZET, M. 2009. Etnoictiologia de pescadores artesanais do nordeste e sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. São Paulo. 175p.

CLAUZET, M; RAMIRES, M; BEGOSSI, A. 2007. Etnoictiologia dos pescadores artesanais da Praia de Guaibim, Valença (BA), Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*. v2. p. 136-154.

CNCFlora. 2020. Centro Nacional de Conservação da Flora. Lista Vermelha. Disponível em <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal>>. Acessado em 20 de dezembro de 2020.

COELHO, A. L. N. 2007. Alterações hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Universidade Federal Fluminense. Niterói. 227f.

COELHO, P. R. 2009. Projeto de Assentamento Chico Mendes II: uma parceria possível entre Reforma Agrária e Conservação da Mata Atlântica? Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

COMINI, I. B. 2017. 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.

CONAMA. 1986. Resolução CONAMA Nº 001/1986 - Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

CONAMA. 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução No. 357 de 17 de março de 2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011.

CONAMA. 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União. Brasília.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. 2011. Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29 de junho de 2011. Minas Gerais, Brasil.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (SUS). 2018. Recomendação 015, de 10 de maio de 2018. Disponível em <https://conselho.saude.gov.br/recomendacoes/2018/Reco015.pdf>. Acessado em 08 de fevereiro de 2021.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. 2010. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades e planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce: relatório final. Consórcio Ecoplan-Lume.

COOPERA Floresta. 2021. A água e a Agrofloresta. Disponível em: https://13207642-fc58-a931-ebb1-b02fa4c1196a.filesusr.com/ugd/e4b2ec_e49822c52a6e4a2b8efda18bda2277a4.pdf. Acessado em 22 de abril de 2021.

COPAM. 2008. Conselho Estadual de Políticas Ambientais de Minas Gerais. Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Deliberação no.367, de 15 de dezembro de 2008.

COPAM. 2008. Conselho Estadual de Políticas Ambientais de Minas Gerais. Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG No.1, de 5 de maio de 2008.

COPAM. 2010. Deliberação Normativa n. 147 de 30 de abril de 2010. Lista das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais. Minas Gerais.

COPAM. 2011. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa no 166 de 29 de junho de 2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. Diário do Executivo de Minas Gerais.

CORIOLO, L. N. M.T., 2009. O turismo comunitário no nordeste brasileiro. IN: BARTHOLO, R., SANSOLO, D., BURSZTYN, I. Turismo de base comunitária: diversidade de olhares e experiências brasileiras. Letra e Imagem. Brasília: p. 277-288.

COSTA, A. P. 2014. Estudo de tecnologias sociais visando o tratamento de esgoto doméstico de unidade unifamiliar – Assentamento Nova São Carlos - São Carlos/SP. Monografia do curso de graduação em Engenharia Ambiental da escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos.

COTRIM, D., RAMOS, L., VERDEJO, M. E. 2006. Diagnóstico rural participativo - DRP - Guia prático. MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/acoes-com-o-entorno/2197-diagnostico-rural-participativo-drp-guia-pratico>. Acessado em 22 de abril de 2021.

CPRM. 2015a. Serviço Geológico do Brasil, Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce: Acompanhamento da onda de cheia, Relatório 1 - Primeira Campanha de Campo. Belo Horizonte. CPRM. 33 p.

CPRM. 2015b. Serviço Geológico do Brasil, Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce: Geoquímica, Relatório 2 – Segunda Campanha de Campo. Belo Horizonte. CPRM. 37 p.

CPRM. 2016a. Serviço Geológico do Brasil, Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce: Monitoramento simultâneo ao longo de 15 dias, Relatório 3 – Terceira Campanha de Campo. Belo Horizonte. CPRM. 84 p.

CPRM. 2016b. Serviço Geológico do Brasil, Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce: Hidrometria, sedimentometria e qualidade da água nas estações fluviométricas da RHN após a ruptura da

barragem de rejeito, Relatório 4 – Quarta Campanha de Campo. Belo Horizonte. CPRM. 61 p.

CPRM/SIAGAS. 2021 - Banco de Dados do Sistema de informações das Águas Subterrâneas – Acessado em fevereiro de 2021.

CREADO, E. S. J., HELMREICH, S. 2018. Capítulo 10. Uma onda de lama: viagem de águas tóxicas de Bento Rodrigues ao Atlântico brasileiro. IN: CREADO, E. S. J., TRIGUEIRO, A., TORRES, C. C. A. Vidas de rio e de mar: pesca, desenvolvimentismo e ambientalização. ProEx. Vitória. p 261-293.

CREST. 2015. Center for Responsible Travel. Transforming the Way the World Travels. The Case for Responsible Travel: Trends & Statistics, CREST: Washington, D.C.

CRIA. 2019. Centro de Referência e Informação Ambiental. SpeciesLink - Simple Search.

CRIA. 2020. Centro de Referência e Informação Ambiental. Specieslink - simple search. Disponível em <http://www.splink.org.br/index>. Acessado em 21 dezembro 2020.

CYRINO, J. E. P; GALVÃO, J. A; SONODA; D. Y; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. 2020. Mitos e insinuações na Aquicultura: sim, estamos seguros. Estratégias e Soluções 1.

DA SILVA, A. P. 2014. Pesca Artesanal Brasileira. Aspectos conceituais, históricos, institucionais e prospectivos. Boletins de Pesquisa e Desenvolvimento 3. Embrapa Pesca. Palmas. 32p.

DARDOT, P. LAVAL, C. 2017. Comum: ensaio sobre a revolução do século XXI. : Boitempo. São Paulo. 647p

DE WITT, M.; POPE, J.; RETIEF, F.; BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; STEENKAMP, C. Biodiversity offsets in EIA: Getting the timing right. Environmental Impact Assessment Review, v. 75, n., p. 1-12, 2019.

Decreto Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944. IEF, “Parque Estadual do Rio Doce”. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>. Acessado em 20 dezembro 2020.

DELACOUR, J., AMADON, D., DEL HOYO, J., MOTTIS, A. 2004. Curassows and related birds, 2ª ed. Lynx Edicions. Barcelona. Espanha.

DEMANTOVA, G. C. 2011. Redes técnicas e serviços ambientais: integrando qualidade ambiental e de vida nas cidades. Annablume. São Paulo. 232p.

DERGAN, J.A.; FERREIRA, F.F.; PINHO, F.M. 2017. Primeiro levantamento de ictiofauna da bacia do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco, em Mariana-MG. Relatório técnico do Grupo Independente de Avaliação da Impacto Ambiental (GIAIA). Universidade Federal de Viçosa.

DIAS, F. C. 2011. O Tratamento dos Espaços Livres em uma Cidade Média Planejada: o caso de Ipatinga/MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Programa de Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

DIEGUES, A. C. S. 1983. Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar. Ensaios 94, Ed. Ática. São Paulo. 287p.

DIEGUES, A. C. S. 2004. O Mito Moderno da Natureza Intocada. 5a. Edição Hucitec. São Paulo.

DIEGUES, A.C.S. 1995. Povos e Mares: Leituras em Sócio-Antropologia Marítima. NUPAUB-USP. São Paulo. 269p.

- DINIZ, G. L., COSTA FILHO, A., MENDES, A. B. V., SANTOS, A. F. M., LOPES, C. R. G., MAGALHÃES, F. F., BRAGA, L. R. O., PEIXOTO, L. H. F., ROCHA, M. T. 2015. Mapeamento dos povos e comunidades tradicionais de Minas Gerais: visibilização e inclusão sociopolítica. Um breve relato sobre incursões no semiárido mineiro. Interfaces. Revista de Extensão. V3. p. 69-88, Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistainterfaces/article/view/18965>. Acessado em 07 de fevereiro de 2021.
- DREW J. A. 2005. Use of traditional ecological knowledge in marine conservation. Conservation Biology. v19: p. 1286-1293.
- DUMAZEDIER, J. 1979. Sociologia empírica do lazer. Perspectiva. São Paulo.
- DUMAZEDIER, J. 1980. Valores e conteúdos culturais do lazer. SESC. São Paulo.
- DUMAZEDIER, J. 2004. Lazer e cultura popular. Tradução de Maria de Lourdes Santos Machado. 3 ed. São Paulo: Perspectiva.
- ECOLOGY & ENVIRONMENT DO BRASIL. 2018. Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Relatório Parcial.
- ECONSERVATION. 2019. Programa de Monitoramento da Ictiofauna do rio Doce nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Atendimento a Notificação IBAMA nº 678311/2015 – Relatório Final. Relatório Técnico – RT-ECV-422/18
- ELLO/ FUNDAÇÃO RENOVA. 2020. Relatório analítico – Versão minuta. Avaliação de Impactos e Monitoramento da flora terrestre nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.
- EMBRAPA. 2021. Saneamento básico rural. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural/sobre-o-tema>. Acessado em 22 de abril de 2021.
- EPA. 2006. US Environmental Protection Agency. 2006. Data quality assessment. Statistical methods for practitioners. EPA QA/G-9S.
- EPA. 2006. US Environmental Protection Agency. 2006. National recommended water quality criteria. Disponível em: <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqcriteria.html>.
- ESPINDOLA H. S., CAMPOS R. B. F., LAMOUNIER, K. C. C., SILVA, R. S. 2016. Desastre da Samarco no Brasil: desafios para a conservação da biodiversidade. Journal of Social, Technological and Environmental Science, v5. p. 72-100.
- ESPÍRITO SANTO. 2019. Assembleia Legislativa. Requerimento da Comissão Especial de Acompanhamento e Apuração dos atos da Fundação Renova e suas mantenedoras Vale/Samarco/BHP, em relação ao rompimento da barragem de rejeitos de minério que atingiu o Rio Doce. Vitória. Disponível em: [http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/RCC/78730-154554811208082019-assinado\(10913\)\(10911\)\(10912\)\(10914\)\(10916\)\(10910\)\(10909\)\(10915\)\(10908\).pdf](http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/RCC/78730-154554811208082019-assinado(10913)(10911)(10912)(10914)(10916)(10910)(10909)(10915)(10908).pdf). Acessado em 05 de abril de 2021.
- 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.
- EVANGELISTA, J.E. 2016. Sistema de auxílio à decisão para planejamento de intervenções em cursos de água - Estudo de caso: bacia do córrego Bonsucesso, Tese de Doutorado, PPG em Saneamento, Meio

Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

FAO. 2017. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Diretrizes Voluntárias para Garantir a Pesca de Pequena Escala Sustentável no Contexto da Segurança Alimentar e da Erradicação da Pobreza.

FAO. 2018. Food and Agriculture Organization. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos do desarrollo sostenible. Roma. 220p.

FAO. 2020. Food and Agriculture Organization. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020, Sustainability in action. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FEAM. 2021. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Relatório 5 anos desastre de Fundão: ações e desafios da recuperação. Disponível em http://feam.br/images/stories/2020/RECUPERA%C3%87%C3%83O_RIO_DOCE/5_Anos_Desastre_de_Fund%C3%A3o-web.pdf. Acessado em 06 de abril em 2021.

FELIPPE, M. F., COSTA, A., FRANCO, R., MATOS, R. 2016. 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, Edição especial – Vale do rio Doce: formação geo-histórica e questões atuais. Belo Horizonte. p. 63-94.

FERRAZ, C. P. A.; RIBEIRO, A. Í.; MANOEL, M. P. D. S.; SPERANDIO, F. C.; FENGLER, F. H. 2019. Análise de danos e impactos ambientais por meio de rede de interação em colheita florestal. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. v2. p. 1942-1947.

FERREIRA, F.A.; MORMUL, R.P.; PEDRALLI, G.; POTT, V.J.; POTT, A. 2010. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Hoehnea. v37. p. 43-52.

FERREIRA, M. C. 2003. Procedimento metodológico para modelagem cartográfica e análise regional de epidemias de dengue em sistema de informação geográfica. Tese de Livre-Docência. Departamento de Geografia. Instituto de Geociências. UNICAMP.

FGV. 2019a. Fundação Getúlio Vargas. Projeto Rio Doce: Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Análise do Cadastro Socioeconômico. Rio de Janeiro; São Paulo. 463 p.

FGV. 2019b. Fundação Getúlio Vargas. Projeto Rio Doce: Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Análise das Matrizes de Danos no Contexto da Reparação do Desastre do Rio Doce. Rio de Janeiro; São Paulo. 64 p.

FGV. 2019c. Fundação Getúlio Vargas. Projeto Rio Doce - Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Impacto do Rompimento da Barragem de Fundão sobre a Renda Agregada de Minas Gerais e Espírito Santo. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro; São Paulo. 87 p.

FGV. 2020. Fundação Getúlio Vargas. Projeto Rio Doce: Nota Técnica. Análise do Escopo e da Implementação do Projeto-Piloto Pescador de Fato para o Reconhecimento do Pescador Profissional Artesanal. 105p.

FILIZOLA H. F.; GOMES, M. A. F., SOUZA, M. D. 2006. Manual de procedimentos de coleta de

amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: Solo, Água e Sedimentos. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna.

FIRJAN. 2015. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Índice Firjan.

FIRJAN. 2018. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Índice Firjan.

FISCHER, T. B.; NOBLE, B. 2015. Impact Assessment Research – Achievements, Gaps and Future Directions. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*. v17. p. 1501001.

FJP. 2017. Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações. Economia do Turismo de Minas Gerais 2010-2014. Belo Horizonte.

FJP. 2019. Fundação João Pinheiro. Indicadores Sociais. IMRS; Vulnerabilidade Social – Informativo. n6.

FJP. 2019. Fundação João Pinheiro. Indicadores Sociais: Índice Mineiro de Responsabilidade Social – Informativo. n2.

FJP. 2020. Fundação João Pinheiro. Aspectos Demográficos da Região Geográfica Intermediária de Ipatinga – Informativo FJP – Estudos Populacionais – Demografia. v2. n5.

FJP. 2021. Fundação João Pinheiro. Lei Hobin Hood. Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/transferencias/index.php?option=com_jumi&fileid=17. Acessado em 09 de fevereiro de 2021.

FLUET-CHOUINARD, E.; FUNGE-SMITH, S.; MCLNTYRE, P. B. 2018. Global hidden harvest of freshwater fish revealed by household surveys. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. v115. p. 7623-7628.

FONSECA M. T. 2001. Considerações sobre a mastofauna do Parque Estadual do Rio Doce. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce, IEF, Anexo 2.

FONSECA, G. A. B. 1985. The vanishing Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation*, v34. p. 17-34.

FONSECA, G. A. B. 1989. Small mammals species diversity in Brazilian tropical primary and secondary forests of different sizes. *Revista Brasileira de Zoologia*. v6. p. 381-422.

FONSECA, G. A. B., KIERULFF, M. C. M. 1989. Biology and natural history of Brazilian Atlantic Forest small mammals. *Bulletin Florida State Museum. Biological Science*. v34. p. 99-152

FONSECA, G. A. B., ROBINSON, J. 1990. Forest size and structure: Competitive and predatory effects on small mammal communities. *Biological Conservation*. v53. p. 265-294.

FORRESTER, B. C. 1993. *Birding Brazil: a checklist and site guide*. Irvine. EUA. John Geddes. 255 p.

FÓRUM SOCIAL MUNDIAL. 2005. Carta Mundial pelo Direito à Cidade. Porto Alegre.

FRAGOSO-MOURA, E. N., OPORTO, L. T., MAIA-BARBOSA, P. M., BARBOSA, F. A. R. 2016. Loss of biodiversity in a conservation unit of the Brazilian Atlantic Forest: the effect of introducing non-native fish species. *Brazilian Journal of Biology*. v76. p. 18-27.

FRANÇA, G. S., STEHMANN, J. R. 2013. Florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia-Instituto de*

Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v64. p. 607-624.

FREITAS, C. M., BARCELLOS, C., ASMUS, C. I. R. F., DA SILVA, M. A., XAVIER, D. R. 2021. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. Cadernos de Saúde Pública. v35. p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40393>. Acessado em 02 de abril de 2021.

FREITAS, C. M., MAZOTO, M. L., ROCHA, V. 2018. Guia de preparação e respostas do setor saúde aos desastres. Fiocruz/Secretaria de Vigilância em Saúde. Rio de Janeiro: Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40925>. Acessado em 02 de abril de 2021.

FRICKE, R., ESCHMEYER, W.N. & VAN DER LAAN, R. 2020. Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2017a. Relatório executivo da primeira campanha de cadastro integrado socioeconômico. Pescadores. Edição 1. 59p.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2017b. Caderno Metodológico da Pesca: Cadastro Integrado de Pescadores. 68p

FUNDAÇÃO RENOVA. 2018. Plano de trabalho para estudos de avaliação dos impactos gerados pelo rompimento da barragem de Fundão nas Unidades de Conservação - Revisão 02. Belo Horizonte.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2019. Relatório Anual de Atividades. Ano 2018 a janeiro de 2019. 250p. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2019/01/renovaanual-1.pdf> Acessado em 20 de fevereiro de 2021.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2020. Avaliação Ecológica Rápida da fauna e flora terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES - Relatório anual, vol. IV, apêndices e anexos, 2a ed. Belo Horizonte, Brasil: Bicho do Mato Instituto de Pesquisa.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2020. Relatório Anual de Atividades. Ano 2019.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2020a. Relatório Anual: avaliação ecológica rápida da fauna e flora terrestre na bacia do Rio Doce, MG/ES.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2020b. Fundação Renova Relatório semestral: avaliação de impactos e monitoramento da fauna terrestre na bacia do Rio Doce, MG/ES.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2021. Relatório Anual de Atividades. Ano 2020.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2021a. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/dadosdareparacao/reparacao-socioambiental/>

FUNDAÇÃO RENOVA. 2021b. Relatório Mensal de Atividades. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2021/04/relatorio-mensal-de-atividades-abril-21-ref.marco-21.pdf>.

FUNDAÇÃO RENOVA. 2021c. A restauração até aqui. Mês-base março de 2021. que incluem ações de resposta (compensação, reparação e recuperação) da Renova e municípios.

FUNDAÇÃO RENOVA. S/D. Monitoramento e Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira no Rio Doce e Litoral do Espírito Santo. O Estado do Conhecimento da Atividade Pesqueira e Aquícola no

Litoral do Espírito Santo e ao Longo do Rio Doce. Fundação Renova, Universidade Federal do Espírito Santo, Fundação Espírito-Santense de Tecnologia, Instituto de Pesca e Fundepag. 234 p.

FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS. 2018a. Programa Rio Doce. Escolha de Assessoria Técnica para o Território 2 – Região de Influência do Parque Estadual do Rio Doce e sua Zona de Amortecimento (MG).

FUNDO BRASIL DE DIREITOS HUMANOS. 2018b. Programa Rio Doce. Escolha de Assessoria Técnica para o Território 3 – Vale do Aço (MG).

GABRIEL F. Â.; HAUSER-DAVIS, R. A.; SOARES, L.; MAZZUCO, A. C. A.; ROCHA, R. C. C.; SAINT-PIERRE, T. D.; SAGGIORO, E.; CORREIA, F. V.; FERREIRA, T. O.; BERNARDINO, A. F. 2020. Contamination and oxidative stress biomarkers in estuarine fish following a mine tailing disaster. PeerJ. 8:e10266.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A. B.; LAVECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES, P. R., JR.; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. Science. v340. p. 1086-1090.

GARDNER A. L. 2008. Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. University of Chicago Press, Chicago.

GIBSON, R. B. 2006. Beyond the Pillars: Sustainability Assessment as a Framework for Effective Integration of Social, Economic, and Ecological Considerations in Significant Decision-making. Journal of Environmental Assessment Policy and Management. v8. p. 259-280.

GILLILAND, M. W.; RISSER, P. G. 1977. The use of systems diagrams for environmental impact assessment: Procedures and an application. Ecological Modelling. v3. p. 183-209.

GLOBAL PLATFORM FOR THE RIGHT TO THE CITY. 2014. Documento orientador: organização e mobilização da plataforma global pelo direito à cidade - plano de ação e eixos temáticos.

GODINHO, A. L. 1995. Peixes do Parque Estadual do Rio Doce. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas / Universidade Federal de Minas Gerais. v1. 48p.

GOLDER. 2016. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. 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.

GOLDER. 2016. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. 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.

GOLDER. 2016a. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. Plano de Recuperação Ambiental - Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão. Belo Horizonte: Golder Associates.

GOLDER. 2016b. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. 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

GOLDER. 2016b. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. Avaliação de Impacto Sobre as Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção - Atendimento à Cláusula 168 do Termo de Transação e

Ajustamento de Conduta - TTAC. Belo Horizonte: Golder Associates.

GOLDER. 2016b. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. 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.

GOLDER. 2018. Golder Associates 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. Golder Associates. Belo Horizonte. 1325p.

GOLDER. s/d. Golder Associates Brasil Consultoria E Projetos LTDA. Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Relatório Técnico.

GONÇALVES, A.P.S. 2000. Bambus (Bambusoideae s.l.: Poaceae) no Parque Estadual do Rio Doce - MG, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

GONÇALVES, M., LOMBARDI, J. 2004. Adições ao conhecimento da composição florística de dois remanescentes de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*. v5. p. 3-8.

GONÇALVES, V. B. 2013. O princípio da precaução e a gestão dos riscos ambientais: contribuições e limitações dos modelos econômicos. *Ambiente & Sociedade*. v16. p. 121-140.

GOOGLE EARTH PRO. 2018. Banco de imagens de satélite. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>>. Acessado em 05 de novembro de 2018.

GOOGLE MAPS. 2021 .Disponível em:
<https://www.google.com/maps/place/Parque+Estadual+do+Rio+Doce/@-19.586439,-42.5824222,2363m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xbab2eaaaaaaa5:0x5d8ede18e0628f68!8m2!3d-19.6688772!4d-42.5313457>. Acessado em 22 de fevereiro de 2021.

GORDON, N. D., MCMAHON, T. A., FINLAYSON, B. L., GIPPEL, C. J., NATHAN, R. J. 2004. *Stream Hydrology: an introduction for ecologists*. Wiley. 429 p.

GRAÇANO, D., PRADO, J., AZEVEDO, A. A. 1998. Levantamento preliminar de Pteridophyta do Parque Estadual do Rio Doce (Minas Gerais). *Acta Botanica Brasilica*. v12: p. 165-181.

GRAHAM, J.; AMOS, B.; PLUMPTRE, T. 2003. *Governance Principles for Protected Areas in the 21st Century*. Durban: UICN.

GREGORIN R., VASCONCELLOS K. L., GIL, B. B. 2014. Two new range records of bats (Chiroptera: Phyllostomidae) for the Atlantic Forest, Eastern Brazil. *Mammalia*. v79. p. 121-124.

GRELLE, C. E. V. 1996. Análise tridimensional de uma comunidade de pequenos mamíferos. Dissertação de Mestrado, ICB, Universidade Federal de Minas Gerais.

GRELLE, C. E. V. 2003. Forest structure and vertical stratification on small mammals in a second Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38(2): 81-85.

GRILLITSCH, B., SCHIESARI, L. 2010. The ecotoxicology of metals in reptiles. In: SPARLING, D. W., G. LINDER, BISHOP, C. A. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, 2ª edição. SETAC Press (Society for Environmental Toxicology and Chemistry). Pensacola. Florida. USA. p 341-451

GUEVARA, Y. Z. C., SOUZA, J. J. L. L.; VELOSO, G. V.; VELOSO, R. W., ROCHA, P. A., ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I. 2018. Reference values of soil quality for the Rio Doce Basin. *Rev Bras*

Cienc Solo.

GUIMARÃES, C. M. O. 2008. O patrimônio cultural de Governador Valadares (MG): algumas reflexões. Revista CPC, São Paulo. n5. p. 37-52. nov. 2007/abril 2008.

HALL, C. M.; PAGE S. J. 2002. Managing Urban Tourism. Pearson Education. Harlow.

HALSETH, G. 2004. The "cottage" privilege: increasingly elite landscape of second homes in Canada. In: HALL, C. M., MULLER, D. K. Tourism, Mobility, and Second Homes: Between Elite Landscape and Common Ground. Chanel View Publ. p. 35-54.

HAM, S. H. 1992. Environmental Interpretation: A Practical Guide for People with Big Ideas and Small Budgets. North America Press. Colorado. USA: 473p.

HANAZAKI, N., DE CASTRO, F., OLIVEIRA, V. G., PERONI, N. 2007. Between the sea and the land: The livelihood of estuarine people in southeastern Brazil. Ambiente e Sociedade. v10. p. 121-136.

HANCOCK, J. A., KUSHLAN, J. A. 1984. The herons handbook. Harper & Row. New York, USA.

HARVEY, D. 2014. Cidades Rebeldes. Martins Fontes. São Paulo:

HAYMAN, P., MARCHANT, J., PRATER, T. 1986. Shorebirds: an identification guide to the waders of the world. Houghton Mifflin Company. Boston, USA.

HIRSCH, A. 1995. Censo de *Alouatta fusca* Geoffroy, 1812 (Platyrrhini, Atelidae) e Qualidade do Habitat em dois Remanescentes de Mata Atlântica em Minas Gerais. Tese de Mestrado, Programa ECMVS, ICB / UFMG. Belo Horizonte.

HOGAN, D. J. 1991. Crescimento demográfico e meio ambiente. Revista Brasileira de Estudos Populacionais. Campinas. p. 61-71.

HOGAN, D. J. MARANDOLA Jr, E. 2007. Vulnerabilidade a Perigos Naturais nos Estudos de População e Ambiente. In: HOGAN, D. J. Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo. Unicamp.

HOLIDAY, C.P., RASMUSSEN, T. C., MILLER, W. P. 2003. Establishing the relationship between turbidity and total suspended sediment concentration, in HATCHER, J. Proceedings of the 2003 Georgia Water Resources Conference, Institute of Ecology, The University of Georgia. Athens. Georgia.

HONORA, A. C. C. 2018. 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.

HOPPE, J. P. M., PIMENTA, V. T., DITCHFIELD, A. D. 2014. First occurrence of the recently described Patricia's disk-winged bat *Thyroptera wynneae* (Chiroptera: Thyropteridae) in Espírito Santo, Southeastern Brazil. Check List, v10. p. 645-647.

HUCKINS, C. J. F., OSENBURG, C. W., MITTELBACH, G. G. 2000. Species introductions and their ecological consequences: An example with congeneric sunfish. Ecological Applications. v10. p. 612-625.

HUNTINGTON, H. P. 2011. The Local Perspective. Nature. v478. p. 182-183.

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. 2007. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da pesca 2007 Brasil. Grandes regiões e unidades da federação. Brasília.

IBAMA. 2015. 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. 74p.

IBAMA. 2015. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA.

IBAMA. 2016. Avaliação de Impacto Ambiental: Caminhos para o fortalecimento do licenciamento ambiental federal: resumo executivo. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA.

IBAMA. 2016. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Emergências ambientais. IBAMA. Brasília. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/respostas_deliberacao_3_e_4_do_cif.pdf, Acessado em fevereiro de 2020.

IBGE. 2007. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. 2ª. Ed. Rio de Janeiro. 316 p.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010.

IBGE. 2011a. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010. Estudos & Pesquisas. n28.

IBGE. 2011b. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro.

IBGE. 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. 2nd ed. Rio de Janeiro: v. 39

IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário.

IBGE. 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de Dados, Produto Interno dos Municípios. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/2036-np-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>.

IBGE. 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pesquisa/18/0?tipo=ranking_Pecuária/Aquicultura.

IBGE. 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais. Sistema IBGE de Recuperação Automática SIDRA, Tabela 6579. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>. Acessado em 30 de janeiro de 2020.

IBGE. 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais. Sistema IBGE de

Recuperação Automática SIDRA, Tabela 1301. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1301>. Acesso em 30 de janeiro de 2020.

IBGE. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de Dados. Produto Interno dos Municípios. Consulta em 28 janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/2036-np-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>. Acessado em 02 de abril de 2021.

ICMBIO. 2015. Nota Técnica nº 24/2015/CEPTA/DIBIO/ICMBio. Consequências Parciais na biodiversidade aquática da bacia do rio Doce, provocadas pelo rompimento das barragens de rejeitos de mineração da SAMARCO MINERADORA S.A. no município de Mariana, MG. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

ICMBIO. 2016. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

ICMBIO. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília.

ICMBIO. 2018a. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume III - Aves. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília.

ICMBIO. 2018b. Programa de Melhoria de Gestão na Avaliação de Impactos em UC Federais [Program for the Enhancement of Impact Assessment in Federal Protected Areas]. Brasília.

ICMBIO-IBAMA. 2002. Roteiro Metodológico: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/roteiroparna.pdf>. Acessado em 20 janeiro de 2021.

IEF. 2002. Instituto Estadual de Florestas. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/306?task=view>. Acessado em dezembro de 2020 e fevereiro 2021.

IEF. 2002. Instituto Florestal Estadual. 2002. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. Encarte 2 – Contexto Estadual. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/306>. Acessado em 04 de fevereiro de 2021.

IEF. 2003. Instituto Estadual de Floresta. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce-MG: encarte 4 - unidade de conservação e zona de amortecimento. IEF/PERD. Belo Horizonte.

IEF. 2016. Instituto Estadual de Florestas. Nota Técnica 01/2016/PERD/ERRD, que dispõe sobre as cláusulas 181 e 182 do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta firmado entre os estados de MG e ES, e a Samarco Mineração S/A.

IEF. 2018. Instituto Estadual de Florestas. Escritório Regional Rio Doce. Parque Estadual Sete Salões. Relatório Anual de Atividades 2017. Conselheiro Pena.

IEF. s/d. Instituto Estadual de Florestas. Parque Estadual do Rio Doce, Encarte 4: Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento, Belo Horizonte.

IGA. 1984. Instituto de Geociências Aplicada. Aspectos Geográficos de Minas Gerais. Belo Horizonte. 150p.

IGAM. 2015. Instituto Mineiro de Gestão Das Águas. Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014. Resumo Executivo. 175p.

IGAM. 2016. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Relatório de Gestão do Exercício de 2016. Belo Horizonte.

IGAM. 2017. 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. 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>>. Acessado em 23 de novembro de 2018.

IGAM. 2018. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Gestão de Bacias Hidrográficas: Critérios para definição de áreas prioritárias para revitalização. Belo Horizonte. Disponível em: [http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/2763/1/Livro_Crit%c3%a9rios_Ig am_28_12.pdf](http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/2763/1/Livro_Crit%c3%a9rios_Ig%20am_28_12.pdf). Acessado em 24 de abril de 2021.

IGAM. 2021. Instituto Mineiro de Gestão Das Águas. <http://www.igam.mg.gov.br/>.

ILHA, P., SCHIESARI, L. 2014. Lethal and sublethal effects of inorganic nitrogen on gladiator frog tadpoles (*Hypsiboas faber*, Hylidae). *Copeia*. p. 221-230.

INEP. 2015. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. Censo Escolar 2015. Ministério da Educação.

INEP. 2019. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. Censo Escolar 2015. Ministério da Educação.

INEP. 2021. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. Resultados do IDEB. Ministério da Educação. Disponível em <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/ideb/resultados>. Acessado em 12 de fevereiro de 2021.

INSTITUTOS LACTEC. 2017. Diagnóstico Socioambiental do Rio Doce – Relatório de Linha - Base – Resumo Executivo. Curitiba. 172p.

INSTITUTOS LACTEC. 2017a. Relatório Consolidado Bens Arqueológicos e Culturais. Curitiba.

INSTITUTOS LACTEC. 2017b. Diagnóstico Socioambiental do Rio Doce – Relatório de Linha-Base. Volume II. Curitiba.

IPEA. 2011. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Perfil da pobreza no Brasil e sua evolução no período 2004-2009. Texto para discussão 1647. Brasília. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1647.pdf. Acessado em 09 de fevereiro 2021.

IPEA. 2015. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros. Brasília.

IPEA. 2018. 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.

IPEA. 2021. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da Vulnerabilidade Social. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/planilha>. Acessado em 14 de janeiro de 2021.

IUCN. 2018. Os Impactos do rompimento da Barragem de Fundão: o caminho para uma mitigação

sustentável e resiliente. IUCN. Gland. Suíça.

IUCN. 2020. The IUCN Red List of threatened species. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acessado em 2 de fevereiro de 2021. IUCN, BirdLife International.

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. 2006. Resilience, vulnerability and adaptation: a cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. Special issue of Global Environmental Change. v16.

JACOB, A. C. P. Os 5 rios mais poluídos do Brasil. *Aquafluxus*, 23 dez. 2016. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/os-5-rios-mais-poluidos-do-brasil>.

JOÃO, E. 1999. Criteria and standards for assessing significant impact. In: Petts, J. (Ed.). *Handbook of Environmental Impact Assessment Volume 1: environmental impact assessment: process, methods and potential*. Oxford: Blackwell Science. v1. p. 74-92.

JOHANNES, R. E; FREEMAN, M. M. R; HAMILTON, J. R. 2000. Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries*. v1. p. 257-271.

JONES, M.; MORRISON-SAUNDERS, A. 2016. Making sense of significance in environmental impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*. v34. p. 87-93.

KBA. 2020. Key Biodiversity Areas factsheet: Parque Estadual do Rio Doce. Extracted from the World Database of Key Biodiversity Areas. Developed by the Key Biodiversity Areas Partnership: BirdLife International, IUCN, American Bird Conservancy, Amphibian Survival Alliance, Conservation International, Critical Ecosystem Partnership Fund, Global Environment Facility, Global Wildlife Conservation, NatureServe, Rainforest Trust, Royal Society for the Protection of Birds, World Wildlife Fund and Wildlife Conservation Society. Disponível em <http://www.keybiodiversityareas.org/> on 17/02/2021.

KIRPAL, S. 2021. As identidades laborais numa perspectiva comparativa: o papel das variáveis do contexto nacional e sectorial. *Revista Europeia de Formação Profissional* no 39 – 2006/3. Disponível em: https://www.cedefop.europa.eu/files/etv/Upload/Information_resources/Bookshop/446/39_pt_kirpal.pdf. Acessado em 10 abril de 2021.

KONDOLF, G. M., PIÉGAY, H. 2016. *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, CH. RUDOLF, B., RUBEL, F.. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification update. *Meteorologische Zeitschrift*. v15. p. 259-263.

KUBITZA, F. 2003. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados Aquicultura. v13. p. 25-35. Disponível em: http://www.aquaimagem.com.br/docs/Pan76_Kubitza.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

KUUSAAARI, M., BOMMARCO, R., HEIKKINEN, R. K., HELM, A., KRAUSS, J., LINDBORG, R., ÖCKINGER, E., PÄRTEL, M., PINO, F., RODÀ, F., STEFANESCU, C., TEDER, T., ZOBEL, M., STEFFAN-DEWENTER, I. 2009. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution*. v24. p. 564-571.

LATINI, A. O. 2001. Estado Atual e Perspectivas para a Ictiofauna da Região do Parque Estadual do rio Doce, MG. In: Instituto Estadual de Florestas M, Projeto Doces Matas. Plano de Manejo do Parque Estadual do rio Doce. Belo Horizonte. Anexo 3. p. 1-49.

LATINI, A. O. 2005. Inventário rápido e identificação de fatores que limitam a dispersão de exóticos: um

estudo sobre peixes no médio rio Doce (MG, Brasil). Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UNICAMP. Campinas. Brasil.

LATINI, A. O. 2016. Como peixes exóticos se dispersam em lagos do Médio Rio Doce? *Biota*. v9. p. 4-18.

LATINI, A. O., PETRERE, M. 2004. Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management Ecology*. v11. p. 71-79.

LAWRENCE, D. P. 2007. Impact significance determination - pushing the boundaries. *Environmental Impact Assessment Review*. v27. p. 770-788, 2007.

LEONARDO, F. A. M., TRIGUEIRO, A., CREADO, E. S. J. 2016. Desastre e Sofrimento social no contexto das vivências e lutas dos atingidos na foz do Rio Doce – ES. 40º Encontro Anual da Anpocs. St07 – Conflitos e Desastres Ambientais: Violação de Direitos. Resistência e Produção do Conhecimento.

LEONARDO, F. A. M.; IZOTON, J. P. L. 2018. Nós não estamos lidando com lambaris, estamos lidando com tubarões” sobre os efeitos e os desdobramentos institucionais do desastre da mineração na foz do Rio Doce. In: CREADO, E. S. J., TRIGUEIRO, A., TORRES, C. C. A. Vidas de rio e de mar: pesca, desenvolvimentismo e ambientalização. 1. ed. Vitória: ProEx. 300p

LINS, L. V. 2001. Diagnóstico ornitológico do Parque Estadual do Rio Doce - Anexos. In: FLORESTAS, I. E. D. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. Belo Horizonte, Brasil: Instituto Estadual de Florestas, Governo do Estado de Minas Gerais, Parque Estadual do Rio Doce, Projeto Doces Matas. p.1-37.

LOMBARDI, J.A., GONÇALVES, M. 2000. Composição florística de dois remanescentes de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. v23. p. 255-282.

LOPES, L. E. 2008. The range of the Curl-crested Jay: lessons for evaluating bird endemism in the South American Cerrado. *Diversity and Distributions*. v14. p. 561-568.

LOPES, W. P., SILVA, A. F., SOUZA, A. L. 2002. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais, Brasil. *Acta Bot. Bras*. v16. p. 443-456.

LOUREIRO, W. 2002. 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. 164p.

LUNA, R. M. 2007. Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o Semi-Árido Brasileiro. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceara. Fortaleza.

LYNCH, A. J; COWX, I. G; FLUET-CHOUINARD, E; GLASE, S. M; PHANG, S. C, BEARD, T. D, BOWER, S. D, BROOKS, J. L., BUNNELL, D. B., CLAUSSEN, J. E., COOKE, S. J., KAO, Y. C., LORENZEN, K., MYERS, B. J. E., REID, A. J., TAYLOR, J. J., YOUN, S. 2017. Inland fisheries – Invisible but integral to the UN Sustainable Development Agenda for ending poverty by 2030. *Global Environmental Change*. v47. p. 167-173.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. 2010. Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM. 131 p. 30 cm + 1 DVD.

MACHADO, M., YOUNG, C. E. F; CLAUZET, M. 2020. Environmental funds to support protected areas: lessons from brazilian experiences. *Parks*. v26.1.

MACHADO, R. B. 1995. Padrão de fragmentação da Mata Atlântica em três municípios da bacia do Rio Doce (Minas Gerais) e suas conseqüências para a avifauna. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

MACHADO, R. B.; FONSECA, G. A. B. 2000. The avifauna of Rio Doce valley, southeastern Brazil, a highly fragmented area. *Biotropica*. v32, p. 914-924.

MACIEL, R. C. 2011. Ibituruna! A Marca de um Território: Design e identidade em apropriações simbólicas da paisagem em Governador Valadares. Núcleo de Estudos Históricos e Territoriais. Programa de Mestrado em Gestão Integrada do Território. Universidade Vale do Rio Doce. Governador Valadares.

MAIA-BARBOSA P. M., MENENDEZ, R.M., PUJONI, D.G.F., BRITO, S.L., AOKI, A., BARBOSA., F.A.R. 2014. Zooplankton (Copepoda, Rotifera, Cladocera and Protozoa: Amoeba Testacea) from natural lakes of the middle Rio Doce basin, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica*. v14. p. e20134040

MAIA-BARBOSA, P. M., BARBOSA, L. G., BRITO, S. L., GARCIA, F., BARROS, C. F. A., SOUZA, M. B. G., MELLO, N., GUIMARÃES A. S., BARBOSA, F. A. R. 2010. Limnological changes in Dom Helvécio Lake (South-East Brazil): natural and anthropogenic causes. *Brazilian Journal of Biology*. v70: p. 795-802.

MALDONADO, S. C. 1986. Pescadores do mar. São Paulo: Editora Ática. Série Princípios. 77p.

MALDONADO, W. T. P. V.; HONORA, A. C. C.; MARCONDES, D. 2015. Comunidades tradicionais em unidades de conservação de proteção integral: o plano de manejo traz soluções para os conflitos? In: Povos e Comunidades Tradicionais. Estado, capital e territórios tradicionais: dinâmicas territoriais em disputa. Colóquio Internacional. Montes Claros. Disponível em: http://coloquiointernacional.com/povosecomunidadestradicionais/arquivos/anais_quarto/eixo_3/COMUNIDADES%20TRADICIONAIS%20EM%20UNIDADES%20DE%20CONSERVACAO.pdf. Acessado em 06 de fevereiro de 2021.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. 2009. Vulnerabilidade do lugar vs. Vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. *R. bras. Est. Pop.* Rio de Janeiro. v26. p. 161-181.

MARANDOLA JR., E. 2008a. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

MARANDOLA JR., E., HOGAN, D. J. 2004. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. Anais do XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais da ABEP. Caxambú.

MARCELLINO, N. C. 2007. Lazer e cultura: algumas aproximações. In: MARCELLINO, N. C. Lazer e cultura. Campinas. Alínea. p. 9-30.

MARQUES, B. S; BELEI, F; SAMPAIO, Q. M. S. 2013. Ictiofauna do baixo rio Manhuaçu (bacia do Médio Rio Doce). *Evolução e Conservação da Biodiversidade*. v4. p. 32-41.

MARTTUNEN, M.; VIENONEN, S.; KOIVISTO, U.; IKAHEIMO, E. 2013. Impact Significance Determination in Environmental Impact Assessment: Literature Review. Imperia working paper. Disponível em: https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/49484/1/IMPACTSIGNIFICANCEDETERMINATION_29_06_2013.pdf. Acessado em fevereiro de 2019.

MATTOS, S. M. G; WOJCIECHOWSKI, M. J; GANDINI, F.C. 2020. Iluminando as capturas ocultas da

pesca artesanal costeira no Brasil: Um estudo de caso. Disponível em:
<https://spark.adobe.com/page/tONM9fbNtuvuj/> Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

MAUGHAN, J. T. 2014. Environmental Impact Analysis: Process and Methods. Boca Raton: CRC Press.

McCORMICK, J. 1992. Rumo ao Paraíso: A História do Movimento Ambientalista. Tradução de Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 214p.

MDGEO. 2016. Estudo Hidrogeológico: mapa potenciométrico da região de Linhares/ES. Proj. MDGEO - contrato Fund. RENOVA n. 4500170624.

MELLO, C. L. 1997. Sedimentação e Tectônica Cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema, de Lagos. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado. 275p.

MELLO, C. L., METELO, C. M. S., SUGUIO, K., KOHLER, H. C. 1999. Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the Doce River middle valley lake system (southeastern Brazil). Revista do Instituto Geológico. v20. p. 29-36.

MELO, L. C. N., SALINO, A. 2002. Pteridófitas de duas áreas de floresta da bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais. Lundiana. v3. p. 129-139.

MELO, M. F. 2008. Políticas públicas entre pescadoras artesanais: invisibilidade do trabalho produtivo e reprodutivo. Florianópolis, SC. Fazendo Gênero 8 -Corpo, Violência e poder. Disponível em:
http://www.wwc2017.eventos.dype.com.br/fg8/sts/ST15/Maria_de_Fatima_Massena_de_Melo_15.pdf
Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Oficina de Textos.

MENDONÇA, J. T., CASTRO, P. M. G. C., CABRAL, I. M., CARVALHO, M. E. S. 2018. Emprego de métodos participativos, qualitativos e mistos na pesquisa voltada para a gestão pesqueira no Brasil. métodos participativos, qualitativos e mistos na pesquisa voltada para a gestão pesqueira no Brasil. In BRANDÃO, C., CARVALHO, J. L., RIBEIRO, J., COSTA, A. P. A prática na Investigação Qualitativa: exemplos de estudos. Volume 2. Ludomedia. Aveiro. Portugal. p. 55-90.

MEZZOMO, V., PELEGRINI, J. MICHEL, G. P. 2019. Importância do monitoramento contínuo em estudos hidrossedimentológicos: estudo de caso da bacia do rio cunha, rio dos cedros/sc, in Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRHidro. Foz do Iguaçu. 10p.

MILANO, M. S. 1997. Unidades de Conservação. Conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e administração. In: Curso de Manejo de Áreas Naturais Protegidas. UNILIVRE. Curitiba. p. 1-60.

MILANO, M. S. 2001. Unidades de conservação: técnica, lei e ética para a conservação da biodiversidade. In: BENJAMIM, A. H. Direito ambiental das áreas protegidas: o regime jurídico das unidades de conservação. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

MINAS GERAIS. 1995. Lei nº 12.040, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do artigo 158 da Constituição Federal, e dá outras providências.

MINAS GERAIS. 2007. IEF. Instituto Estadual de Florestal. Portaria ndeg. 109, de 21 de agosto de

2007. Dispõe sobre a proibição da pesca no rio Doce no trecho compreendido entre a foz do córrego Mumbaca até a confluência com o rio Piracicaba, e no rio Piracicaba no trecho compreendido entre a foz do córrego do Limoeiro, até a confluência do rio Doce. Belo Horizonte.

MINAS GERAIS. 2009. 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.html#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2018.030%2C%20DE%2012%20DE%20JANEIRO%20DE%202009.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20da,do%20ICMS%20pertencente%20aos%20munic%C3%A Dpios. Acessado em 11 de fevereiro de 2021.

MINAS GERAIS. 2011. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Subsecretaria De Controle e Fiscalização Ambiental Integrada. Portaria nº 155, 13 de outubro de 2011. Belo Horizonte.

MINAS GERAIS. 2016. IEF. Instituto Estadual de Florestal. Portaria IEF nº 78 de 31 de outubro de 2016. Dispõe sobre proibição da pesca na bacia do rio Doce. Belo Horizonte.

MINAS GERAIS. 2017. Deliberação Normativa COPAM Nº 214, de 26 de abril de 2017. Estabelece as diretrizes para a elaboração e a execução dos Programas de Educação Ambiental no âmbito dos processos de licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais. Belo horizonte. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=44198#:~:text=IV%20%2D%20Diagn%C3%B3stico%20Socioambiental%20Participativo%3A%20instrumento,os%20problemas%20locais%20e%20as>. Acessado em 27 de abril 2021.

MINAS GERAIS. 2017. IEF. Instituto Estadual de Florestal. Portaria IEF nº 40 de 11 de maio de 2017. Dispõe sobre proibição da pesca na bacia do rio Doce. Belo Horizonte.

MINAS GERAIS. 2021. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Instituto Estadual de Florestas e Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Cinco anos – Desastre de Fundão – Ações e Desafios da Recuperação. Belo Horizonte.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS. 2011. Fundo Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural: importância, criação e gestão, produzido pelo Ministério Público de Minas Gerais.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS/UFMG. s/d. Direitos dos Povos e Comunidades Tradicionais. Disponível em: <https://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/wp-content/uploads/2014/04/Cartilha-Povos-tradicionais.pdf>. Acessado em 10 de janeiro de 2021.

MISHRA, A., KAR, S., SINGH, V. P. 2007. Prioritizing Structural Management by Quantifying the Effect of Land Use and Land Cover on Watershed Runoff and Sediment Yield. Water Resource Management. p. 1899–1913.

MMA. 2014. Portaria n. 444, de 17 de dezembro de 2014 - Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União - Seção 1. v18. p. 121-126, 2014.

MOREIRA-LIMA, L. 2013. Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil. 513p.

MORGAN, R. K. 2012. Environmental impact assessment: the state of the art. Impact Assessment and Project Appraisal. v30. p. 5-14.

MORRIS, P.; THERIVEL, R. 2005. Methods of Environmental Impact Assessment. London. Spon Press.

MPA. 2011. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Equipe Técnica MPA. Coordenação Geral de Monitoramento e Informações Pesqueiras – CGMIP. Brasil. 60p.

MPF. 2014. Ministério Público Federal. Territórios de Povos e Comunidades Tradicionais e as Unidades de Conservação de Proteção Integral - Alternativas para o Asseguramento de Direitos Socioambientais. Série Manual de Atuação. 1. Brasília. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr6/documentos-e-publicacoes/manual-de-atuacao/docs/manual-de-atuacao-territorios-de-povos-e-comunidades-tradicionais-e-as-unidades-de-conservacao-de-protecao-integral>. Acessado em 07 de fevereiro de 2021.

MPF. 2017a. Ministério Público Federal. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na bacia do Rio Doce: Volume I. Institutos Lactec. Curitiba. 1375 p.

MPF. 2018. Ministério Público Federal. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce. Caracterização Parcial do Rejeito de Mineração do Complexo de Germano. Institutos Lactec. Curitiba.

MPF. 2020. Ministério Público Federal. Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão na bacia do Rio Doce e região costeira adjacente: Tomo I – Contextualização Diagnóstico de Danos. Institutos Lactec. Curitiba. 572p.

MULLER, D. K. 2004. Second homes in Sweden: patterns and issues. In: HALL, C. M., MULLER, D. K. Tourism, Mobility, and Second Homes: Between Elite Landscape and Common Ground. Chanel View Publ. p. 244-259.

MURRAY, C. C.; WONG, J.; SINGH, G. G.; MACH, M.; LERNER, J.; RANIERI, B.; PETERSON ST-LAURENT, G.; GUIMARAES, A.; CHAN, K. M. A. 2018. The Insignificance of Thresholds in Environmental Impact Assessment: An Illustrative Case Study in Canada. *Environmental Management*, v61. p. 1062-1071.

NANNI, M. R.; POVH, F. P.; DAMATTÊ, J. A. M.; OLIVEIRA, R. B. de; CHICATI, M. L.; CEZAR, E. 2011. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site specific management. *Scientia Agricola*, v68. p. 386-392.

NASCIMENTO, E.; ARAÚJO, H. 2015. O jogo da inclusão e exclusão na dinâmica da sociedade moderna. In: IRVING, M., RODRIGUES, C., RABINOVICI, A., COSTA, H. Turismo, áreas protegidas e inclusão social: diálogos entre saberes e fazeres. *Folio Digital*. Rio de Janeiro. p. 81-112.

NASCIMENTO-COSTA, M. C., OLIVEIRA, F. V. PERINI, F. A. 2019. *Dryadonocterys capixaba* (Chiroptera: Phyllostomidae: Glossophaginae): first record for the Cerrado and updated geographic distribution map.

NEFEDONA, T.; PALLOT, J. 2013. The multiplicity of second home development in the Russian Federation: a case of seasonal suburbanization. In: ZORAN, R. Second Home tourism in Europe: lifestyle issues and policy responses. Surrey. Ashgate Publishing Limited. p. 91-120.

NICODEMO, M. L. F. 2011. Dinâmica da água em sistemas agroflorestais. Documento 102, Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos.

NIMER E. 1989. O modelo de zonas de vida de Holdridge: conceito e procedimentos metodológicos fundamentais. Rio de Janeiro: Cadernos de Geociências. 12 p.

NOBLE, B. F.; GUNN, J.; MARTIN, J. 2012. Survey of current methods and guidance for strategic environmental assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*. v30. p. 139-147.

NOGUEIRA, D. 2017. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. *Sustentabilidade em Debate*. Brasília. v8. p. 22-36. Disponível em: https://www.academia.edu/42018514/SeD_Seguran%C3%A7a_h%C3%ADdrica_adapta%C3%A7%C3%A3o_e_g%C3%AAnero?auto=download&email_work_card=download-paper. Acesso em 22 de abril 2021.

NOGUEIRA, M. R., LIMA, I. P., PERACCHI, A. L. SIMMONS, N. 2012. New genus and species of nectar-feeding bat from the Atlantic Forest of Southeastern Brazil (Chiroptera: Phyllostomidae: Glossophaginae). *American Museum Novitates*. v3747: 1-30.

NUNES, R. M.; BIANCHEZZI, C. 2017. Manifestações culturais: perspectivas no ensino de história nos anos iniciais do ensino fundamental. *RELEM. Revista Eletrônica Mutações*.

NUNES, S. R. D. F. S.; GARCIA, F. C. P.; LIMA, H. C., CARVALHO-OKANO, R. M. 2007. Mimosoideae (Leguminosae) arbóreas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: distribuição geográfica e similaridade florística na floresta atlântica no sudeste do Brasil. *RODRIGUESIA*. v58. p. 403-421.

OGATA, I. S.; SANTOS, D. L.; OLIVEIRA, R.; RODRIGUES, A. C. L. 2017. Implementação do índice de pobreza hídrica na sub-bacia do rio Taperoá, Estado da Paraíba, Brasil. 14 Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas.

OLDEN, J. D.; ROONEY, T. P. 2006. On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography Letters*. v15. p. 113-120.

OLIVEIRA, B. R. 2019. Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: Passado, Presente e Futuro. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-BCSQJU>. Acessado em 19 de janeiro de 2021.

OLIVEIRA, D. N. 2011. Etnoecologia em Comunidades de Pescadores do vale do rio Doce, Colatina Espírito Santo, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Superior São Francisco de Assis, Santa Teresa – ES, Brasil.

OLIVEIRA, D.A.; GALVÃO, P. Geometry and water quality of the unconfined aquifer near the Piracicaba river, Ipatinga/MG, Brazil, *HydroResearch*, Volume 2,2019, P. 31-39 ONIKI, Y.; WILLIS, E. O. 2002. *Bibliography of Brazilian birds: 1500-2002*. Rio Claro, Brasil. Divisa Editora. 532 p.

ONU. 2010. Organização das Nações Unidas. Resolução A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010.

ONU. 2018. Nações Unidas no Brasil. Glossário de Termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Organização das Nações Unidas. Brasília.

ONU. 2021. Organização das Nações Unidas. Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/agenda2030/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf>. Acessado em 05 janeiro 2021.

ORGANON. 2015. Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Mobilizações Sociais. Impactos socioambientais no Espírito Santo da ruptura da barragem de rejeitos da Samarco. UFES-Universidade Federal do Espírito Santo. Rede UFES-Rio Doce. Relatório Preliminar. novembro/dezembro de 2015. Mimeo. 105p.

PACHECO, E. D. 2008. Diagnóstico do impacto do uso das trilhas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. Dissertação (mestrado) em Meio Ambiente e Sustentabilidade, UNEC, Centro Universitário de Caratinga. Caratinga. UNEC-CEPEX. 122p.

PACHECO, R.; RAIMUNDO, S. 2015. Parques urbanos e o campo dos estudos do lazer: propostas para uma agenda de pesquisa. *Revista Brasileira de Estudos do Lazer*. v1, p. 43-66.

PADCT/CIAMB. s/d. Belo Horizonte.

PALHARES, J. C. P. 2013. Consumo de água na produção animal. Comunicado Técnico 102, Embrapa: São Carlos, SP.

PALU, M. C., JULIEN, P.Y. 2019. Modeling the sediment load of the Doce River after the Fundão Tailings Dam Collapse, Brazil, *J. Hydraul. Engineering*. n145, ASCE.

PARDIÑAS, U. F. J., TETA, P., D'ELIA, G. 2009. Taxonomy and distribution of *Abrawayaomys* (Rodentia: Cricetidae), an Atlantic Forest endemic with the description of a new species. *Zootaxa*. v2128. p. 39–60.

PARREIRAS, M. Rio Doce, que começa a correr quase morto, tem a bacia mais degradada de Minas. *em.com.br*, 8 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.em.com.br/app/noticia/especiais/nascentes/2014/04/08/noticias-internas-nascentes,516596/rio-doce-que-comeca-a-correr-quase-morto-tem-a-bacia-mais-degradada.shtml>>.

PARKER, T. A., III; STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W. 1996. Ecological and distributional databases. In: STOTZ, D. F., FITZPATRICK, J. W., THEODORE A., P. *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press. Chicago. USA. p.113-436.

PASSOS, F. L., COELHO, P., DIAS, A. 2017. (Des)territórios da mineração: planejamento territorial a partir do rompimento em Mariana, MG. *Cadernos Metrópole*. São Paulo. v19. p. 269-297.

PATTON, J. L., PARDIÑAS, U. F. J., D'ELIA, G. 2015. *Mammals of South America. Volume 2. Rodents*. University of Chicago Press. Chicago.

PAULY, D; CHRISTENSEN, V; GUÉNETTE, S; PITCHER, T; SUMAILA, U; WALTERS, C; WATSON, R; ZELLER, D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, v418. p. 689-695.

PAYNTER, R. A., JR.; TRAYLOR, M. A., JR. 1991. *Ornithological gazetteer of Brazil*, 2 vols. Museum of Comparative Zoology. Cambridge. USA. vii + 788 p.

PEDRALLI, G., TEIXEIRA, M.C.B., FRANÇA, E.G. 1986. Lauraceae do Parque Florestal do Rio Doce, Minas Gerais. *Ciência e Cultura* v38. p. 1414-1421.

PEIXOTO, E.L. 2012. Caracterização e perspectivas do Parque Estadual do rio Doce – MG: uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias hemisféricas de dossel. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/LGSA-9A4FUR>. Acessado em 25 de janeiro de 2021.

PELICICE, F. M., AGOSTINHO, A. A., 2009. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*. v11. p. 1789–1801

PELICICE, F. M., LATINI, J. D., AGOSTINHO, A. A. 2014. Fish fauna disassembly after the introduction of a voracious predator: main drivers and the role of the invader's demography. *Hydrobiologia*. v746. p.

271–283.

PERCEQUILLO, A. R., BRAGA, C. A. C., BRANDÃO, M. V., ABREU-JÚNIOR, E. F., GUALDA-BARROS, J., LESSA, G. M., PIRES M. R. S., HINGST-ZAHER, E. 2017. The genus *Abrawayomys* Cunha and Cruz, 1979 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae): geographic variation and species definition. *Journal of Mammalogy*, v98. p. 438–455.

PETRUCIO, M. M., BARBOSA, F. A. R., FURTADO, A.L.S. 2006. Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, southeast Brazil. *Limnologia* v36. p. 192–203.

PFLUG R. 1969. Quaternary lakes of eastern Brazil. *Photogrammetria*. v24. p. 29-35.

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.; STRAUPE, F. C.; CESARI, E. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia*. v23. p. 91-298.

PINHEIRO, H. T.; JOYEUX, J. C. 2007. Pescarias multi-específicas na região da foz do rio Doce, ES, Brasil: Características, problemas e opções para um futuro sustentável. *Braz. J. Aquatic Science Technology*. v11. p. 15-23.

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*. v22. p. 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. São Paulo, Brazil: Departamento de Zoologia, Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. xii + 700 p.

PINTO, O. M. O. 1945. Cinquenta anos de investigação ornitológica. *Arquivos de Zoologia*. v4. p. 261-340.

PINTO, O. M. O. 1952. Súmula histórica e sistemática da ornitologia de Minas-Gerais. *Arquivos de Zoologia*, v8. p. 1-51.

PINTO, O. M. O. 1964. Ornitologia Brasileira: catálogo descritivo e ilustrado das aves do Brasil, vol. 1. Departamento de Zoologia da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo. São Paulo. Brasil.

PINTO-COELHO, R. M., BEZERRA-NETO, J. F., MIRANDA, F., MOTA, T. G., RESCK, R., SANTOS, A. M., MAIA-BARBOSA, P. M., MELLO, N. A. S. T., MARQUES, M. M., CAMPOS, M. O., BARBOSA, F. A. R. 2008. The inverted trophic cascade in tropical plankton communities: impacts of exotic fish in the Middle Rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. v68. p. 1025-1037.

PIVARI, M. O., OLIVEIRA, V. B., COSTA, F. M., FERREIRA, R. M., SALINO, A. Macrófitas aquáticas do sistema lacustre do Vale do rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. v62. p. 759–770.

PLANO DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL DO ASSENTAMENTO CHICO MENDES II. s/d. Disponível em:
http://assentamentos.com.br/uploads/assentamentos.com.br/projetos/Pingo%20DAgua/PDA%20Chico%20Mendes%20II_Pingo%20dagua.pdf. Acessado em 22 de fevereiro de 2021.

PMQQS. 2018. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos da Fundação Renova. Relatório 3463-00-QQS-RL-0001-00 Rev. nº 00, agosto de 2018, 25p.

PMQQS. 2018. 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. 2018. 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.

PNUD. 2013. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada; Fundação João Pinheiro. Atlas de desenvolvimento humano do Brasil de 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acessado em 22 de janeiro de 2021.

PRINCE, H. 1978. Time and Historical Geography. In: CARLSTEIN, T., PARKES, D., THRIFT, N. Making sense of time. John Wiley & Sons. New York. p. 17-37.

PRUSKI, F. F. 2009. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Editora da UFV. Viçosa. 269 p.

PUIG, J. M.; TRILLA, J. A. 2004. pedagogia do ócio. Artmed. Porto Alegre.

PUMAIN, D. 2005. Transferring concepts for urban modelling: capture or exchange? In: PORTUGALI, J. Complex artificial environments. Springer. p. 71-84.

PUSSETTI, C., BRAZZABENI, M. 2011. Sofrimento social: idiomas da exclusão e políticas do assistencialismo. Etnográfica. v15. Disponível em: <https://journals.openedition.org/etnografica/1036#quotation>. Acessado em 03 de abril 2021.

QUECINI, V. M. 2007. Timóteo: o legado urbano de um projeto industrial. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP. São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16133/tde-14012010-154558/pt-br.php>. Acessado em: 22 de janeiro de 2021.

QUEIROZ, A. P. B. L. 2012. problemas que trazem soluções. Revista Psicologia, Diversidade e Saúde, Salvador. v1. p. 26-38.

QUEIROZ, H., YING, S. C., ABERNATHY, M., BARCELLOS, D., GABRIEL, F. A., OTERO, X. L., N'OBREGA, G. N., BERNARDINO, A. F.; FERREIRA, T. O. 2021. Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailingsdam collapse. Environment International 146 (2021) 106284. 14p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041202032239X>

RABELO, P. J. B. 1994. Estudos de caracterização e redução do teor de fósforo do minério de ferro da mina de Alegria, Mariana, MG. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 266 p.

RAIMUNDO, S. Em busca da sustentabilidade perdida: lazer e turismo diante das desigualdades socioambientais. 1. ed. Curitiba (PR): Appris, 2019. v. 1. 211p.

RAMBOLL. 2017. Relatório Consolidado Referente aos Trabalhos dos Primeiros Nove Meses de Avaliação dos Programas Socioeconômicos e Socioambientais. Destinado ao: Ministério Público Federal – MPF. Tipo de Documento: Relatório consolidado referente aos trabalhos dos primeiros nove meses. Período: Dezembro/2017.

RAMBOLL. 2020. Dossiê das Águas. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-ramboll/relatorios-2020/dossie_aguas_com_anexos_completo.pdf/view. Acessado em 22 março de 2021.

RAMBOLL. 2020. Relatório de Monitoramento Mensal dos Programas Socioeconômicos e Socioambientais para Restauração da Bacia do Rio Doce com os Indicadores Propostos. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-ramboll/09_relatorio_abril20_consolidado_v05.pdf/view. Acessado em 20 março de 2021.

RAMBOLL. 2020. Relatório de Monitoramento Quadrimestral – Compilado de Dossiês de Questões Críticas. Disponível em http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-ramboll/Relatorio_Quadri_Dossies_Julho19_Vfinal_20-08_19_com_anexos.pdf/view. Acessado em: 02 de abril de 2021.

RAPPOLE, J. H. s/d. The avian migrant: the biology of bird migration. New York, USA: Columbia University Press.

RAUPP, F. M; BEUREN, I. M. 2004. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 2ªed. Atlas. São Paulo. p.76-97.

RBMA. 1996. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Plano de Ação para a Mata Atlântica: Roteiro para a conservação de sua biodiversidade. Caderno n. 4. Série Políticas Públicas. São Paulo. Disponível em: http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_04.pdf. Acessado em 22 de janeiro de 2021.

REDFORD, K. H. 1997. A floresta vazia. IN: VALADARES-PADUA, C., BODMER, R. Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil. Brasília. CNPq, Belém. Sociedade Civil Mamirauá. p.1-22

RIDGELY, R. S., TUDOR, G. 2009. Field guide to the songbirds of South America: the passerines. University of Texas Press Austin. USA.

ROBIM, M. J. 1999. 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. 161p.

ROCA, Z. 2013. Introduction. In: ROCA, Z. Second Home tourism in Europe: lifestyle issues and policy responses. Surrey: Ashgate Publishing Limited. 2013, p. XIX-XXV.

ROCHA, M. F.; SANTOS, B.; CARVALHO, G. L. A. s/d. biotecnologia dos Jardins Filtrantes na Despoluição da Lagoa da Pampulha /MG. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/a_biotecnologia_dos_jardins_filtrantes_na_despoluicao_da_lagoa_da_pampulha.pdf. Acessado em 13 de setembro de 2019.

ROCHA, P. A., FEIJÓ, A., DIAS, D., RUIZ-ESPARZA, J., FERRARI, S. F. 2014. Major extension of the known range of the capixaba nectar-feeding bat *Dryadonicterys capixaba* (Chiroptera: Phyllostomidae). Is this rare species widely distributed in eastern Brazil? *Mastozoologia Neotropical*. v21. p. 361-366.

ROLIM, G. S., CAMARGO, M. B. P., LANIA, D. G., MORAES, J. F. L. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragancia*. v66. p. 711-720.

ROSA, J. C. S. 2014. 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.

RRDM /FEST. 2020. Rede Rio Doce Mar/Fundação Espírito Santense de Tecnologia. Relatório anual 2020 do PMBA/FEST-RRDM. Evolução espaço-temporal na qualidade ambiental e na biodiversidade no ambiente dulcícola. RT-36B RRDM dez/20.

RUFFINO, M. L. 2008. Sistema integrado de estatística pesqueira para a Amazônia. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. v3. p. 193-204

RUGG, D. S. 1972. Spatial foundations of urbanism. WM C. Brown Company Publishers. Dubuque. Iowa. USA.

SAMARCO. 2021. Disponível em <https://www.samarco.com/>. Acessado em 06 de maio de 2021.

SÁNCHEZ, L. E.; ALONSO, L.; BARBOSA, F. A. R.; BRITO, M. C. W.; LAUREANO, F. V.; MAY, P.; KAKABADSE, Y. 2019. Uma estrutura de avaliação dos impactos ambientais e sociais de desastres. Garantindo a mitigação efetiva após o rompimento da Barragem de Fundão). Painel do Rio Doce Questões em Foco n. 4. Gland.

SANTOS, B. S. 2002. Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências. Revista Crítica de Ciências Sociais. n63. p. 237-280.

SANTOS, B. S. 2006. A Gramática do Tempo: para uma nova cultura política. Cortez Editora. São Paulo.

SARMENTO-SOARES, L. M., MARTINS-PINHEIRO, R. F., RODRIGUES, L. N. 2017. Peixes do rio Doce segundo as coleções. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia. v123. p. 9-25. Disponível em: https://www.sbi.bio.br/images/sbi/boletim-docs/2017/setembro_123.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

SCHOLTEN, M.C.T., FOEKEMA, E.M., VAN DOKKUM, H.P., KAAG, N.H.B.M., JAK., R.G. 2005. Eutrophication management and ecotoxicology. Springer.

SCHULTER, E. P., FILHO, J. E. R. V. 2017. Evolução Da Piscicultura No Brasil: Diagnóstico E Desenvolvimento a Cadeia Produtiva e Tilápia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 42. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

SCOSS, L. M. 2002. Impacto de estradas sobre mamíferos terrestres: o caso do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade federal de Viçosa.

SCOTTI MR, Gomes AR, Lacerda TJ, Avila SS, Silva SLL, Antão A, Santos AGP, Medeiros MB, Alvarenga S, Santos CH, Rigoberlon EC. 2020. Remediation of a riparian site in the Brazilian Atlantic forest reached by contaminated tailings from the collapsed Fundão dam with native woody species. Integrated Environmental Assessment and Management 16: 1-17.

SCUDELLER, V.V., CARVALHO-OKANO, R.M. 1998. Bignoniaceae (Bignoniaceae) no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Iheringia, Sér.Bot. v51. p. 79-133.

ŞEKERCIOĞLU, Ç. H. 2010. Partial migration in tropical birds: the frontier of movement ecology. Journal of Animal Ecology. v79. p. 933-936.

SELMİ, M., LAGOEIRO, L., ENDO, I. 2009. Geochemistry of hematitite and Itabirite, Quadrilátero

Ferífero, Brazil. Revista da Escola de Minas. v62. p. 35-43.

SICK, H. 1997. Ornitologia Brasileira. Rio de Janeiro, Brazil: Nova Fronteira.

SIGNORELLI, N. 2000. Mapeamento geológico da folha Caratinga, escala 1:100.000. Projeto Leste, etapa II, Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil CPRM, Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1 CD ROM.

SILVA, A. A. N. 2018. Diversidade de mamíferos de médio e grande porte e fatores que predispõem suas ocorrências no Parque Estadual do Rio Doce, MG. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de São João del Rei.

SILVA, A. S. R. 2016. Autogestão de sistemas rurais de abastecimento de água: estudo de caso na comunidade quilombola de Lagedo. São Francisco.

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. v13. p. 85-92.

SILVA, L. V. C. 2001. Diagnóstico da cobertura vegetal. Contribuição ao Plano de Manejo. Instituto Estadual de Florestas-IEF. Projeto Doces Matas. 53 p.

SILVA, S. P. 2013. A abordagem territorial no planejamento de políticas públicas e os desafios para uma nova relação entre estado e sociedade no Brasil. IN: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasil em desenvolvimento 2013: estado, planejamento e políticas públicas. Brasília, Ipea.

SILVANO, R. A. M., VALBO-JORGENSEN, J. 2008. Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. Environmental, Development and Sustainability. v10. p. 657-675.

SILVANO, R. A. M.; HALLWASS, G. 2020. Participatory Research with Fishers to Improve Knowledge on Small-Scale Fisheries in Tropical Rivers. Sustainability. v12. p. 4487. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12114487>. Acessado em 20 de fevereiro 2021.

SILVAS, L., 2000. Mapeamento geológico da folha Coronel Fabriciano, escala 1:100.000. Projeto Leste, etapa II, Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil CPRM, Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1 CD ROM.

SKUTSCH, M. M.; FLOWERDEW, R. T. N. 2009. Measurement Techniques in Environmental Impact Assessment. Environmental Conservation. v3. p. 209-217.

SOMENZARI, M., AMARAL, P. P., CUETO, V. R., GUARALDO, A. C., JAHN, A. E., LIMA, D. M., LIMA, P. C., LUGARINI, C., MACHADO, C. G., MARTINEZ, J., NASCIMENTO, J. L. X., PACHECO, J. F., PALUDO, D., PRESTES, N. P., SERAFINI, P. P., SILVEIRA, L. F., SOUSA, A. E. B. A., SOUSA, N. A., SOUZA, M. A., TELINO-JÚNIOR, W. R., WHITNEY, B. M. 2018. An overview of migratory birds in Brazil. Papéis Avulsos de Zoologia. v58. p. e20185803.

SORENSEN, J. C. A. 1979. framework for identification & control of resource degradation & conflict in the multiple use of the coastal zone. Dept. of Landscape Architecture, University of California, Bekeley. 42 p.

SOUZA, E. R. 2018. Contextos das Áreas Rurais na Gestão dos Recursos Hídricos. In: Gestão de Bacias Hidrográficas: Critérios para definição de áreas prioritárias para revitalização. IGAM. Belo Horizonte. Disponível em:

http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/2763/1/Livro_Crit%20a9rios_Ig%20am_28_12.pdf. Acessado em 24 de abril 2021.

SOUZA, J. J. L. L.; ABRAHÃO W. A. P.; MELLO, J. W. V.; SILVA, J.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, T. S. 2015. Geochemistry and spatial variability of metal(loid) concentrations in soils of the state of Minas Gerais, Brazil. *Science of the Total Environment*. v505. p. 338-349.

SRK. 2019. Consulting e Fundação Renova, Estudo expedito para a mancha de inundação do rio Doce entre a UHE Risoleta Neves e a cidade de Linhares/ES, Relatório n. SRKBR_040_17_Renova29 RTE_Rev02.

STALLINGS, J. R. 1989. Small mammals inventories in an eastern Brazilian Park. *Bulletin of the Florida State Museum* v34. p. 159-200.

STALLINGS, J. R., DA FONSECA, G. A. B., PINTO, L. P. S., AGUIAR, L. M. S., SÁBATO, E. L. 1990. Mamíferos do Parque Florestal Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Ver. Bras. Zool.* v7. p. 663-677.

STALLINGS, J. R., ROBINSON, J. G., 1991. Disturbance, forest heterogeneity and primate communities in a Brazilian Atlantic Forest Park. In: *A Primatologia do Brasil - 3*, RYLANDS, A. B., BERNARDES, A. T. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte. p. 357-368

STEVAUX, J. S.; LATRUBESSE, E. M. 2017. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo. Oficina de Textos.

STUTCHBURY, B. J. M., MORTON, E. S. 2001. *Behavioral ecology of tropical birds*. Academic Press. London, UK.

SULLIVAN, C. A.; MEIGH, J. R.; LAWRENCE, P. 2006. Application Water Poverty Index at Different Scale: A Cautionary Tale. *IWRA, Water International*. v31. n3.

SUNAGA, T., VERANI, J. R. 1991. The fish communities of the lakes in rio Doce Valley, Northeast Brazil. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, v24. p. 2563-2566.

TAVARES, S. L. R. MELO, A. S., ANDRADE, A. G., ROSSI, C. Q., CAPECHE, C. L., BAILEIRO, F. C., DONAGEMMA, G. K., CHAER, G. M., POLIDORO, J. C., MACEDO, J. R., PRADO, R. B., FERRAZ, R. P. D., PIMENTA, T. S. 2008. *Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação*. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 238 p.

TAVARES, V. C. 1999. *Ecomorfologia do voo, dieta das espécies e composição de uma taxocenose de morcegos (Mammalia: Chiroptera) do Parque Estadual do Rio Doce, Leste de Minas Gerais, Sudeste do Brasil*. Dissertação de mestrado, UFMG.

TAVARES, V. C., PERINI, F. A., LOMBARDI, J. 2007. The bat communities (Chiroptera) of the Parque Estadual do Rio Doce, a large remnant of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Lundiana*. v8. p. 35-47

TEIXEIRA, J. B. 2007. Levantamento e sistematização de informações para a criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Foz do Rio Doce- ES. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/Relatório%20-%20Setor%20Pesqueiro.pdf>. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

TEIXEIRA, L. C., PAIVA, J. B. D., PEREIRA, J. E. S., LISBÔA, R. M. 2016. Relationship between turbidity and suspended sediment concentration from a small hydrographic basin in Santa Maria (Rio

Grande do Sul, Brazil), *Int. J. of River Basin Man.* v14. p. 393-399.

TEMPONI, L. G., GARCIA, F. C. P., SAKURAGUI, M., CARVALHO-OKANO, R. M. 2006. Araceae do Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. *Acta Bot. Bras. São Paulo.* v20. p. 87-103.

THERIVEL, R.; WOOD, G. 2017. *Methods of Environmental and Social Impact Assessment (Natural and Built Environment Series)*. Abingdon: Routledge.

THOMPSON, M. A. 1990. Determining Impact Significance in EIA: a Review of 24 Methodologies. *Journal of Environmental Management.* v30. p. 235-250.

TOMSETT, C. LEYLAND, J., 2019. Remote sensing of river corridors: A review of current trends and future directions, *River Res Applic.* n35: p. 779–803.

TONINI, A. T.; FELIX, C. F.; VASCONCELOS, M. F. A. 2020. Coleção Ornitológica do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais: importância para pesquisas e necessidade de preservação. *Atualidades Ornitológicas.* v214. p. 73-113.

TUAN, Y. 1980. Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. DIFEL. São Paulo.

TUAN, Y. 1983. *Espaço e Lugar: a perspectiva da experiência*. DIFEL. São Paulo.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. 2008. *Limnology*. CRC Press. 866 p.

UFV/CETC/UFLA/FEAM. 2010. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente. Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente.

UN. 2010. United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. 64/292. The human right to water and sanitation. United Nations, 2010 Disponível em: https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acessado em 22 abril de 2021.

US-NRS. 2002. *Riparian Areas: functions and strategies for management*, Washington: National Research Council. 428 p.

VALE, V. L., 2021. Efeitos da reologia dos materiais na ruptura de barragens de rejeito, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. SMARH-UFMG. Belo Horizonte. 85 p.

VALENCIO, N. F. L. S. 2014. Desastres: tecnicismo e sofrimento social. *Ciência & Saúde Coletiva*. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63031699002>. Acessado em 3 de abril de 2021.

VANNOTE, R. L. MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* v37. p. 130–37.

VELAZCO, P. M., GREGORIN, R., VOSS, R. S., SIMMONS, N. B. 2014. Extraordinary local diversity of disk-winged bats (Thyropteridae: Thyroptera) in northeastern Peru, with the description of a new species and comments on roosting behavior. *American Museum Novitates.* v3795. p. 1-28.

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R., LIMA, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE. Rio de Janeiro. 124p.

VEZZANI, F. M., MIELNICZUK, J. 2009. Uma Visão Sobre Qualidade Do Solo. *Revista Brasileira de*

Ciência do Solo. v33. p. 743-755.

VIANA, J. P. 2016. Os Pescadores da Bacia do rio Doce: Subsídios para a mitigação dos impactos socioambientais do desastre da Samarco em Mariana, Minas Gerais. Nota técnica no 11, IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. 51p.

VIANA, J. P. 2017. As atividades de pesca e aquicultura na Bacia do Rio Doce: subsídios para a mitigação dos impactos socioeconômicos do desastre da Samarco em Mariana, Minas Gerais. Boletim regional, urbano e ambiental, 16, jan.-jun. 2017. IPEA. Brasília. p. 104-113.

VIANNA, L. P. 2008. De invisíveis a Protagonistas. Populações tradicionais Unidades de Conservação. AnnaBlume. FAPESP. São Paulo.

VIDAL, M. F.; XIMENES, L. F. 2019. Produção de pescados na área de atuação do BNB. In: Caderno Setorial ETENE. v 4, 91. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5851169/91_Pesca_Aquicultura.pdf/8c5c8ea8-12d8-2d68-bda7-558647a18452. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

VIEIRA, F., ALVES, C. B. M., POMPEU, P. S. 2009. Peixes. In: DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., GRECO, M. B., VIERA, F. Biota Minas: Diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 181- 219.

VIEIRA, F. 2010. Distribuição, impactos ambientais e conservação da fauna de peixes da bacia do Rio Doce. MG. BIOTA. v2. p. 5-22.

VIEIRA, F. 2010. Distribuição, impactos ambientais e conservação da fauna de peixes da bacia do rio Doce. MG. BIOTA. Belo Horizonte. v2. p. 5-22. Disponível em http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/mg_biota/2014/mg.biota%20v.2%20n.5.pdf Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

VELLIARD, J. M. E. 1994. Catálogo dos Troquilídeos do Museu de Biologia Mello Leitão. Santa Teresa, Brazil: Ministério da Cultura, Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural, Museu de Biologia Mello Leitão. 113 p.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. 2014. Policy development for environmental licensing and biodiversity offsets in Latin America. PLoS ONE. v9.

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. v11. p. e0147058.

WEI, Z., LE, Q. V., PENG, W., YANG, Y., YANG, H., GU, H., LAM, S.S., SONNE, C. 2021. A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil, Journal of Hazardous Materials v403.

WELCOMME, R. L., COWX, I. G., COATES, D., BENE, C., FUNGE-SMITH, S., HALLS, A., LORENZEN, K. 2010. Inland capture fisheries. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. v365. p. 2881-2896. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0168>. Acessado em 04 de fevereiro de 2020.

WETZEL R.G., 2001. Limnology. Springer.

WETZEL, R. G., LIKENS., G. E. 2000. Limnological analyses. Springer.

WHELAN, C. J., WENNY, D. G., MARQUIS, R. J. 2008. Ecosystem services provided by birds. Annals

of the New York Academy of Sciences. v1134. p. 25-60.

WILLIAMS, D. R.; KALTENBORN, B. P. 1999. 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. p. 214-230.

WILLIS, E. O., ONIKI, Y. 1991. Avifaunal transects across the open zones of northern Minas Gerais, Brazil. *Ararajuba*. v2. p. 41-58.

WISNER, B.; BLAICKIE, P. M.; CANNON, T.; DAVIS, I. 2004. *At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters*. 2 ed. Routledge. London.

WOHL, E., STUART, N. L., ANDREW C. W. 2015. The science and practice of river restoration, *Water Resources Research*. v51. p. 5974–5997.

YANG, T. 2019. The Emergence of the Environmental Impact Assessment Duty as a Global Legal Norm and General Principle of Law. *Hastings Law Journal*. v70. p. 525-572.