



Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Luciana Eler França

**BARRAGENS DE REJEITO NÃO-SEGURAS DA BACIA
DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS: RISCO PARA
RECURSOS HÍDRICOS E ICTIOFAUNA**

Belo Horizonte
2019

Luciana Eler França

**BARRAGENS DE REJEITO NÃO-SEGURAS DA BACIA DO
PARAOPEBA, MINAS GERAIS: RISCO PARA RECURSOS
HÍDRICOS E ICTIOFAUNA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Fernando Figueiredo Goulart

Belo Horizonte
Instituto de Geociências da UFMG

2019

i

F814b
2019

França, Luciana Eler.

Barragens de rejeito não-seguras da Bacia do Paraopeba, Minas Gerais [manuscrito] : risco para recursos hídricos e ictiofauna / Luciana Eler França. – 2019.

xiv, 130 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Fernando Figueiredo Goulart.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2019.

Bibliografia: f. 107-110.

Inclui apêndice e anexos.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Impacto ambiental – Teses. 3. Crime contra o meio ambiente – Teses. 4. Barragens e açudes – Segurança – Teses. 5. Água – Uso – Teses. I. Goulart, Fernando Figueiredo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(81)



FOLHA DE APROVAÇÃO

BARRAGENS DE REJEITO NÃO-SEGURAS DA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS: RISCO PARA RECURSOS HÍDRICOS E ICTIOFAUNA

LUCIANA ELER FRANÇA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 26 de junho de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Fernando Figueiredo Goulart - Orientador
UNB

Prof. André Luiz-Fonseca Naime
IBAMA

Prof. Frederico Wagner de Azevedo Lopes
UFMG

Prof. Thiago Cotta Ribeiro
CEFET-MG

Belo Horizonte, 26 de junho de 2019.

Dedico este trabalho aos meus pais, José Maria
França e Irmélia Eler,
que sempre me incentivaram e apoiaram as
minhas escolhas e
me deram a oportunidade de ter em mim todos
os sonhos do mundo

AGREDECIMENTOS

As palavras descritas nesse momento são muito importantes e tenho certeza que não conseguirei expressar toda a gratidão e aprendizado nesses dois anos da minha vida. Muitas pessoas participaram desse período e não teria conseguido chegar onde cheguei se não fossem elas, por isso acredito que a intensidade das palavras não serão o suficiente para descrever meus sentimentos...

Agradeço aos meus pais por todo o apoio e compreensão, principalmente nas horas difíceis, nunca deixaram minha peteca cair e sempre mostraram que a vida não é fácil, mas que não podemos deixar de seguir em frente para conseguirmos nossos sonhos. Sempre me estimularam e incentivaram sem a menor cobrança de notas e desempenhos, me mostrando que as conquistas são sempre maiores se feitas com amor e vontade. Ao meu pai por ter me ajudado, além das sábias palavras, com ajuda financeira para que meu sonho mais uma vez fosse conquistado. À minha mãe por me ajudar em diversos afazeres e segurar a onda de dias e dias, muitas vezes intermináveis em frente ao computador, risos...

Agradeço ao meu orientador, Fernando Figueiredo Goulart, por ter acreditado na escolha do meu tema e ter me apoiado nas horas fáceis e difíceis que passei. Com bastante paciência e sabedoria soube me orientar e me ajudou a melhorar a minha “escrita científica”, que reconheço mais do que nunca que não é uma demanda fácil e depende de muito esforço e conhecimento. Um pesquisador competente e com muita humildade e coração aberto me passou muito aprendizado. Principalmente, com a sua orientação consegui ser mais objetiva e posso dizer, ainda, que o foco foi maior aprendizado, fundamental para conseguir meu objetivo, em um trabalho tão intenso e tão marcante que envolve tantas variáveis...

Agradeço ao pesquisador, Cacá, Carlos Bernardo Mascarenhas Alves, por ter me ajudado demais no desafio de entender o mundo dos peixes. Com toda sua sabedoria soube me passar diversos aprendizados de uma área, que antes era tão distante do meu conhecimento. Disponibilizou diversos momentos para me ensinar e me mostrar seu conhecimento rico em peixes, com muito humor, tranquilidade e dicas fundamentais.

Foram rápidas e poucas as palavras que descrevo aqui para esses dois pesquisadores que fizeram meu trabalho ir em frente, me mostrando os caminhos desconhecidos e de desafios, me proporcionando a abertura da ciência e do conhecimento, por isso fica a palavra fundamental nesse momento que é a GRATIDÃO. A ciência somente é conquistada por pessoas que carregam amor a ela e que conseguem passar com tanta sabedoria.

Aos meus irmãos, Genaro, Guilherme, Giovane e Queila, que me apoiaram nos momentos difíceis e de sustos que passamos esses anos. Conversamos, alinhamos, revessamos e estamos aqui, firmes e fortes, com muita alegria e saúde. Além de serem família, são amigos, que a cada conquista minha, me diziam palavras, das quais percebia que tinham orgulho de tudo. Valeu!!!! Sinto como se tivesse com papel cumprido do que me propus.

Ao meu companheiro, de forma carinhosa, Geraldo, por seu contínuo apoio e compreensão que foram fundamentais na construção e conclusão deste trabalho. Me incentivando a conseguir e conquistar o que queria e ir além do que poderia ter imaginado.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo da vida, em especial, ao Rodrigo, Carol, Dilásio e Gabrielle, que me ajudaram nas correções e orientações de como melhorar meu pré-projeto para conseguir entrar no mestrado. A minha prima, Simone, que nas horas difíceis esteve ao meu lado, me apoiando sempre. Demais amigos, profissionais e familiares que de alguma maneira me auxiliaram para o desenvolvimento deste trabalho. A memória de Ana que sempre esteve presente apoiando e torcendo por mim.

Aos meus amigos e colegas de mestrado que me ajudaram e apoiaram em diversos momentos, principalmente, naqueles de desorientação que a ansiedade pegava e a salinha era um conforto das conversas, Carol, Erika, Elaine, Fernanda, Júlio, Luiza, Luiz, Marlon, Max, Nina, Nunes, Trevor, Wallison...em ordem alfabética, assim todos compreenderam que não existem prioridades no meu coração. Família da modelagem, que souberam compreender meu jeito de ser *Lippy & Hardys*: “ Oh céus, oh vida”... Me proporcionaram muitas alegrias, discussões, bate-papo, aprendizado... Saídas, churras...muito carinho e amor que fica e que ficará, pois foram amigos que a vida me deu...

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais, oportunidade oferecida pela universidade e por ser pública me proporcionou essa possibilidade. Principalmente, ao Instituto de Geociências e ao Programa de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (PPG-AMSA). Foi muito enriquecedor e pude aprimorar meus conhecimentos e melhorar ainda minhas habilidades profissionais. Aos meus professores, que me ensinaram e me guiaram para ampliar esses conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado e à assistência da secretária, Paloma e Cora, sem esquecer dos mais diversos servidores que proporcionam a manutenção da estrutura. Ao coordenador, Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega, que sempre me atendeu para me ajudar no que fosse preciso.

Agradeço aos membros da banca de qualificação, em especial, ao Professor Diego, que contribuiu valiosas críticas e sugestões ao meu trabalho. De antemão, agradeço aos membros

da banca de defesa, Prof. André, Prof. Frederico, Prof. Thiago e novamente ao Prof. Diego, pela disponibilidade e terem aceitado meu convite e aportes que darão para aprimorar o meu trabalho.

Por fim, agradeço a Deus e as energias boas que me guiaram e ajudaram a ter força e superar todos os desafios propostos e iluminaram em todos os momentos desses dois anos.

Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso
Porque eu já chorei demais
Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Eu só levo a certeza
De que muito pouco eu sei ou nada sei
Conhecer as manhas e as manhãs
O sabor das massas e das maçãs
É preciso amor pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir
Penso que cumprir a vida seja simplesmente
compreender a marcha e ir tocando em frente
Como um velho boiadeiro levando a boiada
Eu vou tocando os dias pela longa estrada, eu vou
estrada Eu sou
Todo mundo ama um dia
Todo mundo chora
Um dia a gente chega
E no outro vai embora
Cada um de nós compõe
A sua própria história
E cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
De ser feliz

(Alimr Sater e Renato Teixeira)

RESUMO

A atual gestão de barragens de rejeitos minerários no estado de Minas Gerais é alarmante. Cita-se dois desastres, o rompimento recente da Barragem do Fundão, no município de Mariana (MG), no ano de 2015 e Barragem I, no município de Brumadinho (MG) em 2019. Dada essa urgência, essa dissertação se propôs a compreender os impactos de potenciais de rompimentos de barragens não-seguras da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG) nos recursos hídricos, o uso de águas e na ictiofauna da bacia hidrográfica. No primeiro capítulo foi realizada uma contextualização dos desastres relacionados com as barragens de rejeito no Brasil, além de uma análise crítica do papel do governo federal e estadual como agente controlador e fiscalizador na gestão de seguranças de barragens de rejeito no estado de Minas Gerais. No segundo capítulo foram quantificados e analisados os impactos potenciais no uso dos recursos hídricos dos eventuais cenários de rompimento de barragens de rejeito de empreendimentos minerários não-seguras da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG). O cenário que apresentou o maior impacto foi o rompimento da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3, em Conselheiro Lafaiete. Tal rompimento impactará 88 outorgas e um volume total de água outorgada de 2.558,88 m³/h. No terceiro capítulo, foi analisado os impactos potenciais na ictiofauna dos mesmos cenários de rompimento. O rompimento de qualquer uma barragem analisadas irá causar grande impacto na riqueza das espécies analisadas de maneira irreversível. Considerando os resultados, é possível afirmar que todos os 18 cenários impactarão as áreas sociais e econômicas, além de afetar diretamente na qualidade da água e o consumo por parte da população da Bacia e seus afluentes.

Palavras-chaves: Barragem de rejeitos; Desastre ambiental; Ictiofauna, Segurança de Barragens; Uso de água.

ABSTRACT

The current management of mining tailings dams features an alarming picture. Two recent disasters can be cited, the Fundão dam rupture, in the municipality of Mariana (MG), in the year 2015 and Barragem I dam rupture, in Brumadinho municipality (MG) in 2019. This master thesis aims at understanding in impact of non-secure dam rupture potentials in the Paraopeba river basin (MG) in the water-use and fish conservation along the basin. In the first chapter, a contextualization of the disasters related to tailings dams in Brazil was carried out, among a critical analysis of the federal and state government roles as a supervisory and controlling agents, mainly in the management of tailings dam's security in the Minas Gerais state. In the second chapter, the potential impacts in the use of the water resources of the possible scenarios for discharging tailings dams from unsecured mining ventures in the Paraopeba river basin (MG) were quantified and analyzed. The most of them scenario the rupture is dam "Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 & 3", in Conselheiro Lafaiete. He impacting 88 waters supply and e affecting 2.260 m³/h of water catchment. In the third chapter, the potential impacts tailings dam rupture scenarios from non-secure mining ventures in the Paraopeba river basin (MG) on the downstream fish communities were analyzed. Any scenario that occurs will impact the species analyzed in irreversible way.

Keywords: Environmental disaster, Ichthyofauna; Tailings dam; Security of Dams; Water use.

SUMÁRIO

1.0	APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	1
2.0	REFERÊNCIAS	3
CAPÍTULO 1: BARRAGENS NO BRASIL E EM MINAS GERAIS: HISTÓRICO, ESTATUS E RISCOS		5
1.0	INTRODUÇÃO	6
2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
3.1	TRAGÉDIAS BRASILEIRAS: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DE DESASTRES RELACIONADOS COM ROMPIMENTO DE BARRAGENS NO BRASIL	8
3.2	O GOVERNO FEDERAL EXERCE SEU PAPEL DE AGENTE CONTROLADOR E FISCALIZADOR?	16
3.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE BARRAGENS: CENÁRIO ESTADUAL	25
4.0	CONCLUSÃO	34
5.0	REFERÊNCIAS	35
CAPÍTULO 2: IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAOPEBA, MINAS GERAIS		39
1.0	INTRODUÇÃO	40
2.0	MATERIAIS E MÉTODOS	41
2.1	ÁREA DE ESTUDO	41
2.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
2.2.1	Elaboração dos cenários de possíveis rompimentos das barragens não-seguras	44
2.2.2	Outorgas – Uso dos recursos hídricos	47
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.0	CONCLUSÕES	61
5.0	REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 3: DANOS DE POSSÍVEIS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NA ICTIOFAUNA NA BACIA DO PARAOPEBA		66
1.0	INTRODUÇÃO	67

2.0	MATERIAIS EMÉTODOS	69
2.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	69
2.2	ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS DE POSSÍVEIS ROMPIMENTOS DAS BARRAGENS NÃO-SEGURAS	70
2.3	ELABORAÇÃO DA LISTA DE ESPÉCIES DA ICTIOFAUNA	74
2.4	ANÁLISE DAS ESPÉCIES	80
2.5	DESCREVER A RIQUEZA E OS POSSÍVEIS IMPACTOS DOS CENÁRIOS	81
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.0	CONCLUSÃO	106
5.0	REFÊRENCIAS	107
ANEXO 1 – LISTA DE ESPÉCIES <i>VERSUS</i> PONTO DE AMOSTRAGEM (0 = NÃO OCORRE; 1 = OCORRE)		111
ANEXO 2 – LISTA DE GRUPOS CARACTERÍSTICOS <i>VERSUS</i> PONTO DE AMOSTRAGEM (0 = NÃO OCORRE; 1 = OCORRE)		125
APÊNDICE A		128
1.0	REFERENCIAS	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Registro de ocorrências no período de tramitação da Lei	9
Figura 2: Número de ocorrência x Estado para o ano 2016	11
Figura 3: Causas prováveis dos eventos de rompimentos de barragens de rejeito	12
Figura 4: Distribuição dos acidentes ao longo de 34 anos (1985 – 2015)	13
Figura 5: Cadastro Nacional de Barragens de diversas finalidades no Brasil	18
Figura 6: Cadastro Nacional de Barragens de Mineração no Brasil	19
Figura 7: Distribuição de Barragens de Mineração por Estado	19
Figura 8: Distribuição das Barragens de Mineração conforme à Classificação em relação à categoria do risco e ao dano potencial associado	20
Figura 9: Distribuição das Barragens de Mineração conforme o Volume	21
Figura 10: Distribuição das Barragens de Mineração conforme Categoria de Dano Potencial Associado	21
Figura 11: Distribuição das Barragens de Mineração conforme Categoria de Risco	22
Figura 12: Distribuição das barragens no Estado por tipologia	25
Figura 13: Distribuição das estruturas cadastradas no BDA por Bacia Hidrográfica no Estado (2016)	26
Figura 14: Distribuição das Barragens conforme a categoria	27
Figura 15: Condições da estabilidade declaradas no Estado de Minas Gerais no ano de 2016.....	28
Figura 16: Localização da bacia do Paraopeba	42
Figura 17: Distribuição das estruturas cadastradas no inventário de barragens por Bacia Hidrográfica no Estado (2016)	43
Figura 18: Distribuição de barragens cadastradas na bacia hidrográfica do rio São Francisco no inventário de barragens (2016).....	43
Figura 19: Distribuição das estruturas cadastradas no inventário de barragens na Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba conforme Estabilidade ou Não (2016)	43
Figura 20: Possíveis cenários do percurso do rejeito na bacia hidrográfica do rio Paraopeba	46
Figura 21: Outorgas potencialmente impactadas versus Cenários, na bacia do rio Paraopeba.	52
Figura 22: Outorgas potencialmente impactadas versus Cenários versus Finalidade de uso, na bacia do rio Paraopeba.	52
Figura 23: Outorgas impactadas por todos os Cenários de rompimento de barragens de mineração na bacia do rio Paraopeba.	54
Figura 24: Volume de outorgas impactadas (m ³ /h) versus Cenários versus Finalidade de uso, na bacia hidrográfica do rio Paraopeba.....	56
Figura 25: Volume total de Água Impactada versus Cenários em caso de rompimentos de barragens de minério na bacia do rio Paraopeba.	56
Figura 26: Localização da bacia do Paraopeba	69
Figura 27: Cenários do percurso do rejeito	73
Figura 28: Localização dos pontos de amostragem das espécies de Ictiofauna	79
Figura 29: Representatividade das Ordens baseado na riqueza espécies do banco de dados da bacia hidrográfica do rio Paraopeba	82
Figura 30: Representatividade das Famílias baseado na riqueza espécies de dados da bacia hidrográfica do rio Paraopeba	83
Figura 31: Riqueza de espécies por Grupo Característico	83
Figura 32: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Endêmico	94
Figura 33: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Rara	96
Figura 34: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Ameaçada de Extinção	98
Figura 35: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo de Interesse Comercial	100
Figura 36: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Reofilica	102
Figura 37: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Cabeceira.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cenários, área de mancha mínima de inundação e extensão percorrida pelo rejeito	49
Tabela 2: Outorgas impactadas versus Cenários versus Finalidade de uso, na bacia do rio Paraopeba	53
Tabela 3: Volume de outorgas impactadas (m³/h) versus Cenários versus Finalidade de uso na bacia do rio Paraopeba.	57
Tabela 4: Pontos amostrados de Ictiofauna	75
Tabela 5: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Endêmico	93
Tabela 6: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Rara ..	95
Tabela 7: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Ameaçada de Extinção	97
Tabela 8: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico de Interesse Comercial	99
Tabela 9: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Reofílica	101
Tabela 10: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Cabeceira	103

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Lista de registro de eventos de rompimentos de barragens no Brasil no período de 2015 a 2016.....	10
Quadro 2: Classificação das barragens em relação a categoria do risco e ao dano potencial associado	20
Quadro 3: Barragens de rejeito mineral não-seguras, na bacia do rio Paraopeba.....	44
Quadro 4: Redefinição das classes de finalidade do uso, unificadas de acordo com a modalidade de outorga concedida.....	47
Quadro 5: Tabela de Barragens de rejeito mineral não-seguras, na bacia do rio Paraopeba.....	72
Quadro 6: Espécies Registradas nos Pontos Amostrados por grupos característicos	80
Quadro 7: Lista de espécies de ictiofauna agrupada por ordem espécies.....	84

LISTA DE SIGLAS

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
ANA – Agência Nacional de Águas
ANM - Agência Nacional de Mineração
BDA - Banco de Declarações Ambientais
CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CRI - Categoria de Risco
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA - Dano Potencial Associado
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
IBRACON - Instituto dos Auditores Independentes do Brasil
LAT - Licenciamento Ambiental Trifásico
LAC - Licenciamento Ambiental Concomitante
LP – Licença de Instalação
LP - Licença Prévia
LO – Licença de Operação
PCA – Plano de Controle Ambiental
PNSB - Plano Nacional de Segurança de Barragens
PSB - Plano de Segurança de Barragens
RADA – Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ZAS – Zona de Autossalvamento

1.0 APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No dia 05 de novembro de 2015 rompeu a Barragem de Rejeito Fundão, localizada no município de Mariana, Minas Gerais. A barragem possuía a função de deposição de rejeito do empreendimento complexo minerário de Germano. O rompimento da barragem de Fundão liberou imediatamente ao meio ambiente um volume de 34 milhões de m³ de rejeitos. O percurso desses rejeitos impactou diretamente a calha dos afluentes à jusante, bem como o Rio Doce e suas adjacências, totalizando 663,2 km de curso de água impactado (FIOROTT; ZANETI, 2017). Esse desastre atingiu 35 cidades do estado de Minas Gerais e três do Espírito Santo (SEDRU, 2016). Deixou 19 mortos, três desaparecidos e mais de 600 pessoas sem suas habitações (NEVES *et al.*, 2016). Um milhão de pessoas, que habitavam as cidades impactadas foram indiretamente afetadas, sendo que cerca de 1,2 milhões de pessoas ficaram sem água (LACAZ *et al.*, 2017).

Além disso, o dano ocasionado nas áreas de preservação permanente foi estimado em aproximadamente 1.587ha, sendo desta 511,08ha coberta por floresta semidecidual. Houve a destruição das áreas de berçários de reposição da ictiofauna (áreas de alimentação de larvas e juvenis (FREITAS *et al.*, 2015; SEDRU, 2016; FERNANDES *et al.*, 2016; CARMO *et al.*, 2017).

Recentemente, no dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu mais um evento de rompimento da Barragem I, em Brumadinho, Minas Gerias. Impactou diretamente nos parâmetros físico-químicos da água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, representando riscos à saúde humana e fauna. Esse rompimento também, impactou diretamente o abastecimento público dos municípios servidos pelas prefeituras e COPASA (SEAPA, 2019; COPASA, 2019; CORREIO BRASILIENSE, 2019). Tal rompimento resultou na morte de 240 pessoas confirmadas pelo Instituto Médico Legal (IML), 32 ainda estão desaparecidos e 133 habitantes desabrigados (GLOBO, 2019; VALENTE, 2019). A área total impactada pela mancha de rejeito produzida por esse rompimento foi de 292,27 ha suprimindo 150,2 ha de vegetação (SEMAD, 2019). Apreensão relacionada com a segurança das barragens de rejeito é latente. Os impactos socioambientais ocasionados pelo rompimento dessas estruturas são incalculáveis. Apesar da preocupação das autoridades a esse respeito e a

criação de amparo jurídico ainda observa-se há uma vulnerabilidade das pessoas diretamente e indiretamente afetadas e da região a jusante a essas estruturas.

Embora tenha aumentado a pressão da sociedade e as autoridades sobre os proprietários das barragens e a cobrança da regularização dessas estruturas, de acordo com a legislação é possível observar que tal preocupação não representa a prevenção ou minimização dos impactos que podem ser ocasionados pelos rompimentos. O que se percebe que ainda há um despreparo relacionado aos impactos e consequências desse tipo de desastre sobre o meio ambiente e na sociedade (SILVA, 2012). Pode-se denominar, então, esse tipo de insegurança, como risco fabricado. Este é criado pela sociedade e depõe contra ela mesma.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho, é identificar os impactos potenciais relacionados ao uso dos recursos hídricos e a ictiofauna presente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, inerentes aos possíveis cenários de rompimento de barragens de rejeitos de empreendimentos minerários.

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: (1) realizar um levantamento bibliográfico sobre a situação legal e de segurança atual das barragens de mineração; (2) Analisar os dados das principais barragens de rejeito minerário a partir de relatórios de auditoria técnica de segurança de barragens incluídas nos cadastros realizados pela ANA e FEAM; (3) Descrever as consequências potenciais dos possíveis rompimentos de barragens de rejeito não-seguras na utilização dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paraopeba; (4) Mensurar consequências dos possíveis rompimentos de barragens de rejeito não-seguras na ictiofauna da bacia hidrográfica do rio Paraopeba.

A dissertação está organizada em artigos dispostos em três capítulos e dois Apêndices. O primeiro descreve o histórico e a situação atual das barragens de rejeito dos empreendimentos no Brasil e Minas Gerais. Além disso, apresenta um diagnóstico da situação das barragens de rejeito em relação a sua segurança. O segundo capítulo apresenta uma análise dos possíveis impactos ambientais de potenciais rompimentos de barragens de rejeito minerário não-seguras no uso destinado aos recursos hídricos da

bacia hidrográfica do rio Paraopeba. No terceiro capítulo apresenta uma análise dos impactos de possíveis rompimentos dessas barragens de rejeito na ictiofauna presente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba.

O Apêndice A descrever terminologias fundamentais para o entendimento desta pesquisa.

O capítulo 2 foi apresentado no 4º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto Ambiental – Ética e Avaliação de Impacto Ambiental, com título “Impactos dos rompimentos de barragens não-seguras no uso da água na bacia do Paraopeba, Minas Gerais”. Posterior a essa apresentação foi submetido e aceito para publicação de um capítulo do livro “Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica”, da editora Atena, que terá seu lançamento em junho de 2019.

2.0 REFERÊNCIAS

CARMO, F. F. DO et al. Fundação tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 145–151, 2017.

COPASA, 2019a, 27 jan. **Abastecimento de água na região do Rio Paraopeba**. Disponível em: <[CORREIA, R.; MAGALHÃES, J. **Comissão extraordinária das barragens**. ASSEMBLEIA ed. Belo Horizonte: \[s.n.\].](http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2019rel/janeiro19rel/abastecimento-de-agua-na-regiao-do-rio-paraopeba-ie14324!/ut/p/a1/zZJPTwIxEMU_CweOTWdhl90eV1T-i8GDy17MsB2WEmhLtxj99haDiRckerKXzpu8ZCa_N7zkBS81vqoavTIadydd9l6mMMmHkwmM54vRPeSTxXwwH90sHmYpf-YILyvttrd_wZaM8scpYbDB82tNRmqYNKIROk2-DJbdWu9DZW0e6wTZo41WIMLgc7QgbCIUHlhFUG7aoSTlzVrjCxIOI9qS9YZIY1kdkGpmjWmHoGOaUYRYdGksrZlqiuNuJTxtarElSo2r9qSol-VIQdpKoJ5iopGRxBZIJSYIlaVdUJJMkE1EAsAwA4MLL4Rqf8TVDGNBxs_6sPi3pN0zpteHFFxZefGHhxRkLL75j4cWfsYTJans4IHkI8BTWm-fFP03w88oCx0cY9aN4AONsCBnkWRqJYR-6SRydDT8EtQxJpheTuEv50y9Pw-732XY9TXb17XsXtomtW60PG1nlnQ!!/dl5/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/> Acessado em: 04/02/2019</p></div><div data-bbox=)

CORREIO BRASILIENSE, 01 FEV. Brumadinho: rejeitos avançam e afetam cidades banhadas pelo Rio Paraopeba. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/01/interna-brasil,734614/brumadinho-rejeitos-avancam-e-afetam-cidades-banhadas-pelo-rio-paraopeba.shtml>>. Acessado em: 04/02/2019

FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, n. 2, p. 35–45, 2016a.

FILHO, W. A. **As Minas de Germano da Samarco**. Disponível em: <<http://www.morrodomoreno.com.br/materias/as-minas-de-germano-da-samarco.html>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FIOROTT, T. H.; ZANETI, I. C. B. B. Tragédia do Povo Krenak pela Morte do Rio Doce / Uatu, no Desastre da Samarco / Vale/ BHP, Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 6, n. 2, p. 127, 2017.

FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineração da Samarco - fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. p. 25–30, 2015.

GLOBO, G1, 2019, 13 mai. **Mortos identificados no desastre da Vale em Brumadinho sobem para 240**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/05/13/mortos-identificados-no-desastre-da-vale-em-brumadinho-sobem-para-240.ghtml> > Acessado em: 22/05/2019.

LACAZ, F. A. DE C.; PORTO, M. F. DE S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 0, p. 1–12, 2017.

NEVES, A. C. DE O. et al. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. **Natureza e Conservacao**, v. 14, n. 1, p. 24–27, 2016.

SEDRU. **Relatório : Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Secretaria ed. Belo Horizonte: [s.n.]. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

SEAPA, 2019, 31 jan. **A água do rio Paraopeba apresenta riscos à saúde humana e animal e não deve ser utilizada para qualquer finalidade**. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/gmg/story/3306-comunicado>>. Acessado em: 04 fev. 2019.

SEMAD, 2019, 01 fev. **Nota de Esclarecimento 12 - Desastre Barragem B1. IEF Mapeia Área de Vegetação impactada pelos rejeitos**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3756-nota-de-esclarecimento-12-desastre-barragem-b1>>. Acessado em: 14/04/2019.

SILVA, E. T. G. **Barragens hidrelétricas e desastres: uma avaliação de metodologias de gestão de risco ambiental**. 2012. 110 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental) - Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília, 2012. Disponível em: <<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1638>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

VALENTE, Jonas. **Brumadinho: número de mortos em rompimento de barragem chega a 157**. Agência Brasil, Brasília, 07 fev. 2019. Geral. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-02/brumadinho-numero-de-mortos-em-rompimento-de-barragem-chega-157>> Acessado em: 03/04/2019.

CAPÍTULO 1: BARRAGENS NO BRASIL E EM MINAS GERAIS: HISTÓRICO, ESTATUS E RISCOS

RESUMO

A presente gestão de barragens de rejeito representa um enorme risco para a sociedade ecossistemas e biodiversidade. Destaca-se os dois desastres recentes, no município de Mariana, no ano de 2015, bem como no município de Brumadinho em 2019. O presente trabalho, teve como objetivo contextualizar o histórico dos desastres relacionados com as barragens de rejeito no Brasil, analisar o papel do Estado como agente controlador e fiscalizador e a gestão estadual das barragens de rejeito de Minas Gerais. Este estudo foi fundamentado em revisão bibliográfica, análise documental e notícias veiculadas pela imprensa após os desastres. A revisão demonstra que os métodos construtivos das barragens utilizados no Brasil se encontram defasados e, somados a falta de monitoramento e manutenção adequados, contribuem para que determinados desastres ocorram. Adicionalmente, é perceptível a deficiência na fiscalização por parte do governo, principalmente relacionada à interlocução entre as esferas federal e estadual. Conclui-se que os instrumentos jurídicos que regem o Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) estão totalmente fragilizados pela cultura produtivista dos empreendimentos, com gestão e tecnologias focando na lucratividade a curto prazo.

Palavras-chave: Barragem de Rejeito; Desastre Ambiental; Fiscalização; Licenciamento Ambiental; Segurança de Barragem

ABSTRACT

The present management of tailings dams represents a fragile reality for society, which has repercussions on insecurity for the population. The two recent disasters are highlighted, the Fundão dam rupture, in the municipality of Mariana (MG), in the year 2015 and Barragem I dam rupture, in Brumadinho municipality (MG) in 2019. The purpose of the present work was to contextualize the history of disasters related to tailings dams in Brazil, analyze the role of the State as supervisor and controlling agent, and the State management of tailings dams in Minas Gerais. This study was based on bibliographical review, documentary analysis and press reports after the disasters. The results demonstrated that the constructive methods of the dams used in Brazil are out of date and, together with the lack of adequate monitoring and maintenance, contribute to the occurrence of certain disasters. In addition, deficiencies in government oversight are perceptible, mainly related to the interlocution between the federal and state spheres. In conclusion the legal instruments governing the National Plan for the Safety of Dams (PNSB) are totally debilitated by the extractive culture of the enterprises, with management and technologies focusing on short-term profitability and productivity increase.

Keywords: Environmental Disaster; Environmental Licensing; Dam Safety; Inspection; Tailings Dam

1.0 INTRODUÇÃO

A exploração minerária no Brasil iniciou-se a mais de mais de 300 anos e sua história está ligada a história do desenvolvimento do país, nos séculos XVI ao XIX (SILVA; ANDRADE, 2016). Sendo na década de 1930, quando as primeiras barragens de rejeitos minerários começaram a ser construídas. Essas estruturas tinham como objetivo principal evitar que os rejeitos resultantes da sua operação fossem lançados *in situ* nos cursos de água. Na época, pouco se sabia do risco dessas estruturas (BRASIL, 2005).

As barragens de rejeitos minerários causam impactos socioambientais na instalação, no decorrer da sua vida útil, no descomissionamento e principalmente em situações de eventuais rompimentos. Esses impactos ocasionados por essas etapas são previstos e estudados nos processos de licenciamento e monitoramento requeridos pelos órgãos regulamentadores e fiscalizadores. Entretanto, esses estudos desconsideram os riscos e impactos causados por rompimentos das estruturas (SILVA, 2012).

Desastres ambientais ocasionados pelo rompimento das barragens de rejeitos no Brasil e seus impactos associados têm se tornado frequentes (CARMO *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2016; PIRES *et al.*, 2017). Deste modo, fica evidenciada a carência de boas gestões de risco relacionadas com esse tipo de estrutura geotécnica. Principalmente, quando as barragens estão localizadas a montante de aglomerações urbanas (BRASIL, 2005) e/ou áreas ecologicamente importantes (FERNANDES *et al.*, 2016).

No Brasil, ocorreram muitos desastres envolvendo barragens de rejeitos nas últimas décadas, destacando o rompimento da Barragem de Fundão, Município de Mariana, MG, ocorrido em novembro de 2015. Foi considerado um dos maiores desastres ecológicos da história. Apesar da dimensão continental dos impactos socioambientais de tal desastre, muitas barragens no Brasil e Minas Gerais ainda não possuem segurança garantida (ANA, 2016; FEAM, 2017). Destaca-se, também, recentemente, o rompimento da Barragem I, em Brumadinho, ocorrido em 25 de janeiro de 2019. Dado o pouco tempo passado desse desastre, poucas informações estão disponíveis, entretanto o dano humano foi ainda maior

do que a tragédia de Mariana. Por isso o rompimento da Barragem I já pode ser considerado o maior desastre humano na história recente brasileira.

Dado esse cenário crítico, o presente trabalho teve como objetivo contextualizar o histórico dos desastres relacionados com as barragens de rejeito no Brasil, analisar o papel do Estado como agente controlador e fiscalizador e bem como, analisar sobre a gestão estadual das barragens de rejeito de Minas Gerais.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este estudo utilizou-se de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa. A pesquisa foi desenvolvida a partir da produção científica existente em artigos, dissertações e teses, além de relatórios, laudos técnicos de órgãos públicos e legislação sobre o tema. Adicionalmente, em situações de ausência de publicações acadêmicas, por exemplo, no caso da barragem I, em Brumadinho, foram utilizadas informações divulgadas pela imprensa.

A busca bibliográfica foi realizada de maio de 2017 a dezembro de 2018, nas bases de dados do portal de periódicos da Capes (GALE, DOAJ, Materials Science & Engineering Database, Elsevier, Technology Research Database, Web of Science, Materials Research Database, SciELO) e Google Acadêmico, nos idiomas inglês, português e espanhol, abrangendo artigos publicados entre janeiro de 1990 a novembro de 2018.

As palavras-chave utilizadas foram “barragem de rejeito”, “rompimento de barragem”, “impacto ambiental”, “segurança de barragens” e “risco” e suas correspondentes em inglês, “tailings dam”, “dam break”, “environmental impact”, “dam safety” e “risk” e em espanhol “balsas de residuos”, “ruptura de la balsas de residuos”, “impacto ambiental”, “seguridad de la balsas de residuos” e “riesgo”.

No estudo foram incluídos artigos originais de revisão bibliográfica, estudos de caso e estudos de experiências que incluíssem o tema de rompimento de barragens de rejeitos e/ou metodologia de *dam break*. Foram encontrados e analisados 76 artigos, dissertações e teses. Desses, 30 pertinentes ao assunto foram selecionados para compor este estudo. Para análise referente aos relatórios e laudos técnicos de órgãos públicos abrangeu o

período entre janeiro de 2012 a novembro de 2018. Dentre todos os analisados foram selecionados 14 documentos pertinentes ao tema. Também foi realizado um levantamento da legislação vigente relacionada a segurança e risco de barragens, além do histórico do amparo jurídico. Também foram incluídas informações sobre o rompimento da Barragem I, em Brumadinho (MG), no período entre 26 de janeiro de 2019 e 01 de fevereiro de 2019.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TRAGÉDIAS BRASILEIRAS: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DE DESASTRES RELACIONADOS COM ROMPIMENTO DE BARRAGENS NO BRASIL

No Brasil, nos últimos 30 anos, foram destacados oito desastres de barragens de rejeitos minerários e industriais, devido aos enormes impactos socioambientais deles oriundos: (1) Barragem Fernandinho (1986); (2) Barragem Rio Verde (2001); (3) Barragem da Indústria Cataguases de Papel (2003); (4) Barragem São Francisco (2007); (5) Barragem Mineração Herculano (2014); (6) Barragem do Fundão (2015); Barragem I (2019) (ROCHA, 2015; NEVES, 2018). No período de cinco anos, 2011 a 2016, após a publicação da legislação de segurança de barragens, foram registrados 73 ocorrências de acidentes relacionados com barragens (Figura 1) (ANA, 2016).

Recentemente, ocorreu o rompimento da Barragem 1, em Brumadinho, no dia 25 de janeiro de 2019. Além da sua dimensão e extensão dos danos socioambientais gerados, ainda apresenta questões que estão em discussão em vários aspectos, principalmente pertinentes no âmbito jurídico e de segurança.

Vale a pena ressaltar que diversas normas e diretrizes foram elaboradas posteriormente à Lei nº 12.334/2010, adotando o Princípio da Precaução. Entretanto o mesmo não criou obstáculos para que os desastres com a Barragem do Fundão e Barragem I ocorressem. A primeira tentativa de implantação de uma legislação referente à segurança de barragens surgiu em 1977, com o Decreto Lei nº 10.752, motivada por duas rupturas de barragens no rio Pardo, em São Paulo (ANA, 2013). Entretanto, somente com o acidente ocorrido em 2003, o rompimento da Barragem da Indústria Cataguases de Papel, foi elaborado o

Projeto de Lei nº1181/2003. Esse projeto fundamentou a lei em vigor, de nº 12.334/2010. Contudo, apesar do atraso da legislação relacionada com a segurança das barragens, havia uma preocupação, por parte da comunidade técnica, manifestada através das entidades de classe, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), Instituto dos Auditores Independentes do Brasil (IBRACON) e Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), com os possíveis impactos, como perdas de vidas, danos econômicos e ambientais e exposição de profissionais. Essa preocupação gerou uma pressão nos políticos para publicação tardia da lei (ANA, 2013).

Cabe pontuar que durante os sete anos de tramitação, entre a apresentação do projeto de Lei e sua promulgação, foram registrados diversos acidentes, com destaque para o rompimento da Barragem São Francisco, em 2007. Após a lei entrar em vigor foram registrados diversos eventos (Figura 1). Esses registros foram realizados diferentemente, pois a Agência Nacional de Águas (ANA) possui a responsabilidade de centralizar as informações fornecidas pelas entidades fiscalizadoras das barragens sob sua jurisdição, enquanto a Agência Nacional de Mineração (ANM)/Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) tem sob jurisdição as barragens que contém rejeitos minerários (PERSECHINI *et al*, 2015).

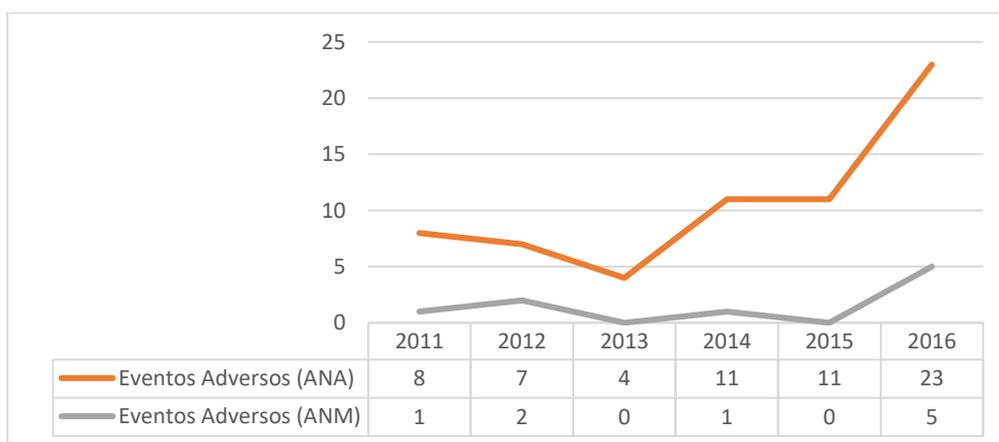


Figura 1: Registro de ocorrências no período de tramitação da Lei

Fonte: Autor (2018)

Nota – ANA: Agência Nacional de Águas, ANM – Agência Nacional de Mineração

No último período analisado, do dia 01 de outubro de 2015 a 31 de dezembro de 2016, foram registrados na Agência Nacional de Águas (ANA), um total de 23 rompimentos relacionados com barragens no território brasileiro (Quadro 1) (ANA, 2016). Dentre esses eventos citados, destacou-se, em decorrência de sua extensão e gravidade, o acidente na Barragem de Fundão, em Mariana (MG), sendo que esse ocasionou mais três eventos, como consequência: Germano, Santarém e UHE Risoleta Neves.

No ano de 2015, foram registrados quatro eventos no estado de Minas Gerais. No ano de 2016, um evento para os estados de Goiás, Paraná e Pernambuco e Tocantins, dois eventos para os estados da Bahia e Minas Gerais e seis para o estado de Alagoas (ANA, 2016). Essas informações descrevem o crescimento na quantidade de rompimentos, em um ano, de 63% de ocorrência de eventos relacionados com rompimento de barragens. Destacando-se o estado de Alagoas, com a maior quantidade de eventos, 42,86% (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 2).

Quadro 1: Lista de registro de eventos de rompimentos de barragens no Brasil no período de 2015 a 2016

Data	Nome da Barragem	Estado	Entidade Fiscalizadora	Causa Provável
05/11/2015	Fundão, Germano, Santarém, UHE Risoleta Neves	MG	DNPM	Liquefação de efluentes, rompimento de barragem a montante
04/01/2016	Alto Grande	BA	INEMA	Cheia
20/20/2016	Fazenda Felícia (2 barragens)	GO	SECIMA	Sem informação
20/08/2016	Fazenda Guavirova	PR	Águas Paraná	Cheia
Sem Informação	Balneário Ayrton Senna	MS	IMASUL	Cheia
12/02/2016	Jucazinho	PE	APAC	Fissuras
02/03/2016	Dique B3	MG	DNPM	Sem Informação
10/03/2016	Itabiruçu	MG	DNPM	Sem Informação
Março de 2016	Canoas	AL	SEMARH	Falta de Manutenção
Março de 2016	Bosque IV	AL	SEMARH	Insuficiência do Vertedor
26/07/2016	Taboca	TO	NATURATINS	Carreamento de Materiais
Setembro de 2016	São Francisco	AL	SEMARH	Insuficiência do Vertedor
Setembro de 2016	Prado	AL	SEMARH	Insuficiência do Vertedor
Setembro de 2016	Gulandim	AL	SEMARH	Insuficiência do Vertedor

Data	Nome da Barragem	Estado	Entidade Fiscalizadora	Causa Provável
Setembro de 2016	Piauí	AL	SEMARH	Insuficiência do Vertedor
06/12/2016	Botuporã	BA	INEMA	Cheia
Sem Informação	Chã dos Pereiras	PB	AESA	Falta de Manutenção
Sem Informação	Saulo Maia	PB	AESA	Falta de Manutenção
Sem Informação	Capa Zero	RO	SEDAM	Carreamento de Material

Fonte: Adaptado de ANA (2016)

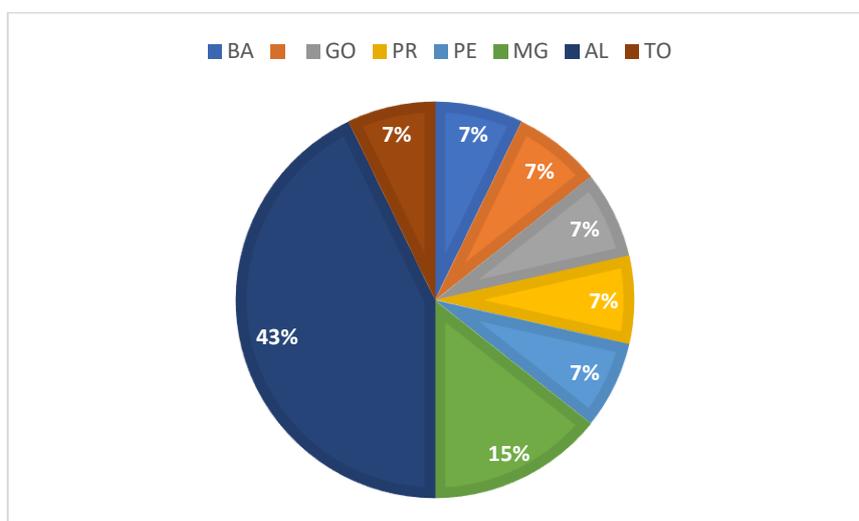


Figura 2: Número de ocorrência x Estado para o ano 2016

Fonte: Autor (2018)

Grande parte desses eventos ocorreram devido a anomalias graves constatadas em vistorias das entidades fiscalizadoras. Percebem-se as falhas graves do sistema, pois analisou-se que a maior causa provável de ocorrência desses eventos foi a insuficiência do vertedor das barragens (Figura 3) (ANA, 2016).

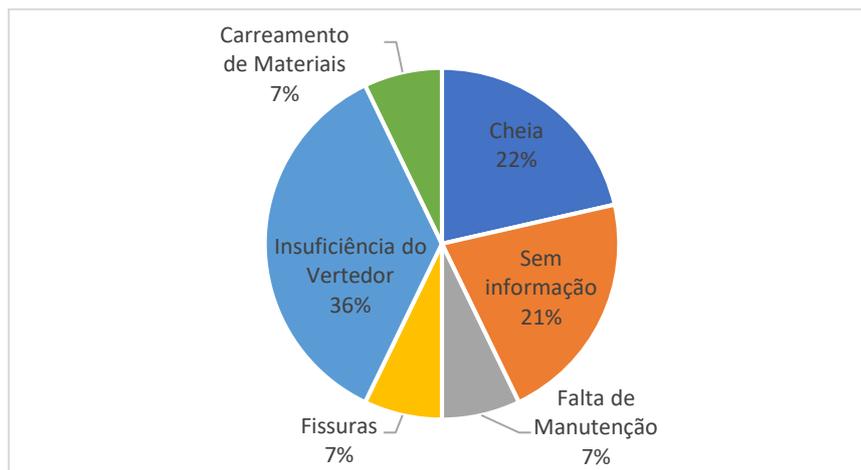


Figura 3: Causas prováveis dos eventos de rompimentos de barragens de rejeito

Fonte: Autor (2018)

Relatórios demonstram que os desastres foram relacionados com instabilidades físicas das estruturas. Essas instabilidades ocorreram por conta da modificação da inclinação do talude ou uma escavação que não estavam previstas no projeto original ou eventos de movimentação de massa, liquefação do material e o galgamento das barragens. Tais problemas poderiam ser evitados ou mitigados, entretanto ausência ou falhas na instrumentação e monitoramento contribuíram para a ocorrência desses desastres (Tabela 1) (SCHEMBRI *et al*; 2016). Esses dados demonstram a importância real do Estado como provedor de fiscalização e controle e a irresponsabilidade das empresas em relação à manutenção dessas estruturas. Os principais danos ocasionados por acidentes de barragens de rejeitos analisadas foram perda de vidas, poluição ambiental, danos à infraestruturas urbanas, danos materiais, perdas culturais, históricas e perdas ambientais (AZAM; LI, 2010; GRAHAM, 1999a; LOPES *et al*; 2016).

Analisando todos os eventos citados, os danos podem ser melhor gerenciados, quando: (1) são conhecidos os aspectos relacionados aos seus históricos de construção do barramento e à geotécnica das estruturas; (2) através da elaboração de planos e programas gerenciais, como os planos de emergência, fidedignos à simulação mais real desses eventos. Quanto maior o volume de rejeito da barragem, maiores são os danos e mais difíceis de serem gerenciados e controlados. Por conseguinte, gera maiores consequências na saúde pública e perdas de vida (BRASIL, 2005; ROCHA, 2015).

Outro fator que contribui para o aumento dos danos é a proximidade ou a localização a montante de centros populacionais. Em tais casos os rompimentos podem ser catastróficos, principalmente no que se refere a perdas de vidas (GRAHAM, 1999b; ROCHA, 2015) (Figura 4).

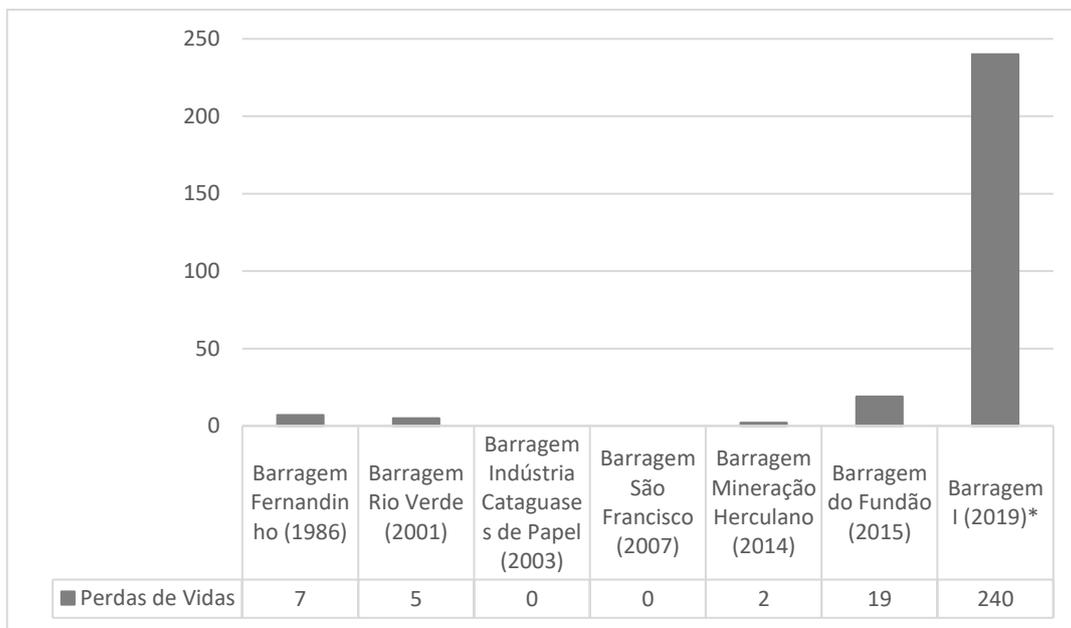


Figura 4: Distribuição dos acidentes ao longo de 34 anos (1985 – 2015)

Fonte: Autor (2016)

Nota (*): Esse valor foi retirado do Jornal G1 que está em atualização, por conta do rompimento ser recente, ainda não conseguiu mensurar o dano à vida humana (<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/05/13/mortos-identificados-no-desastre-da-vale-em-brumadinho-sobem-para-240.ghtml>).

A falta de transparência das informações repassadas pelas mineradoras, em relação às barragens de rejeito é evidente (CALDWELL; OBONI, 2014). Principalmente após o rompimento da barragem do Fundão, que ficou evidente na constatação da falta de comunicação, clareza na mitigação e recuperação dos impactos. (FELIPPE *et al.*, 2016; FIOROTT; ZANETI, 2017). Adicionalmente, essa falta de transparência, também pode ser percebido no rompimento da Barragem I.

Os maiores danos socioambientais originados pelo rompimento das barragens de rejeitos são geralmente relacionados ao percurso dos rejeitos. Esses danos são classificados como irreversíveis (FIOROTT; ZANETI, 2017). Eventos desse porte trazem consequências intangíveis e difíceis de serem mensuradas posteriormente ao desastre dado a

complexidade dos impactos e latência nas respostas ambientais (*time-lag*). Tais rompimentos levam à completa desestruturação cultural, psicológica e econômica das comunidades impactadas e os danos ambientais que influenciam diretamente na vida da sociedade. O que pode ser agravado com os caminhamentos institucionais direcionados na tentativa de amenizar os impactos gerados, ocasionando assim uma crise social maior (ZHOURI *et al.*, 2017).

Um exemplo disso foi o rompimento da Barragem de Rejeito de Fundão, ocorrido no ano 2015, é considerado um dos maiores desastres do mundo em termos de magnitude e abrangência socioambiental (IBAMA, 2015; SILVA *et al.*, 2015; FELIPPE *et al.*, 2016; ZHOURI *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2016; NEVES, *et al.*, 2016; SEDRU, 2016; LOPES *et al.*, 2016; ROCHA, 2016; PIRES *et al.*, 2017; LACAZ *et al.*, 2017; CARMO *et al.*, 2017; FIOROTT; ZANETI, 2017). Entretanto, o desastre humano causado pelo rompimento da Barragem I, em Brumadinho, é ainda maior, mesmo que não tenha sido concluída a mensuração de mortos. Assim, evidenciam-se lacunas ainda presentes nas normas jurídicas, no contexto da política ambiental e de tomadas de decisões no Brasil, principalmente ligados aos riscos geotécnicos das barragens de rejeito.

Os danos socioambientais do rompimento da barragem do Fundão incluem o impacto direto em 35 cidades do estado de Minas Gerais e três do Espírito Santo (SEDRU, 2016). O intenso assoreamento dos rios localizados a jusante da barragem, os rios Gualaxo do Norte, Carmo e parte do Rio Doce até a Usina Hidrelétrica de Candonga (CARMO *et al.*, 2017; SEDRU, 2016). Cerca de 1,2 milhões de pessoas ficaram sem água (LACAZ *et al.*, 2017). Houve dano em áreas de preservação permanente, estimado em cerca de 1.587 ha de vegetação destruída pelos rejeitos, sendo que 511,08 ha possuíam a cobertura definida como Mata Atlântica (FREITAS *et al.*, 2015; CARMO *et al.*, 2017; SEDRU, 2016; FERNANDES *et al.*, 2016). Além da alteração da paisagem pela mudança do percurso do rio, como também, houve alteração da dinâmica fluvial da foz por conta do assoreamento, o ponto de saída para o mar deslocou-se para o norte (FELIPPE *et al.*, 2016). O rejeito atingiu o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, na Bahia, situado a 250 km da foz do rio Doce (SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

Foram impactados diversos povos indígenas, principalmente os Krenak, uma vez que enfraqueceu as relações sociais que dependiam do rio (FIOROTT; ZANETI, 2017). Além do dano ao patrimônio arqueológico presente na comunidade de Bento Rodrigues, como um muro de pedra seca de grande extensão, remanescentes do período colonial, foi submerso pelo rejeito (NOVAIS; NOVAIS, 2017). Foram registrados 19 óbitos, 536 lesionados e feridos. Além disso, o rompimento causou uma série de danos diretos sobre a vida e saúde da população exposta (FREITAS *et al*, 2015).

Já o mais recente rompimento da Barragem I, ocorrido em Brumadinho (MG) no dia 25 de janeiro de 2019, deixou 240 mortos confirmados até então e 133 habitantes desalojados ou desabrigados (GLOBO, 2019; VALENTE, 2019). Dado o pouco tempo passado dessa última catástrofe, poucas informações estão disponíveis. Essa barragem rompeu atingindo o centro administrativo e o refeitório da Vale, além da Vila Ferteco e o distrito Parque da Cachoeira, bem como o rio Paraopeba, até a Usina Hidrelétrica Retiro Baixo. Cabe ressaltar que tanto a Barragem de Fundão quanto a Barragem I utilizavam o método construtivo de alteamento a montante. Esse método estrutural de barragem de rejeito é considerado o mais simples, com menor investimento e o menos seguro (LACAZ *et al*; 2017, AMBIENTE BRASIL, 2019).

Torna-se, portanto, fundamental uma análise crítica dos riscos e incertezas extremas agregadas à subordinação dos estudos inconsistentes ou superficiais dos processos de licenciamento ambiental e das auditorias realizadas pelas próprias empresas de mineração.

Regulamentações e critérios estabelecidos por lei relacionados à segurança de barragens estabelecem de forma clara como deveriam ser cumpridas tais exigências. Porém deixam lacunas quanto à questão dos riscos de eventuais rompimentos e da complexidade desse tipo de evento e suas consequências. Além disso, nota-se total irresponsabilidade e displicência das empresas e poder público no intuito de alterar relatórios tendendo a reduzir e menosprezar os riscos e impactos de potenciais rompimentos.

3.2 O GOVERNO FEDERAL EXERCE SEU PAPEL DE AGENTE CONTROLADOR E FISCALIZADOR?

Apesar do aumento da quantidade de barragens cadastradas, depois da vigência do Plano de Segurança de Barragens (PSB), criado pela Lei nº 12.334/2010, o Brasil ainda possui dados imprecisos sobre o risco geotécnicos de tais estruturas (ANA, 2016). Para a inserção de barragens no PSB foram estabelecidas duas categorias, Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), através da Lei nº 12.334/2010 e da Resolução CNRH nº 143/2012.

A CRI considera os aspectos relacionados à barragem, como características técnicas e estado de conservação. Já o DPA considera os aspectos referentes a perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais, como provável consequência de algum evento, como rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mal funcionamento de uma barragem (ANA, 2013; NEVES, 2018).

Ressalta-se que essa avaliação conjunta das barragens, com Categorias CRI e DPA, permite priorizar e hierarquizar em quais barragens haverá ações de acompanhamento, fiscalização e recuperação. Pois demonstram as ameaças à segurança da barragem e as graves consequências em caso de acidente.

Essas categorias têm como objetivo classificar as barragens conforme suas características técnicas e riscos ambientais e à sociedade. Os responsáveis por essa classificação são os órgãos fiscalizadores, através das informações prestadas pelo empreendedor e/ou colhidas *in loco* (NEVES, 2018). Assim, a implantação do Plano de Segurança de Barragens estabelece uma base inconsistente. Pois a classificação fundada pelas informações de um sistema de fiscalização frágil juntamente com a falta de informações pertinentes das barragens possibilita uma hierarquização e priorização errônea da real segurança de risco dessas barragens. Principalmente, vislumbrando a precariedade da fiscalização e as campanhas de *lobby* contínuas para a desburocratização (facilitação da aprovação do processo independente dos riscos), principalmente no que se refere ao licenciamento ambiental (MARSHALL, 2017).

As barragens, estruturas geotécnicas que compõem a dinâmica de um empreendimento minerário, possuem um risco intrínseco. A priorização determinada na legislação das classes de risco deveria apoiar ações de acompanhamento, fiscalização e recuperação. Entretanto, observa-se uma realidade que se difere da realidade proposta pelo plano.

Apesar do incremento de cadastramento de aproximadamente 70% de barragens na ANA, no período de cinco anos, desde a implantação da Lei nº 12.334/2010, poucas barragens estão de acordo com o exigido pela Lei.

Vale salientar que além da Lei nº 12.334/2010, haviam duas portarias, anteriores ao rompimento da barragem de Fundão, que descreviam regulamentações específicas na atuação do DNPM, órgão responsável pelas barragens de empreendimentos minerários (Portaria DNPM nº 416/2012 e Portaria DNPM nº 526/2013). Estas descreviam a exigência da criação e manutenção do cadastro de barragens, além de apresentar o Plano de Segurança da Barragem, com recomendações de inspeções e revisões periódicas. Também previa o Plano de Ação de Emergência das barragens de mineração (CRUZ; NEVES, 2014).

No período de 2011 a 2016, houve uma evolução relacionada ao cadastramento das barragens no banco de dados do PNSB (Figura 5). O cadastro de barragens realizado na Agência Nacional de Águas (ANA) durante esses seis anos teve um incremento de 69,41% para as barragens de diversas finalidades. Enquanto aquele realizado na Agência Nacional de Mineração (ANM)/Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), de 217,80%.

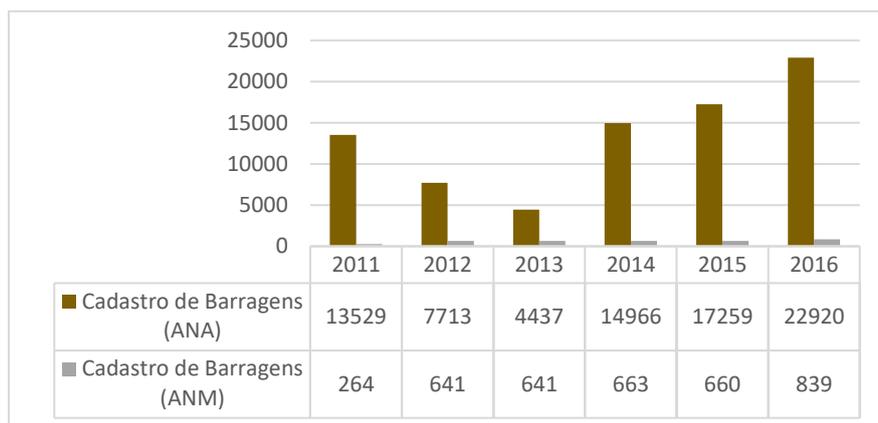


Figura 5: Cadastro Nacional de Barragens de diversas finalidades no Brasil

Fonte: Autor (2018)

Nota: ANA – Agência Nacional de Água, ANM -Agência Nacional de Mineração

No ano de 2016 foram identificadas 22.920 barragens com diversas finalidades, dentre as quais somente 3.174 (14%) possuem o enquadramento e a aplicação dos instrumentos previstos, conforme a Lei nº 12.334/2010. Destaque-se também, que 4.159 (18,15%) possuem classificação em relação ao dano potencial (DPA) e 3.691 (16,10%) foram avaliadas em relação à categoria de risco (CRI) (ANA, 2016). Apenas 12.590 (55%) possuem algum tipo de autorização, como, por exemplo, outorga, concessão, autorização e licença, e são, portanto, regularizadas. Analisando esses dados fica constatado o expressivo número de barragens que não possuem enquadramento conforme à Lei (ANA, 2016).

A Portaria ANM nº 70.389/2017 estabelece que toda barragem de mineração deverá ser cadastrada na Agência Nacional de Mineração (ANM), bem como contar com o mapeamento de área de inundação simplificado (capítulo I, seção I - Da Sistemática de Cadastramento das Barragens). Em seu Art. 3º descreve que o empreendedor é responsável por cadastrar as barragens no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM). Essa portaria abrange diversos elementos em um regulamento único, como a junção das Portarias nº 416/2012 e nº 526/2013 (PERLATTI, 2018). Essa portaria foi elaborada e publicada após o rompimento da barragem de Fundão.

Para o ano de 2016, o Sistema Integrado Nacional de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) possuía o cadastro de 839 barragens, estando 449 (53,51%) inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (Figura 6) (DNPM,

2016). De acordo com esses dados, dentre as barragens inseridas no PNSB, o estado que tem o maior número cadastros é Minas Gerais, com 220 (49%) (Figura 7).

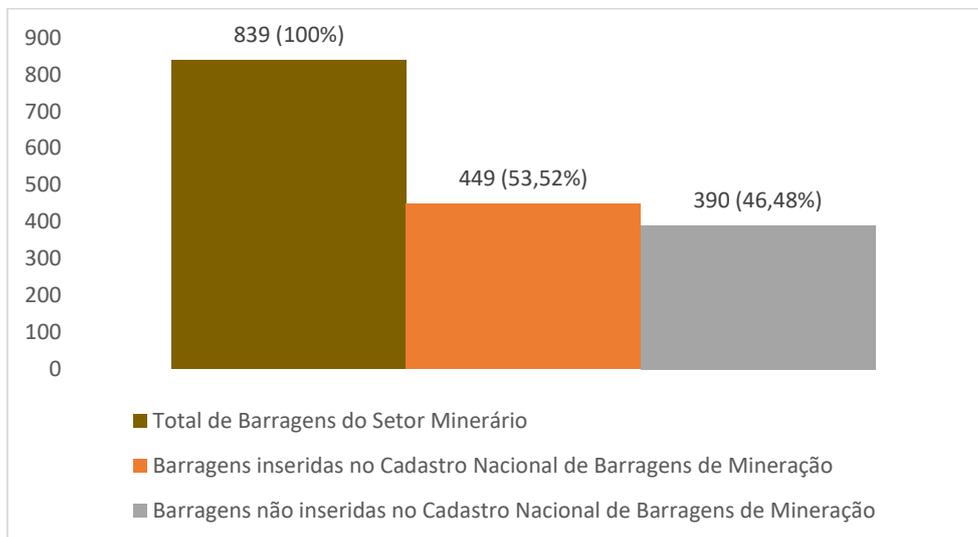


Figura 6: Cadastro Nacional de Barragens de Mineração no Brasil

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

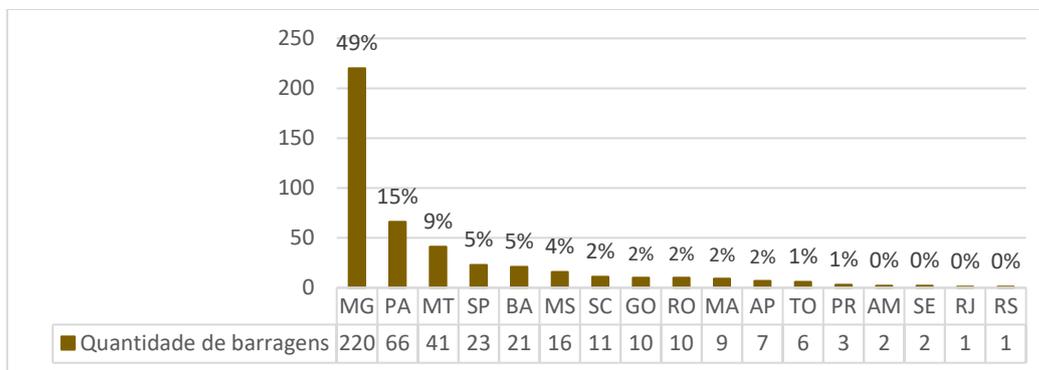


Figura 7: Distribuição de Barragens de Mineração por Estado

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

De acordo com o Art. 5º da Portaria nº 70.389/2017, em consonância com o art. 7º da Lei nº 12.334/2010, as barragens de mineração serão classificadas pelo DNPM, quanto à Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E (Quadro 2).

Quadro 2: Classificação das barragens em relação a categoria do risco e ao dano potencial associado

Aspectos de Classificação	Dano Potencial Associado		
	Alto	Médio	Baixo
Categoria de Risco			
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

Das barragens cadastradas no PNSB, 223 barragens (49,67% das estruturas) são classificadas como classe C (Figura 8). O que significa que quase a metade das barragens de empreendimentos minerários foram classificadas como de alto (Categoria de Risco) a baixo (Dano Potencial Associado). Em relação ao porte do volume das barragens, 201 barragens (44,77%) foram classificadas como muito pequenas e 153 (34,08%), como pequenas (Figura 9).

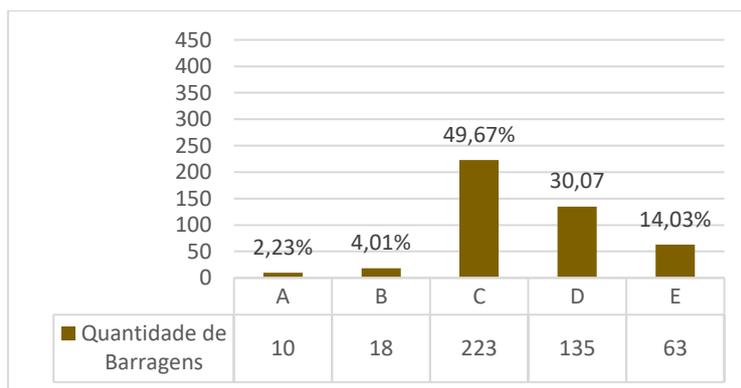


Figura 8: Distribuição das Barragens de Mineração conforme à Classificação em relação à categoria do risco e ao dano potencial associado

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

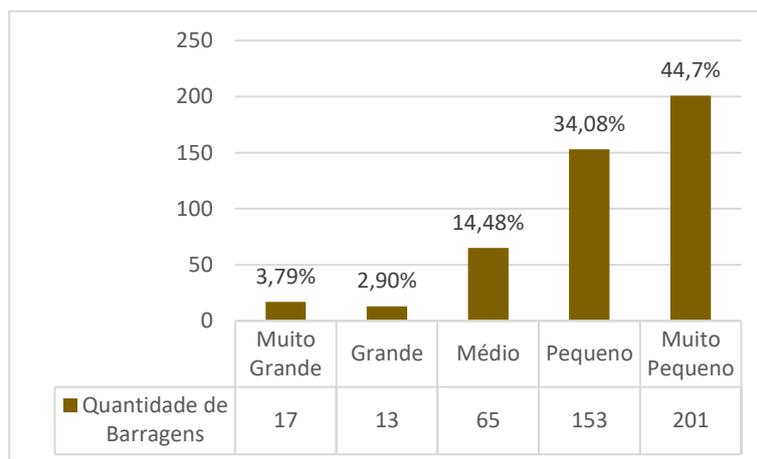


Figura 9: Distribuição das Barragens de Mineração conforme o Volume

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

Das barragens cadastradas no PNSB, 223 (49,66%) são classificadas como de dano potencial alto, 142 (31,62%) dano médio e 84 (18,71%) dano pequeno (Figura 10). Em relação ao risco, somente 19 (4,23%) possuem risco alto, 54 (12,03%) risco médio e 376 (83,74%) risco pequeno (Figura 11).

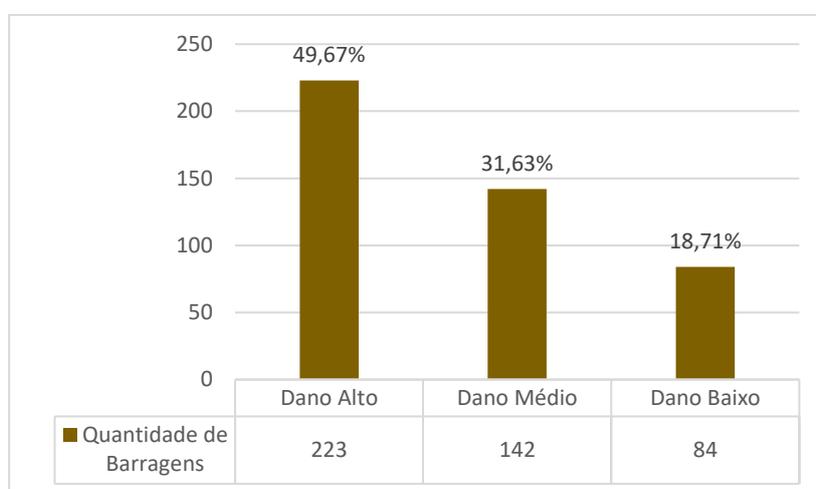


Figura 10: Distribuição das Barragens de Mineração conforme Categoria de Dano Potencial Associado

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

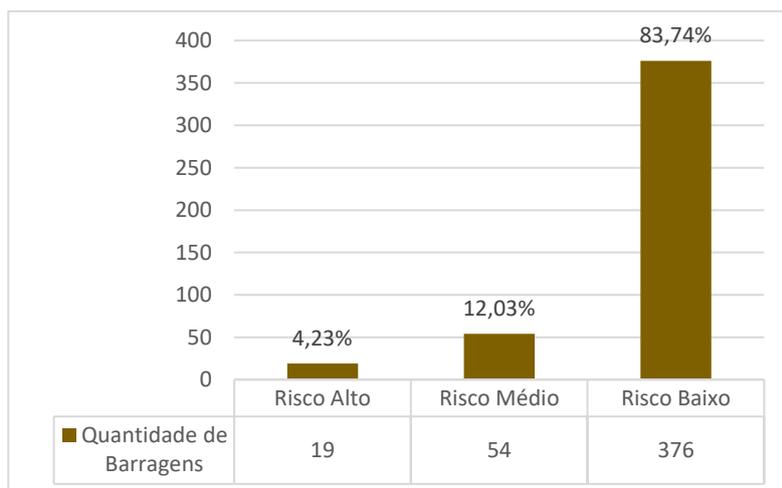


Figura 11: Distribuição das Barragens de Mineração conforme Categoria de Risco
 Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

Vale ressaltar que o número de barragens classificadas com potencial de dano alto (49,66%) é considerado como pertencentes à categoria de risco baixo (83,74%). Das barragens consideradas de risco alto, 52,63% foram classificadas com dano potencial alto. Sendo que dessa classificação, 7% foram classificadas como sendo de porte muito pequeno (DNPM, 2018).

No que tange aos recursos humanos relacionados à gestão ambiental, há insuficiência de servidores na parte técnica para trabalhar nas áreas de controle, fiscalização e monitoramento, tanto no âmbito federal, como estadual (TCU, 2016; CESAR; CARNEIRO, 2017). No governo federal, no ano de 2015, haviam 430 técnicos no total do DNPM, sendo 220 com cargo direcionado para fiscalização em todo território brasileiro e sobre todas as demandas (IN THE MNE, 2015). No governo estadual (MG), no ano de 2015, haviam 2.262 servidores no Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), sendo menos de 3%, 61 servidores, com a carreira voltada para a fiscalização e o controle (CESAR; CARNEIRO, 2017). Fundamenta-se, assim, a fragilidade do sistema brasileiro de controle e fiscalização ambiental e de segurança. Percebe-se claramente o pequeno poder de fiscalização pública e do papel regulatório do Estado.

Tal cenário indica uma tendência de flexibilização dos requisitos da implantação do Plano Nacional de Barragens. Somente 14% das cadastradas no banco de dados do PNSB

possuem enquadramento e aplicação dos instrumentos previstos pela Lei. Esse quantitativo é pequeno em relação ao contexto complexo trazido à realidade pelos desastres atuais. Existe um amparo jurídico totalmente fragilizado pela cultura extrativista dos empreendimentos denominados megamineração. O seu modo de gestão e tecnologias foca em maiores lucros a curto prazo com aumento da produção (LACAZ *et al*, 2017).

Vale ressaltar que as barragens são consideradas um agente passivo nas minerações, gerando custos a serem absorvidos pela empresa no decorrer da sua vida útil, além dos investimentos periódicos de inspeção, monitoramento, avaliação e manutenção. Diferentemente das barragens para geração de energia hidrelétrica que compõem um ativo, um fator gerador de renda (KOCHEM, 2016).

Outro fator importante a ser considerado na fragilização do sistema estatal, é o financiamento para campanha eleitoral. Esse fato foi permitido até o ano de 2015. A empresa Vale foi a maior doadora de campanhas eleitorais no ano de 2006. Em 2014 foi a terceira maior e grupos de financiamento da Empresa (LACAZ *et al*, 2017; MARSHALL, 2017). Diversos políticos, de diferentes partidos, receberam ajuda, sendo eleitos para cargos legislativos e executivos, nos níveis estadual, ao exemplo do estado de Minas Gerais, e federal (POEMAS, 2015). Percebe-se, com isso, que o fortalecimento do sistema político, jurídico e de fiscalização das instituições governamentais pode ser comprometida, pois muitos parlamentares foram financiados de maneira direta ou indiretamente pelas mineradoras, tornando-se fator de influência nas decisões no que se refere ao licenciamento de empreendimentos minerários.

Os desastres trouxeram à discussão uma série de dispositivos jurídicos, principalmente o *caput* do art. 225 do Texto Constitucional, destinado à tratativa do meio ambiente. É importante perceber que a Constituição Federal e diversas legislações amparam juridicamente as providências a serem tomadas. Entretanto, a fragilidade do sistema no descaso apontado no decorrer deste estudo, ocasiona o não cumprimento da legislação e o afrouxamento por parte do poder público, em função da economia e da lucratividade.

A Constituição deixa clara a função da administração pública de defesa e preservação ambiental para as gerações atual e futura, evidenciando os princípios da prevenção e da

precaução (BRASIL, 1988). Por conseguinte, o mesmo artigo, em seu segundo parágrafo, apresenta o princípio do poluidor-pagador. Este descreve a obrigação de recuperação do meio ambiente degradado pelo beneficiário da exploração de recursos minerais. Esse também está sujeito a sanções penais e administrativas e à reparação de danos, seja ele pessoa física ou jurídica, conforme previsto pelo terceiro parágrafo.

A responsabilidade penal em relação aos danos ambientais provocados pelo rompimento é subjetiva, ou seja, é dependente de apuração de culpa. Assim, tanto as empresas Samarco e Vale, como seus administradores podem ser punidos pelos crimes cometidos, devendo responder por uma parcela de responsabilidade e culpabilidade (BRASIL, 1998; SILVA, 2019). O que traz a reflexão da ciência dos riscos que as atividades do seu empreendimento podem acarrear em relação ao meio ambiente e a terceiros.

Já a responsabilidade civil nos casos de rompimentos de barragens sempre será objetiva, ou seja, o poluidor independentemente da existência da culpa, é obrigado a indenizar ou reparar os danos decorrentes de sua atividade (BRASIL, 1981; SILVA, 2019). Adicionalmente, cabe ao Ministério Público da União e dos Estados propor ação de responsabilidade civil e criminal. Portanto, as empresas Samarco e Vale são obrigadas a reparar todos os danos causados ao meio ambiente e aos afetados pelo rompimento das barragens de Fundão e Barragem I, respectivamente. É evidente, nos dois casos que, a ligação entre o evento danoso e o autor do dano, independente da apuração e culpa.

Após o rompimento da barragem I, em Brumadinho, foram elaborados instrumentos jurídicos. Cita-se, as resoluções no âmbito federal, Resolução nº1 e Resolução nº 2. A primeira recomenda determinados atos que já deveriam ter sido cumpridos, como por exemplo, a responsabilidade dos empreendedores em comunicar de forma transparente a real situação dos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança e a fiscalização focando a prioridade de barragens consideradas “de dano potencial associado alto” ou com “risco alto”. A segunda institui um subcomitê, com diversos entes, com objetivo de atualizar e revisar a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Além dessas resoluções, a Resolução Federal nº 4, descreve medidas cautelares em relação as barragens alteadas construídas pelo método "a montante" e também aquelas declaradas com o método desconhecido. Essa resolução determina a proibição desse tipo de método para novas barragens e a desativação, descomissionamento e descaracterização de barragens existentes desse tipo. Assim, como também a proibição de construção de novas barragens, independente do método, nas Zonas de Autosalvamento (ZAS). Entretanto, nenhuma dessas resoluções mencionou o licenciamento ambiental e como deverá ser tratado os risco na avaliação do mesmo.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE BARRAGENS: CENÁRIO ESTADUAL

Minas Gerais possui a maior concentração de barragens de mineração cadastradas no PNSB dentre os estados brasileiros (Figura 7). Esse estado atribui à Fundação Estadual do Meio Ambiental (FEAM) sua gestão de barragens. Todo ano é elaborado um Relatório de Barragens do Estado de Minas Gerais que descreve a situação das barragens a ser repassada pelo empreendedor ao Banco de Declarações Ambientais (BDA). Para o presente estudo, foi considerado o relatório publicado no ano de 2017, com as informações do inventário de barragens do ano de 2016. Neste, 737 barragens de rejeitos foram cadastradas, sendo 439 (59,6%) referentes a empreendimentos minerários (Figura 12) (FEAM, 2017).

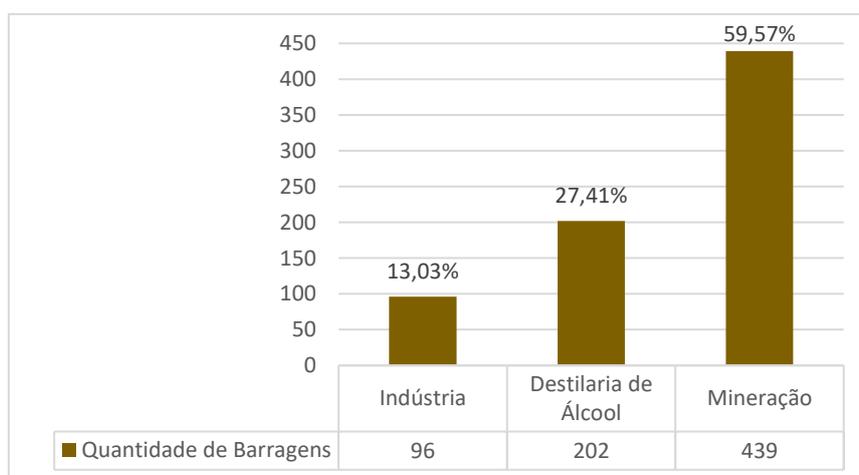


Figura 12: Distribuição das barragens no Estado por tipologia

Fonte: Adaptado pelo autor 2018 (FEAM, 2017).

Outro dado importante é a distribuição dessas barragens por bacia hidrográfica. De acordo com o Relatório de Barragens do Estado de Minas Gerais (2016) a bacia que possui a maior concentração é a Bacia do São Francisco, com 318 (43,15%) (Figura 13). Destas, 103 (32,39%) foram classificadas de Classe III. Desse total, em 14 (13,60%) o auditor não garantiu ou não concluiu sobre a estabilidade por falta de dados ou documentos técnicos. Dentre as declarações do auditor, duas são classificadas como Classe III (FEAM, 2017).

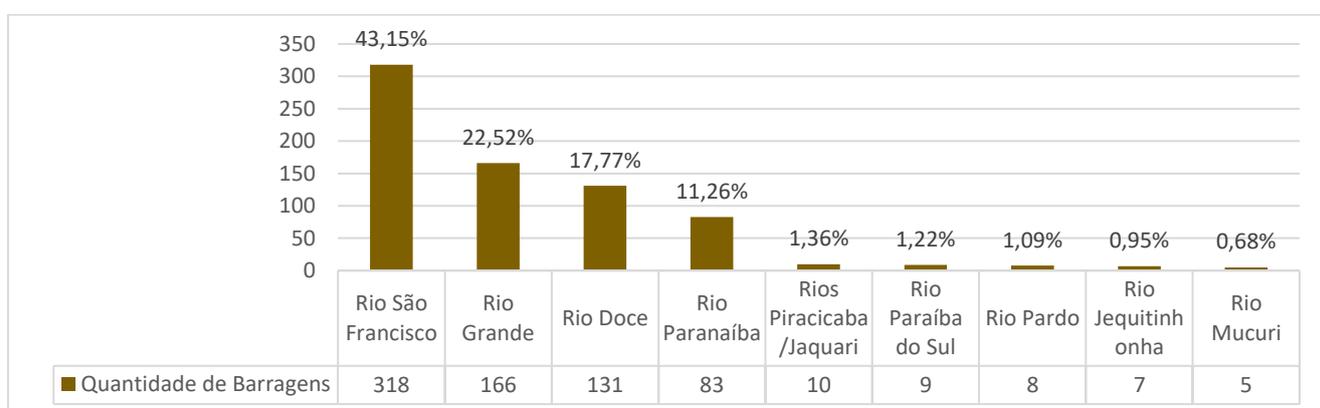


Figura 13: Distribuição das estruturas cadastradas no BDA por Bacia Hidrográfica no Estado (2016)

Fonte: Adaptado pelo autor 2018 (FEAM, 2017)

Cabe ressaltar que a exigência do cadastro no banco nacional e estadual para as barragens de empreendimentos minerários é mais restritiva que para as demais tipologias de barragens. De modo que o cadastramento das barragens de rejeito minerário deve ser consolidado ao banco de declarações ambientais a partir da sua existência. Contudo, são perceptíveis as falhas na dinâmica de comunicação entre as instituições federal (ANM/DNPM) e estadual (FEAM), em função das diferenças no número de barragens de rejeito minerário cadastradas: a primeira apresentou 220 e a segunda 439 barragens no estado de Minas Gerais.

A Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002 determina critérios para classificação das barragens de rejeitos, resíduos e reservatórios. Essa classificação ocorre de acordo com a definição do porte e suas categorias são: pequeno, médio e grande. Os parâmetros a serem utilizados para essa classificação são: Altura do Maciço, Volume do Reservatório e

Ocupação Humana, Interesse ambiental e Instalações na área a jusante da barragem. A Deliberação Normativa COPAM nº 87/2005 altera e complementa a deliberação anterior, com a definição de critérios de classificação, a inclusão e aperfeiçoamento de definições técnicas e a exigência de realização de auditoria técnica de segurança.

Todavia, esses parâmetros e critérios estipulados para classificação das barragens nessas deliberações normativas não diferem da legislação federal, a Portaria ANM nº 70.389/2017. No entanto a quantidade de classes foi determinada diferentemente. A Portaria ANM nº 70.389/2017 classifica as barragens em cinco categorias, A, B, C, D e E, enquanto a DN COPAM nº 62/2002, em três categorias, Classe I, II e III. Analisando os dados dos dois cadastros e interpretando os parâmetros, o que se percebe é que foi respeitada a coerência da competência constitucional dessas diretrizes.

Das 737 barragens de rejeito mineral cadastradas no Estado, 210 foram consideradas de Classe I, 293 foram consideradas de Classe II e 234 foram consideradas de Classe III (Figura 14) (FEAM, 2017). A Classe II é mais representativa, com 39,8%, considerada médio potencial de dano ambiental, seguida pela Classe III, com 31,8% das barragens cadastradas com alto potencial de dano ambiental.



Figura 14: Distribuição das Barragens conforme a categoria

Fonte: FEAM (2017)

Nesse contexto, também são apresentadas características não incluídas nessas classes, “o auditor não garantir estabilidade” e “Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos”. Ou seja, o auditor constata a falta dos estudos

geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos ou do histórico ou, ainda, alguma incoerência nos documentos apresentados (FEAM, 2017).

Além das lacunas apontadas, percebe-se que mesmo com toda a evolução do processo de segurança de barragens, ainda há barragens com estabilidade não garantida. É incoerente o auditor não poder garantir a estabilidade mesmo com os quesitos: estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, bem como de análises visuais, avaliações das condições da construção da barragem e/ou condições atuais das estruturas principalmente pela falta ou inconsistência de documentos apresentados pela empresa. A apreensão dessa questão se confrontada ao avanço de tecnologias e à evolução da engenharia.

De acordo com o Relatório de Barragens do Estado de Minas Gerais (2017), das 737 barragens cadastradas, 687 foram declaradas como tendo condições de estabilidade garantida e 37 (5,1%) não possuem estabilidade (Figura 15). Dessas barragens, 18 (48,64%) são de classe I, 15 (40,54%) de classe II e 4 (11%) de classe III.

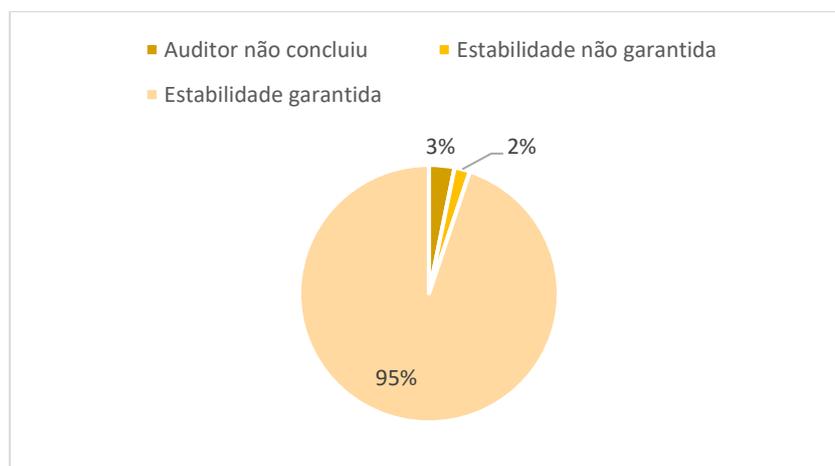


Figura 15: Condições da estabilidade declaradas no Estado de Minas Gerais no ano de 2016

Fonte: Adaptado da FEAM (2017).

Um dado primordial a ser analisado é que 11% dessas barragens consideradas instáveis ou que não possuem um laudo conclusivo do auditor foram classificadas como sendo de classe III. Esta classe de barragens é considerada são de maior complexidade de gerenciamento de impactos e de riscos em casos de rompimento (BRASIL, 2005; ROCHA, 2016).

O Estado de Minas Gerais, alinhado com a gestão nacional de barragens, tem como objetivo priorizar a atuação de acordo com deliberações e normativas estabelecidas com relação ao grau de risco. Entretanto, em se tratando de estruturas geotécnicas, existe uma impossibilidade de atingir a garantia absoluta de segurança. Fazendo-se importante que o Estado cumpra o papel de fiscalizador, visando à segurança através de investimento da vigilância contínua e rigorosa. A não detecção de anomalias durante um período não significa necessariamente que a estrutura esteja segura, sempre vai existir um risco intrínseco (DUARTE, 2008).

Ressalva-se, portanto, que mesmo a maioria apresentando-se com estabilidade garantida, não estão isentas do risco de rompimentos. O relatório da FEAM, do ano de 2014, declarava a barragem do Fundão como garantida pelo auditor. Embora outro estudo, a avaliação do Instituto Pristino para a Agência de Aplicação da Lei e Processo de Crimes (Ministério Público Federal), tenha alertado para o alto risco de uma falha, devido a problemas básicos na infraestrutura (FERNANDES *et al.*, 2016; CESAR; CARNEIRO, 2017).

A Barragem I também era classificada como segura pelo relatório da FEAM e pelos laudos de auditoria da segurança da mesma fornecidos pela empresa. Apesar de funcionários apontarem a presença de trincas na estrutura dessa barragem (IZIODORO, 2019).

Os rompimentos da barragem de Fundão, em 5 de novembro de 2015, e o da Barragem I, em 25 de janeiro de 2019, são considerados como marcos na avaliação da aplicação das regulamentações e dos critérios estabelecidos. Principalmente para o entendimento das lacunas que envolvem o sistema das barragens, desde a sua concepção até o seu descomissionamento (NEVES, 2018). Em decorrência do rompimento da Barragem do Fundão, foram registrados mais três eventos, subsequentes, envolvendo as barragens de Germano, Santarém e UHE Risoleta Neves. Adicionalmente ao rompimento da Barragem I, foram registrados mais dois eventos subsequentes, o rompimento das Barragem IV e IVA.

Percebe-se, com isso, que a alternativa locacional nos estudos ambientais direcionados para barragens de rejeito deve considerar os riscos oriundos das demais estruturas do mesmo empreendimento ou de outro, como é o caso da UHE Risoleta Neves. Dependendo da localização da barragem, um rompimento pode ocasionar um efeito cascata em outras estruturas, aumentando os impactos cumulativos. Além desse fato, deve-se considerar a proximidade com aglomerações urbanas já existentes (GRAHAM, 1999a; ROCHA, 2015). A barragem do Fundão impactou diretamente o distrito de Bento Rodrigues, Águas Claras, Ponte do Gama, Paracatu e Pedras. Da mesma maneira ocorreu com a Barragem I, impactando a área administrativa e o refeitório da companhia, a Vila Ferteco e a pousada Nova Estância, em Brumadinho. Cita-se, ainda, quanto ao rompimento da barragem de Fundão, a falta de uma gestão ambiental eficiente, já que um plano de contingência poderia ter minimizado os danos sociais, tanto da parte do empreendedor, como dos governos estadual e municipal (LACAZ *et al*, 2017).

É interessante perceber que, depois do rompimento da barragem do Fundão, mesmo com toda a evolução tecnológica, de engenharia e os avanços dos critérios de segurança foram registrados eventos relacionados com barragens de rejeitos. Apresentando que a maior causa provável destes eventos foram a insuficiência do vertedor. Conclui-se, então, que ainda existem muitas falhas no sistema, principalmente na fiscalização das estruturas. Tornando-se fundamental a análise do histórico desses eventos e suas consequências para que ocorra o amadurecimento da segurança de barragens e da análise de risco (GRAHAM, 1999a).

Após o rompimento da barragem de Fundão, foi elaborada uma portaria, de nº 14/2016, exigindo a apresentação de cópias físicas do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM) para as prefeituras e defesas civis municipais e estaduais. Entretanto, deve-se considerar como um fator limitante e primordial a ser analisado o quadro técnico de funcionários e a gestão de fiscalização. Suas limitações são significativas na estrutura organizacional e financeira, relacionada principalmente aos recursos humanos da Autarquia. Existe uma fragilidade no sistema do ANM/DNPM relacionada à segurança de barragens, em questão da fiscalização e atendimento dos

objetivos do PNSB. O sistema é precário quanto ao armazenamento, ao tratamento integrado das informações recebidas e, principalmente, ao caráter gerencial (TCU, 2016).

No âmbito jurídico-ambiental o enfraquecimento é notável, em especial no que tange ao licenciamento. A falta de análises de impacto e risco do rompimento de barragens deveria ser abordado, bem como a do plano de contingência para a minimização das consequências socioambientais. Depois do desastre em Mariana, o que se notou, foi a flexibilização da legislação ambiental no estado de Minas Gerais, através da publicação do Decreto nº 46.993/2016. Em seu Parágrafo Único, há uma escusa dada ao poder público estadual quanto ao licenciamento e à fiscalização da segurança estrutural e operacional das barragens de rejeito, erigidos à total responsabilidade do empreendedor (CESAR; CARNEIRO, 2017). Também, cita-se o projeto de Lei nº 5.807/2013, novo marco regulatório da mineração, que perpassa pelo licenciamento ambiental e reformula a questão tributária. Além de mencionar questões relevantes, como prevenção de grandes acidentes e fortalecimento dos órgãos públicos ambientais (BARROS, 2017).

Outro fator relacionado ao rompimento da barragem de Fundão a ser considerado paralelamente foi sua repercussão na economia mundial, com o colapso característico do mercado de commodities. Houve uma queda no valor do minério de ferro, cuja tonelada, antes avaliada em US\$ 156 no ano de 2008, passou para US\$ 56 em 2015 (MARSHALL, 2017). Enquanto o minério estava em alta, a Samarco optou por acelerar a escala de produção, com um conseqüente aumento de rejeitos. Com a queda dos preços, percebeu-se uma inércia da expansão para garantir a lucratividade, em paralelo, a empresa reduziu os custos, comprometendo a manutenção e a segurança. O fato que chama atenção é que a empresa conseguiu expandir a produção por meios legais, obtendo uma licença de expansão da barragem de Fundão no aproveitamento do aumento dos preços do minério de ferro. A licença foi obtida a partir de duas modificações através de licenciamento breve, ou seja, sem a realização de audiências públicas e sem considerar os riscos apontados pelo Ministério Público na época (MARSHALL, 2017). Entretanto, independente desse fato, a regulação e a fiscalização da gestão das barragens deveria ter sido tratada adequadamente, como questão de segurança pública (NEVES, 2018).

Diante do exposto, aduz, ainda, o fato de as Barragens de Fundão e I contarem com estruturas construídas por alteamento a montante, método construtivo considerado o mais econômico e o menos seguro e recomendado (LACAZ *et al*, 2017). As barragens desse tipo podem ser consideradas como de maior risco de rompimento. Mesmo assim, esse risco não foi levado em conta para o licenciamento ambiental. A primeira barragem teve seu licenciamento aprovado, como mencionado, enquanto a segunda obteve sua licença com a modificação do objeto de estudo, tratando-se do descomissionamento da barragem (SEMAD, 2019).

A Barragem I era classificada como de Classe 6, grande potencial poluidor, atividade de disposição de rejeito de minério de ferro em barragens (DN COPAM 217/2017). Entretanto, no seu licenciamento, quando mudou o objeto a ser licenciado, passando para descomissionamento e reaproveitamento de rejeito, sua classe passou para Classe 4, porte médio potencial poluidor (SEMAD, 2019). Essa mudança na classificação possibilitou a migração do tipo de licenciamento que antes seria o Licenciamento Ambiental Trifásico (LAT) para o Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC). De acordo com a legislação ambiental estadual, Deliberação Normativa 271, o LAT emite as Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO) separadamente e o LAC emite as mesmas etapas concomitante de duas ou mais licenças (LP + LI, LI + LO ou LP+LI+LO). Inquestionavelmente, o que se percebe é que com a mudança da classe para obtenção da licença o risco eminente da barragem continuou o mesmo, demonstrando a fragilidade no sistema de licenciamento ambiental. Este deveria ter sido analisado de maneira cautelosa, considerando o alto risco da barragem e principalmente que já havia acontecido um desastre incalculável anteriormente com esse mesmo tipo de estrutura.

Vale ressaltar que essa mudança de classificação no licenciamento não alterou a classificação em relação à segurança da barragem estipulada no relatório de inventário da FEAM. O órgão licenciador por não ter a competência de analisar a segurança de barragens não aprofundou na análise do conteúdo dos Relatórios de Auditoria Técnica da Barragem e não fiscalizou a segurança da mesma, desconsiderando de certa maneira os riscos do empreendimento (REIS *et al*, 2018). Evidentemente, diante do rompimento recente da Barragem I, o que se percebe no licenciamento ambiental é que mesmo não

sendo da competência do órgão licenciador verificar e analisar os documentos que atestam a segurança e o risco, é de suma importância incluir essas competências na análise do processo de licenciamento.

A licença concedida a Empresa Vale foi a ampliação da Mina de Jangada, circunjacente a Mina de Córrego do Feijão, que era considerada como exaurida e se localizava a barragem I. Adicionalmente ao rompimento da Barragem I está a relação da queda do valor do minério de ferro juntamente com o fator do baixo teor de ferro e a maior produção de rejeito (MILANEZ, 2019). Em suma, a empresa tinha como objetivo explorar a Mina de Jangada, com baixo teor de minério de ferro, juntamente com o aproveitamento dos rejeitos da barragem I, assim, gerando maiores gastos operacionais e menor a margem de lucro, conseqüentemente menor investimento em manutenção e segurança. Cabe ressaltar que o licenciamento foi concedido mesmo com agravantes nas condicionantes em relatórios anteriores (PCA – 2010; RADA – 2010; RADA – 2014; Relatório de Revalidação LO – 2015; Relatório de Revisão Periódica - 2018) que apontavam falhas e problemas existentes nos piezômetros e na estrutura geotécnica da barragem I (MILANEZ, 2019).

Após o rompimento da barragem I, no Estado de Minas Gerais, foi sancionada a Lei Ordinária nº 23.291/2019, que institui a política sobre segurança de barragens. Essa lei faz menção a questão do licenciamento ambiental, proibindo a licença concomitante, bem como traz a responsabilidade dos risco oriundos dessas estruturas para compor o licenciamento. Essa licença que foi concedida para as barragens que se romperam recentemente, Fundão e Barragem I. Além de descrever a necessidade de uma análise sistêmica para barragens sequenciais e vetação da concessão de licença ambiental para barragens em áreas que possuem comunidades na Zona de Autossalvamento (ZAS).

Vale ressaltar que essa lei como as outras resoluções descrevem a necessidade de descaracterizar e descomissionar as barragens construídas pelo método de alteamento a montante as barragens. Entretanto o foco dado para essas barragens, de certa maneira desconsidera a existência de outros métodos construtivos de outras barragens, que também possuem risco de rompimento. É importante, destacar que o processo de

descharacterização e descomissionamento deve passar pelo processo de licenciamento e avaliação de impacto ambiental. Essa questão não fica explícita nos instrumentos jurídicos criados, principalmente, vislumbrando que a barragem I estava paralisada e passando por processo de descomissionamento e aproveitamento do seu rejeito e rompeu.

4.0 CONCLUSÃO

Atualmente, temos no território nacional, o cenário de mais da metade das barragens existentes sendo consideradas como irregulares e também não possuem o enquadramento e a aplicação dos instrumentos previstos no PNSB. No estado de Minas Gerais são poucas barragens que estão inseridas no seu território consideradas como sendo instáveis, cerca de 5%. Entretanto, das barragens consideradas seguras, duas romperam recentemente, Barragem de Fundão, em 2015, e Barragem I, em 2019. Estas foram classificadas como de Classe III e causaram catástrofes socioambientais incalculáveis na história brasileira. Adicionalmente a essas questões, é perceptível a falha na interlocução entre os governos federal e estadual.

Os resultados do levantamento bibliográfico demonstraram que os métodos construtivos utilizados pelas minerações nas barragens estão defasados e juntamente com a falta de monitoramento e manutenção adequados, contribuem para a ocorrência de desastres.

Finalmente, percebe-se o aumento da fragilidade e a flexibilização da legislação do licenciamento e monitoramento ambientais nos atuais governos estadual e federal. Esse fato seguido de uma precária fiscalização pública e a redução do papel regulatório do Estado tem contribuído para os rompimentos acontecerem. Esse é o resultado do amparo jurídico totalmente fragilizado pela cultura produtivista dos empreendimentos, com gestão e tecnologias focadas na lucratividade.

Faz-se necessária a penalização ampliada das empresas, seus administradores, técnicos, bem como o poder público que deveria garantir a segurança civil e o cumprimento da lei. Além disso, novos mecanismos jurídicos devem inibir a influência política das mineradoras nas instituições públicas e evitar manobras utilizadas para fragilizar ainda

mais o licenciamento. Caso isso não ocorra, desastres como o ocorrido em Mariana e em Brumadinho se repetirão, levando consigo vidas humanas, fauna e flora e causando novas catástrofes socioambientais.

5.0 REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL, 2019. 30 jan. **Quais são os tipos de barragem e por que a Vale construiu a menos segura na mina Córrego do Feijão?** Ambiente Brasil. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2019/01/30/150076-quais-sao-os-tipos-de-barragem-e-por-que-a-vale-construiu-a-menos-segura-na-mina-corrego-do-feijao.html>> Acessado em: 30/01/2019

ANA. **Curso segurança de barragens**. Brasília: [s.n.],2013

ANA. **Relatório de segurança de barragens 2016 - Versão 06 após sugestões SAS**. Brasília: [s.n.], Brasil, 2016.

AZAM, S.; LI, Q. Tailings dam failures: A review of the last one hundred years. **Geotechnical News**, v. 28, n. 4, p. 50–53, 2010.

BARROS, J. N. **Legislação Ambiental Aplicada à Mineração**. Cruz das Almas, BA: UFRB 2017.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

BRASIL. Lei nº. 70.389, Diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.334, Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Brasília. 2010.
BRASIL. Portaria DNPM nº. 416. 2012.

BRASIL. Portaria DNPM nº. 526. 2013.

BRASIL. Projeto de Lei nº. 5.807. 2013.

BRASIL. Portaria nº 14, 2016.

BRASIL. Resolução nº. 143. Conselho nacional de recursos hídricos. 2012.

BRASIL. Resolução nº. 1. Conselho ministerial de supervisão de respostas a desastres. 2019.

BRASIL. Resolução nº. 2. Conselho ministerial de supervisão de respostas a desastres. 2019.

BRASIL. Resolução nº. 2. Ministério de Minas e Energia/Agência Nacional de Mineração. 2019.

BRASIL, L. S. S. **Utilização de modelagens uni e bidimensional para a propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética de barragem**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

CALDWELL, J. A.; OBONI, C. Tailings Facility Failures in 2014 and an Update on Failure Statistics. **Tailings and Mine Waste 2015**, n. February 2014, 2014.

CARMO, F. F. DO et al. Fundação tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p.

145–151, 2017.

CESAR, P. S. M.; CARNEIRO, R. A Gestão Ambiental em Minas Gerais: Uma Análise do Sistema de Gestão Ambiental e do Rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 2, n. 2, p. 192–217, 2017.

CRUZ, J. S.; NEVES, L. P. **Segurança de Barragens**. Apresentação DIFIS/DNPM, 2014. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005316.pdf>> Acessado em: 30/08/2018

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Classificação de Barragens de Mineração. 2016**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/plano-de-seguranca-de-barragens>> Acessado em: 30/08/2018

DUARTE, A. P. **Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2008.

FEAM. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - ano 2016**. Belo Horizonte: 2017.

FELIPPE, M. F. et al. A tragédia do Rio Doce: a lama, o povo e a água - Relatório da expedição ao Rio Doce. Relatório de campo e interpretações preliminares sobre as consequências do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (Samarco/VALE/BHP). **Revista GEOgrafias – UFMG**, v. 1, n. Janeiro 2016, p. 63–94, 2016.

FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservacao**, v. 14, n. 2, p. 35–45, 2016.

FIOROTT, T. H.; ZANETI, I. C. B. B. Tragédia do Povo Krenak pela Morte do Rio Doce / Uatu, no Desastre da Samarco / Vale/ BHP, Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 6, n. 2, p. 127, 2017.

FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineração da Samarco - fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. p. 25–30, 2015.

GRAHAM, W. A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure. **Sedimentation & River Hydraulics**, n. September, p. 43, 1999a.

GRAHAM, W. J. **Loss of life caused by dam failure**. n. September, 1999b.

IBAMA. **Laudo técnico preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre**. Brasília: [s.n.].

IN THE MINE. **Técnicos do DNPM mostram as limitações de suas condições de trabalho. 2015**. Disponível em: <<https://www.inthemine.com.br/site/tecnicos-do-dnpm-mostram-as-limitacoes-de-suas-condicoes-de-trabalho/>> Acessado em: 20/11/2018

IZIODORO, M. C. P. **Funcionário é voto vencido dentro da Vale, diz ex-coach**. UOL, Brumadinho, p. 1, 30 jan. 2019. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2019/01/30/funcionarios-mencionam-o-quanto-sabiam-das-rachaduras-diz-ex-coach-da-vale.htm> Acessado em: 30/01/2019

KOCHEN, R. Segurança de barragens e a tragédia em Mariana. **Comitê Brasileiro de Barragens**. 2016. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/61socios8.pdf>> Acessado em: 20/11/2018

LACAZ, F. A. DE C.; PORTO, M. F. DE S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 0, p. 1–12, 2017.

LOPES, A. C. S.; MORAIS, D. O. C.; BARBIERI, J. C. PIC-MCC simulation of the discharge structure evolution in atmospheric radio-frequency microplasmas. **SIMPOI**, p. 1–13, 2016.

- MARSHALL, J. Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá: uma análise do comportamento corporativo. 2017.
- MILANEZ, B. **Desastre da Vale no rio Paraopeba - Aspectos Econômicos e Institucionais** Belo Horizonte. Seminário sobre Segurança de Barragens de Rejeito (02/04/2019), 2019.
- MINAS GERAIS. Decreto nº. 21.972. 2016.
- MINAS GERAIS. Decreto nº. 46.993. 2016.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº. 62. 2002.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº. 87. 2005.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº. 217. 2017.
- MINAS GERAIS. Lei Ordinária nº. 23.219. 2019.
- NEVES, A. C. DE O. et al. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, n. 1, p. 24–27, 2016.
- NEVES, L. P. **Segurança de Barragens – Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada**. Agência Na ed. Brasília: [s.n.].2018
- NOVAIS, A. L. M.; NOVAIS, P. C. M. **Do Imaterial ao Edificado Diversidade de bens culturais afetados pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG** 2017. In: 1º SIMPÓSIO CIENTIFICO ICOMOS BRASIL BELO, 2017, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: [s. n.], 2017. Disponível em: <https://even3storage.blob.core.windows.net/anais/60688.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2019.
- PARANAIBA, Guilherme. **Mortos por rompimento de barragem da Vale em Brumadinho sobem para 216**. Estado de Minas, Minas Gerais, 27 mar. 2019. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/03/27/interna_gerais,1041431/mortos-por-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-sobem-para-216.shtml> Acessado em: 03/04/2019.
- PERLATTI, F. **Novas regras da ANM para a gestão de barragens de mineração Portaria DNPM nº 70 . 389 / 2017**, 2018.
- PERSECHINI, M. I. M.; FREITAS, P.; DE NYS, E.; NUNES, C. M. **Segurança de barragens: engenharia a serviço da sociedade**. Brasília: [s.n.].2015
- PERSECHINI, Maria Inês Muanis et al. **Segurança de barragens: engenharia a serviço da sociedade**. Brasília: [s. n.], 2015. E-book (108 p.)
- PIRES, A. P. F. et al. Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 187–193, 2017.
- POEMAS. Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos , políticos e sociais do desastre da Samarco / Vale / BHP em Mariana (MG) Relatório Final. **Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade (PoEMAS)**, p. 103, 2015.
- REIS, E. P.; BRANDÃO, R. T. M. A. A. M. **Instrução de Serviço SISEMA 02/2018**. Belo Horizonte: [s.n.].
- ROCHA, F. F. **Retroanálise da ruptura da barragem são francisco – mirai, minas gerais, brasil**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- ROCHA, F. F. **Cenário de Formação e Evolução de Ruptura em Barragens de Rejeitos (Dam Break)** Belo Horizonte. SEA – Seminário de Emergência Ambiental (17/10/2016), , 2016.

SÁNCHEZ, L. E. et al. **Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente.** [s.l.: s.n.].

SCHEMBRI, P. DA R. G.; COELHO, M. S. E.; DE CARVALHO, L. G. **Análise do potencial de risco e classificação das barragens de rejeito da mineração no estado de Minas Gerais.** p. 1–15, 2016.

SEDRU. **Relatório : Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG.** Secretaria ed. Belo Horizonte: [s.n.].

SEMAD. 27 jan. **Nota de Esclarecimento 5 – Desastre Barragem B1.** Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3740-nota-de-esclarecimento-5-brumadinho>> Acessado em: 31/01/2019

SILVA, C. S. G. Reflexões jusambientais sobre o desastre de Brumadinho/MG. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 24, n. 5690, 29 jan. 2019. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/71713>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

SILVA, D. L.; FERREIRA, M. C.; SCOTTI, M. R. O maior desastre ambiental brasileiro: de Mariana (MG) a Regência (ES). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG**, v. 24, n. 2525–6084, p. 136–158, 2015.

SILVA, E. T. G. **Barragens Hidroelétricas e desastres: Uma avaliação de metodologias de gestão de risco ambiental.** [s.l.] Universidade Católica de Brasília, 2012.

SILVA, J. V.; ANDRADE, M. J. G. **Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição.** 222p. 2016.

TCU. SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO. **Acórdão: 2440/2016-TCU-Plenário**, v. 032.034/20, p. 5–6, 2016.

VALENTE, Jonas. **Brumadinho: número de mortos em rompimento de barragem chega a 157.** Agência Brasil, Brasília, 07 fev. 2019. Geral. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-02/brumadinho-numero-de-mortos-em-rompimento-de-barragem-chega-157>> Acessado em: 03/04/2019.

ZHOURI, A. et al. O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 36–40, 2017.

CAPÍTULO 2: IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAOPEBA, MINAS GERAIS

RESUMO

Os impactos provenientes do rompimento de barragens na conservação e utilização de recursos hídricos são desastrosos, evidenciados com os casos de rompimento da barragem de Fundão, em Mariana e Barragem I, em Brumadinho. O propósito deste artigo, foi mensurar os impactos potenciais no uso dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG), por meio da simulação de 18 cenários de rompimentos de barragens de rejeitos e seus possíveis efeitos sobre as outorgas superficiais. Os resultados indicam que a atividade de mineração será a principal afetada por rompimentos de barragem, sendo que o impacto poder chegar a 793,68 m³/hora nas áreas com maior consumo. Os rompimentos também irão afetar a irrigação e agropecuária na região, como mostrado pelos altos volumes de água afetados pelos cenários de rompimentos. O rompimento da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3, em Conselheiro Lafaiete, foi o que apresentou o maior impacto no volume total de água outorgada, com 2.558,88 m³/h. Considerando os resultados, é possível afirmar que todos os 18 cenários impactarão a qualidade da água e o consumo por parte da população da Bacia do rio Paraopeba e seus afluentes. A inclusão da análise de risco de rompimento de estruturas geotécnicas de empreendimentos no licenciamento é fundamental para evitar que desastres socioambientais de rompimento ocorram novamente.

Palavras-chave: Barragem de rejeito; Impacto ambiental; Licenciamento Ambiental; Recurso Hídrico

ABSTRACT

The impacts of dam rupture in the conservation and utilization of water resources are disastrous, as evidenced by the cases of the dam breaking at Fundão dam in Mariana and Barragem I dam in Brumadinho. This article analyzes the impacts of potential rupture of unsafe dams in the Paraopeba river basin (MG). The purpose of this article was to measure the potential impacts on the use of water resources along the basin from 18 scenarios of tailings dam breaks. The results indicate that mining will be mostly impacted by water restriction caused by dam ruptures, reaching 793.68 m³/h in areas with higher consumption. The disruptions will also affect irrigation and agriculture in the region, as shown by the high volumes of water affected by the disruption scenarios. The rupture of the Sediments Containment Basins 1, 2 and 3 in Conselheiro Lafaiete was the one that presented the greatest impact on the total volume of water granted, with 2,558.88 m³/h. Considering the results, it is possible to affirm that all 18 scenarios will impact social and economic areas, as well as directly affect water quality and consumption by the population of the Paraopeba River Basin and its tributaries. The inclusion of the risk analysis of geotechnical structures disruption in enterprises when licensing is fundamental to avoid that socioenvironmental disasters of disruption occur again.

Keywords: environmental licensing; environmental impact; tailings dam; water resource

1.0 INTRODUÇÃO

O rompimento de barragens de rejeito de minério representa grandes riscos para a biodiversidade e a utilização de recursos hídricos, além do risco de perdas de vidas humanas. Esse fato se evidencia com dois casos recentes de rompimento de barragens em Minas Gerais (LACAZ *et al*; 2017; CORREIA; MAGALHÃES, 2016).

As consequências do rompimento de barragem de rejeito também geram grandes impactos associados a qualidade de água e conflito sobre a demanda existente na bacia hidrográfica de ocorrência desse evento. A disponibilidade hídrica da bacia está diretamente relacionada com a qualidade de água e a demanda dos seus recursos hídricos. Atualmente, os conflitos pelo uso da água têm aumentado com a demanda crescente e o declínio de qualidade gerando conflitos na gestão das águas (PIAZI *et al*, 2018).

O rompimento da Barragem I, em Brumadinho, alterou os parâmetros físico-químicos da água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, representando riscos potenciais à saúde humana e de animais (SEMAD, 2019a; SEMAD, 2019b). O rompimento também impactou diretamente o abastecimento público dos municípios abastecidos pelas prefeituras e pela COPASA, que tiveram que traçar alternativas para atender seus habitantes (SEAPA, 2019; COPASA, 2019a; CORREIO BRASILIENSE, 2019). Além disso, criou-se uma preocupação futura para as prefeituras com relação à falta de água durante a época da estiagem, agravado à atual crise hídrica. A população que depende da captação direta da água bruta do rio Paraopeba também foi afetada, uma vez que a utilização foi suspensa por tempo indeterminado, até os parâmetros voltarem ao normal, (SEMAD, 2019a; SEMAD, 2019b). São poucos os trabalhos científicos que abordam o impacto resultante de rompimento de barragens de rejeito. A maioria dos estudos abordam apenas a explicação da causa da ocorrência do evento e não os impactos gerados (GUIMARÃES, 2018). O que torna este trabalho de extrema relevância, principalmente quando aborda uma análise de possíveis potenciais impactos.

Frente à alta frequência de rompimentos de barragens em Minas Gerais e às consequências desastrosas que tais eventos na utilização dos recursos hídricos. Este trabalho, portanto, tem como objetivo descrever os impactos de potenciais rompimentos de barragens não-seguras no uso dos recursos hídricos, como abastecimento público, consumo humano, agricultura, pecuária, indústria, mineração e construção civil, na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG).

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: (1) construir os cenários de possíveis rompimentos das barragens não-seguras na bacia hidrográfica do Paraopeba; (2) Descrever os impactos de potenciais rompimentos de barragens de rejeito não-seguras nos usos das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG).

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui 12.092 km² de área e representa 1,9% da área total da bacia do rio São Francisco (CBHSF, 2016; MATOS; DIAS, 2012). O rio Paraopeba é um dos principais afluentes do rio São Francisco, com aproximadamente 510 km de extensão. Nasce no município Cristiano Ottoni e percorre até sua foz, a represa de Três Marias, no município de Felixlândia divisa com o município de Curvelo e Pompéu (CETEC, 1983; MATOS; DIAS, 2012).

registradas foram consideradas sem conclusão ou não possuem garantia de estabilidade pelos respectivos auditores (Figura 19).

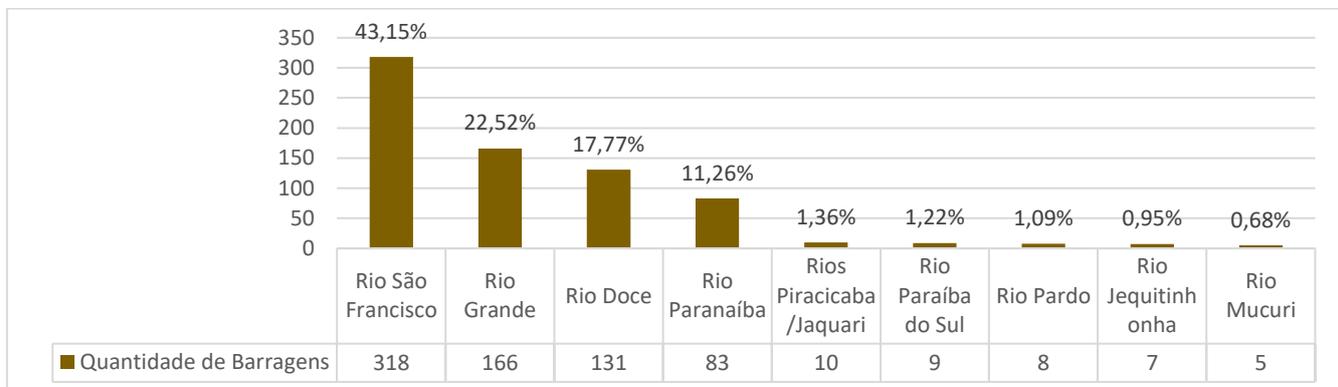


Figura 17: Distribuição das estruturas cadastradas no inventário de barragens por Bacia Hidrográfica no Estado (2016)

Fonte: Adaptado pelo autor 2018 (FEAM, 2017)

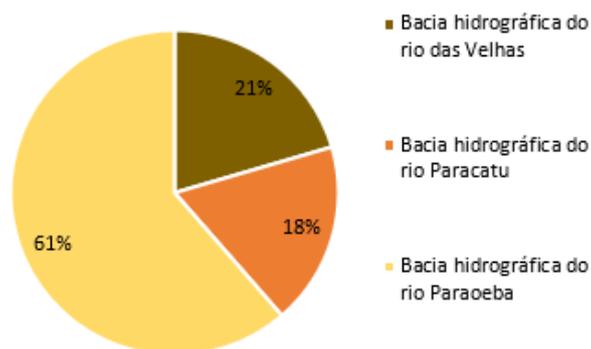


Figura 18: Distribuição de barragens cadastradas na bacia hidrográfica do rio São Francisco no inventário de barragens (2016)

Fonte: Autor, 2018

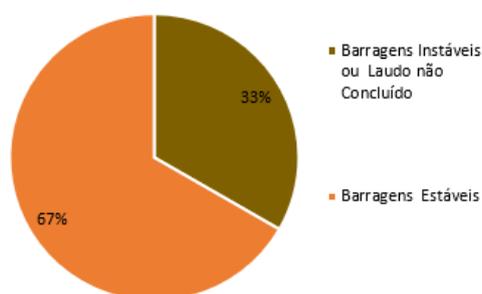


Figura 19: Distribuição das estruturas cadastradas no inventário de barragens na Bacia Hidrográfica do rio Paraoíba conforme Estabilidade ou Não (2016)

Fonte: Autor, 2018

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1 Elaboração dos cenários de possíveis rompimentos das barragens não-seguras

Foram selecionadas 16 barragens não-seguras (Quadro 3) e a partir dessa seleção foram mapeados 18 cenários de rompimentos. Essas barragens foram selecionadas a partir da premissa de barragens registradas consideradas sem conclusão ou não possuem garantia de estabilidade conforme Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2017) (Figura 19).

Desses cenários elaborados, dois são cumulativos, ou seja, são considerados rompimentos consecutivos, os demais são rompimentos únicos. Esses cenários consecutivos são compostos pelo Dique Asfalto a montante da Barragem Captação de água e Dique Intermediário a montante do Dique 14.

Cabe pontuar que ambos rompimentos recentes, em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), envolveram barragens consideradas “estáveis” pelo relatório (FEAM, 2015; 2017). O que demonstra que mesmo as barragens consideradas pelos órgãos fiscalizadores como seguras podem possuir, na verdade, significativo risco de rompimento. Apesar deste estudo ter selecionado as barragens não-seguras foi incluída a Barragem I, em Brumadinho, em função do recente evento.

Quadro 3: Barragens de rejeito mineral não-seguras, na bacia do rio Paraopeba

Identificação*	Cenários/Barragens	Classe	Município
1	Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	II	Conselheiro Lafaiete
2	Barragem Quéias	II	Brumadinho
3	Dique Leste I	II	Matheus Leme
4	Dique da Oficina	I	Itatiaiuçu
5	Dique da Oficina II	I	Itatiaiuçu
6	Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	I	Matheus Leme
7	Dique Flotação	I	Itatiaiuçu
8	Dique da Divisa	I	Itatiaiuçu
9	Dique Manzano II	I	Itatiaiuçu

Identificação*	Cenários/Barragens	Classe	Município
10	Dique Mineira	I	Itatiaiuçu
11	Dique Couves (Musa)	II	Itatiaiuçu
12	Dique Intermediário	I	Itatiaiuçu
13	Dique 14	II	Itatiaiuçu
14	Dique Asfalto	I	Itatiaiuçu
15	Barragem de Captação de Água	I	Itatiaiuçu
16	Barragem 1	III	Brumadinho
17	Dique Intermediário + Dique 14	-	Itatiaiuçu
18	Dique Asfalto + Barragem Captação de água	-	Itatiaiuçu

Fonte: Autor, 2018 Nota (*): Identificação das barragens nas Figuras

Os cenários potenciais/possíveis foram mapeados a partir das manchas mínimas de inundação do rejeito, um buffer de 60 m, a partir do eixo principal do curso de água ao longo do percurso do rejeito desde da localização a jusante da barragem até o final da bacia na barragem de Três Marias.

Na ausência de estudos de *Dam Break*, que são modelos de área de inundação, esse limiar foi considerado de forma conservadora estipulado por ser o dobro do mínimo da área de proteção permanente (APP) para rio com 10 metros de largura (SCHÄFFER, et al, 2011).

Essa mancha analisada como sendo a mancha mínima de inundação do rejeito foi considerada por ser uma área que possui uma função ambiental importante para preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Os percursos dos rejeitos da Barragem Quéias, Diques da Divisa, Manzano II, Mineira, Intermediário, 14 e Barragem de Captação de água incluiu o reservatório Rio Manso. Os percursos dos rejeitos da Dique Leste I, Oficina, Oficina II, 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta e Flotação incluiu o reservatório Serra Azul. Todos os percursos incluíram a barragem de Retiro Baixo (Figura 20 e Quadro 3).

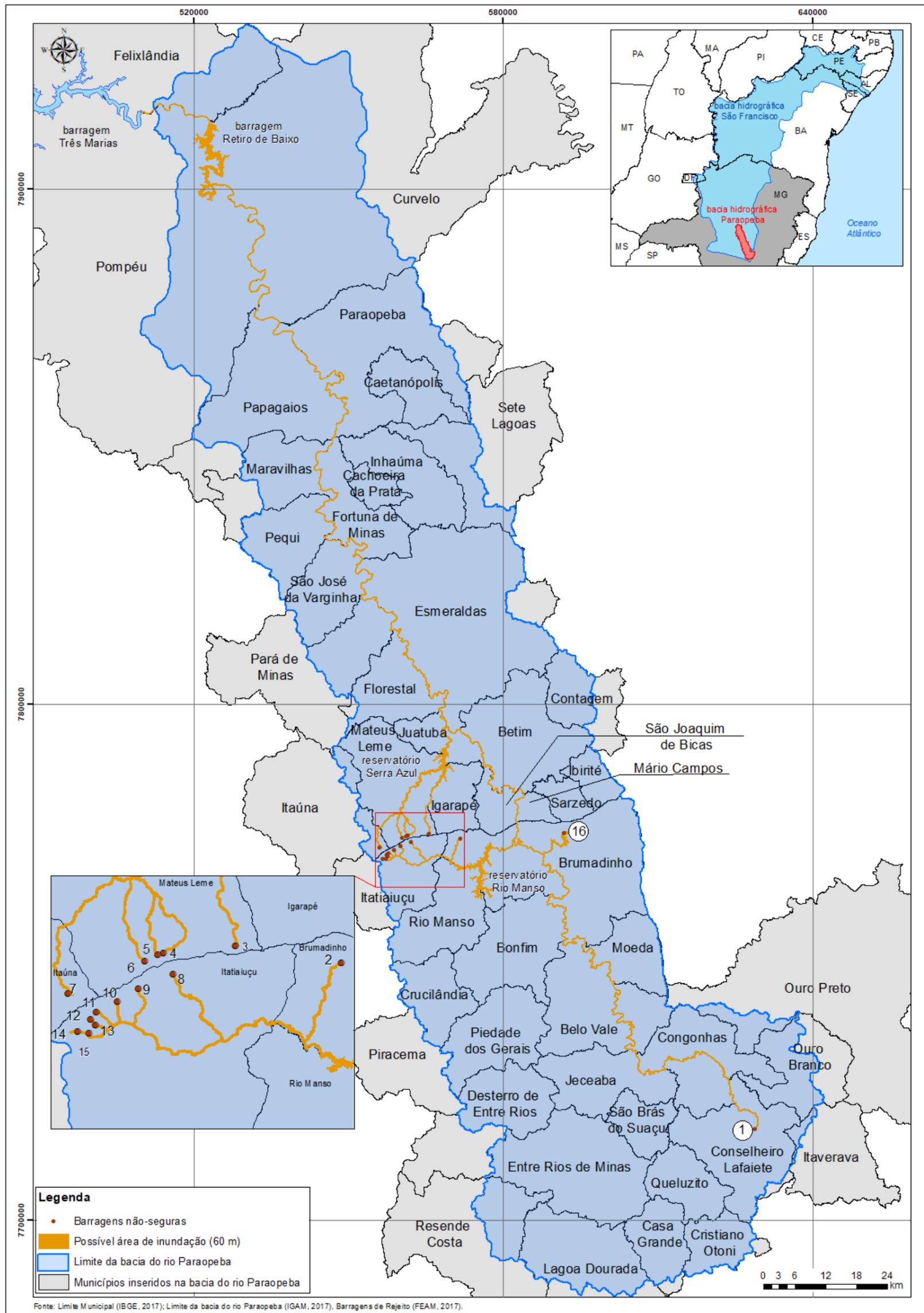


Figura 20: Possíveis cenários do percurso do rejeito na bacia hidrográfica do rio Paraopeba
 Fonte: Autor, 2018

2.2.2 Outorgas – Uso dos recursos hídricos

A partir desses cenários foram analisados os potenciais impactos ocasionados pelo rompimento dessas barragens não-seguras sobre o uso das águas na bacia, por meio das informações sobre as outorgas. Foram consideradas todas as outorgas sobrepostas as áreas de manchas mínimas de inundação do rejeito, o volume outorgado e a finalidade do uso da água

A bacia do Paraopeba possui 11.470 outorgas cadastradas junto ao Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), conforme SEMAD (2017). Destas foram selecionadas algumas para compor este estudo com os seguintes critérios:

- O prazo de validade vigente a partir do ano de 2017;
- Status do processo: Cadastro Efetivado, Outorga Deferida, Outorga Renovada, Outorga Retificada, Processo Formalizado;
- Tipo de Outorga: Superficial;
- Status do Uso: Significante e Insignificante.

Foi realizado o cruzamento dessas outorgas com os cenários, possibilitando extrair as informações de quantas outorgas superficiais serão impactadas (sobrepostas à mancha mínima de inundação), com relação aos tipos de uso e ao volume afetado caso ocorra o rompimento de alguma barragem de rejeito minerário não-segura.

A finalidade do uso definido nas outorgas, segundo a base da SEMAD, é distribuída em diversas classes, agrupadas em um número menor de classes com objetivo de obter um melhor tratamento dos dados e processamento das informações (Quadro 4).

Quadro 4: Redefinição das classes de finalidade do uso, unificadas de acordo com a modalidade de outorga concedida.

Classes definidas pela base de dados	Classes Unificadas
Abastecimento Público	Abastecimento Público
Desassoreamento ou limpeza	
Consumo Humano	

Classes definidas pela base de dados	Classes Unificadas
Aquicultura convencional e/ou unidade de pesca esportiva tipo pesque pague	Agropecuária
Aquicultura	
Aquicultura e Extração Mineral	
Bovinocultura de leite, bubalina cultura de leite e caprinocultura de leite	
Cultura de cana de açúcar sem queima	
Culturas anuais, excluindo a olericultura	
Culturas perenes e cultivos classificados no programa de produção integrada conforme normas no Ministério da Agricultura, exceto Cafeicultura e Citricultura	
Dessedentação de animais	
Dessedentação de animais. Consumo humano	
Formulação de adubos e fertilizantes	
Consumo Agroindustrial	
Horticultura (floricultura, cultivo de hortaliças, legumes e especiarias)	
Consumo humano. Irrigação. Aquicultura	
Irrigação	
Irrigação. Consumo agroindustrial	
Irrigação. Consumo humano	
Irrigação. Dessedentação de animais	

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3, em Conselheiro Lafaiete, apresentou ser o maior em extensão percorrida pelo rejeito, com 474,98 km e maior área de mancha mínima de inundação do rejeito, com 7.635,57 ha. Já os cenários da Barragem I, em Brumadinho apresentou a menor área de mancha mínima de inundação com 4.757,05 ha e o Dique da Oficina II, em Itatiaiuçu, apresentou a menor extensão percorrida com 312 km e a área (Tabela 1).

Apesar do cenário da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3 ser o maior em extensão e área de mancha mínima, não foi o cenário que teve o maior impacto na demanda hídrica da bacia hidrográfica do Paraopeba.

Tabela 1: Cenários, área de mancha mínima de inundação e extensão percorrida pelo rejeito

Cenários	Mancha Mínima de Inundação (ha)	Percurso linear a ser impactado (km)
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	7635,57	475
Barragem Quéias	6952	340
Dique Leste I	6098,67	302
Dique da Oficina	6203,89	314
Dique da Oficina II	6189,03	312
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	6197,86	319
Dique Flotação	6262,98	329
Dique da Divisa	7033,09	348
Dique Manzano II	7074,32	351
Dique Mineira	7065,87	350
Dique Couves (Musa)	7073,93	351
Barragem 1	4757,05	333
Dique Intermediário/Dique 14	7079,30	351
Dique Asfalto/Barragem Captação de água	7093,58	352

Fonte: Autor, 2018

O cenário que apresentou o maior dano ao volume total de água outorgada, com 1.204m³/h, foi Barragem Quéias. Apesar de não apresentar a maior quantidade de outorgas a serem impactadas, atingindo 34 outorgas no total (Tabela 2, Figura 20 e Figura 21). A finalidade de uso que sofreu um maior impacto nesse cenário foi a irrigação, com 25 outorgas e um volume total de 650 m³/h. Seguida do abastecimento humano, com 5 outorgas e um volume de 90m³/s e agropecuária, com 4 outorgas e 464 m³/h (Tabela 2, Figura 21 e Figura 22).

A política estadual de recursos hídricos constitui a outorga como um instrumento do direito de uso dos recursos hídricos, ou seja, direito ao acesso a água (IGAM, 2010). Esse instrumento tem a funcionalidade de, além de regularizar o uso, disciplinar a demanda crescente da água e o potencial de retirada (volume outorgável) de cada bacia. Vale ressaltar que devido à estiagem prolongada e alerta quanto a disponibilidade hídrica, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) do estado de Minas Gerais publicou a Deliberação Normativa nº 49/2015. Esta estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição do uso de recursos

hídricos superficiais. Influenciando diretamente na política que institui as outorgas e suas definições.

A partir da DN nº 49/2015 ficaram estabelecidas as situações críticas de escassez hídrica. Com isso foi permitido ao órgão gestor o poder de suspender a emissão de novas outorgas de direito de uso. Assim como solicitações de retificação de aumento de vazões e/ou de volumes captados. Posteriormente a publicação dessa DN foram publicadas as Portarias nº 13 e 14, que afirmam a situação de escassez hídrica dos reservatórios do Rio Manso e Serra Azul, respectivamente, em porções hidrográficas das mesmas, determinando a redução dos volumes captados.

É primordial, portanto, perceber que o cenário de maior dano em relação ao volume outorgado, Barragem Quéias, impactará diretamente no reservatório do Rio Manso (Figura 23). Os reservatórios Rio Manso e Serra azul são parte integrante do Sistema Paraopeba de abastecimento público da região metropolitana de Belo Horizonte. Essas Portarias nº 13 e 14 foram estipuladas, pois existia um risco real de desabastecimento da RMBH em vista que a captação da água nesses reservatórios que ocorre para fins de abastecimento público. Portanto, qualquer impacto direto nesses reservatórios prejudicará o abastecimento público da RMBH.

Os cenários de maior impacto relacionado a quantidade de outorgas afetadas e que impactarão diretamente o reservatório de Rio Manso serão os: Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Dique Intermediário, Dique 14, Dique Asfalto e Barragem de Captação de Água (Figura 23). Esses cenários afetarão 37 pontos outorgados (Tabela 2, Figura 21 e Figura 22). Além desses cenários dois outros cenários, Dique Divisa e Dique Manzano II, também impactaram diretamente o reservatório do Rio Manso, em menores proporções. Vale ressaltar que os cenários de barragens consecutivas impactarão diretamente o reservatório de Rio Manso.

Os cenários que impactarão o reservatório de Serra Azul serão os Dique Leste I, Dique Oficina e Oficina II, Dique 01 – Serra Azul – Dique Vai e Volta 1 e Dique Flotação (Figura 23). Desses cenários o que terá o maior impacto será o em questão de quantidade

de outorgas será o Dique Leste I, com 34 outorgas (Tabela 2, Figura 21 e Figura 22). O cenário de maior impacto em questão de volume outorgado será o Dique Oficina II, com 1.183,4 m³/h (Tabela 3, Figura 24 e Figura 25).

O rompimento da Barragem I, em Brumadinho, impactou diretamente no uso referente ao abastecimento público dos municípios de Juatuba e Pará de Minas, principalmente a captação de uso de água a fio d'água. Esta captação foi construída com objetivo de compor o sistema integrado RMBH da COPASA para evitar um colapso desse sistema de abastecimento, por conta da crise hídrica, entre os anos 2013 e 2015 (ALMG, 2015a; ALMG, 2015B; EM, 2017; IGAM, 2019a; ECOLÓGICO, 2019; COELHO; CAMPOS, 2015). Vale ressaltar que o abastecimento público desses municípios não foi paralisado, pois foram traçadas alternativas de captação de água. Entretanto a crise hídrica continua e não se sabe se essas alternativas serão suficientes para esses abastecimentos. Principalmente, vislumbrando, que recuperação do rio, em relação a qualidade, não possui um tempo estipulado a ponto de ser novamente utilizado para abastecimento público, do qual requer uma qualidade bastante nobre.

Vale ressaltar a importância extrema da suscetibilidade hídrica em relação ao abastecimento público, principalmente ao sistema de abastecimento integrado da RMBH, cujo rio Paraopeba faz parte. O total desse abastecimento integrado da RMBH atende 8 milhões e 600 mil habitantes (OLIVEIRA, 2018). Caso aconteça um desses 18 cenários, parte desse abastecimento integrado será impactado, com isso prejudicará o sistema de abastecimento da região metropolitana.

É primordial, perceber a importância do planejamento das barragens de rejeito mineral em relação a localização, principalmente vislumbrando o abastecimento público. Essas barragens estudadas impactarão diretamente no abastecimento da RMBH e em outros abastecimentos públicos de sedes municipais. Principalmente, analisando-se a existência de escassez hídrica superficial, DN nº 49/2015, anterior a qualquer evento de rompimento dessas barragens.

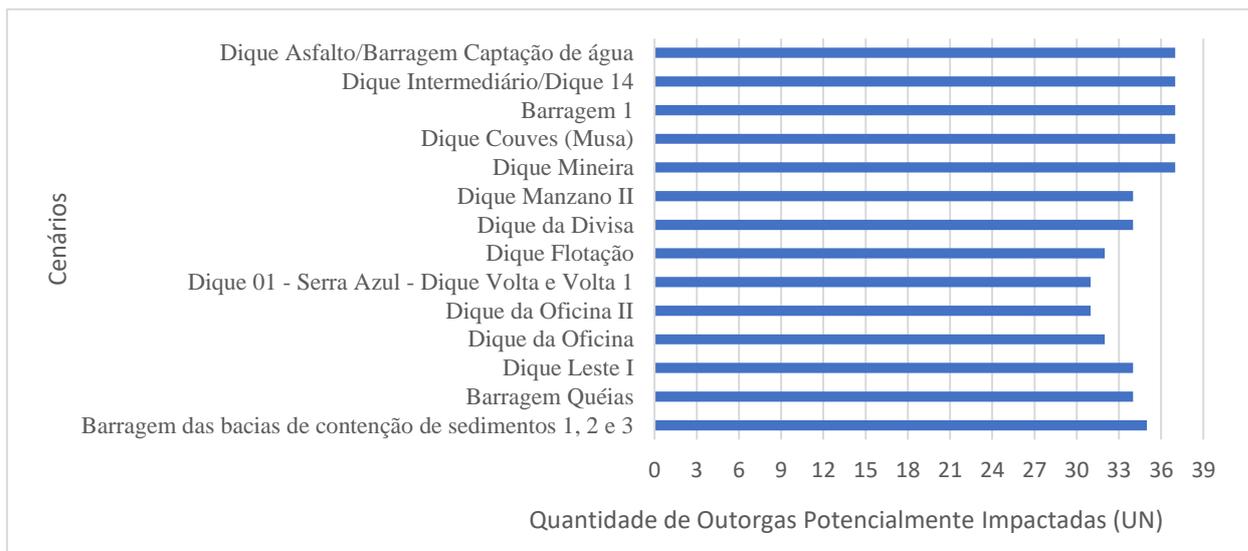


Figura 21: Outorgas potencialmente impactadas *versus* Cenários, na bacia do rio Paraopeba.

Fonte: Autor, 2018

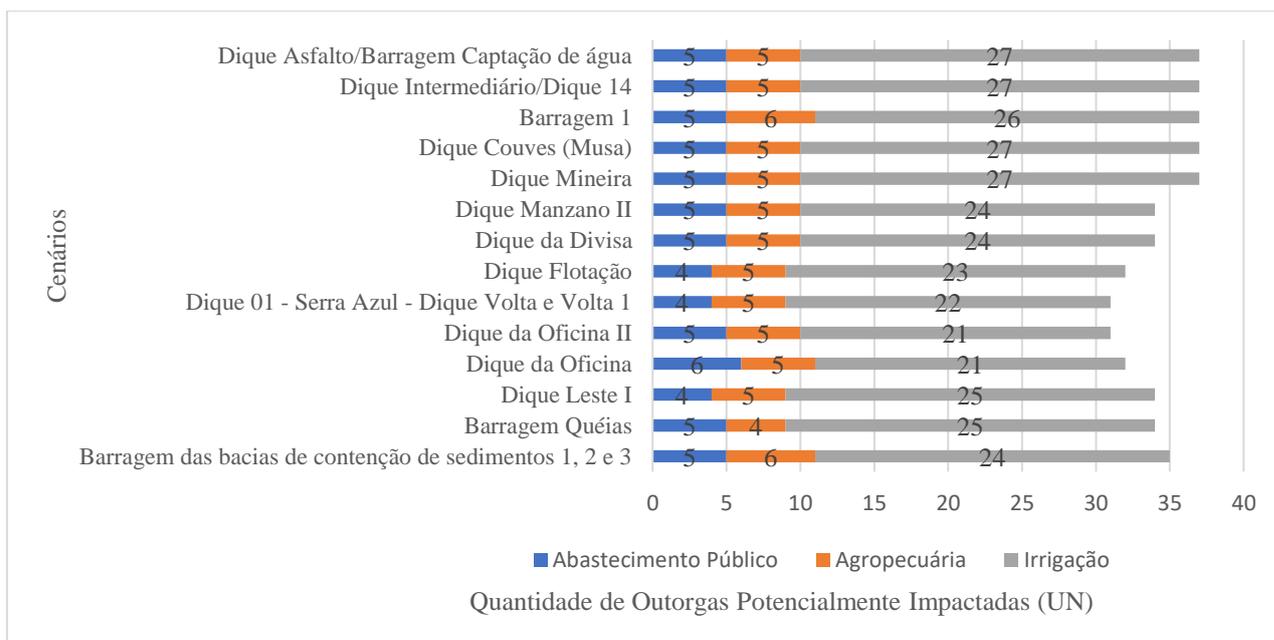


Figura 22: Outorgas potencialmente impactadas *versus* Cenários *versus* Finalidade de uso, na bacia do rio Paraopeba.

Fonte: Autor, 2018

Tabela 2: Outorgas impactadas *versus* Cenários *versus* Finalidade de uso, na bacia do rio Paraopeba

Cenários	Abastecimento Público	Agropecuária	Irrigação	Total
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	5	6	24	35
Barragem Quéias	5	4	25	34
Dique Leste I	4	5	25	34
Dique da Oficina	6	5	21	32
Dique da Oficina II	5	5	21	31
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	4	5	22	31
Dique Flotação	4	5	23	32
Dique da Divisa	5	5	24	34
Dique Manzano II	5	5	24	34
Dique Mineira	5	5	27	37
Dique Couves (Musa)	5	5	27	37
Barragem 1	5	6	26	37
Dique Intermediário/Dique 14	5	5	27	37
Dique Asfalto/Barragem Captação de água	5	5	27	37

Fonte: Autor, 2018

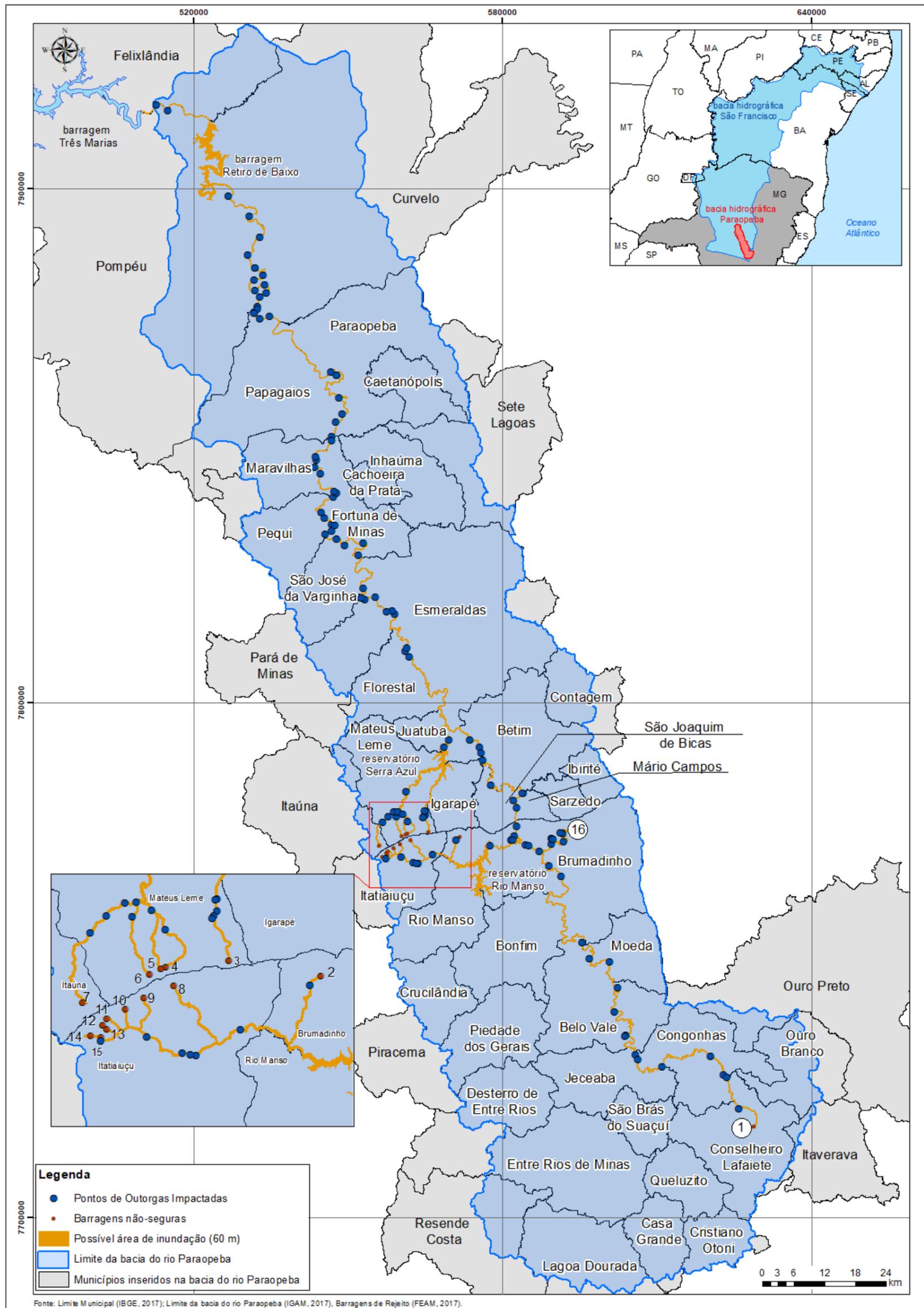


Figura 23: Outorgas impactadas por todos os Cenários de rompimento de barragens de mineração na bacia do rio Paraopeba.
 Fonte: Autor, 2018

A maior parte do volume de água das outorgas impactadas pelos cenários se destina à finalidade de irrigação, chegando a 758,4 m³/h (42,73%), no rompimento da Barragem I. Seguido dos cenários das barragens Quéias, Dique Divisa, Dique Manzano II, Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Intermediário, Dique 14, Dique Asfalto, Captação de água, chegando a 650,8 m³/h (Figura 24, Figura 25 e Tabela 3). O segundo maior volume de água outorgada a ser impactado possui a finalidade de agropecuária, chegando a quase 486,6 m³/h (19%), no cenário da barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3 (Figura 24, Figura 25 e Tabela 3).

A finalidade de uso destinada para irrigação e agropecuária possui destaque para horticultura, no alto e principalmente no médio curso, uma vez que a produção agrícola da região é destinada para o fornecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e Betim. No baixo curso possui destaque na atividade desenvolvida para pecuária extensiva (IGAM, 2013). As atividades de pecuária e agricultura são desenvolvidas ao longo de toda a bacia, portanto poderão ser impactadas por todos os cenários (MATOS; DIAS, 2012; SCHVARTZMAN *et al*, 2002). O uso predominante de água na bacia hidrográfica do rio Paraopeba é a irrigação, com isso o impacto maior caso ocorra qualquer cenário seria atribuído a essa atividade econômica (SILVA *et al*, 2015).

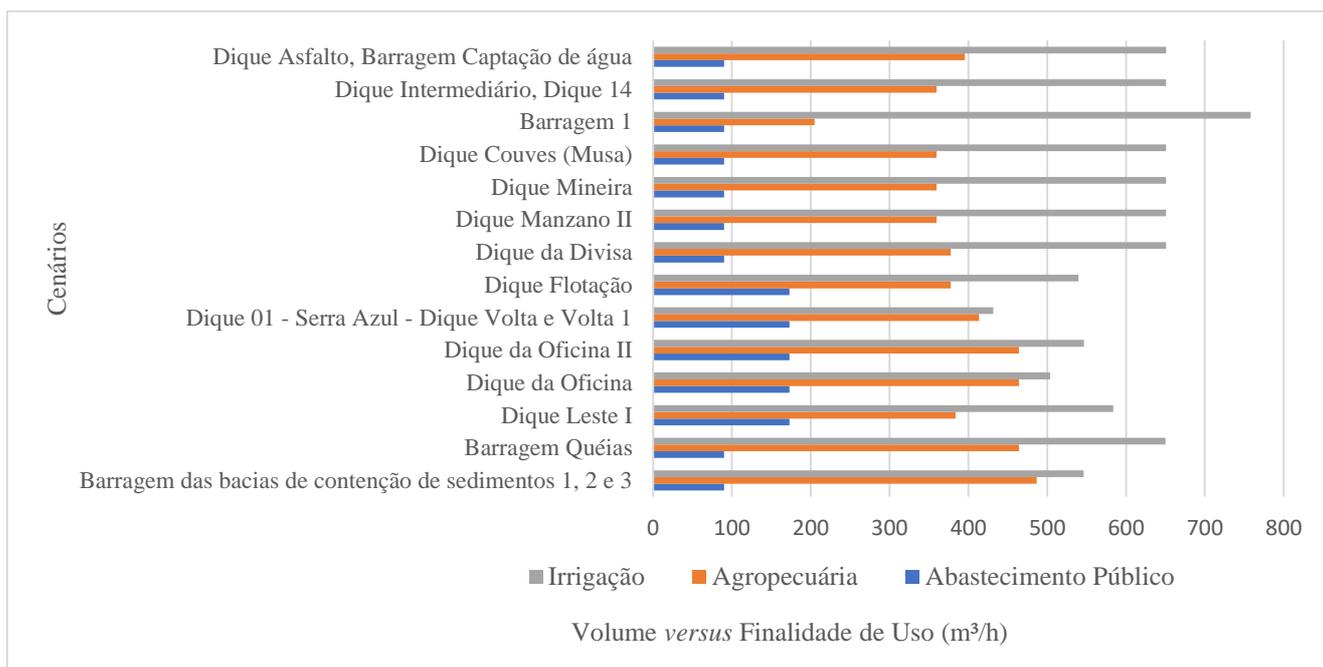


Figura 24: Volume de outorgas impactadas (m³/h) versus Cenários versus Finalidade de uso, na bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autor, 2019

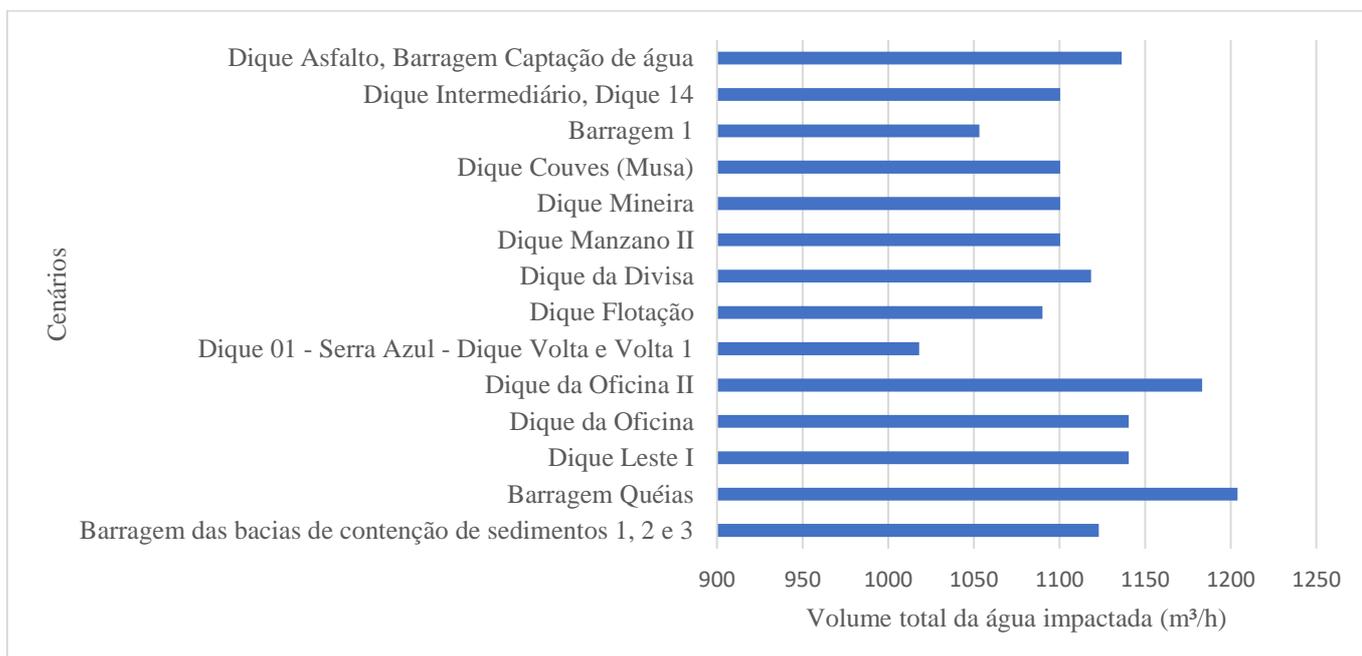


Figura 25: Volume total de Água Impactada versus Cenários em caso de rompimentos de barragens de minério na bacia do rio Paraopeba.

Fonte: Autor, 2018

Tabela 3: Volume de outorgas impactadas (m³/h) versus Cenários versus Finalidade de uso na bacia do rio Paraopeba.

Cenários	Finalidade de Uso			
	Abastecimento Público (m ³ /h)	Agropecuária (m ³ /h)	Irrigação (m ³ /h)	Total do Volume por cenário (m ³ /h)
Barragem bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	90	486,6	546,4	1.123
Barragem Quéias	90	464	650	1.204
Barragem de Captação de Água; Dique Asfalto; Dique Captação de Água/Dique Asfalto	90	395,6	650,8	1.136,4
Dique Intermediário; Dique 14; Dique Intermediário/Dique 14	90	359,64	650,8	1.100,44
Dique Couves (Musa)	90	359,64	650,8	1.100,44
Dique Mineira	90	359,64	650,8	1.100,44
Dique Manzano II	90	359,64	650,8	1.100,44
Dique da Divisa	90	377,6	650,8	1.118,4
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 2	172,8	413,6	431,6	1.018
Dique Oficina II	172,8	464	546,6	1.183,4
Dique Oficina	172,8	464	503,6	1.140,4
Dique Leste I	172,8	383,6	584	1.140,4
Dique Flotação	172,8	377,6	539,6	1.090
Barragem I	90	204,8	758,4	1.053,2

Fonte: Autor, 2018

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba já passa por conflito entre os usuários de água e o estresse hídrico da bacia. Os conflitos são gerados entre os usuários múltiplos existentes (abastecimento público, mineração, indústrias e irrigação), além da demanda de usos consecutivos e as vazões outorgadas superiores ao limite legal, bem como o declínio da qualidade de água (SILVA *et al*, 2015; MATOS; DIAS, 2012). É perceptível que com a ocorrência de qualquer cenário analisado, esses conflitos irão aumentar. Pois a bacia já possui conflitos, ainda mais com a diminuição da qualidade da água após o rompimento.

As outorgas disponibilizam o direito de uso da água, sendo obtida por instrumento legal, que assegura o usuário por um período estabelecido o seu uso. Assim proporciona para o órgão gestor o controle quantitativo e qualitativo do recurso hídrico a ser gerido. Portanto a disponibilidade hídrica da bacia está relacionada com as concessões de outorgas nos períodos de vigência dessas. As vazões disponibilizadas somente estão disponíveis com o término das vigências. Esse instrumento tem como objetivo a gestão de conflitos pelo uso da água e a manutenção da qualidade de água da bacia. Entretanto, não são todos os usuários que possuem captação registrada, o que prejudica essa gestão (FAEMG, 2015; SILVA *et al*, 2015).

Vale ressaltar que a falta dessa informação, caso ocorra um rompimento, dificulta a avaliação dos prejuízos sociais e econômicos, e pode prejudicar a determinação da dimensão real do impacto a ser gerado. Por conseguinte, as outorgas estudadas que não possuíam as informações de finalidade em relação ao seu uso e o volume outorgado foram excluídas essas outorgas do banco de dados estudados. Além, dessa questão é importante frisar a falta de controle e fiscalização do estado em relação a questão da escassez hídrica prevista na DN n° 49/2015.

A gestão da DN n° 49/2015 está relacionada a situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição do uso de recursos hídricos superficiais. Influenciando diretamente na política que institui as outorgas e suas definições. Entretanto, quando não há essa informação não possibilita ao órgão gestor solicitar a retificação de aumento de vazões e/ou de volumes captados. O que interfere diretamente na situação do abastecimento público, principalmente no que tange os reservatórios do Rio Manso e Serra Azul, respectivamente, em porções hidrográficas dos mesmos. Principalmente, no que se refere aos possíveis conflitos a serem gerados no caso de ocorrer qualquer cenário de rompimento estudado.

Primordialmente, o que se percebe nos casos de rompimento de barragem é que existe uma tendência de quanto maior a distância do ponto de rompimento menor é o impacto na qualidade das águas superficiais. Assim, como com o passar do tempo do percurso da pluma do rejeito (GUIMARÃES, 2018).

Na bacia hidrográfica do rio Doce foi detectada que os primeiros pontos de monitoramento, a jusante da barragem de Fundão, de qualidade de água pós-rompimento, foram os mais impactados. Principalmente no que se refere aos valores de manganês total, chumbo, cádmio, cromo e níquel total, além dos sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e sólidos em suspensão totais, em dias chuvosos logo após o rompimento. Além desse dano, ainda tem o fator que contribui para um maior impacto, o revolvimento dos materiais do fundo do leito que já apresentavam existentes na região pelas atividades industriais que existem na bacia do rio Doce (ANA, 2016; GUIMARÃES, 2018).

O monitoramento realizado após ao rompimento da barragem de Fundão detectou uma maior alteração na turbidez logo a jusante da barragem e uma diminuição no decorrer do distanciamento da mesma (ANA, 2016; GUIMARÃES, 2018). A mesma situação foi percebida com o rompimento da Barragem I, relacionado ao comportamento dos parâmetros analisados. O que ocasionou praticamente os mesmos impactos e alterações na qualidade de água com a passagem da pluma de rejeito em ambos os casos.

Em relação a natureza dos rejeitos existentes na barragem de Fundão, na bacia hidrográfica do rio Doce, era esperado alterações relacionadas a turbidez, no que diz respeito a concentração de ferro dissolvido, manganês total e sólidos em suspensão nos corpos de água diretamente afetados (ANA, 2016). O impacto dessas alterações para o sistema de abastecimento foi tornar esse sistema mais difícil de operar e oneroso. Foram detectados casos que o tratamento para o abastecimento público que se tornaram inviáveis, tendo assim que interromper (ANA, 2016). Foi constatado também, além dos íons de ferro e manganês, elevadas concentrações de metais pesados, com o passar da pluma de rejeito, o que prejudica o abastecimento público. Esses metais são prejudiciais à saúde humana, principalmente no que tange ao tratamento, caso não tenha a remoção eficiente desses, inviabilizando o abastecimento público e sistemas diretos de irrigação.

Durante o monitoramento emergencial do IGAM realizado na bacia hidrográfica do rio Doce foram detectados picos de metais pesados, principalmente para os parâmetros de chumbo e mercúrio, em relação aos limites do CONAMA, na passagem de da pluma de

rejeitos e depois decaiu com o passar do tempo e voltaram aos limites exigidos para classe 2 (GUIMARÃES, 2018).

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba apresentava a qualidade de água deteriorada antes do rompimento da Barragem I, em alguns trechos, resultante do esgotamento sanitário, indústrias e mineração (IGAM, 2013; IGAM, 2019b). O trecho do rio Paraopeba impactado pelo rompimento da Barragem I era enquadrado como classe 2 (DN Copam nº 14/1995; SEMAD, 2019c). Os parâmetros que demonstraram violações em relação a DN COPAM CERH-MG 01/2008 e Resolução Conama nº 357/2005, para a série histórica, o período de 2000 a 2018, para classe 2, foram: Alumínio Dissolvido, Chumbo Total, Turbidez, Manganês (SEMAD, 2019c). Desses parâmetros avaliados, após o rompimento, os que demonstraram maiores violações foram: Alumínio Dissolvido, Chumbo Total, Turbidez, Ferro Total e principalmente manganês total (ABES, 2019; IGAM, 2019b; SEMAD, 2019c). Desses parâmetros, o que mais violou nessa série histórica foi o Manganês Total, em todos os pontos de monitoramento, chegando a 92% de violação. Seguido do alumínio dissolvido, chegando a 41%.

Após o rompimento os dados de monitoramento da COPASA (2019), o parâmetro de turbidez apresentou 63.700 UNT que demonstrou um aumento de aproximadamente 756 vezes em relação a série histórica do monitoramento do IGAM, cerca de 19km a jusante da Barragem I, no dia 26/01/2019. Depois de dois dias, 28/01/2019, esse aumento foi 85 vezes. No ponto de monitoramento do IGAM, cerca de 24,8km, em São Joaquim de Bicas, logo após o acidente o parâmetro foi de 24.500 UNT e depois de dois dias, passou para 3.826 UNT, uma queda de seis vezes, assim demonstram que com passar do tempo os valores de turbidez sobre uma queda significativa (IGAM, 2019c).

No dia 17/03, esses pontos de monitoramento demonstraram uma queda na turbidez de 1.191 UNT para o ponto na distância de 19km e 213 UNT para o ponto de 24,8 km, apresentando uma queda de 53 e 115 vezes, respectivamente (IGAM, 2019d). Esses resultados demonstram a existência de um impacto diretamente no uso e na demanda hídrica das outorgas logo após o rompimento e a jusante da barragem. Portanto, fica constatado que qualquer cenário estudado de barragens não-seguras analisadas sofreram

esse impacto que com o passar do tempo e com o distanciamento do rompimento a tendência é diminuir esses impactos. Entretanto, essa diminuição não elimina o impacto, que continua sobre os usuários da água, principalmente relacionado ao abastecimento de água. Esse mesmo impacto pode ser constatado nos parâmetros relacionados com metais pesados (IGAM, 2019d).

Vislumbrando a questão de qualidade de água relacionado com o rompimento de barragens de rejeito de minério de ferro, constatado nos monitoramentos após os rompimentos recentes, apesar de uma tendência de retorno para condições anteriores as alterações dos recursos hídricos, em específico aos ecossistemas aquáticos impactados fica o passivo significativo no rio. Principalmente, porque uma parte do material da pluma de rejeito fica depositado nos corpos hídricos, com isso compromete os usos diversos da água. Esse material, a priori pode ser lixiviado aos eventos hidrológicos, o que torna-se difícil a previsão, em médio e longo prazo, os impactos desse tipo de evento sobre a qualidade de água (GUIMARÃES, 2018).

4.0 CONCLUSÕES

É possível afirmar que qualquer um dos 18 cenários avaliados impactará profundamente a qualidade da água para a população e atividades econômicas na bacia hidrográfica do rio Paraopeba. Esse tipo de análise é fundamental para a evolução da discussão do licenciamento ambiental, visto que, atualmente, somente são analisados os impactos ambientais referentes às fases prévias, de instalação e de operação. A inclusão da análise de risco de rompimento de estruturas geotécnicas de empreendimentos de maneira mais aprofundada no licenciamento é essencial para evitar que desastres ambientais ocorram.

Caso algum desses cenários estudados venha a ocorrer, o impacto econômico será enorme, uma vez que a bacia hidrografia do rio Paraopeba possui diversas atividades econômicas, principalmente relacionadas à irrigação e agropecuária. Outro impacto de extrema importância se reflete no contexto social, como mostrado pelo número de fatalidades humanas. Em Mariana foram 19 óbitos e em Brumadinho foram 240 mortes

confirmadas e 133 desaparecimentos, apontando para o potencial genocida do rompimento de estruturas desse porte, comuns em todo o estado de Minas Gerais.

É importante destacar que algumas outorgas não possuem informações sobre a finalidade do uso, ou seja, não possuem informação sobre a finalidade do uso. O mesmo acontece com a falta de informação de volume captado por outorgas de uso significativo. Essa falta de informação prejudica a análise e descrição de qualquer do impacto a ser gerado nas outorgas a serem impactadas, caso ocorra algum cenário. Conclui-se pela necessidade de fortalecimento de fiscalização e melhoria do sistema de informação por parte do órgão competente, visto que o processo de outorgas é auto declaratório.

5.0 REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Esclarecimento outorgas e crise hídrica**. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/6595/esclarecimento-outorgas-e-crise-hidrica>. Acessado em: 21/03/2019.

ALMG, 2015a, 25 nov. **Crise hídrica reabre debate sobre gestão das águas**. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2015/09/04_especial_crise_hidrica_inicial.html> Acessado em: 18/03/2019.

ALMG, 2015b, 14 nov. **Abastecimento de água na RMBH está ameaçado**. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2015/09/11_especial_agua_reservatorios.html> Acessado em: 18/03/2019

ANA. Agência Nacional de Água. **Encarte Especial sobre a bacia do rio Doce – Rompimento da barragem em Mariana, MG**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR. Brasília – DF. 2016

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357. 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651. Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa. 2012.

CBHSF, Comitê da Bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Plano de Recursos Hidrográficos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – 2016-2025**. Disponível em: < http://cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF_Apresentacao_26ago16.pdf>. Acesso em: 10 janeiro 2018.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1983 - **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC. Série de Publicações Técnicas/SPT-010. 158p

COELHO, I. B. V. I; CAMPOS, P. V. **A qualidade do gasto público como ferramenta de enfrentamento à crise hídrica de 2015 em Minas Gerais**. VIII Congresso CONSAD de Gestão Pública. Brasília, Maio, 2015. Disponível em: <<http://banco.consad.org.br/bitstream/123456789/1197/1/A%20QUALIDADE%20DO%20GASTO%20%20PUBLICO%20COMO.pdf>> Acessado em: 21/03/2019.

COPASA, 2019a, 27 jan. **Abastecimento de água na região do Rio Paraopeba.** Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2019rel/janeiro19rel/abastecimento-de-agua-na-regiao-do-rio-paraopeba-ie14324!/ut/p/a1/zZJPTwIxEMU_CweOTWdhl90eV1T-i8GDy17MsB2WEmhLtxj99haDiRckerKXzpu8ZCa_N7zkBS81vqoavTladydd9l6mMMmHkwmM54vRPeSTxXwwH90sHmYpf-YILyvtrd_wZaM8scpYbDB82tNRmqYNKIROK2-DJbdWu9DZw0e6wTZo41WIMLgc7QgbCIUHIhFUG7aoSTlzVrjCxIOI9qS9YZIY1kdkGpmjWmHoGOaUYRYdGksrZiQiuNuJTxtarEISo2r9qSol-VIQdpKoJ5iopGRxBZIJSYIlaVdUJmKE1EAsAwA4MLL4Rqf8TVDGNBxs_6sPi3pN0zpteHFFxZefGHhxRkLL75j4cWfsYTJans4IHkI8BTWm-fFP03w88oCx0cY9aN4AONsCBnkWRqJYR-6SRydDT8EtQxJpheTuEv50y9Pw-732XY9TXb17XsXtomtW60PG1nlnQ!!/dl5/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/> Acessado em: 04/02/2019

COPASA, 2019b, 11 mar. **Abastecimento de água na região do Rio Paraopeba. 15:19** Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2019rel/fevereiro19rel/rel-situacao_abastecimento_25_02> Acessado em: 11/03/2019

COPASA, 2019c. **Copasa inicia obra de captação de água do Rio Paraopeba em Brumadinho.** Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/media2/Noticia2015/CaptacaoParaopebaBrumadinho.pdf>> Acessado em: 11/03/2019

CORREIA, R.; MAGALHÃES, J. Assembleia Legislativa do estado de Minas Gerais. **Comissão Extraordinária com a finalidade de realizar estudos, promover debates e propor medidas de acompanhamento das consequências sociais, ambientais e econômicas da atividade mineradora no Estado, notadamente no que tange ao rompimento das barragens ocorrido em Mariana, seus desdobramentos e ações de recuperação dos danos causados, bem como discutir a situação de outras barragens existentes no Estado:** Comissão Extraordinária das Barragens. Relatório Final. Belo Horizonte: [s.n.], 2016. 249 p.

CORREIO BRASILIENSE, 01 FEV. **Brumadinho: rejeitos avançam e afetam cidades banhadas pelo Rio Paraopeba.** Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/01/interna-brasil,734614/brumadinho-rejeitos-avancam-e-afetam-cidades-banhadas-pelo-rio-paraopeba.shtml>>. Acessado em: 04/02/2019

ECOLÓGICO, 2019, jan, 2019. **Copasa garante abastecimento na RMBH sem captação no Rio Paraopeba.** Disponível em: <<http://revistaecologico.com.br/sou-ecologico/copasa-garante-abastecimento-na-rmbh-sem-captacao-no-rio-paraopeba/>> Acessado em: 18/03/2019.

EM, 2017, 23 nov. **Tenebroso fantasma da falta de água volta a assombrar moradores de BH e RMBH.** Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2017/09/23/interna_gerais,902891/tenebroso-fantasma-da-falta-de-agua-volta-a-assombrar-moradores-de-bh.shtml> Acessado em: 18/03/2019.

FAEMG. Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Sugadores clandestinos.** Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/NoticiaImprimir.aspx?Code=7959&Portal=1&ContentVersion=R>> Acessado em: 20/03/2019.

FEAM. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - ano 2014.** Belo Horizonte, 2015.

FEAM. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - ano 2016.** Belo Horizonte, 2017.

IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: [s.n.], 2010. 113 p. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Paraopeba.** Belo Horizonte. 2013. 41p.

IGAM, 2019a, 27 jan. **Relação de Outorgas.** Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2019/MATÉRIAS/JANEIRO/outorgas-270119.png>> Acessado em: 18/03/2019

IGAM, 2019b, 14 fev. **Informativo Especial – Avaliação da Série Histórica entre 2000 e 2018.** Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE_BARRAGEM_B1/informativos_qualidade_agua/Informativo_Especial__Serie_Hist%C3%B3rica_2000_a_2018_140219.pdf> Acessado em: 18/03/2019

IGAM, 2019c, 28 jan. **Informativo N° 1. Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho – Minas Gerais.** Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE_BARRAGEM_B1/informativos_qualidade_agua/Informativo_1_IGAM_COPASA_CPRM_revisado_-_Copasa.pdf> Acessado em: 18/03/2019

IGAM, 2019d, 18 mar. **Informativo N° 33. Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho – Minas Gerais.** Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE_BARRAGEM_B1/informativos_qualidade_agua/Informativo_33_IGAM_COPASA_CPRM_1.pdf> Acessado em: 18/03/2019

GUIMARÃES, J. I. **Impacto do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro sobre a qualidade das águas superficiais. Estudo de caso: Bacia do Rio Doce.** Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. 2018. p. 1–172, 2018.

LACAZ, F. A. C.; PORTO, M. F. S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 0, p. 1–12, 2017.

MATOS, F.; DIAS, R. **A gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais e a Situação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.** *Gestão & Regionalidade* – Vol. 28 N° 83. p. 21-34, 2012.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH/MG n°. 49. 2015.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM CERH-MG n°. 1. 2008.

MINAS GERAIS. Portaria IGAM n° 013. 2015

MINAS GERAIS. Portaria IGAM n° 014. 2015

OLIVEIRA, R. S. **Experiência e desafios da COPASA MG para a sustentabilidade das bacias de captação de água para o abastecimento humano.** Belo Horizonte: III Simpósio de Modelagem de Sistemas Ambientais e Gestão da Paisagem (27/11/2018), 2018.

PIAZI, J.; LOPES, F. A.; AZEVEDO, U. R. **Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil.** *Caderno de Geografia*, v.28, n.55. ISSN 2318-2962, 2018

SEAPA, 2019, 31 jan. **A água do rio Paraopeba apresenta riscos à saúde humana e animal e não deve ser utilizada para qualquer finalidade.** Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/gmg/story/3306-comunicado>>. Acessado em: 04 fev. 2019.

SEMAD, 2019a, 06 fev. **Nota de Esclarecimento 13 – Desastre Barragem B1**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3757-nota-de-esclarecimento-13-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 12/02/2019.

SEMAD, 2019b, 07 fev. **Nota de Esclarecimento 14 – Desastre Barragem B1**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3758-nota-de-esclarecimento-14-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 12/02/2019.

SEMAD, 2019c, 23 ago. **Boletim Informativo do Cidadão – Qualidade de água no Rio Paraopeba**. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE_BARRAGEM_B1/Boletim_informativo_do_cidad%C3%A3o/BOLETIM_AGOSTO_updated.pdf> Acessado em: 25/09/2019.

SCHÄFFER, W. B. et. al. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011. 96 p. Série Biodiversidade, 41

SCHVARTZMAN, A. S.; NASCIMENTO, N. O; SPERLIG, M.V. **Outorga e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos: Aplicação à Bacia do Rio Paraopeba, MG**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol. 7 Nº.1 Jan/Mar 2002, 103-122. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238769736_Outorga_e_Cobranca_pelo_Uso_de_Recursos_Hidricos_Aplicacao_a_Bacia_do_Rio_Paraopeba_MG> Acesso em: 15/03/2019.

SILVA, B. M. B.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M.C. **Índices para a gestão e planejamento de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba, Estado de Minas Gerais**. Ambiente & Água -An Interdisciplinary Journal of Applied Science. ISSN1980-993X –doi:10.4136/1980-993X. Vol. 10 n. 3Taubaté –Jul./Sep.2015. Disponibilizado em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n3/1980-993X-ambiagua-10-03-00685.pdf>> Acessado em: 15/03/2019.

CAPÍTULO 3: DANOS DE POSSÍVEIS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NA ICTIOFAUNA NA BACIA DO PARAÓPEBA

RESUMO

O rompimento de barragens de rejeitos pode gerar significativos impactos diretos sobre a ictiofauna, por meio do soterramento de indivíduos, destruição de habitat, entupimento das brânquias dos peixes, intoxicação por metais pesados, dentre outros. Indiretamente, a elevação da turbidez da água, leva a diminuição da entrada de luz e a taxa de fotossíntese, com isso gerando uma redução da taxa de oxigenação dos corpos de água. Este artigo como objetivo analisar os impactos potenciais ao longo da bacia, a partir dos 18 cenários de rompimentos de barragens de rejeitos não-seguras. Os resultados indicam que as espécies que sofrerão o maior impacto são a Reofílicas, Rara, Exótica, Endêmica, Ameaçada de extinção, Comercial/Pesca, Cabeceira, dentre outras. Os resultados obtidos permitem afirmar que todos os cenários analisados impactarão a ictiofauna, além de impactar diretamente os ecossistemas necessários para algumas espécies, como é o caso da supressão e assoreamento de lagoas marginais imperceptíveis para espécies reofílicas.

Palavras-chave: barragem de rejeito; impacto ambiental; ictiofauna

ABSTRACT

The impacts from dams rupture in the ichthyofauna are immense, causing the silting of water courses and bodies in the dams downstream, clogging of the fish gills, elevating the water turbidity, consequently, decreasing the light input and the rate of photosynthesis, thereby generating a reduction in the rate of oxygenation of water bodies. This article analyzes the impacts of potential rupture of non-secure dams on the ichthyofauna of the Paraopeba river basin (MG). The aim of this study was to analyze the potential impacts along the basin, based on 18 scenarios of ruptures of non-safe tailings dams. The results indicated that the species that will suffer the greatest impact are Reophilic, Rare, Exotic, Endemic, Endangered, Commercial/Fishing, Headland, among others. The obtained results demonstrate that all scenarios analyzed will impact the ichthyofauna, in addition to directly impacting the necessary ecosystems for some species, as is the case of the suppression and siltation of marginal lagoons imperceptible to rhephilic species.

Keywords: environmental impact; tailings dam; ichthyofauna

1.0 INTRODUÇÃO

Barragens de rejeito de minério representam grandes riscos para a biodiversidade, principalmente à ictiofauna. Esse fato pode ser comprovado com os dois casos recentes de rompimento de barragem, Barragem Fundão, em Mariana (MG) e Barragem I, em Brumadinho (MG). O rompimento de barragens pode ocasionar impactos irreversíveis relativos à ictiofauna, como destruição de habitats, de berçários naturais e sítios de desova. Além de assoreamento do leito dos rios, lagoas e nascentes marginais, soterramento de contaminação da água e interrupção do fluxo gênico das espécies existentes (SEDRU, 2016). Percebe-se, portanto, a importância de estudos relacionados com a probabilidade de ocorrer rompimento de barragens de rejeito e sua interferência no meio ambiente, conseqüentemente, seus impactos.

O rompimento da barragem de rejeito de Fundão, ocorrido em novembro de 2015, impactou diretamente a fauna aquática, soterrando toda biota até alguns quilômetros a jusante do rompimento de baixo de 32 milhões de m³ de rejeitos de mineração. A estimativa de mortandade da ictiofauna foi de 90 espécies de peixes, com aproximadamente 222.768 indivíduos ou 224.632,8 kg de peixes. Dessas 12 espécies são ameaçadas de extinção e 11 endêmicas (CHAVES, 2016).

O rompimento da Barragem I, ocorrido em janeiro de 2019, liberou cerca de 12 milhões de m³ de volume de rejeitos de minério de ferro que havia nessa barragem, o que impactou diretamente a fauna aquática (IEF, 2019a). Configurou-se de forma intensa, dois picos de mortalidade de peixes, o primeiro logo após o evento, entre os dias 26 e 30 de janeiro e o segundo, relacionado com as chuvas, entre os dias 16 e 17 de fevereiro (IBAMA/IEF, 2019). Percorrendo 44,8 km, entre a foz do córrego Ferro e Carvão, foram recolhidas 1.773 carcaças de peixes. No trecho entre 263,3 km, entre a UTE Juatuba e UHE Retiro de Baixo, foram recolhidas 30 carcaças (IBAMA/IEF, 2019). Em suma, o impacto sobre a ictiofauna ocorreu de maneira intensa, logo com a chegada dos rejeitos no percurso dos rejeitos nos córregos Ferro e Carvão e o rio Paraopeba. Entretanto, por ser um evento recente, salienta-se a necessidade de uma investigação mais profunda, pois essa análise foi realizada com relação ao impacto agudo da passagem do rejeito. Se faz primordial

uma avaliação dos impactos de possíveis efeitos crônicos sobre a biota aquática. Principalmente visando que nos trechos mais afetados foram encontrados peixes, ovos e larvas sobreviventes que poderão apresentar impactos em suas funções biológicas (IBAMA/IEF, 2019).

Destaca-se que a bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui 16 barragens de rejeito de empreendimentos minerários sem estabilidade garantida ou sem o laudo conclusivo do auditor (FEAM, 2017). Essas barragens representam 33% do total de barragens inseridas nessa bacia hidrográfica, que correm risco de romper e de gerar diversos impactos ao meio ambiente, às populações humanas e à ictiofauna (FRANÇA *et al*, 2019). Diante do exposto, ressalta-se a importância de estudos ambientais para conservação das comunidades e espécies da ictiofauna, principalmente estudos de impacto ambiental para empreendimentos minerários.

O rio Paraopeba possui uma grande riqueza e diversidade expressiva de espécies de peixes, sendo muitas delas endêmicas à bacia do rio São Francisco, à qual pertence (ALVES, 2012). Antes da década de 90, ainda não haviam estudos e levantamentos sistematizados da ictiofauna nesse rio. Estudos realizados para o Projeto de construção da escada experimental de peixes da UTE Igarapé (CEMIG), demonstraram que a bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui alta riqueza e diversidade de peixes, destacando a presença de várias espécies migradoras (ALVES; LEAL, 2010). A bacia é considerada como alta prioridade para conservação dos peixes no estado, dada a alta riqueza e diversidade de peixes, bem como a presença de várias espécies migradoras (de piracema (BIODIVERSITAS, 2005).

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho foi quantificar os impactos potenciais na ictiofauna de eventuais cenários de rompimentos de barragens não-seguras de rejeito de empreendimentos minerários na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, Minas Gerais.

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: (1) construir os cenários de possíveis rompimentos das barragens não-seguras na bacia hidrográfica do Paraopeba; (2) revisar os levantamentos de espécies de peixes a jusante de tais barragens utilizando

Na bacia hidrográfica do rio São Francisco existem regiões vulneráveis ao *status* de conservação da ictiofauna pela pressão antrópica intensa. O rio Paraopeba é um afluente dessa bacia que possui destaque em relação a essa vulnerabilidade, principalmente pelas ações de desmatamento da mata ciliar, destruição de várzeas e lagoas marginais pelos projetos agrícolas, construções de barragens, poluição industrial e doméstica, garimpo e pesca predatória (SATO; GODINHO, 2003).

Alguns estudos de ictiofauna que descrevem a riqueza do rio São Francisco estimam que a bacia possui cerca de 203 espécies registradas, até o final da década de 90 (ALVES, *et al.*, 2011). Outros afirmam que a bacia possui de 250 a 300 espécies, sendo destas 200 conhecidas (BARBOSA; SOARES, 2009; RIZZO; GODINHO, 2003).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui a maior concentração de barragens de rejeito no estado de Minas Gerais, com 318 barragens (43,15% total do estado) (FEAM, 2016). A bacia do rio Paraopeba possui 130 barragens de rejeito, situada dentro dos limites do São Francisco possui uma representatividade de 61% do total de barragens inseridas na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Além disso, essa bacia possui o maior risco de ser impactada por algum tipo de colapso ou ruptura de barragem de rejeito de empreendimentos minerários, uma vez que 33% das barragens registradas não possuem laudo conclusivo ou garantia de estabilidade atestada pelo auditor (FRANÇA *et al.*, 2019).

2.2 ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS DE POSSÍVEIS ROMPIMENTOS DAS BARRAGENS NÃO-SEGURAS

Foram selecionadas 16 barragens não-seguras e a partir da seleção foram mapeados 18 cenários de rompimentos (Quadro 5). Cabe pontuar que o rompimento recente, da barragem I, em Brumadinho (2019), era uma barragem considerada “estável” pelo Inventário de barragens do estado de Minas Gerais (FEAM, 2017). O que demonstra que mesmo as barragens consideradas pelos órgãos fiscalizadores como seguras possuem, na verdade, significativo risco de romper.

Os cenários foram mapeados a partir de um buffer de 60 m do eixo principal do curso de água ao longo do percurso do rejeito, desde a jusante das barragens até o final da bacia na barragem de Três Marias, gerando assim manchas mínimas de inundação do rejeito (Figura 27). Desses cenários elaborados, dois são cumulativos, ou seja, são considerados rompimentos consecutivos, os demais são rompimentos únicos. Esses cenários consecutivos são compostos pelo Dique Asfalto a montante da Barragem Captação de água e Dique Intermediário a montante do Dique 14 (Figura 27).

Na ausência de estudos de *Dam Break*, que são modelos de área de inundação, esse limiar foi considerado de forma conservadora estipulado por ser o dobro do mínimo da área de proteção permanente (APP) para rio com 10 metros de largura (SCHÄFFER, et al, 2011).

Essa mancha analisada como sendo a mancha mínima de inundação do rejeito foi considerada por ser uma área que possui uma função ambiental importante para preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Os percursos dos rejeitos da Barragem Quéias, Diques da Divisa, Manzano II, Mineira, Intermediário, 14 e Barragem de Captação de água incluiu o reservatório Rio Manso. Os percursos dos rejeitos da Dique Leste I, Oficina, Oficina II, 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta e Flotação incluiu o reservatório Serra Azul. Todos os percursos incluíram a barragem de Retiro Baixo (Figura 20 e Quadro 5).

Quadro 5: Tabela de Barragens de rejeito mineral não-seguras, na bacia do rio Paraopeba

Identificação*	Cenários/Barragens	Classe	Município
1	Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	II	Conselheiro Lafaiete
2	Barragem Quéias	II	Brumadinho
3	Dique Leste I	II	Matheus Leme
4	Dique da Oficina	I	Itatiaiuçu
5	Dique da Oficina II	I	Itatiaiuçu
6	Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	I	Matheus Leme
7	Dique Flotação	I	Itatiaiuçu
8	Dique da Divisa	I	Itatiaiuçu
9	Dique Manzano II	I	Itatiaiuçu
10	Dique Mineira	I	Itatiaiuçu
11	Dique Couves (Musa)	II	Itatiaiuçu
12	Dique Intermediário	I	Itatiaiuçu
13	Dique 14	II	Itatiaiuçu
14	Dique Asfalto	I	Itatiaiuçu
15	Barragem de Captação de Água	I	Itatiaiuçu
16	Barragem 1	III	Brumadinho
17	Dique Intermediário + Dique 14	-	Itatiaiuçu
18	Dique Asfalto + Barragem Captação de água	-	Itatiaiuçu

Fonte: Adaptado pelo Autor, 2018 (FEAM, 2017)

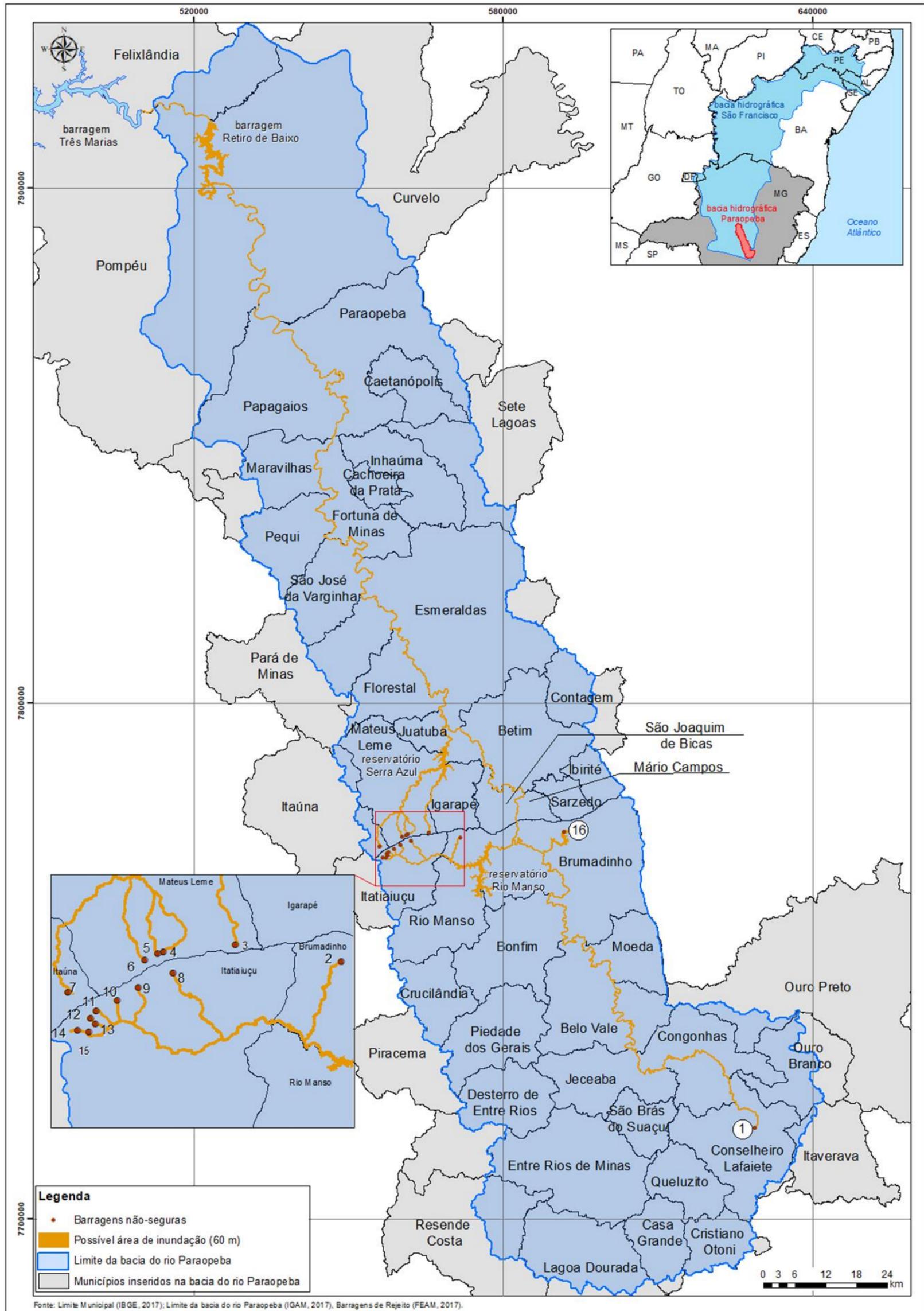


Figura 27: Cenários do percurso do rejeito

Fonte: Autor (2018)

2.3 ELABORAÇÃO DA LISTA DE ESPÉCIES DA ICTIOFAUNA

Para elaboração da lista das espécies da ictiofauna ao longo de trechos impactos pelos cenários, foram utilizados dados secundários de censos de peixes da área de estudo delimitada, bacia hidrográfica do rio Paraopeba. Para isso, foram pesquisados trabalhos técnico-científicos e livros publicados, projetos de estudos ambientais para licenciamento, relatórios técnicos e coleções ictiológicas de instituições com acesso livre ao acervo.

Os trabalhos técnico-científicos pesquisados foram: ALVES; VONO (1995;1998, 1996; 1997; 1998), ALVES (1999; 2000, 2007, 2011; 2012, 2014), GODINHO; ALVES (2001; 2002), ROSA; LIMA (2005); DRUMMOND *et al* (2009); ALVES; LEAL (2010); ALVES; POMPEU (2010), VIEIRA *et al* (2015); ICMBio/MMA (2018). Os estudos ambientais para licenciamento pesquisados foram: ECOLAB (2013; 2014; 2017); SETE (2010); BRANDT (2009); RECTA (2013).

O acesso às coleções foi feito pelo banco de dados virtual “*species link*”, que consultou os sistemas que gerenciam diversos bancos de dados, disponibilizados pelo Centro de Referência em Informações Ambientais - CRIA (<http://www.cria.org.br/>) e pelo Sistema Brasileiro de Informações sobre Biodiversidade de Peixes - SIBIP/NEODAT III (<http://www.mnrj.ufrj.br/search.htm>). Para o levantamento das espécies nessa plataforma, foram utilizadas palavras-chaves de localidade, como bacia do rio Paraopeba e o próprio rio, bem como o nome das espécies obtidas pela pesquisa anterior realizada.

Os táxons foram identificados ao nível de espécie. As espécies que possuíam a designação “sp.”, que a determinação taxonômica se apresentou duvidosa para especificação da taxonomia da espécie foram excluídas do banco. As espécies excluídas foram: *Astyanax* sp.; *Cichla* sp.; *Hisonotus* sp.; *Hypostomus* sp.; *Gymnotus* sp.; *Leporinus* sp.; *Microlepidogaster* sp.; *Oreochromis* sp.; *Otocinclus* sp.; *Poecilia* sp.

A nomenclatura científica empregada para determinação da taxonomia do nível de espécie segue os padrões das descrições originais e foi atualizada através do banco *on-*

line da plataforma “*Catalog of Fishes (Institute for Biodiversity Science and Sustainability)*”.

Após a compilação dos registros de espécies levantados e a criação do banco de dados da Ictiofauna, determinou-se a distribuição espacial das espécies na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e a criação do panorama de distribuição dos pontos de amostragem da ictiofauna, com o total de 181 pontos (Tabela 4 e Figura 28).

Tabela 4: Pontos amostrados de Ictiofauna

Pontos	Coordenadas		Fonte de obtenção dos pontos	Ano
	UTM X	UTM Y		
Ponto 1	604308	7738402	ALVES; VONO (1995;1998, 1996; 1997; 1998)	1994/1995/1996/1997
Ponto 2	586669	7771450		
Ponto 3	574968	7788358		
Ponto 4	576712	7788350		
Ponto 5	573182	7793881		
Ponto 6	545452	7836412		
Ponto 7	545139	7836971		
Ponto 8	531120	7880132		
Ponto 9	574976	7790202		
Ponto 10	529767	7865953		
RM 1	575020	7762528	GODINHO; ALVES (2001; 2002)	2001/2002
RM 2	576945	7771562		
RM 3	568907	7791518		
RM 4	570617	7768824		
SA1	563856	7785051		
SA2	568871	7789766		
SA3	568907	7791518		
RM 1'	575052	7762671		
RM 2'	575439	7767527	ALVES (2014)	2014
RM 3'	577275	7771922		
RM 4'	578056	7772035		
P1	522967	7912535		
P2	522812	7911939	ALVES (2011; 2012)	2011/2012
PU	523062	7913150		
PU'	575248	7792162		
IC1	616588	7730742	ALVES (1999; 2000); DRUMMOND <i>et al.</i> , (2009); ALVES; POMPEU (2010)	1998/2000/2005/2006/2007/2010
IC2	615545	7730756		
IC3	614989	7730323		
IC4	613689	7730414		
IC5	613689	7730414		
IC6	610806	7730182		
IC7	611581	7729968		
IC8	612358	7729253		
IC10	611990	7729164		
IC9	611222	7729482		
IC11	617869	7728528		
IC12	617051	7728528		

Pontos	Coordenadas		Fonte de obtenção dos pontos	Ano		
	UTM X	UTM Y				
IC13	616106	7728039				
IC14	617207	7727065				
IC15	616421	7728117				
IC16	613617	7727942				
IC17	610548	7729044				
IC18	620983	7729164				
IC19	611727	7726507				
IC20	611835	7727091				
IC21	617187	7726102				
IC22	622510	7728758				
IC23	608793	7733068			BRANDT (2009)	2008/2009
IC24	611977	7731828				
IC25	611665	7731512				
IC26	609551	7733694				
IC27	612851	7733451				
IC28	612642	7732884				
IC29	610733	7730175				
IC30	611588	7724900				
IC31	611952	7724020				
IC32	612756	7723974				
IC33	610084	7722867				
IC34	609377	7726462				
IC35	608927	7726502				
IC36	611765	7727067				
IC37	612307	7727409				
IC38	611983	7731840				
IC39	611700	7726473				
IC40	610731	7730177				
IC41	612851	7733451				
IC42	611664	7731414				
IC43	563819	7771321	ECOLAB (2014)	2010		
IC44	563662	7770997				
IC45	564239	7770551				
IC46	564976	7769677				
IC47	563905	7769044				
IC48	559303	7770709				
IC49	562698	7769118				
IC50	559971	7770592				
IC51	560014	7770594				
IC52	559968	7770544				
IC53	560031	7770347				
IC54	560531	7770021				
IC55	564921	7769605				
IC56	566359	7770500				
IC59	554601	7771934				
IC60	555341	7773754				
IC61	555442	7773584				
IC62	555690	7775793				
IC63	556181	7774103				
IC64	557618	7776341				
IC65	560219	7778851				
IC66	559758	7778841				
IC67	559765	7778276				
IC68	561101	7777535				
IC69	561472	7777270				
IC70	562736	7775908				
IC71	562851	7775367				
IC72	557947	7774570				
IC73	558027	7774617				

Pontos	Coordenadas		Fonte de obtenção dos pontos	Ano
	UTM X	UTM Y		
IC74	561041	7781401	ECOLAB (2013)	2013
IC75	560131	7775125		
IC76	557434	7777665		
IC77	557277	7769969		
IC78	559175	7770756		
IC79	559303	7770709		
IC80	559420	7770825		
IC81	561523	7769152		
IC82	561116	7769058		
IC83	563905	7769044		
IC84	563771	7771280		
IC85	563662	7770997		
IC86	564976	7769677		
IC87	565108	7769115		
IC88	568087	7770595		
IC92	554553	7771710		
IC93	555341	7773754		
IC94	555442	7773584		
IC95	556181	7774103		
IC96	555690	7775793		
IC97	557947	7774570		
IC98	557598	7777787		
IC99	557618	7776341		
IC100	554442	7776753		
IC101	557434	7777665		
IC102	559004	7774418		
IC103	560131	7775125		
IC104	559632	7778102		
IC105	560174	7778802		
IC106	560909	7776870		
IC107	562736	7775908		
IC108	561041	7781401		
IC109	563551	7777665		
IC110	564928	7779545		
IC111	565652	7776129		
IC112	611178	7739907	RECTA (2013)	2011/2012
IC113	610043	7739282		
IC114	609305	7738561		
IC115	610758	7739198		
IC116	608403	7739191		
IC117	557277	7769969	ECOLAB (2017)	2016
IC118	559175	7770756		
IC119	559303	7770709		
IC120	559420	7770825		
IC121	561523	7769152		
IC122	561116	7769058		
IC123	563905	7769044		
IC124	563771	7771280		
IC125	564976	7769677		
IC126	565108	7769115		
IC127	568087	7770595		
IC131	554553	7771710		
IC132	555341	7773754		
IC133	555442	7773584		
IC134	556181	7774103		
IC135	555690	7775793		
IC136	557947	7774570		
IC137	557598	7777787		
IC138	557618	7776341		

Pontos	Coordenadas		Fonte de obtenção dos pontos	Ano
	UTM X	UTM Y		
IC139	554442	7776753		
IC140	557434	7777665		
IC141	559004	7774418		
IC142	560131	7775125		
IC143	559632	7778102		
IC144	560174	7778802		
IC145	560909	7776870		
IC146	562736	7775908		
IC147	561041	7781401		
IC148	563551	7777665		
IC149	564928	7779545		
IC150	565652	7776129		
M1	606329	7728852	COLEÇÕES (<i>species link</i>)	2012
M2	605836	7731837		2012
M3	605428	7732883		2012
M4	600970	7751472		1987
M5	572648	7757756		2011
M6	585597	7773455		1994
M7	575597	7777880		2011
M8	573201	7793885		1997
M9	552505	7828978		1996
M10	542057	7834894		1994
M11	531474	7880030		1994
M12	536822	7891390		1993
M13	506804	7915255		1993
M14	526179	7915751		1993

Fonte: Autor (2018).

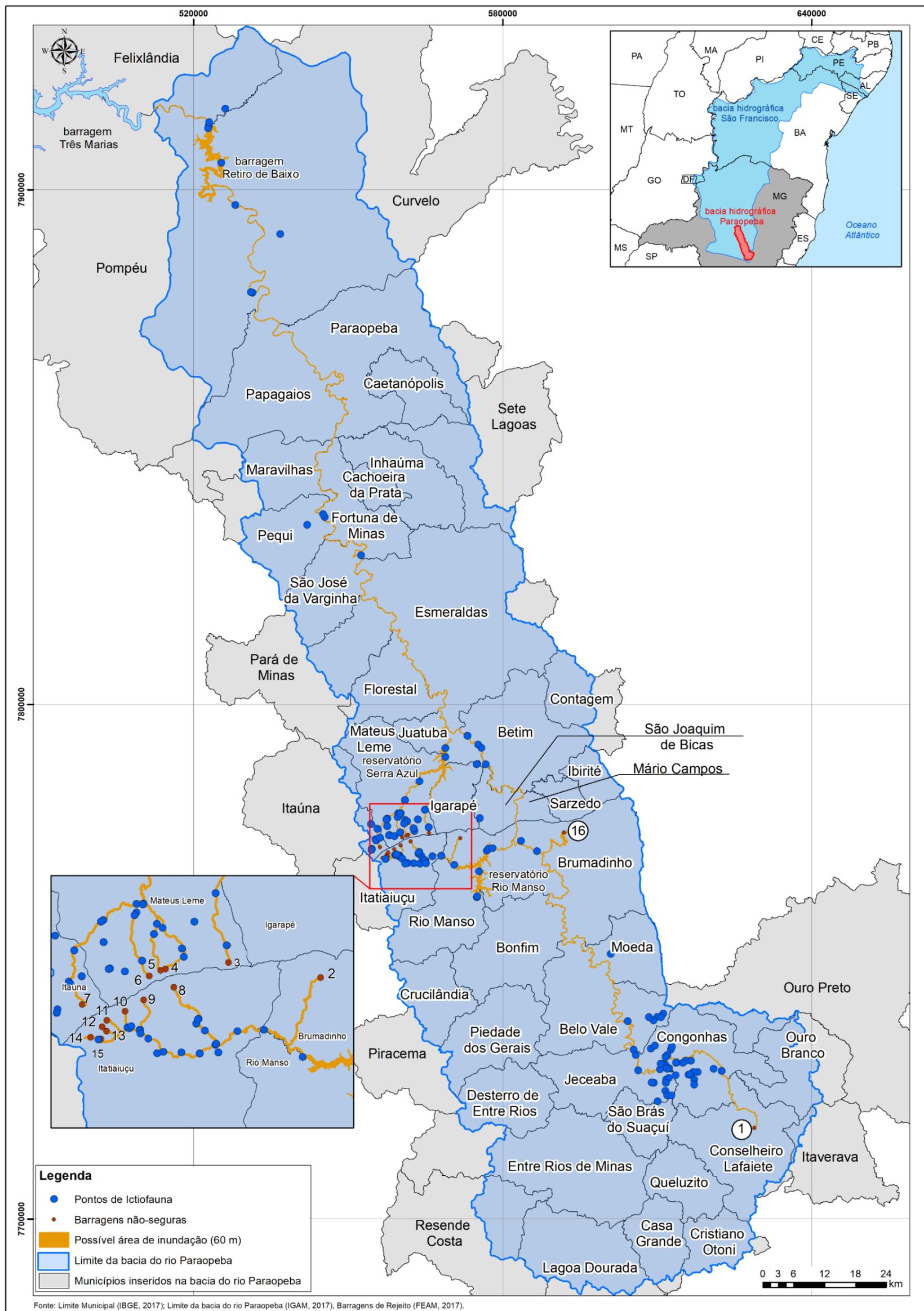


Figura 28: Localização dos pontos de amostragem das espécies de Ictiofauna

Fonte: Autor (2018)

2.4 ANÁLISE DAS ESPÉCIES

Para cada ponto amostrado foram levantadas as espécies após a consulta aos estudos, coleções de museus e projetos (Quadro 6 e Figura 28). A partir da identificação das espécies foi estabelecida a sua classificação em grupos característicos: endêmicas, ameaçadas, de interesse comercial/pesca, reofilica, raras ou de cabeceiras (Quadro 6). Uma espécie pode pertencer a um grupo somente ou a mais de um grupo (Anexo 2). Os nomes das espécies e seu *status* de ocorrência foi validado no *Catalog of Fishes (Institute for Biodiversity Science and Sustainability)*, contribuindo, assim, para a escolha das espécies a serem estudadas.

As espécies pertencentes ao grupo ameaçadas foram identificadas conforme seu *status* de conservação e seguiu a determinação de categoria de ameaçada segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Volume VI – Peixes, 2018, bem como a Deliberação Normativa COPAM nº 147/2010.

Quadro 6: Espécies Registradas nos Pontos Amostrados por grupos característicos

Grupo Característicos	Espécies Registradas
Cabeceira (entenda-se aqui riachos de pequeno porte e que, geralmente, situam-se nas cabeceiras)	<i>Astyanax rivularis</i> ; <i>Characidium fasciatum</i> ; <i>Cetopsorhamdia iheringi</i> ; <i>Coptodon rendalli</i> ; <i>Harttia torrenticola</i> ; <i>Neoplecostomus franciscoensis</i> ; <i>Pareiorhina rosai</i> ; <i>Trichomycterus brasiliensis</i> ; <i>Trichomycterus reinhardti</i>
Reofilica (afinidade por corredeiras)	<i>Apareiodon hasemanni</i> ; <i>Apareiodon ibitiensis</i> ; <i>Apareiodon piracicabae</i> ; <i>Astyanax fasciatus</i> ; <i>Harttia leiopleura</i> ; <i>Hypostomus affinis</i> ; <i>Hypostomus alatus</i> ; <i>Hypostomus francisci</i> ; <i>Piabarchus stramineus</i> ; <i>Leporellus vittatus</i> ; <i>Megaleporinus reinhardti</i> ; <i>Neoplecostomus franciscoensis</i> ; <i>Pareiorhina rosai</i> ; <i>Parodon hilarii</i> ; <i>Piabarchus stramineus</i> ; <i>Salminus hilarii</i> ; <i>Trichomycterus reinhardti</i>
Ameaçada Extinção	<i>Bagropsis reinhardti</i> ; <i>Harttia leiopleura</i> ; <i>Harttia torrenticola</i> ; <i>Lophiosilurus alexandri</i> ; <i>Neoplecostomus franciscoensis</i> ; <i>Pseudopimelodus charus</i> ; <i>Salminus hilarii</i> .
Endêmica (Distribuição rio São Francisco)	<i>Bagropsis reinhardti</i> ; <i>Bergiaria westermanni</i> ; <i>Duopalatinus emarginatus</i> ; <i>Harttia leiopleura</i> ; <i>Harttia torrenticola</i> ; <i>Hasemania nana</i> ; <i>Lophiosilurus alexandri</i> ; <i>Myleus micans</i> ; <i>Otocinclus xakriaba</i> ; <i>Pachyurus francisci</i> ; <i>Pachyurus squamipinnis</i> ; <i>Pareiorhina rosai</i> ; <i>Phalloceros uai</i> ; <i>Phenacorhamdia tenebrosa</i> ; <i>Pimelodella vittata</i> ; <i>Pimelodus</i>

Grupo Característicos	Espécies Registradas
	<i>pohli</i> ; <i>Pseudopimelodus charus</i> ; <i>Pygocentrus piraya</i> ; <i>Roeboides xenodon</i> ; <i>Salminus franciscanus</i> ; <i>Serrasalmus brandtii</i> ; <i>Triportheus guentheri</i> ; <i>Trichomycterus reinhardti</i> .
Rara	<i>Apteronotus brasiliensis</i> ; <i>Bagropsis reinhardti</i> ; <i>Cetopsis gobioides</i> ; <i>Duopalatinus emarginatus</i> .
Interesse Comercial (Comercial/Pesca)	<i>Hoplias intermedius</i> ; <i>Hoplias malabaricus</i> ; <i>Megaleporinus obtusidens</i> ; <i>Pimelodus maculatus</i> ; <i>Prochilodus argenteus</i> ; <i>Prochilodus costatus</i> ; <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> ; <i>Pygocentrus piraya</i> ; <i>Salminus franciscanus</i> .
Exótica	<i>Coptodon rendalli</i> ; <i>Cyprinus carpio</i> ; <i>Hoplosternum littorale</i> ; <i>Oreochromis niloticus</i> ; <i>Poecilia reticulata</i> .

Fonte: Autor (2018)

Algumas espécies não se enquadraram nos grupos característicos, entretanto, incluídas nas análises relacionadas à riqueza de espécies. Foram elas: *Astyanax lacustris*; *Acestrorhynchus lacustris*; *Astyanax eigenmanniorum*; *Astyanax taeniatus*; *Australoheros mottosi*; *Bryconops affinis*; *Callichthys callichthys*; *Curimatella lepidura*; *Cyphocharax gilbert*; *Eigenmannia virescens*; *Geophagus brasiliensis*; *Gymnotus carapo*; *Hemigrammus marginatus*; *Lepidocharax burnsi*; *Leporinus piau*; *Megaleporinus elongatus*; *Moenkhausia costae*; *Oligosarcus argenteus*; *Orthospinus franciscensis*; *Pimelodella lateristriga*; *Pimelodus fur*; *Poecilia vivípara*; *Rhamdia quelen*; *Schizodon knerii*; *Serrapinnus heterodon*; *Serrapinnus piaba*; *Steindachnerina elegans*; *Sternopygus macrurus*; *Synbranchus marmoratus*; *Tetragonopterus franciscoensis*.

2.5 DESCRIVER A RIQUEZA E OS POSSÍVEIS IMPACTOS DOS CENÁRIOS

A partir da seleção de espécies e grupos característicos foi analisada a riqueza das espécies em áreas impactadas pelos cenários de rompimento. A riqueza de espécies é uma medida conhecida para definir de maneira mais prática e simples a qualidade biológica pelo número de espécies encontradas em uma comunidade (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Por se tratar de amostragens heterogêneas, muitas delas não padronizadas, não foi possível analisar abundância, densidade, biomassa ou diversidade de espécies.

O mapeamento da riqueza das espécies e grupos característicos foi elaborado com o objetivo de analisar os pontos susceptíveis aos cenários de rompimentos das barragens não-seguras. Possibilitando diagnosticar pontos de maior impacto na riqueza caso ocorra rompimento da barragem. Para o mapeamento da riqueza foram utilizados eventos pontuais identificando as ocorrências de localização das espécies levantadas e dos respectivos grupos característicos. Em seguida foram cruzados os dados do mapeamento dos cenários com esse mapeamento de riqueza e com isso, foi extraído a informação dos pontos a serem impactados.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantadas 89 espécies registradas no banco de dados distribuídas espacialmente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba nos 181 pontos de amostragem analisados (Anexo 1). Essas espécies pertencem à seis ordens e à 25 famílias (Quadro 7). Ao nível de ordem, as maiores riquezas registradas foram de Siluriformes e Characiformes, que correspondem a cerca de 83% das espécies (Figura 29). Em relação às famílias, as riquezas mais representativas foram registradas para Characidae e Loricariidae, que correspondem a cerca de 39% das espécies (Figura 30).

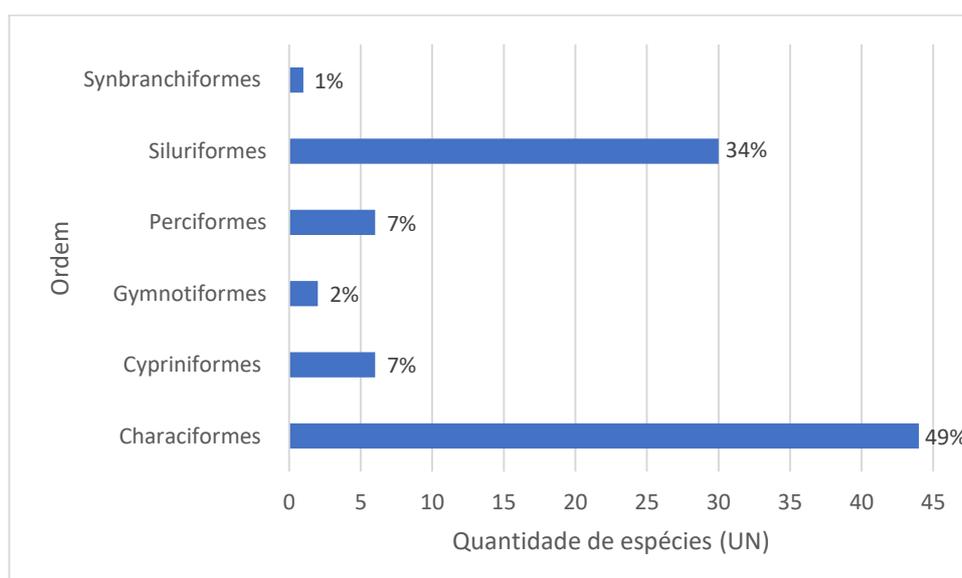


Figura 29: Representatividade das Ordens baseado na riqueza espécies do banco de dados da bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autor (2018)

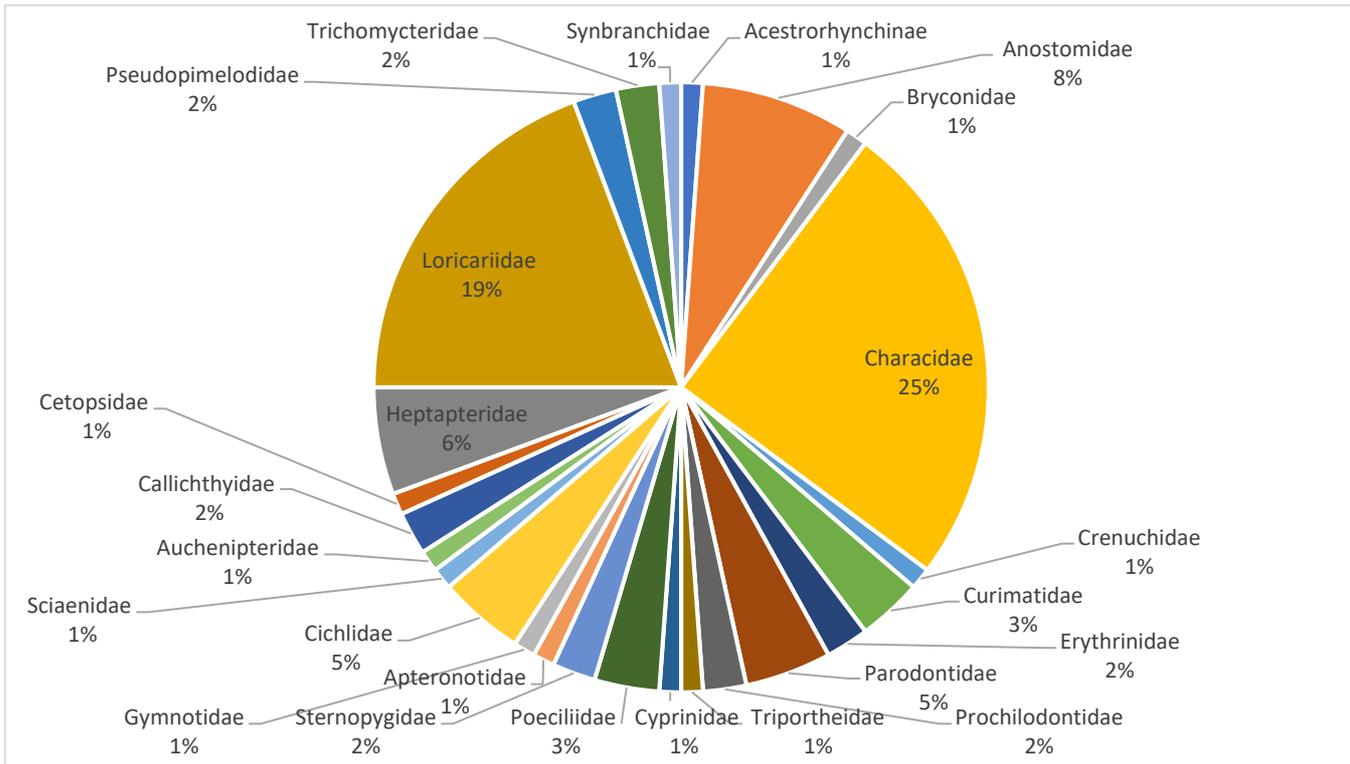


Figura 30: Representatividade das Famílias baseado na riqueza espécies de dados da bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autor (2018)

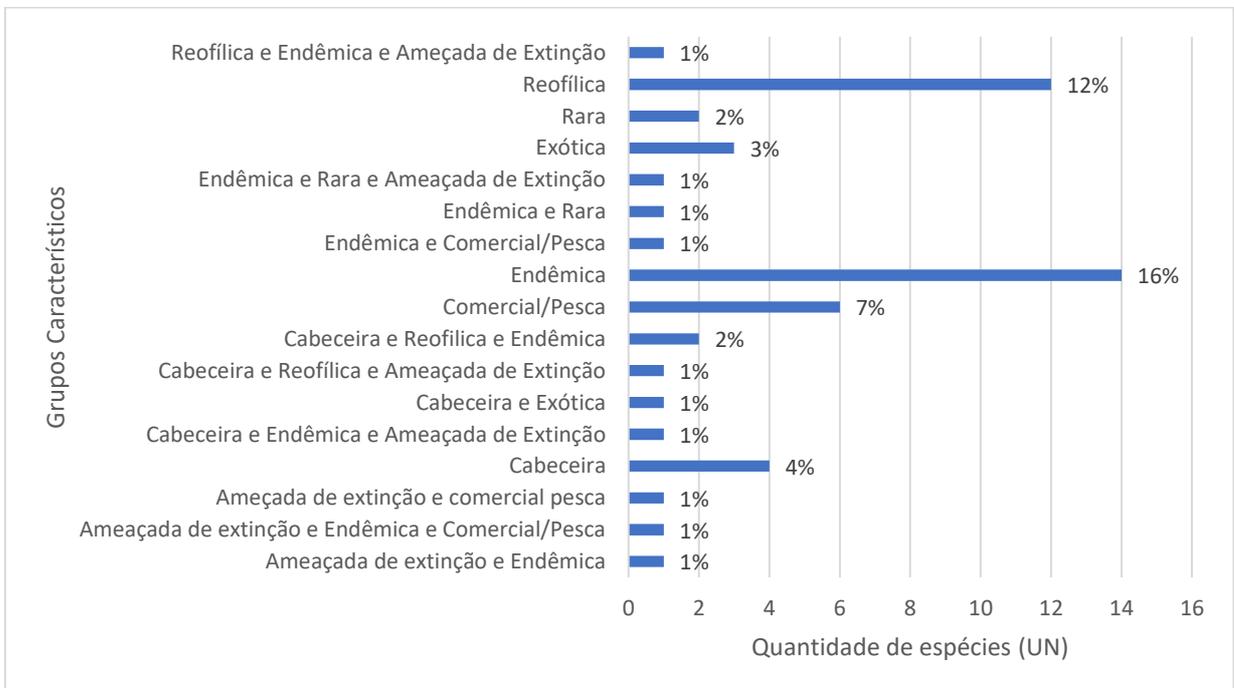


Figura 31: Riqueza de espécies por Grupo Característico

Fonte: Autor (2018)

Quadro 7: Lista de espécies de ictiofauna agrupada por ordem espécies

Ordem	Família	Espécie	Autor
Characiformes	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus lacustres</i>	(Lütken 1875)
	Anostomidae	<i>Leporellus vittatus</i>	(Valenciennes 1850)
		<i>Leporinus taeniatus</i>	Lütken 1876
		<i>Leporinus piau</i>	Fowler 1941
		<i>Megaleporinus reinhardti</i>	(Lütken 1875)
		<i>Megaleporinus obtusidens</i>	(Valenciennes 1837)
		<i>Megaleporinus elongatus</i>	(Valenciennes 1850)
		<i>Schizodon knerii</i>	(Steindachner 1875)
	Bryconidae	<i>Salminus franciscanus</i>	Lima & Britski 2007
	Characidae	<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	(Cope 1894)
		<i>Astyanax fasciatus</i>	(Cuvier 1819)
		<i>Astyanax lacustres</i>	(Lütken 1875)
		<i>Astyanax rivularis</i>	(Lütken 1875)
		<i>Astyanax taeniatus</i>	(Jenyns 1842)
		<i>Bryconops affinis</i>	(Günther 1864)
		<i>Hasemania nana</i>	(Lütken 1875)
		<i>Hemigrammus marginatus</i>	Ellis 1911
		<i>Lepidocharax burnsi</i>	Menezes & Quagio-Grassiotto 2011
		<i>Myleus micans</i>	(Lütken 1875)
		<i>Moenkhausia costae</i>	(Steindachner 1907)
		<i>Oligosarcus argenteus</i>	Günther 1864
		<i>Orthospinus franciscensis</i>	(Eigenmann 1914)
		<i>Piabarchus stramineus</i>	(Eigenmann 1908)
<i>Piabina argentea</i>		Reinhardt 1866	

Ordem	Família	Espécie	Autor
		<i>Pygocentrus piraya</i>	(Cuvier 1819)
		<i>Roeboides xenodon</i>	(Reinhardt 1851)
		<i>Salminus hilarii</i>	Valenciennes 1850
		<i>Serrapinnus heterodon</i>	(Eigenmann 1915)
		<i>Serrapinnus piaba</i>	(Lütken 1875)
		<i>Serrasalmus brandtii</i>	Lütken 1875
		<i>Tetragonopterus franciscoensis</i>	Silva Melo Oliveira & Benine 2016
	Crenuchidae	<i>Characidium fasciatum</i>	Reinhardt 1867
	Curimatidae	<i>Curimatella lepidura</i>	(Eigenmann & Eigenmann 1889)
		<i>Cyphocharax gilbert</i>	(Lütken 1874)
		<i>Steindachnerina elegans</i>	(Steindachner 1875)
	Erythrinidae	<i>Hoplias intermedius</i>	(Günther 1864)
		<i>Hoplias malabaricus</i>	(Bloch 1794)
	Characiformes	Parodontidae	<i>Apareiodon hasemanni</i>
<i>Apareiodon ibitiensis</i>			Amaral Campos 1944
<i>Apareiodon piracicabae</i>			(Eigenmann 1907)
<i>Parodon hilarii</i>			Reinhardt 1867
Prochilodontidae		<i>Prochilodus argenteus</i>	Spix & Agassiz 1829
		<i>Prochilodus costatus</i>	Valenciennes 1850
Triporthidae		<i>Triporthus guentheri</i>	(Garman 1890)
Cyprinodontiformes	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Linnaeus 1758
	Poeciliidae	<i>Phalloceros uai</i>	Lucinda 2008
		<i>Poecilia reticulata</i>	Peters 1859
		<i>Poecilia vivípara</i>	Bloch & Schneider 1801
	Sternopygidae	<i>Eigenmannia virescens</i>	(Valenciennes 1836)
<i>Sternopygus macrurus</i>		(Bloch & Schneider 1801)	

Ordem	Família	Espécie	Autor
Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i>	Linnaeus 1758
	Apteronotidae	<i>Apteronotus brasiliensis</i>	(Reinhardt 1852)
Perciformes	Cichlidae	<i>Australoheros mottosi</i>	Otoni 2012
		<i>Coptodon rendalli</i>	(Boulenger 1897)
		<i>Geophagus brasiliensis</i>	(Quoy & Gaimard 1824)
		<i>Oreochromis niloticus</i>	(Linnaeus 1758)
	Scianidae	<i>Pachyurus francisci</i>	(Cuvier 1830)
		<i>Pachyurus squamipennis</i>	Agassiz 1831
Siluriforme	Auchenipteridae	<i>Trachelyopterus galeatus</i>	(Linnaeus 1766)
	Callichthyidae	<i>Callichthys callichthys</i>	(Linnaeus 1758)
		<i>Hoplosternum littorale</i>	(Hancock 1828)
	Cetopsidae	<i>Cetopsis gobioides</i>	Kner 1858
	Heptapteridae	<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	Schubart & Gomes 1959
		<i>Imparfinis minutus</i>	(Lütken 1874)
		<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	(Schubart 1964)
		<i>Pimelodella vittata</i>	(Lütken 1874)
		<i>Rhamdia quelen</i>	(Quoy & Gaimard 1824)
	Loricariidae	<i>Harttia leiopleura</i>	Oyakawa 1993
		<i>Harttia longipinna</i>	Langeani Oyakawa & Montoya-Burgos 2001
		<i>Harttia torrenticola</i>	Oyakawa 1993
		<i>Hypostomus alatus</i>	Castelnau 1855
		<i>Hypostomus francisci</i>	(Lütken 1874)
		<i>Hypostomus affinis</i>	(Steindachner 1877)
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>		Langeani 1990	
<i>Otocinclus xakriaba</i>		Schaefer 1997	
<i>Pareiorhina rosai</i>	Silva Roxo & Oyakawa; 2016		

Ordem	Família	Espécie	Autor
		<i>Bagropsis reinhardti</i>	Lütken 1874
		<i>Bergiaria westermanni</i>	(Lütken 1875)
		<i>Duopalatinus emarginatus</i>	(Valenciennes 1840)
		<i>Pimelodella lateristriga</i>	(Lichtenstein 1823)
		<i>Pimelodus fur</i>	(Lütken 1874)
		<i>Pimelodus maculatus</i>	Lacepède 1803
		<i>Pimelodus pohli</i>	Ribeiro & Lucena 2006
		<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	(Spix & Agassiz 1829)
	Pseudopimelodidae	<i>Lophiosilurus alexandri</i>	Steindachner 1876
		<i>Pseudopimelodus charus</i>	(Valenciennes 1840)
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	Lütken 1874
<i>Trichomycterus reinhardti</i>		(Eigenmann 1917)	
Synbranchiformes	Sybranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Bloch 1795

Fonte: Autor (2018)

Das espécies descritas a mais sensíveis são as que pertence ao grupo de espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção. Quando analisadas suas características referentes aos grupos serão as de maiores os impactos proporcionais, pois já são grupos susceptíveis por serem rara e/ou endêmicas e/ou em extinção.

Do total de espécies registradas na bacia, o grupo característico que possui maior riqueza é endêmico, com 23 espécies representando 16% da ictiofauna da bacia (Quadro 6 e Figura 31), o que pode ser explicado pelo fato da ictiofauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco ser caracterizada por um alto grau de endemismo (SATO *et al*, 2003). Dessas espécies, 20 serão impactadas pelos cenários, com exceção das espécies *Bagropsis reinhardti* (Ponto 3), *Pareiorhina rosai* (IC 123/143) e *Pimelodella vittata*, (IC127/Ponto 3/Ponto 10/M13) (Tabela 5 e Figura 32).

As espécies que serão impactadas em todos os cenários de rompimento serão: *Bergiaria westermanni*, *Duopalatinus emarginatus*, *Lophiosilurus alexandri*, *Myleus micans*, *Otocinclus xakriaba*, *Pachyurus francisci*, *Pachyurus squamipennis*, *Pygocentrus piraya*, *Roeboides xenodon*, *Salminus franciscanus*, *Serrasalmus brandtii* e *Triportheus guentheri* (Tabela 5 e Figura 32). A espécie *Phenacorhamdia tenebrosa* sofrerá um impacto apenas diante o Cenário Dique Oficina ocorrer (IC 71) (Figura 32).

Dessas espécies endêmicas impactadas pelos possíveis rompimentos, uma é de extrema fragilidade, *Duopalatinus emarginatus*, pois também são consideradas do grupo característico rara, principalmente a segunda, por compor ao grupo característico ameaçada de extinção. Essa espécie será impactada por todos os cenários (Tabela 5).

Do total de espécies registradas na bacia, quatro são raras representando 2%, *Apteronotus brasiliensis*, *Bagropsis reinhardti*, *Duopalatinus emarginatus* e *Cetopsis gobioides* (Quadro 6 e Figura 31). Sendo que dessas espécies a única que não será impactada por nenhum cenário é a *Apteronotus brasiliensis*, presente no ponto 3. As espécies *Duopalatinus emarginatus* e *Cetopsis gobioides* serão impactadas em quaisquer dos cenários (Tabela 6 e Figura 33). A espécie *Bagropsis reinhardti* é extremamente sensível, pois além de ser considerada rara, também é endêmica e ameaçada de extinção. Essa

espécie será impactada por todos os cenários, com exceção dos cenários Dique Leste I, Dique da Oficina, Dique da Oficina II, Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1 e Dique Flotação, no Ponto 4 (Tabela 6 e Figura 33). Vale ressaltar, portanto a importância dos pontos 4 e 7, ambos impactados por todos os cenários de rompimentos (Tabela 6 e Figura 33).

As espécies ameaçadas de extinção foram registradas sete espécies na bacia (Quadro 6 e Figura 31). Dessas espécies cinco serão impactadas caso ocorra algum cenário, *Harttia leiopleura*, *Harttia torrenticola*, *Lophiosilurus alexandri*, *Salminus franciscanus* e *Pseudoplatystoma corruscans* (Tabela 7 e Figura 34).

As espécies *Lophiosilurus alexandri* e *Salminus franciscanus* serão impactadas por todos os cenários. *Harttia leiopleura* será impactada pelos cenários de rompimento do Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1, Dique da Divisa, Dique Manzano II, Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Dique Intermediário, Dique 14, Dique Asfalto e Barragem Captação de água (Tabela 7 e Figura 34). *Harttia torrenticola* será impactada pelos cenários Dique da Divisa, Dique Manzano II, Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Dique Intermediário, Dique 14, Dique Asfalto e Barragem Captação de água (Tabela 7 e Figura 34).

O impacto gerado no grupo característico comercial/pesca influenciaria diretamente na economia da comunidade pesqueira. Vale ressaltar que a pesca profissional é proibida na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, Decretos Estaduais nº 43.713/2004 e nº 43.783/2018 (IEF, 2019b). Assim, é permitida a pesca de subsistência, científica, desportiva e amadora, exceto na época de piracema. Portanto, o impacto ocasionado na comunidade pesqueira seria nesses grupos de pescadores elencados.

Foi registrada uma riqueza de dez espécies dentro do grupo característico de interesse comercial na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (Quadro 6 e Figura 31). Dessas espécies todas serão impactadas por todos os cenários, com exceção da espécie *Hoplitis malabaricus* (Ponto IC3/127/132/133/140), *Prochilodus argenteus* (Ponto 5/6/8; P1/P2) e *Pseudoplatystoma corruscans* (Ponto 5 e PU') (Tabela 8 e Figura 35). Algumas espécies

do grupo característico de interesse comercial possuem características que podem compor outros grupos. A espécie *Pygocentrus piraya* além de compor esse grupo faz parte do grupo Endêmico. O mesmo ocorre com a espécie *Salminus franciscanus* que compõe os grupos de interesse comercial, endêmico e ameaçada de extinção. Já a espécie *Pseudoplatystoma corruscans* compõe os grupos de interesse comercial e ameaçada de extinção. Portanto, das espécies que compõe o grupo de interesse comercial, essas três destacadas são mais susceptíveis aos cenários em relação as outras espécies a serem impactadas.

O grupo característico reofílica que são consideradas espécies que possuem a característica de serem migradoras (BARBOSA et al, 2017; SATO et al, 2003). É importante destacar que, além do impacto direto na ictiofauna levando a mortandade, existe o impacto aos habitats para as espécies. O grupo característico reofílica entre os quais estão as espécies migradoras é diretamente dependente das lagoas marginais existentes ao longo das planícies de inundação do rio Paraopeba. Essas lagoas são os ambientes fundamentais na reposição anual das espécies migradoras e do grupo comercial/pesca, relacionado diretamente com as espécies migradoras ou de piracema (ALVES; VONO, 1997; MELO et al, 2003). O impacto nesses ecossistemas influenciaria diretamente na recuperação dessas espécies. Assim como o grupo característico endêmico, que é expressivo em relação à diversidade de ambientes na bacia hidrográfica.

Foi registrada uma riqueza de 16 espécies dentro do grupo característico reofílica na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (Quadro 6 e Figura 31). Dessas espécies, *Apareiodon ibitiensis*, *Apareiodon piracicabae*, *Astyanax fasciatus*, *Leporellus vittatus* e *Salminus hilarii* serão impactadas por todos os cenários (Tabela 9 e Figura 36). As espécies *Pareiorhina rosai*, *Parodon hilarii* e *Piabarchus stramineus* não sofrerão nenhum impacto desses cenários.

Das espécies que sofrerão impacto e que são pertencentes simultaneamente aos grupos sensíveis, endêmico e ameaçado de extinção estão *Harttia leiopleura* (IC42/75), *Neoplecostomus franciscoensis* (IC127) e *Trichomycterus reinhardti* (IC110/121/125/127/135/140/142/149) (Tabela 9 e Figura 36).

O grupo característico das espécies de cabeceira está relacionado com os habitats são drenagens importantes para espécies de pequeno porte, em trechos com corredeiras e substrato rochoso. Essas possuem pouca disponibilidade de informação na literatura científica e em geral são encontrados em relatórios técnicos de licenciamento ambiental (VIEIRA et al, 2015; ALVES, 2012).

A diversidade de espécies da ictiofauna está relacionada diretamente com a diversidade de habitats presente nos corpos de água. As corredeiras são importantes elementos da complexidade estrutural de uma bacia hidrográfica. Essa complexidade interagindo com os aspectos bióticos do meio contribuem diretamente com a diversidade das comunidades aquáticas (LEAL, 2009). Portanto, o impacto nesses ambientes diretamente ligado ao grupo característico cabeceira ocasionado pelos cenários propostos poderá afetar diretamente na diversidade de espécies da bacia hidrográfica do rio Paraopeba.

Foi registrada uma riqueza de nove espécies dentro do grupo característico cabeceira na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (Quadro 6 e Figura 31). Dessas espécies, *Neoplecostomus franciscoensis* não vai sofrer nenhum impacto desses cenários. Das espécies que sofrerão impacto e que são pertencentes aos grupos mais sensíveis, como o grupo característicos endêmico e ameaçado de extinção estão *Trichomycterus reinhardti* (IC43/48/83/123/144) e *Harttia torrenticola* (IC83/88/101/108/123/125/126/127/147) (Tabela 10 e Figura 37).

As espécies que mais serão impactadas, em termos de números totais de cenários em que a mesma sofrerá impacto serão: *Duopalatinus emarginatus*, *Lophiosilurus alexandri*, *Pygocentrus piraya*, *Salminus franciscanus* e *Trichomycterus reinhardti* (Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10). Essas espécies são dos grupos característicos Rara e Endêmica, Endêmica e Ameaçada de Extinção, Comercial e Endêmica, Comercial e Endêmica e Endêmica e Reofílica, respectivamente.

Os cenários que terão o maior impacto na ictiofauna serão: Dique da Divisa, Dique Manzano II, Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Dique Intermediário, Dique 14,

Dique Asfalto e Barragem Captação de água nos grupos característicos de Interesse Comercial, Rara, Ameaçada de Extinção e Cabeceira (Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10).

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)																			
	<i>Bergiaria westermanni</i>	<i>Duopalatinus emarginatus</i>	<i>Harttia leiopleura</i>	<i>Harttia torrenticola</i>	<i>Hasemania nana</i>	<i>Lophiosilurus alexandri</i>	<i>Myleus micans</i>	<i>Otocinclus xakriaba</i>	<i>Pachyurus francisci</i>	<i>Pachyurus squamipennis</i>	<i>Phalloceros uai</i>	<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	<i>Pimelodus pohli</i>	<i>Pseudopimelodus charus</i>	<i>Pygocentrus piraya</i>	<i>Roeboides xenodon</i>	<i>Salminus franciscanus</i>	<i>Serrasalmus brandtii</i>	<i>Trichomycterus reinhardti</i>	<i>Triporthes guentheri</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Barragem Quéias	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Dique Leste I	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique da Oficina	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique da Oficina II	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Flotação	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique da Divisa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Manzano II	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Mineira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Couves (Musa)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Intermediário	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Barragem de Captação de Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Barragem 1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique Intermediário + Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 5: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Endêmico

Fonte: Autor (2018)

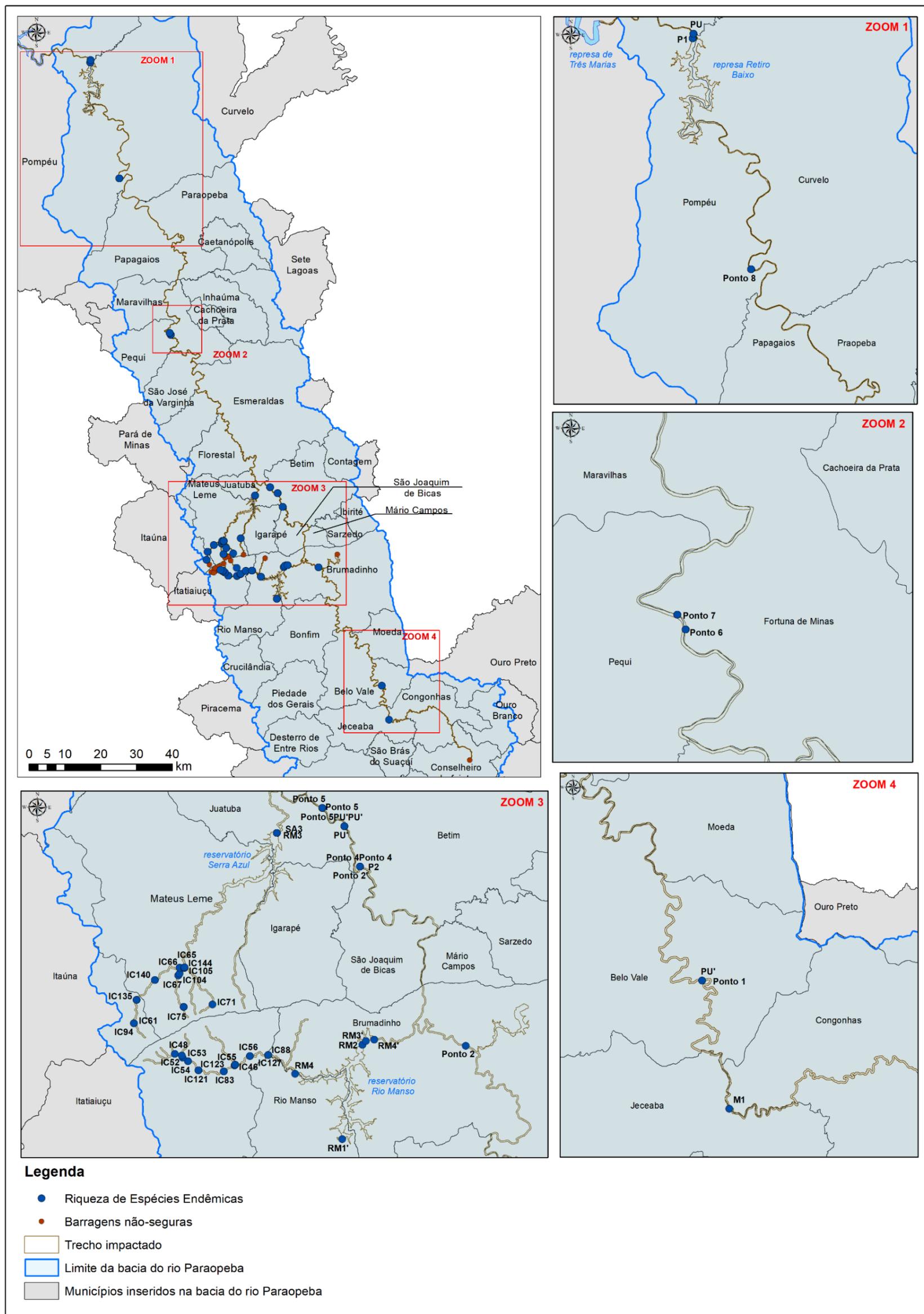


Figura 32: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Endêmico
 Fonte: Autor (2018)

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)		
	<i>Bagropsis reinhardtii</i>	<i>Cetopsis gobioides</i>	<i>Duopalatinus emarginatus</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	1	1	1
Barragem Quéias	1	1	1
Dique Leste I	0	1	1
Dique da Oficina	0	1	1
Dique da Oficina II	0	1	1
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	0	1	1
Dique Flotação	0	1	1
Dique da Divisa	1	1	1
Dique Manzano II	1	1	1
Dique Mineira	1	1	1
Dique Couves (Musa)	1	1	1
Dique Intermediário	1	1	1
Dique 14	1	1	1
Dique Asfalto	1	1	1
Barragem de Captação de Água	1	1	1
Barragem 1	1	1	1
Dique Intermediário + Dique 14	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	1	1	1

Tabela 6: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Rara

Fonte: Autor (2018)

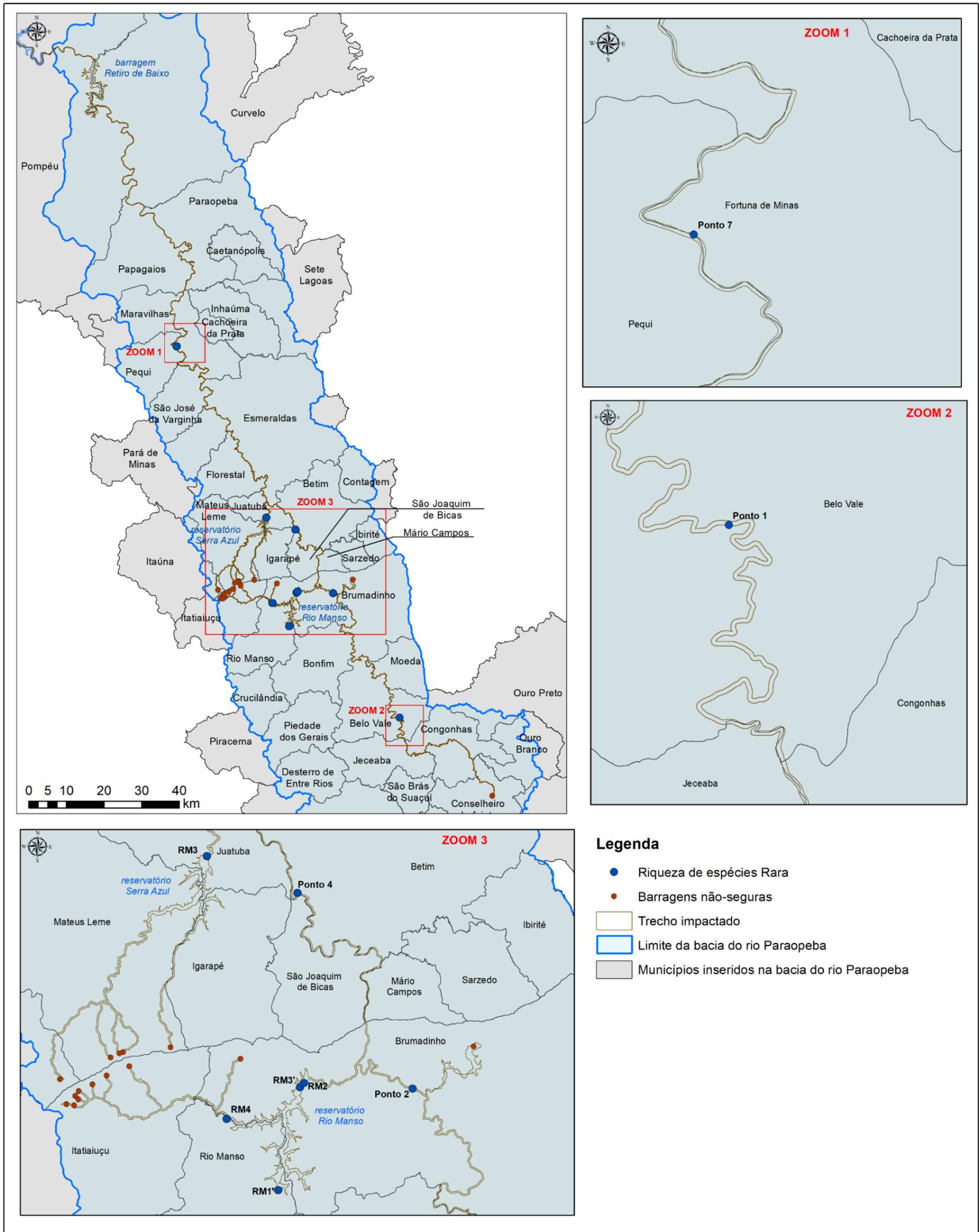


Figura 33: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Rara
 Fonte: Autor (2018)

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)				
	<i>Harttia leiopleura</i>	<i>Harttia torrenticola</i>	<i>Lophiosilurus alexandri</i>	<i>Salminus franciscanus</i>	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	0	0	1	1	1
Barragem Quéias	0	0	1	1	1
Dique Leste I	0	0	1	1	0
Dique da Oficina	0	0	1	1	0
Dique da Oficina II	0	0	1	1	0
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	1	1	1	1	1
Dique Flotação	1	1	1	1	0
Dique da Divisa	1	1	1	1	1
Dique Manzano II	1	1	1	1	1
Dique Mineira	1	1	1	1	1
Dique Couves (Musa)	1	1	1	1	1
Dique Intermediário	1	1	1	1	1
Dique 14	1	1	1	1	1
Dique Asfalto	1	1	1	1	1
Barragem de Captação de Água	1	1	1	1	1
Barragem 1	0	0	1	1	1
Dique Intermediário + Dique 14	1	1	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	1	1	1	1	1

Tabela 7: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Ameaçada de Extinção

Fonte: Autor (2018)

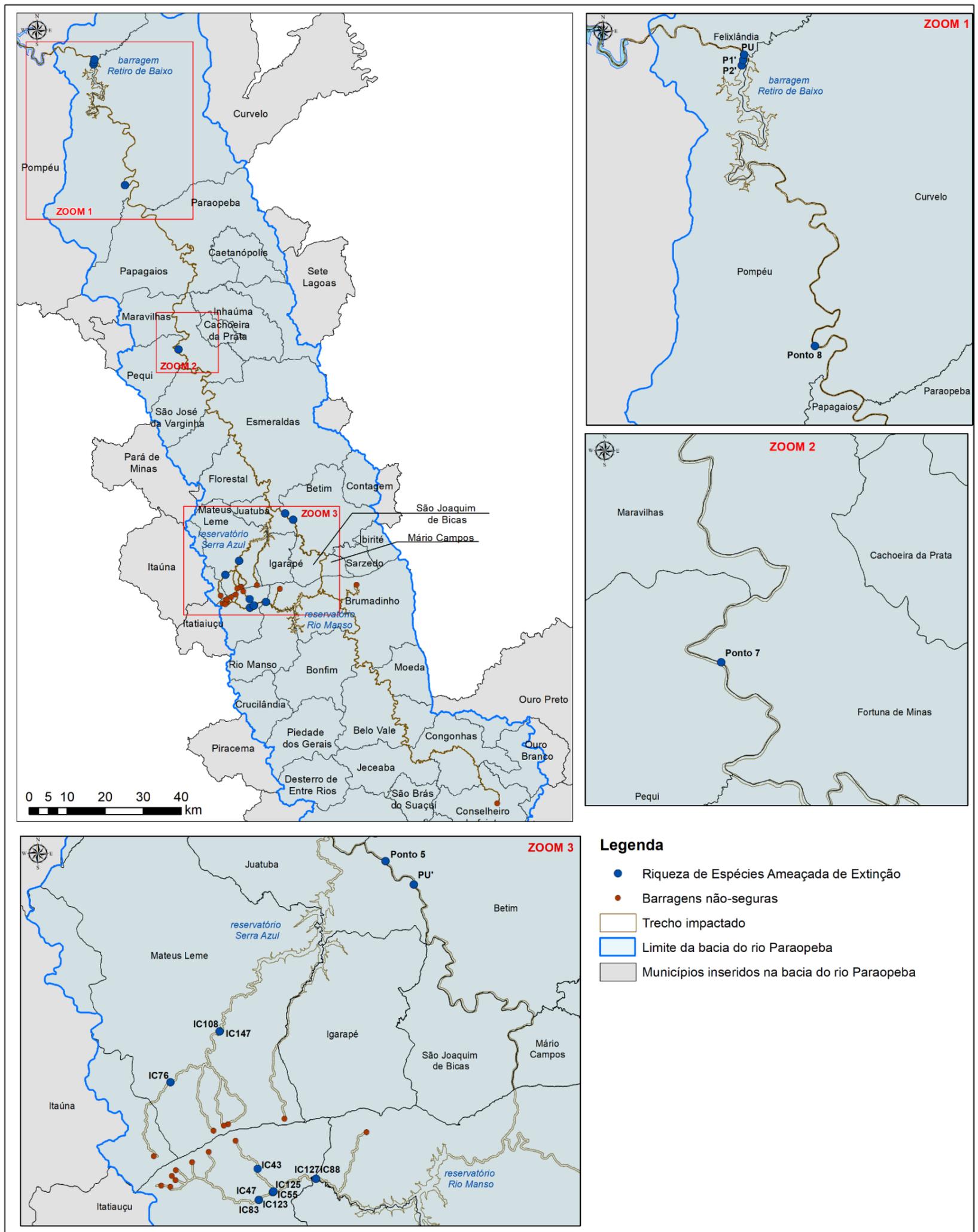


Figura 34: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Ameaçada de Extinção

Fonte: Autor (2018)

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)									
	<i>Hoplias intermedius</i>	<i>Hoplias malabaricus</i>	<i>Pimelodus maculatus</i>	<i>Prochilodus costatus</i>	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	<i>Pygocentrus piraya</i>	<i>Salminus franciscanus</i>	<i>Prochilodus argenteus</i>	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	<i>Leporinus taeniatus</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Barragem Quéias	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Leste I	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique da Oficina	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique da Oficina II	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Flotação	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Dique da Divisa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Manzano II	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Mineira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Couves (Musa)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Intermediário	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Barragem de Captação de Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Barragem 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Intermediário + Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 8: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico de Interesse Comercial

Fonte: Autor (2018)

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)												
	<i>Apareiodon hasemani</i>	<i>Apareiodon ibitiensis</i>	<i>Apareiodon piracicabae</i>	<i>Astyanax fasciatus</i>	<i>Harttia leiopleura</i>	<i>Hypostomus affinis</i>	<i>Hypostomus alatus</i>	<i>Hypostomus francisci</i>	<i>Leporellus vittatus</i>	<i>Leporinus taeniatus</i>	<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>	<i>Salminus hilarii</i>	<i>Trichomycterus reinhardti</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
Barragem Quéias	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Leste I	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Dique da Oficina	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Dique da Oficina II	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Dique Flotação	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Dique da Divisa	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Manzano II	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Mineira	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Couves (Musa)	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Intermediário	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique 14	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Asfalto	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Barragem de Captação de Água	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Barragem 1	1	1	1	1			1		1			1	
Dique Intermediário + Dique 14	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1

Tabela 9: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Reofílica

Fonte: Autor (2018)

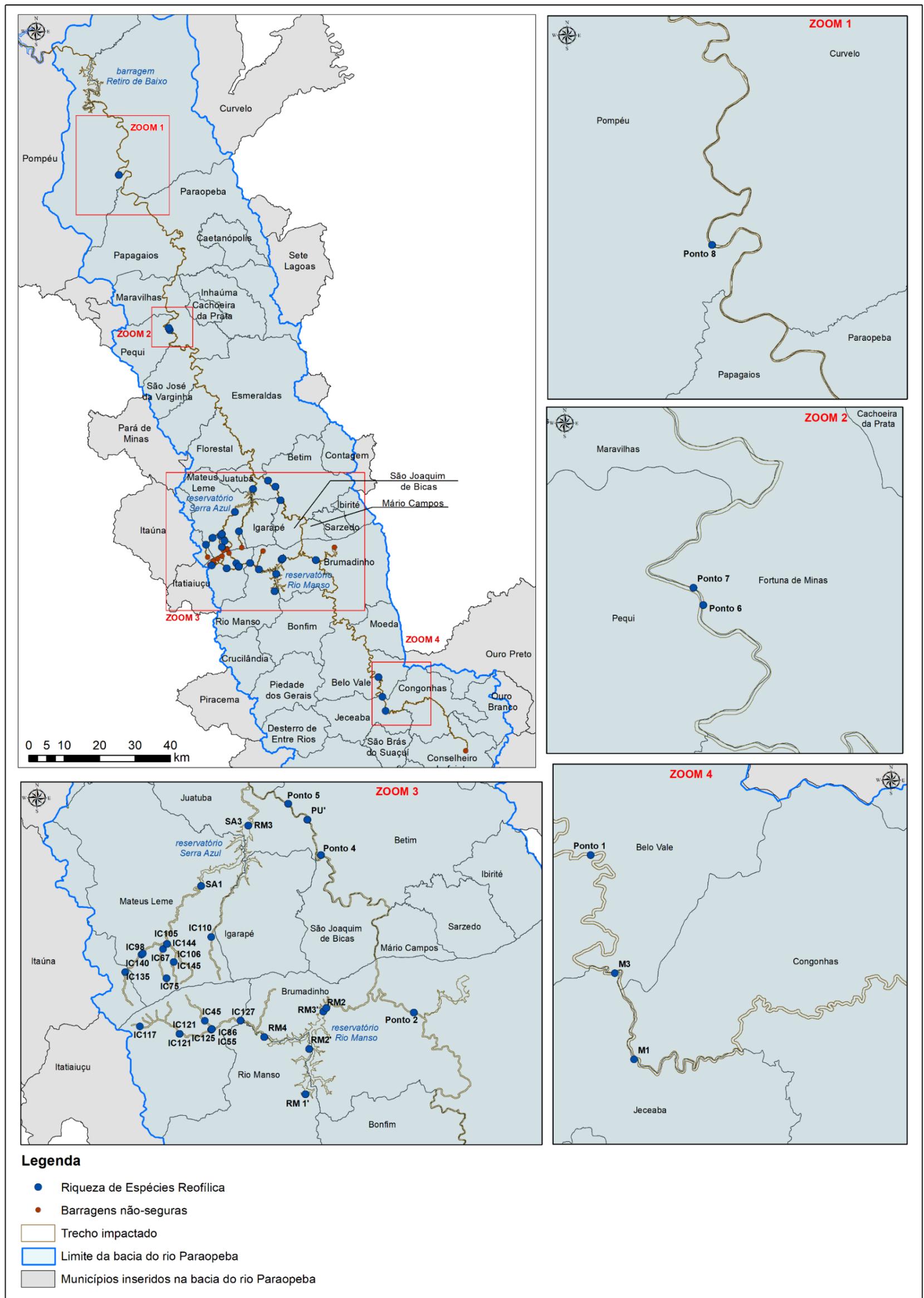


Figura 36: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Reofilica

Fonte: Autor (2018)

Cenários	Ocorrência de espécie (1 = Ocorre; 0 = Não ocorre)							
	<i>Astyanax rivularis</i>	<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	<i>Characidium fasciatum</i>	<i>Coptodon rendalli</i>	<i>Harttia torrenticola</i>	<i>Pareiorhina rosai</i>	<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	<i>Trichomycterus reinhardti</i>
Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	0	1	1	1	0	0	0	0
Barragem Quéias	0	0	1	1	0	0	0	0
Dique Leste I	1	1	1	1	0	0	0	0
Dique da Oficina	1	1	1	1	1	0	1	1
Dique da Oficina II	1	1	1	1	1	0	1	1
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Flotação	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique da Divisa	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Manzano II	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Mineira	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Couves (Musa)	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Intermediário	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto	1	1	1	1	1	0	1	1
Barragem de Captação de Água	1	1	1	1	1	0	1	1
Barragem 1	0	0	1	1	0	0	0	0
Dique Intermediário + Dique 14	1	1	1	1	1	1	1	1
Dique Asfalto + Barragem Captação de água	1	1	1	1	1	0	1	1

Tabela 10: Cenários de rompimento de barragens versus Impacto no Grupo Característico Cabeceira

Fonte: Autor (2018)

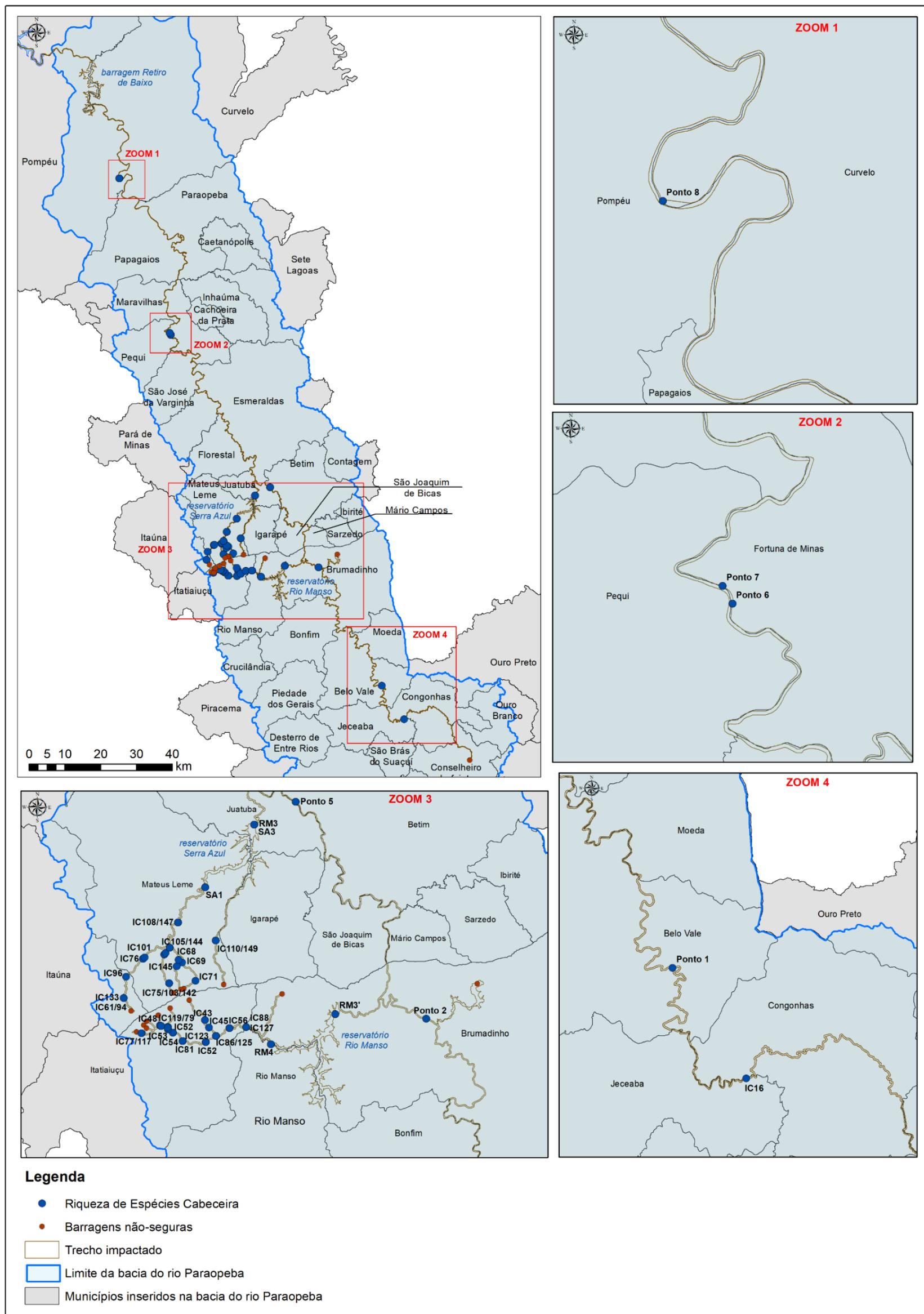


Figura 37: Pontos de ocorrência de espécies impactadas no grupo Cabeceira
 Fonte: Autor (2018)

Diante do exposto, ressalva-se a importância de estudos ambientais na construção de um histórico de conhecimento de bacias hidrográficas, principalmente em áreas onde empreendimentos serão inseridos, com objetivo de apoiar o planejamento público e a tomada de decisões. Em empreendimentos minerários é realizada uma série de estudos ambientais, tais como inventários de fauna e flora, para estimar e mensuração dos impactos ambientais possíveis. Entretanto, esses estudos não possuem a eficácia ou padronização metodológica para descrever os parâmetros reais do estudo da ecologia da ictiofauna e, com isso, não é descrito o real impacto (SANTOS, 2006; SILVEIRA *et al*, 2010).

Neste estudo foi descrita somente a riqueza das espécies, não podendo ser considerado o levantamento quantitativo do número de indivíduos, o que impossibilitou a análise de parâmetros como de abundância e índice de diversidade, dentre outros. Poucos foram os bancos de dados consultados que descreveram os métodos de coleta e o esforço amostral. Adicionalmente, apresentam métodos diferentes utilizados, principalmente quando relacionados a dados fundamentais descritos de maneira inconsistentes ou não apresentado informações básicas, como o número de coletores que participaram dos inventários, o tempo gasto e as horas gastas por dia (SANTOS, 2006). Nesse caso, somente poderiam ser utilizados dados com protocolos de coletas e análises descritas criteriosamente. Em geral, os estudos ambientais são realizados dessa maneira para medir o impacto ambiental, o que prejudica a mensuração e o entendimento real dos impactos para o meio ambiente (SILVEIRA *et al*, 2010). Portanto, ressalva-se a importância de estipular uma padronização para esse tipo de amostra, no intuito de melhor entender e planejar a questão do monitoramento, bem como dimensionar os reais impactos ambientais dos empreendimentos.

Essa falta de conhecimento real da biodiversidade foi evidenciada com o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG). Foram realizados estudos ambientais superficiais e sem considerar os riscos apontados pelo Ministério Público apontados na época (MARSHALL, 2017). Não havia informações prévias acerca dos impactos ambientais gerados a partir da implantação e ampliação dessa estrutura. Portanto, ainda existem dúvidas do real impacto ambiental que esse desastre ocasionou (WANDERLEY *et al*, 2016).

O que se percebe é o conhecimento pequeno em relação a biodiversidade, bem como grande viés na distribuição das coletas da ictiofauna do rio Paraopeba, pois a concentração de pontos estudados na literatura e nos estudos ambientais estão concentrados em regiões de áreas de mineração de ferro e nas barragens de geração de energia e abastecimento público hídrico, como no reservatório Serra Azul, Rio Manso e barragem Retiro Baixo. Esse fato dificulta as tomadas de decisão por parte do poder público em relação a um ordenamento territorial focando nas regiões susceptíveis aos impactos e conservação da biodiversidade da ictiofauna na bacia como um todo. Principalmente no que tange o rio Paraopeba ser considerado como área prioritária para conservação dos peixes (BIODIVERSITAS, 2005).

4.0 CONCLUSÃO

A ocorrência de qualquer um dos 18 cenários avaliados impactará diretamente na biodiversidade, principalmente na ictiofauna na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e seus afluentes. Qualquer cenário que ocorrer impactará as espécies ameaçadas de extinção, rara, endêmica, de interesse comercial, reofílica e cabeceira de maneira irreversível. Esse tipo de pesquisa é fundamental para a evolução da discussão da segurança de barragens e licenciamento ambiental que permeia estas estruturas. Atualmente, os impactos ambientais são analisados no licenciamento ambiental referente às fases prévia, de instalação e de operação e não os riscos inerentes a estruturas geotécnicas. Portanto, a inclusão da análise de risco de rompimento dessas estruturas fundamentais para os empreendimentos deve ser analisada de maneira mais profunda no licenciamento, sendo essencial para evitar que desastres ambientais desse tipo ocorram.

Este estudo demonstra que o impacto real gerado pelo rompimento de barragens de rejeito é de certa maneira incipiente, visto que não há um conhecimento prévio em sua totalidade da biodiversidade da hidrográfica do rio Paraopeba até o momento na bacia. O que dificulta uma análise mais profunda dos impactos que podem de fato ser gerados para a ictiofauna, resultando na falta de programas e planejamento territorial da parte do poder público, já que se tem um conhecimento prévio da biodiversidade faunística da ictiofauna. Portanto, este estudo recomenda a necessidade de programas de conhecimento da biodiversidade da bacia para evitar maiores perdas irreversíveis.

5.0 REFÊRENCIAS

ALVES, C. B. M. **A Ictiofauna e a Escada Experimental para peixes do rio Paraopeba – UTE Igarapé**, Bacia do Rio São Francisco (Minas Gerais). In: Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. Série Peixe Vivo. Transposição de Peixes. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2012. cap. 3, p. 58-75. v. 1. Disponível em:

<<http://www.cemig.com.br/Sustentabilidade/Programas/Ambientais/PeixeVivo/Publicacoes/Documents/LivroTransposicaoPeixes.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

ALVES, C. B. M. **Monitoramento da eficiência da escada experimental para peixes do rio Paraopeba, UTE-Igarapé, MG**. Relatório Final do Projeto (1998). Relatório Final apresentado ao Departamento de Programas e Ações Ambientais (MA/PA), da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). 107p.

ALVES, C. B. M. **A ictiofauna e a escada experimental para peixes do rio Paraopeba – UTE Igarapé, bacia do rio São Francisco (Minas Gerais)**. Belo Horizonte: Cemig, 2012. 172 p. ISBN 978-85-87929-47-1.

ALVES, C.B.M., LEAL, C. G. **Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais**. MG.BIOTA, Belo Horizonte. v.2, n.6. 2010.

ALVES, C. B. M, VIEIRA, F., POMPEU, P.S. **Parte 2 – Caracterização da fauna na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Ictiofauna, Avifauna e Mastofauna. 1. Ictiofauna da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: Caderno Temático – Biodiversidade. 1ª Edição. Brasília: MMA/SEDR, MMA/SBF, 2011. 240p.

ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. **A fauna de peixes da bacia do rio das Velhas no final do século XX**. In: ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. (Org.). Peixes do Rio das Velhas, passado e presente. 2 ed. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2010, p. 167-189.

ALVES, C. B. M.; VONO, V. **Estudo da composição da ictiofauna do rio Paraopeba, MG**. Relatório Final. Companhia Energética de Minas Gerais. Relatório Técnico. 1995. 40 p.

ALVES, C. B. M.; VONO, V. **Avaliação da eficiência da escada experimental para peixes do rio Paraopeba, UTE-Igarapé, MG**. Relatório Final. Companhia Energética de Minas Gerais. Relatório Técnico. 1996. 52 p.

ALVES, C. B. M.; VONO, V. **O caminho da sobrevivência para os peixes no rio Paraopeba**. Ciência Hoje, v. 21, n. 126, p. 14-16. 1997.

ALVES, C. B. M.; VONO, V. **A ictiofauna do rio Paraopeba, bacia do rio São Francisco, anterior à construção da escada experimental para peixes**. Anais do Seminário Regional de Ecologia. v. 8, n. 3, p. 1523-1537. 1998a

ALVES, C. B. M.; VONO, V. **Monitoramento da Eficiência da Escada Experimental para Peixes do Rio Paraopeba, UTE-Igarapé, MG**. Relatório Final. Companhia Energética de Minas Gerais. Relatório Técnico. 1998b. 54 p.

ALVES, C. B. M. **Programa de marcação de espécies migradoras a jusante da escada experimental para peixes do rio Paraopeba - Cemig (UTE Igarapé) – período reprodutivo 2000-2001**. Relatório Final. (Companhia Energética de Minas Gerais). 2001. 68 p.

BARBOSA, J. M; SOARES, E. C, CINTRA, I. H. A., HERMANN, M., ARAÚJO, A. R. R.. **Perfil da Ictiofauna da Bacia do São Francisco**. Acta Fish. Aquat. Res. (2017) 5 (1): 70-90. DOI 10.2312/ActaFish.2017.5.1.70-90

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. **Perfil da Ictiofauna da Bacia do São Francisco: Estudo Preliminar**. Rev. Bras. Enga. Pesca 4(1), jan. 2009. ISSN 1980-597X

BRAGA, E. P. R. **Distribuição Espaço-Temporal da Baleia-Franca-Austral – *Eubalaena australis* (Desmoulin 1822) – Sul do Brasil**. 111 p. Pós-Graduação em Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande. 2014.

BRANDT. **Estudo de Impacto Ambiental Projeto Mina Viga**. Viga Mineração e Engenharia LTDA. Congonhas, MG 2009.

BIODIVERSITAS. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Gláucia Moreira Drummond, ... [et al.]. 2. Ed - Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.: il. ISBN: 85-85401-21-4.

CBHSF, Comitê da Bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Plano de Recursos Hidrográficos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – 2016-2025**. Disponível em: < http://cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF_Apresentacao_26ago16.pdf>. Acesso em: 10 janeiro 2018.

CHAVES, B. R. N. **Mortandade de peixes na Bacia do Rio Doce após o rompimento da Barragem da Samarco no Distrito de Bento Rodrigues (Mariana/MG), em 05/11/2015**. Relatório Técnico DEAMB/SEMAD/SISEMA N° 011/2016. Ref. DOI-DOC-05112015. 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.20058.95683.

DEL-RIO, G. **Distribuição, habitat e área de vida do bicudinho-do-brejo-paulista (*Formicivora paludicola*)**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. 2014.

DIAS, S. C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. **Acta Scientiarum Biological Sciences** 26: 373-379. 2004

DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.B.M., SEBAIO, F.A., ANTONINI, Y. 2005. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. 2ª. Ed., Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 222p. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/atlas/default.asp>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

DRUMMOND, G.M., MACHADO, A.B.M., MARTINS, C.S., MENDOÇA, M.P., STEHMANN, J.R.. 2008. **Listas Vermelhas das Espécies da Fauna e da Flora Ameaçadas de Extinção em Minas Gerais**. 2a ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

ECOLAB. **Estudo de Impacto Ambiental Projeto Compactos**. Itatiaiuçu- MG, USIMINAS S.A.2013.

ECOLAB. **Estudo de Impacto Ambiental Barragem Samambaia Zero**. Itatiaiuçu- MG, USIMINAS S.A.2014.

ECOLAB. **Estudo de Impacto Ambiental Projeto Alto Cava Vênus – Mina Oeste**. Itatiaiuçu- MG, USIMINAS S.A.2017.

FRANÇA, L. E., GOULART, F. F., ALVES, C. B. M. **Impactos dos rompimentos de barragens não-seguras no uso da água na bacia do Paraopeba, Minas Gerais**. 4º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, Fortaleza, Brasil. Outubro, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330884100_Impactos_dos_rompimentos_de_barragens_nao-seguras_no_uso_da_agua_na_bacia_do_Paraopeba_Minas_Gerais> Acessado em: 12/12/2018.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente (Org.). **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - ano 2016**. CDU: 622:504.064(815.1). ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2017. 47 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS_MINERAÇÃO/Inventário_de_Barragens_2015_Final_V01.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

FERREIRA, D. A. C. **Distribuição espaço-temporal do *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae) e casos de dengue e avaliação de variáveis climáticas em Porto Alegre (RS)**. 102 p. Programa de Pós-graduação em Parasitologia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

GODINHO A. L.; ALVES, C. B. M. **Estudo da necessidade de mecanismos de transposição para peixes nas barragens de Serra Azul e Rio Manso**. Belo Horizonte: COPASA, 2001. 33 p. Relatório Técnico.

GODINHO A. L.; ALVES, C. B. M. **Complementação dos estudos da necessidade de mecanismos de transposição para peixes nas Barragens de Serra Azul e Manso**: Segunda Etapa - ano de 2002. 2002. 41 p. Relatório Técnico.

IEF, 2019a, 25 jan. **Nota de Esclarecimento 1 – Desastre Barragem B1** Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2576-nota-de-esclarecimento-brumadinho>> Acessado em: 01/04/2019.

IEF, 2019b 01 mar. **IEF proíbe pesca de espécies nativas na Bacia do Rio Paraopeba**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/2614-ief-proibe-pesca-de-especies-nativas-na-bacia-do-rio-paraopeba-instituto-estadual-de-florestas-ief-proibiu-a-pesca-amadora-de-especies-nativas-em-toda-a-bacia-do-rio-paraopeba-a-suspensao-entrou-em-vigor-nesta-sexta-feira-1o-de-marco-pela-portaria-n>> Acessado em: 01/04/2019.

IBAMA/IEF. Nota Técnica nº 5/2019/NUBIO-MG/DITEC-MG/SUPES-MG. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/notas/2019/SEI_IBAMA-4666823-NotaTecnica-Ibama-IEF.pdf> Acessado em: 01/04/2019

ICMBio/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**: Volume VI –Peixes/--1. ed.--Brasília,DF. 2018.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual nº. 43.713. 2004.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual nº. 43.783. 2018.

LEAL, C. G. **Uso de atributos ecomorfológicos e seleção de habitat para caracterização de espécies e comunidades de peixes na bacia do rio das Velhas, MG**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2009.

MATOS, F.; DIAS, R. **A gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais e a Situação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba**. Gestão & Regionalidade – Vol. 28 Nº 83. p. 21-34, 2012.

MARSHALL, J. **Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá**: uma análise do comportamento corporativo. 2017.

MELO, C. E.; MACHADO, F. A.; PINTO-SILVA, V. **Diversidade de peixes em um córrego de cerrado no Brasil Central**. Brazilian Journal of Ecology, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 17-23, 2003

POWEL, R. A. **Animal Home Ranges and Territories and Home Range Estimators**. Research Techniques in Animal Ecology: controversies and consequences. Columbia University Press. 2014.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Editor Efraim Rodrigues, 2001.

RECTA. **Estudo de Impacto Ambiental Mina das Casas Velhas Hematite Mineração LTDA**. 2013.

RIZZO, E., GODINHO, H. P. **Superfície de Ovos de Peixes Characiformes e Siluriformes**. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Organizadores: Hugo Pereira Godinho, Alexandre Lima Godinho. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 468p. ISBN 85-86480-14-2.

ROSA, R.S.; LIMA F.C.T. **Peixes**, p.65-81. In: A.B.M. Machado, C.S. Martins & G.M. Drummond (ed.). Lista da Fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados. Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte. 160p.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. **Migratory fishes of the São Francisco River**. In: CAROLSFELDS, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (eds). Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status, IDRC and World Bank: Victoria; p. 195–232. 2003.

SANTOS, A.J. 2006. **Estimativas de riqueza em espécies**. In Métodos de estudo em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre (L. Cullen, R. Rudran, & C. Valladares-Padua, Eds.). Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.19-43.

SEDRU. Grupo da Força-Tarefa. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretária de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Decreto nº 46.892/2015. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2016. 1 - 284 p. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

SETE. **Estudo de Impacto Ambiental Distrito Industrial de Congonhas**. Codemig. Volume I. Belo Horizonte, 2010.

SILVEIRA, L.; BEISIEGEL, B.; CURCIO, F.; VALDUJO, P.; DIXO, M.; VERDADE, V.; MATTOX, G.; CUNNINGHAM, P. **Para que servem os inventários de fauna?** Estudos Avançados, v. 24, n. 68, p. 173-207, 1 jan. 2010.

SOUZA, F.C.M. **Implementação de SIG e Mapas de Kernel visando Acessibilidade na Educação Superior**. 84 f. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

TEIXEIRA, C. P. **Evaluating patterns of human–reptile conflicts in an urban environment**. Wildlife Research, 2015, 42, 570–578. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1071/WR15143>.

VIEIRA, F., GOMES, J. P. G., MAIA, P., MARTINS, L. G. **Peixes do Quadrilátero Ferrífero – Guia de Identificação**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 2015. 208 p. ISBN: 978-85-85401-28-3 (eBook - PDF).

WANDERLEY, Luiz Jardim; Et Al. **O desastre da Samarco/Vale/BHP no vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais**. In: Ciência. Cultura. vol.68 no.3 São Paulo July/Sept. 2016.

ANEXO 1 – LISTA DE ESPÉCIES VERSUS PONTO DE AMOSTRAGEM (0 = NÃO OCORRE; 1 = OCORRE)

Ocorrência de espécie	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	SA1	SA2	SA3	RM 1'	RM 2'	RM 3'	RM 4'	P1	P2	PU	PU'
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon hasemani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon piracicabae</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apteronotus brasiliensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
<i>Astyanax lacustris</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Astyanax rivularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax taeniatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Australoheros mottosi</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bagropsis reinhardi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bergiaria westermanni</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bryconops affinis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Callichthys callichthys</i>	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cetopsis gobioides</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Characidium fasciatum</i>	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coptodon rendalli</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Curimatella lepidura</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyphocharax gilbert</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprinus carpio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Duopalatinus emarginatus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Eigenmannia virescens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Gymnotus carapo</i>	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harttia leiopleura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harttia longipinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harttia torrenticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hasemania nana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemigrammus marginatus</i>	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplias intermedius</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
<i>Hoplias malabaricus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Hoplosternum littorale</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus alatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hypostomus francisci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Imparfinis minutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidocharax burnsi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leporellus vittatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Ocorrência de espécie	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	SA1	SA2	SA3	RM 1'	RM 2'	RM 3'	RM 4'	P1	P2	PU	PU'
<i>Leporinus piau</i>	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leporinus taeniatus</i>	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megaleporinus elongatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Moenkhausia costae</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myleus micans</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligosarcus argenteus</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oreochromis niloticus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
<i>Orthospinus franciscensis</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otocinclus xakriaba</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachyurus francisci</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pachyurus squamipennis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pareiorhina rosai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parodon hilarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phalloceros uai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Piabarchus stramineus</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Piabina argentea</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Pimelodella lateristriga</i>	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodella vittata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodus fur</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodus maculatus</i>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pimelodus pohli</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Poecilia vivipara</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prochilodus argenteus</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Prochilodus costatus</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
<i>Pseudopimelodus charus</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pygocentrus piraya</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Roeboides xenodon</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salminus franciscanus</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Salminus hilarii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
<i>Schizodon knerii</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Serrapinnus heterodon</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serrapinnus piaba</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serrasalmus brandtii</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Ocorrência de espécie	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	SA1	SA2	SA3	RM 1'	RM 2'	RM 3'	RM 4'	P1	P2	PU	PU'
<i>Steindachnerina elegans</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>Sternopygus macrurus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synbranchus marmoratus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tetragonopterus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trichomycterus reinhardti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Triportheus guentheri</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Ocorrência de espécie	IC 1	IC 2	IC 3	IC 4	IC 5	IC 6	IC 7	IC 8	IC 9	IC 10	IC 11	IC 12	IC 13	IC 14	IC 15	IC 16	IC 17	IC 18	IC 19	IC 20	IC 21	IC 22	IC 23	IC 24	IC 25	IC 26	IC 27	IC 28	IC 29	IC 30	IC 31	IC 32	IC 33	IC 34	IC 35	IC 36	IC 37	IC 38	IC 39	IC 40	IC 41	IC 42	IC 43	IC 44	IC 45	IC 46	IC 47	IC 48	IC 49					
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<i>Apareiodon hasemani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Apareiodon piracicabae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Apteronotus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Astyanax fasciatus</i>	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Astyanax lacustris</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Astyanax rivularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Astyanax taeniatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Australoheros mottosi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bagropsis reinhardti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Bergiaria westermanni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Bryconops affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Callichthys callichthys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cetopsis gobioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Characidium fasciatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Coptodon rendalli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Curimatella lepidura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyphocharax gilbert</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyprinus carpio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Duopalatinus emarginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eigenmannia virescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ocorrência de espécie	IC 1	IC 2	IC 3	IC 4	IC 5	IC 6	IC 7	IC 8	IC 9	IC 10	IC 11	IC 12	IC 13	IC 14	IC 15	IC 16	IC 17	IC 18	IC 19	IC 20	IC 21	IC 22	IC 23	IC 24	IC 25	IC 26	IC 27	IC 28	IC 29	IC 30	IC 31	IC 32	IC 33	IC 34	IC 35	IC 36	IC 37	IC 38	IC 39	IC 40	IC 41	IC 42	IC 43	IC 44	IC 45	IC 46	IC 47	IC 48	IC 49						
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
<i>Gymnotus carapo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Harttia leiopleura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Harttia longipinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Harttia torrenicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hasemania nana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hemigrammus marginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hoplias intermedius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hoplias malabaricus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Hoplosternum littorale</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hypostomus affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Hypostomus alatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Hypostomus francisci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Imparfinis minutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Lepidocharax burnsi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leporellus vittatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leporinus piau</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Leporinus taeniatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Megaleporinus elongatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Moenkhausia costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Myleus micans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oligosarcus argenteus</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oreochromis niloticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Orthospinus franciscensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otocinclus xakriaba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pachyurus francisci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pachyurus squamipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pareiorhina rosai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Parodon hilarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Phalloceros uai</i>	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ocorrência de espécie	IC 1	IC 2	IC 3	IC 4	IC 5	IC 6	IC 7	IC 8	IC 9	IC 10	IC 11	IC 12	IC 13	IC 14	IC 15	IC 16	IC 17	IC 18	IC 19	IC 20	IC 21	IC 22	IC 23	IC 24	IC 25	IC 26	IC 27	IC 28	IC 29	IC 30	IC 31	IC 32	IC 33	IC 34	IC 35	IC 36	IC 37	IC 38	IC 39	IC 40	IC 41	IC 42	IC 43	IC 44	IC 45	IC 46	IC 47	IC 48	IC 49							
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<i>Piabarchus stramineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Piabina argentea</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1				
<i>Pimelodella lateristriga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Pimelodella vittata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Pimelodus fur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Pimelodus maculatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Pimelodus pohli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Poecilia vivipara</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Prochilodus argenteus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Prochilodus costatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pseudopimelodus charus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pygocentrus piraya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Rhamdia quelen</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Roeboides xenodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Salminus franciscanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Salminus hilarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Schizodon knerii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Serrapinnus heterodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Serrapinnus piaba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Serrasalmus brandtii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Steindachnerina elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sternopygus macrurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synbranchus marmoratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tetragonopterus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Trichomycterus reinhardti</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triporthes guentheri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Ocorrência de espécie	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon hasemani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apareiodon piracicabae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apteronotus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax lacustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Astyanax rivularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax taeniatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Australoheros mottosi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bagropsis reinhardti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bergiaria westermanni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bryconops affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Callichthys callichthys</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cetopsis gobioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Characidium fasciatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coptodon rendalli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Curimatella lepidura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyphocharax gilbert</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprinus carpio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Duopalatinus emarginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eigenmannia virescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnotus carapo</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Harttia leiopleura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harttia longipinna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harttia torrenticola</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hasemania nana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemigrammus marginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hoplias intermedius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplias malabaricus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplosternum littorale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus alatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus francisci</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Imparfinis minutus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidocharax burnsi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leporellus vittatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leporinus piau</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leporinus taeniatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Lophiosilurus alexandri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megaleporinus elongatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Moenkhausia costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myleus micans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligosarcus argenteus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oreochromis niloticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthospinus franciscensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otocinclus xakriaba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachyurus francisci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachyurus squamipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pareiorhina rosai</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parodon hilarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phalloceros uai</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Piabarchus stramineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Piabina argentea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pimelodella lateristriga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodella vittata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pimelodus fur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodus maculatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodus pohli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilia vivipara</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prochilodus argenteus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prochilodus costatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudopimelodus charus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pygocentrus piraya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Roeboides xenodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salminus franciscanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salminus hilarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schizodon knerii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serrapinnus heterodon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Serrapinnus piaba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serrasalmus brandtii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Steindachnerina elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sternopygus macrurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synbranchus marmoratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetragonopterus franciscoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Trachelyopterus galeatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichomycterus reinhardi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triportheus guentheri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 2 – LISTA DE GRUPOS CARACTERÍSTICOS VERSUS PONTO DE AMOSTRAGEM (0 = NÃO OCORRE; 1 = OCORRE)

Grupo	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	SA1	SA2	SA3	RM 1'	RM 2'	RM 3'	RM 4'	P1	P2	PU	PU'	
Ameaçada de extinção e Endêmica	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ameaçada de extinção e Endêmica e Comercial/Pesca	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ameaçada de extinção e Comercial/Pesca	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Cabeceira	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cabeceira e Exótica	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
Cabeceira e Reofílica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cabeceira e Endêmica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cabeceira e Reofílica e Endêmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Comercial/Pesca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Endêmica	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Endêmica e Comercial/Pesca	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Endêmica e Rara	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
Endêmica e Rara e Ameaçada de Extinção	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Exótica	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
Rara	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reofílica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	
Reofílica e Endêmica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sem Grupo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	

Grupo	IC 1	IC 2	IC 3	IC 4	IC 5	IC 6	IC 7	IC 8	IC 10	IC 11	IC 12	IC 13	IC 14	IC 15	IC 16	IC 17	IC 18	IC 19	IC 20	IC 21	IC 22	IC 23	IC 24	IC 25	IC 26	IC 27	IC 28	IC 29	IC 30	IC 31	IC 32	IC 33	IC 34	IC 35	IC 36	IC 37	IC 38	IC 39	IC 40	IC 41	IC 42	IC 43	IC 44	IC 45	IC 46	IC 47	IC 48	IC 49					
Ameaçada de extinção e Endêmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Ameaçada de extinção e Endêmica e Comercial/Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ameaçada de extinção e Comercial/Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cabeceira	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	
Cabeceira e Exótica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cabeceira e Reofílica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cabeceira e Endêmica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cabeceira e Reofílica e Endêmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Comercial/Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Endêmica	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Endêmica e Comercial/Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Endêmica e Rara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Endêmica e Rara e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Exótica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reofílica	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Reofílica e Endêmica e Ameaçada de Extinção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

APÊNDICE A

Guia de Terminologias

Barragem de Rejeito: é uma estrutura que é construída para receber o resíduo originado do processamento da mineração ou materiais estéreis de mineração e de outros processos industriais (BRASIL, 2002; RAFAEL, 2012). As barragens são estruturas que barram um trecho mais estreito do vale. Os diques são, em geral, construídos em áreas planas ou com pouca declividade. Os dois, tanto a barragem quanto o dique têm a função de formar bacias de disposição de rejeitos.

Dano ambiental: utilizado para qualquer efeito que cause prejuízo ao meio ambiente seja por pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado (MAZZINI, 2003). O dano pode derivar uma deterioração da qualidade ambiental, ou seja, uma modificação adversa nas características do meio, causando uma alteração do equilíbrio Natural (NUVOLARI, 2013; SÁNCHEZ, 2008).

O dano ambiental provocado pela ruptura de uma barragem pode ser qualquer lesão temporária ou permanente ao meio ambiente. O potencial desse dano será medido em função das características intrínsecas da barragem, como altura, volume de reservatório, existência de vidas humanas e/ou de instalações de valor econômico a jusante (MINAS GERAIS, 2002).

Impacto Ambiental: existem várias definições de impacto ambiental, em geral, concordantes, mas com expostas de maneiras diferentes. O termo impacto ambiental, pode ser entendido como sendo qualquer alteração da qualidade ambiental que deriva da alteração de processos naturais ou sociais geradas pela ação do homem. Essa modificação da qualidade do meio ambiente produz o impacto ambiental. Ou seja, os impactos são as consequências submetidas pelos recursos ambientais, como os ecossistemas, seres humanos, paisagem, dentre outros (NUVOLARI, 2013; SÁNCHEZ, 2008).

O impacto ambiental poder entendido como *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas;*

III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

A luz de todas as considerações, o impacto ambiental difere do dano ambiental em um quesito apenas, o primeiro termo pode ser considerado alterações positivas ou negativas e o segundo termo, somente pode ser visto como alterações negativas. Criou-se, portanto um instrumento, Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), com objetivo de avaliar esses possíveis danos e almejar um planejamento ambiental, com a avaliação dos impactos gerados pela ação do homem sobre o meio (SÁNCHEZ, 2008).

Os acidentes durante a operação de qualquer empreendimento podem ser considerados uma maneira de impacto ambiental. Entretanto não era de praxe os Estudos de Impacto Ambiental contemplar os riscos de acidentes dos empreendimentos em questão, somente mencionavam os impactos que poderiam ocasionar sobre o meio ambiente (DINIZ *et al.* (2006).

Os impactos ambientais resultantes da ruptura de barragem de rejeito podem danificar de maneira irreversível o meio ambiente, deteriorando os serviços ecossistêmicos que o homem é dependente. Cita-se, como por exemplo, ambientes de espécies de ictiofauna e/ou fornecimento de abastecimento de água.

Impacto biofísico: é o impacto ocasionado na modificação do sistema fluvial que pode afetar a qualidade da água, perda de comunidades bióticas de água doce e os ecossistemas (SÁNCHEZ *et. al.*, 2018).

Rejeito: é o material restante do processamento que não tem valor econômico grande em determinado momento. Os rejeitos podem variar de acordo com o tipo de mineral explorado e o tratamento recebido no processamento (RAFAEL, 2012).

Risco Ambiental: o termo refere a possibilidade de uma determinada fonte gerar um dano ao meio ambiente (NUVOLARI, 2013). O risco pode ser associado ao potencial, suscetibilidade, vulnerabilidade ou danos ambientais, ou seja, é considerada a probabilidade de um evento tornar-se real (DAGNINO; JUNIOR, 2007). É a materialização do perigo ou episódio indesejado acontecer (SÁNCHEZ, 2008). Ou seja,

é a potencialidade de ocorrer resultados adversos indesejados para o meio ambiente. Assim, percebe-se que o grau do risco é dependentemente da magnitude das consequências resultantes do evento. O risco quantifica a incerteza da probabilidade esperada de ocorrência dos danos de um efeito adverso para saúde e meio ambiente (MAZZINI, 2003).

1.0 REFERENCIAS

BRASIL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens** – Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002. 148p.

BRASIL. Resolução Conama nº. 001. 1986.

DAGNINO, R. S; JUNIOR, S. C. 2007. **Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações**. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007.

DINIZ, F.; OLIVEIRA, L. F.; BARDY, M.; VISCO, N. Apostila do curso sobre estudo de análise de riscos e programa de gerenciamento de riscos. Det Norske Veritas. Rio de Janeiro, 2006.

MAZZINI, A. L. D. A. **Dicionário educativo de termos ambientais**. Belo Horizonte, 2003. 384p.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº. 62. 2002.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 336 p. v. 1.

RAFAEL, H. M.A. M. **Capítulo 2 - Barragem de Rejeito**. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=20720@1>> Acessado em: 11/06/2019.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495p.

SÁNCHEZ, L.E., ALGER, K., ALOSO, L., BARBOSA, F., BRITO, M.C.W., LAUREANO, F.V., MAY, P., ROSER, H., KAKABADSE, Y., (2018). **Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. Relatório Temático no 1 do Painel do Rio Doce**. Gland, Suíça: UICN.