

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geografia

Guilherme Eduardo Macêdo Cota

**INCOMPATIBILIDADES ENTRE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO E
ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE
BELO HORIZONTE: o caso do manancial de Bela Fama, bacia do alto Rio das
Velhas, MG**

Belo Horizonte

2024

Guilherme Eduardo Macêdo Cota

**INCOMPATIBILIDADES ENTRE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO E
ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE
BELO HORIZONTE: o caso do manancial de Bela Fama, bacia do alto Rio das
Velhas, MG**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pereira Magalhães Júnior

Belo Horizonte

2024

C843i
2024

Cota, Guilherme Eduardo Macêdo.

Incompatibilidades entre barragens de rejeito de minério e abastecimento público de água na região metropolitana de Belo Horizonte [manuscrito] : o caso do manancial de Bela Fama, Bacia do Alto Rio das Velhas, MG / Guilherme Eduardo Macêdo Cota. – 2024.

125 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientador: Antônio Pereira Magalhães Júnior.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 112- 125.

1. Hidrologia – Teses. 2. Barragens de rejeito – Teses. 3. Recursos hídricos – Desenvolvimento – Teses. 4. Belo Horizonte, Região Metropolitana de (MG) – Teses. I. Magalhães Júnior, Antônio Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 556(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

"INCOMPATIBILIDADES ENTRE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO E ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE: O CASO DO MANANCIAL DE BELA FAMA, BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS, MG"

GUILHERME EDUARDO MACÊDO COTA

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **10 de abril de 2024**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Rodrigo Silva Lemos

UNESP/Rio Claro

Luiz Jardim de Moraes Wanderley

UFF

Frederico Wagner de Azevedo Lopes

IGC/UFMG

Diego Rodrigues Macedo

IGC/UFMG

Antônio Pereira Magalhães Júnior - Orientador

IGC/UFMG

Belo Horizonte, 10 de abril de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Silva Lemos, Usuário Externo**, em 23/04/2024, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Pereira Magalhaes Junior, Professor do Magistério Superior**, em 23/04/2024, às 13:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Rodrigues Macedo, Professor do Magistério Superior**, em 23/04/2024, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Frederico Wagner de Azevedo Lopes, Professor do Magistério Superior**, em 29/04/2024, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3200731** e o código CRC **731BB90D**.

Referência: Processo nº 23072.219290/2024-09

SEI nº 3200731

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZ JARDIM DE MORAES WANDERLEY
Data: 29/04/2024 23:28:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

RESUMO

O manancial de abastecimento público de Bela Fama é a fonte de captação de água mais importante de Belo Horizonte, representando cerca de 70% do abastecimento do município. Sua área de contribuição hídrica, por sua vez, apresenta uma série de barramentos para contenção de rejeitos de minério que, em caso de rompimento, comprometeriam a captação de água. Nesse sentido, considerando o histórico de rompimentos de barragens de rejeito de minério em Minas Gerais nas últimas décadas e o risco constitutivo que cada estrutura possui de romper, o presente trabalho propõe investigar possíveis incompatibilidades entre barragens e o manancial de abastecimento público. Para tanto é analisado o arcabouço legal sobre barragens de rejeito de minério, evidenciando as alterações legais ocorridas após os recentes casos de rompimentos em Minas Gerais. Ademais, as estruturas presentes na bacia de contribuição de Bela Fama foram mapeadas, destacando seu contexto legal – se estão ou não inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens, bem como apontado a Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e se possuem a Declaração de Condição de Estabilidade. É empreendido também uma fundamentação teórica sobre as dificuldades e limitações entorno da proteção de mananciais, refletindo sobre a coexistência de diferentes usos da água à montante do ponto de captação destinado ao abastecimento público. Os resultados obtidos apontam para um panorama de vulnerabilidade do manancial de Bela Fama frente às barragens, especialmente aquelas que estão abandonadas e não possuem Declaração de Condição de Estabilidade atestada. Esse cenário é consequência de diversos fatores, incluindo a falta de consideração dos mananciais de abastecimento durante o processo de licenciamento ambiental, a delegação da gestão das estruturas para as mineradoras, a incapacidade dos órgãos ambientais em fiscalizar todas as barragens e as dinâmicas de poder que permeiam o setor minerário.

Palavras-chave: barragens de rejeito de minério; manancial de abastecimento público; região metropolitana de Belo Horizonte.

ABSTRACT

The public supply source of Bela Fama is the most important source of water in Belo Horizonte, representing about 70% of the municipal supply. Its water contribution area, in turn, features a series of dams to contain ore tailings, that in the event of a rupture, would compromise the capture of water. In this sense, considering the history of failures of ore tailings dams in Minas Gerais in recent decades and the constitutive risk that each structure has of breaking, the present work proposes to investigate possible incompatibilities between dams and the public supply source. In order to do so, the legal framework on ore tailings dams is analyzed, highlighting the legal changes that occurred after the recent cases of ruptures in Minas Gerais. In addition, the structures present in the Bela Fama contribution basin were mapped, highlighting their legal context - whether they are included in the National Dam Safety Policy, as well as the Category of Risk, Associated Potential Damage and if they have the Declaration of Stability Condition. A theoretical foundation is also undertaken on the difficulties and limitations surrounding the protection of sources, reflecting on the coexistence of different uses of water upstream of the capture point intended for public supply. The results obtained point to a scenario of vulnerability of the Bela Fama water source in the face of dams, especially those that are abandoned and do not have a Declaration of Stability Condition attested. This scenario is a consequence of several factors, including the lack of consideration of the water supply sources during the environmental licensing process, the delegation of the management of the structures to the mining companies, the inability of the environmental agencies to inspect all the dams and the power dynamics that permeate the mining sector.

Keywords: ore tailings dams; public supply source; metropolitan region of Belo Horizonte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Quadrilátero Ferrífero.	18
Figura 2: Representação de uma barragem de rejeito de minério e seus elementos constituintes.	22
Figura 3: Representação de uma barragem com alteamento para montante.	23
Figura 4: Representação de uma barragem com alteamento para jusante.	23
Figura 5: Representação de uma barragem com alteamento de linha de centro.	23
Figura 6: Localização dos mananciais que abastecem a RMBH.	41
Figura 7: Bacia de contribuição do manancial de Bela Fama.	42
Figura 8: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição do manancial de Bela Fama.	44
Figura 9: Rio das Velhas próximo à Bela Fama no ano de 2014.	46
Figura 10: Localização das barragens de rejeito em relação às bacias de contribuição dos mananciais que abastecem a RMBH.	48
Figura 11: Classificação dos barramentos segundo a FEAM.	50
Figura 12: Disposição das barragens de acordo com o Dano Potencial Associado.	51
Figura 13: Barragem Casa de Pedra à montante da cidade de Congonhas.	52
Figura 14: Perfil topográfico da localização entre a barragem Casa de Pedra e a cidade de Congonhas.	52
Figura 15: Disposição das barragens de acordo com a Categoria de Risco.	54
Figura 16: Manchas de Inundação das Barragens sem DCE.	57
Figura 17: Mancha de Inundação da Barragem 5-MAC.	58
Figura 18: Mancha de Inundação da Barragem de Peneirinha.	60
Figura 19: Mancha de Inundação da Barragem Capitão do Mato.	62
Figura 20: Mancha de Inundação da Barragem Dique B.	63
Figura 21: Mancha de Inundação da Barragem B3/B4.	65

Figura 22: Mancha de Inundação das Barragens do Complexo da Mina de Fábrica.	66
Figura 23: Mancha de Inundação da Barragem Maravilhas II.	68
Figura 24: Mancha de Inundação da Barragem Vargem Grande.	69
Figura 25: Disposição das barragens do Complexo de Germano.	74
Figura 26: Distrito de Bento Rodrigues após o rompimento da barragem de Fundão.	75
Figura 27: Variação da largura da praia de rejeitos e o recuo da crista da barragem.	77
Figura 28: Barragem de Fundão antes (a) e após (b) o seu rompimento.	78
Figura 29: Localização da barragem I e das estruturas que fazem parte do Complexo Paraopeba II.	81
Figura 30: Imagem aérea da barragem I com a barragem VI à esquerda.	82
Figura 31: Imagem do momento do rompimento da barragem I.	83
Figura 32: Disposição das barragens que fazem parte da Mina Retiro do Sapecado.	86
Figura 33: Perfil topográfico com a localização do interflúvio onde está inserida a Mina Retiro do Sapecado.	88
Figura 34: Perfil das barragens B1 e B4 indicando a conexão das estruturas por dutos subterrâneos.	89
Figura 35: Fotografia aérea da década de 1970 mostrando a existência de feições cársticas (1); imagem de satélite após o estabelecimento das barragens, evidenciando como as estruturas construídas sobrepõem estas feições (2).	91
Figura 36: Fotografia panorâmica das barragens 1 (à esquerda) e 2 (à direita).	93
Figura 37: Proximidade das barragens da Mundo Mineração em relação ao manancial de Bela Fama.	95
Figura 38: Obras de revestimento das barragens com a geomembrana PEAD.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Histórico de falhas em barragens de rejeito em Minas Gerais após o ano 2000.	27
Tabela 2: Barragens sem a declaração de estabilidade.....	55

LISTA DE SIGLAS

ALMG - Assembleia Legislativa de Minas Gerais
ANM - Agência Nacional de Mineração
APE - Área de Proteção Especial
CBH Velhas - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas
CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CEDES - Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CGU - Controladoria Geral da União
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CRI - Categoria de Risco
CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
CVRD - Companhia do Vale do Rio Doce
DCE - Declaração de Condição de Estabilidade
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA - Dano Potencial Associado
DPMG - Defensoria Pública de Minas Gerais
ECJ - Estrutura de Contenção a Jusante
FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente
FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GERAM - Gerência de Recuperação de Áreas de Mineração e Gestão de Barragens
GMG - Gabinete Militar do Governador
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICOLD - International Commission on Large Dams
IDE-SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
LAC - Licenciamento Ambiental Concomitante

LAS - Licenciamento Ambiental Simplificado
MPMG - Ministério Público de Minas Gerais
NUBAR - Núcleo de Gestão de Barragens
PAEBM - Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração
PDDA - Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMBH
PFM - Plano de Fechamento de Mina
PSB - Plano de Segurança de Barragem
PESB - Política Estadual de Segurança de Barragens
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens
PGC - Projeto Grande Carajás
RAS - Relatório Ambiental Simplificado
RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte
SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SUPPRI - Superintendência de Projetos Prioritários
SUPRAM - Superintendência Regionais de Meio Ambiente
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
USP - Universidade de São Paulo
WISE - World Information Service on Energy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. A MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS E NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO	15
2.1 O processo minerário e a utilização de barragens de rejeito	20
3. O HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO EM MINAS GERAIS E NO MUNDO E A EVOLUÇÃO DO APARATO LEGAL	26
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
5. CONTEXTO GEOGRÁFICO E O PANORAMA DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE BELA FAMA	40
6. AS RECENTES FALHAS NO GERENCIAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO EM MINAS GERAIS E SUAS PROBLEMÁTICAS LEGAIS	73
6.1 O rompimento da barragem de Fundão em Mariana	73
6.2 O rompimento da barragem I em Brumadinho	81
6.3 O rompimento da barragem B1 em Itabirito	85
6.4 O abandono das barragens 1 e 2 em Rio Acima	92
7. UM OLHAR SOBRE A CONJUNTURA LEGAL E OPERACIONAL DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO E SUA (IN)COMPATIBILIDADE COM O MANANCIAL DE BELA FAMA	99
8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
9. REFERÊNCIAS	112

1. INTRODUÇÃO

A atividade minerária sempre esteve presente durante o processo histórico de ocupação do Alto Rio das Velhas, o que remonta ao Ciclo do Ouro no séc. XVIII. A inserção da bacia nos domínios do Quadrilátero Ferrífero, uma das principais províncias minerais do país, fez sobressair a mineração em diferentes contextos de uso e ocupação do solo. Dada sua relevância, a extração mineral mobilizou não só a ocupação da bacia, como também a formação do território de Minas Gerais (LEMOS e MAGALHÃES JÚNIOR, 2019b).

Apesar do constante avanço das técnicas de exploração mineral, que levaram a uma menor degradação dos sistemas naturais, ainda persistem questionamentos acerca das implicações ambientais da atividade minerária, sobretudo no tocante aos impactos nos sistemas hídricos (COTA e MAGALHÃES JÚNIOR, 2021). Nesse sentido, a presença de barragens de rejeito de minério tem suscitado frequentes questionamentos, por parte de vários setores da sociedade, em decorrência dos eventos de falhas em barragens de rejeito de minério ocorridos nos últimos anos.

Desde o ano 2000 já foram relatados oito casos de falhas¹ de barragens de rejeito em Minas Gerais, sendo seis em todo o Quadrilátero Ferrífero e três no Alto Rio das Velhas, a saber: barragem da mina Rio Verde que pertencia a Mineração Rio Verde e hoje é de propriedade da Minerações Brasileiras Reunidas S.A. (MBR), a barragem da mina do Retiro do Sapecado que pertence a Herculano Mineração e a barragem da mina Pau Branco que pertence a Vallourec (COSTA *et al.*, 2016; WISE URANIUM PROJECT, 2021).

Um dos principais impactos destas falhas em barragens é o lançamento de rejeito nas artérias fluviais subjacentes, podendo inviabilizar o uso dos recursos hídricos nas áreas afetadas. O exemplo mais emblemático dessa situação se deu a partir do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana no ano de 2015, que inviabilizou diferentes usos da água nos sistemas fluviais atingidos ao longo da bacia do Rio Doce, inclusive usos destinados ao atendimento de necessidades básicas como o abastecimento (FELIPPE *et al.*, 2016; WANDERLEY *et al.*, 2016).

¹ Apesar de os incidentes envolvendo barragens serem comumente referidos como “rompimento”, o trabalho adota o termo “falha” no contexto do gerenciamento das estruturas, já que abrange outras possibilidades de vazamento de rejeitos que não envolvam necessariamente o colapso do maciço da barragem. Isso é mais bem explicado ao longo do capítulo 3.

No caso da bacia do Alto Rio das Velhas, coincidente com os limites do Quadrilátero Ferrífero, uma das principais preocupações é com a quantidade e qualidade das águas do manancial de Bela Fama, responsável pelo abastecimento de grande parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (LEMOS, 2018). Dentre as diversas pressões ambientais presentes a montante da captação de Bela Fama, estão incluídas diferentes atividades minerárias que fazem a utilização de barragens de rejeito que, por sua vez, representam um risco constitutivo para o abastecimento da RMBH face à recorrência de casos de falhas no gerenciamento das estruturas e às lacunas nos processos legais e normativos que regem os empreendimentos minerários na bacia do Alto Rio das Velhas que, conseqüentemente, se reverberam em deficiências no sistema gestor dos barramentos (COSTA *et al.*, 2016; COTA *et al.*, 2019; COTA e MAGALHÃES JÚNIOR, 2021).

Um exemplo expoente dessas deficiências é o completo abandono de duas barragens com rejeitos de mineração de ouro pertencentes à Mundo Mineração no município de Rio Acima, distante em poucos quilômetros da captação de Bela Fama. Soma-se a isso indícios da presença de outras barragens na mesma situação, ou seja, sem devida manutenção e monitoramento (LEMOS, 2018; COTA e MAGALHÃES JÚNIOR, 2021).

Outro agravante é o fato de treze barramentos permanecerem sem condição de estabilidade garantida na área de contribuição do manancial de Bela Fama (COTA e MAGALHÃES JÚNIOR, 2021), sendo que grande parte das estruturas são recorrentes neste quesito, algo cíclico no contexto do Quadrilátero Ferrífero, onde algumas barragens permanecem até quatro anos seguidos sem a garantia de estabilidade (WANDERLEY *et al.*, 2016). Todo esse contexto de pressão envolvendo os mananciais levanta questionamentos acerca da compatibilidade entre as barragens de rejeito e diferentes usos da água.

Consoante, o objetivo geral do trabalho é investigar o panorama da segurança hídrica entorno do manancial de Bela Fama a partir da interação entre barragens de rejeito e diferentes usos dos recursos hídricos, principalmente no tocante à compatibilização de usos da água para o abastecimento. Nesse sentido, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o histórico de falhas envolvendo barragens de rejeito em Minas Gerais e o avanço da legislação, evidenciando lacunas do sistema gestor

das barragens e o risco que representam para a quantidade e qualidade das águas;

- Sistematizar as lacunas legais tocantes à segurança de barragens de rejeito de minério na bacia de contribuição de Bela Fama, dando ênfase às alterações ocorridas nos marcos normativos legais após o rompimento da barragem de Fundão, sobretudo nas mudanças estabelecidas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e na Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB);
- Elaborar um panorama das problemáticas legais e operacionais dos recentes casos envolvendo falhas em barragens de rejeito no Quadrilátero Ferrífero, a saber: rompimento da barragem de Fundão em Mariana; rompimento da barragem I em Brumadinho; rompimento da barragem B1 em Itabirito e o abandono de duas barragens em Rio Acima.
- Refletir acerca da coexistência de barragens de rejeito e do manancial de abastecimento público no Alto Rio das Velhas, apontando possíveis ações entorno do gerenciamento dos barramentos e das águas que possam garantir uma maior segurança hídrica para a bacia.

A partir do exposto, duas questões norteadoras foram delineadas para a pesquisa: Dado o quantitativo de barragens à montante do manancial de Bela Fama e o risco constitutivo que cada estrutura possui de se romper, é possível dizer que há (in)compatibilidade de uso entre barragens e manancial de abastecimento público? Ou é o aparato normativo e modelo de gerenciamento das estruturas que compromete a existência dos mananciais?

A partir dos estudos de caso dos recentes eventos de falhas em barragens de rejeito no Quadrilátero Ferrífero é realizada uma análise acerca das estruturas de poder que permeiam os processos político-administrativos relativos à segurança de barragens e que se materializam nos processos decisórios que fortalecem ou fragilizam o gerenciamento das estruturas de contenção de rejeito de minério.

2. A MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS E NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Para compreender a história da mineração em Minas Gerais é necessário remontar ao processo histórico de dominação europeia do continente americano. O êxito da Coroa Espanhola na obtenção de metais preciosos em suas colônias por usurpar a população nativa, como o ocorrido no saque à capital Asteca Tenochtitlán em 1519 e em 1521, bem como no sequestro do Imperador Inca Atahualpa em 1532 (onde foram obtidas grandes quantidades de ouro e prata), além das importantes reservas minerais de prata descobertas em Potosí em 1545 (GALEANO, 2010) fomentaram o imaginário da Coroa Portuguesa, que acreditava que sua colônia na América possuía vastas riquezas de ouro, prata e pedras preciosas.

A grande exploração de metais na América Espanhola alterou a estrutura de poder na Europa e alçou a Espanha à condição de grande potência. Para se ter dimensão do impacto da oferta de ouro e prata provenientes da América na Europa, houve um processo inflacionário durante o séc. XVI denominado “revolução dos preços” (IGLÉSIAS, 1992).

Portugal, por sua vez, não encontrou metais preciosos em quase dois séculos de ocupação de sua colônia na América, tendo que se contentar com as plantações de cana de açúcar e a exploração do pau-brasil (CASTRO *et al.*, 2011). O contato com as populações indígenas, no entanto, levou os portugueses a acreditar, a partir de diferentes relatos, que no interior do território da colônia havia uma serra de prata, denominada Sarabaçu, ou serra resplandecente, localizada a oeste do litoral (LEMOS e MAGALHÃES JÚNIOR, 2019b). Por conseguinte, a interiorização do território nacional se deu em busca de riquezas minerais, como ouro, prata e diamantes.

No final do séc. XVII começaram a ser descobertas as primeiras jazidas de ouro no Quadrilátero Ferrífero², próximas às cidades de Caeté, Mariana, Ouro Preto e Sabará (CASTRO *et al.*, 2011). A exploração, por sua vez, consistia principalmente da retirada do ouro de aluvião, ou seja, depósitos auríferos presentes em sedimentos aluviais no leito e nas margens de cursos d’água. O ápice do processo de extração se deu na primeira metade do séc. XVIII, tendo sido encontrados também diamantes nas

² O Quadrilátero Ferrífero representa a maior província mineral do sudeste do Brasil, com destaque para a extração de ouro, manganês e ferro. Mais à frente são apresentados detalhes de seus aspectos econômicos, históricos e fisiográficos.

proximidades do Arraial do Tejuco, que atualmente corresponde ao município de Diamantina na região nordeste do estado.

A disponibilidade de novas lavras atraiu um contingente populacional para a capitania de Minas Gerais e, conseqüentemente, para o Quadrilátero Ferrífero. O fluxo migratório foi tão intenso que em 1776 havia cerca de 320.000 habitantes na capitania de Minas Gerais, tornando-a a mais populosa do Brasil (MORAES, 2007).

Se a formação territorial da colônia espanhola na América foi favorecida pela mineração, como é o caso de Potosí, que chegou a ter um contingente populacional maior que Roma, Paris e Madri na segunda metade do séc. XVI (GALEANO, 2010), na colônia portuguesa não foi diferente. Foi nesse contexto que se formaram os primeiros núcleos urbanos associados à exploração mineral, o que evidencia o papel da mineração na ocupação e na formação territorial de Minas Gerais.

Vale destacar que a exploração mineral em Minas Gerais no período colonial foi marcada por diferentes episódios de violência e repressão por parte da Coroa Portuguesa. Um dos ápices desses casos possivelmente ocorreu nas proximidades do Arraial do Tejuco no séc. XVIII, onde a exploração de diamantes foi monopolizada pela Coroa Portuguesa para evitar extravios, controlando o acesso de garimpeiros as minas e estabelecendo penas severas para quem fosse pego contrabandeando diamantes (FURTADO, 2008).

A exploração rudimentar e predatória dos depósitos aluvionares gerou significativos impactos ambientais aos sistemas hídricos, fato que, em adição às péssimas condições de trabalho, ocasionaram diversos problemas socioambientais para as populações que viviam da atividade minerária (SILVA, 1995).

Não obstante, já na segunda metade do séc. XVIII, as jazidas não apresentavam mais a mesma abundância de outrora. Segundo Sobreira (2014), não há uma única causa para a decadência da exploração do ouro, que possivelmente está associada aos impostos aplicados, ao esgotamento das reservas aluvionares e às técnicas rudimentares adotadas que, por sua vez, limitavam a exploração de depósitos.

Apesar de se discutir muito os impactos da mineração atualmente, no contexto do Quadrilátero Ferrífero deve ser considerado os aspectos históricos da extração mineral. Assim, as calhas e margens dos cursos d'água foram fortemente alterados pelas atividades antrópicas, gerando diferentes impactos nos sistemas fluviais que podem ser percebidos até os dias de hoje.

Esse período de exploração aurífera ficou conhecido como “Ciclo do Ouro” pela grande importância econômica para a colônia portuguesa e para o suprimento deste metal para o comércio global. Para se ter uma ideia do impacto da exploração de ouro em Minas Gerais, o total extraído entre 1700 e 1770 foi correspondente a toda quantidade obtida no continente americano de 1500 até 1850, ou ainda à metade da produção global durante os séculos XVI, XVII e XVIII (CASTRO *et al.*, 2011).

Vale ressaltar que naquele momento não havia interesse por parte da metrópole portuguesa no desenvolvimento econômico ou social das localidades onde havia exploração de ouro³. Ou seja, o processo de extração não visava estabelecer uma indústria de base, mantendo o foco na exportação e na cobrança de impostos. Tanto que são inúmeros os relatos de episódios de fome que assolavam os trabalhadores das minas neste período que, vale destacar, utilizava mão de obra predominantemente escrava (VASCONCELOS, 1974; SILVA, 1995).

Apesar das importantes reservas de ferro no estado, sua exploração não foi expressiva nos períodos colonial e imperial, ocorrendo rudimentarmente para abastecer forjas e pequenas fábricas. Não obstante, a Coroa Portuguesa chegou a proibir a fabricação de ferro e determinou a destruição de todos os fornos em 1785, apesar de voltar a permitir a produção anos depois (CASTRO *et al.*, 2011).

A atividade minerária volta a ter destaque no final do século XIX e no início do século XX, com a criação da Escola de Minas de Ouro Preto em 1876 (importante para o desenvolvimento de pesquisas sobre a exploração mineral), e do Serviço Geológico e Mineralógico Brasileiro, em 1907. Contudo, somente a partir de 1910 as jazidas de ferro de Minas Gerais ganharam notoriedade, principalmente com a realização do XI Congresso Geológico Internacional, em Estocolmo, na Suécia.

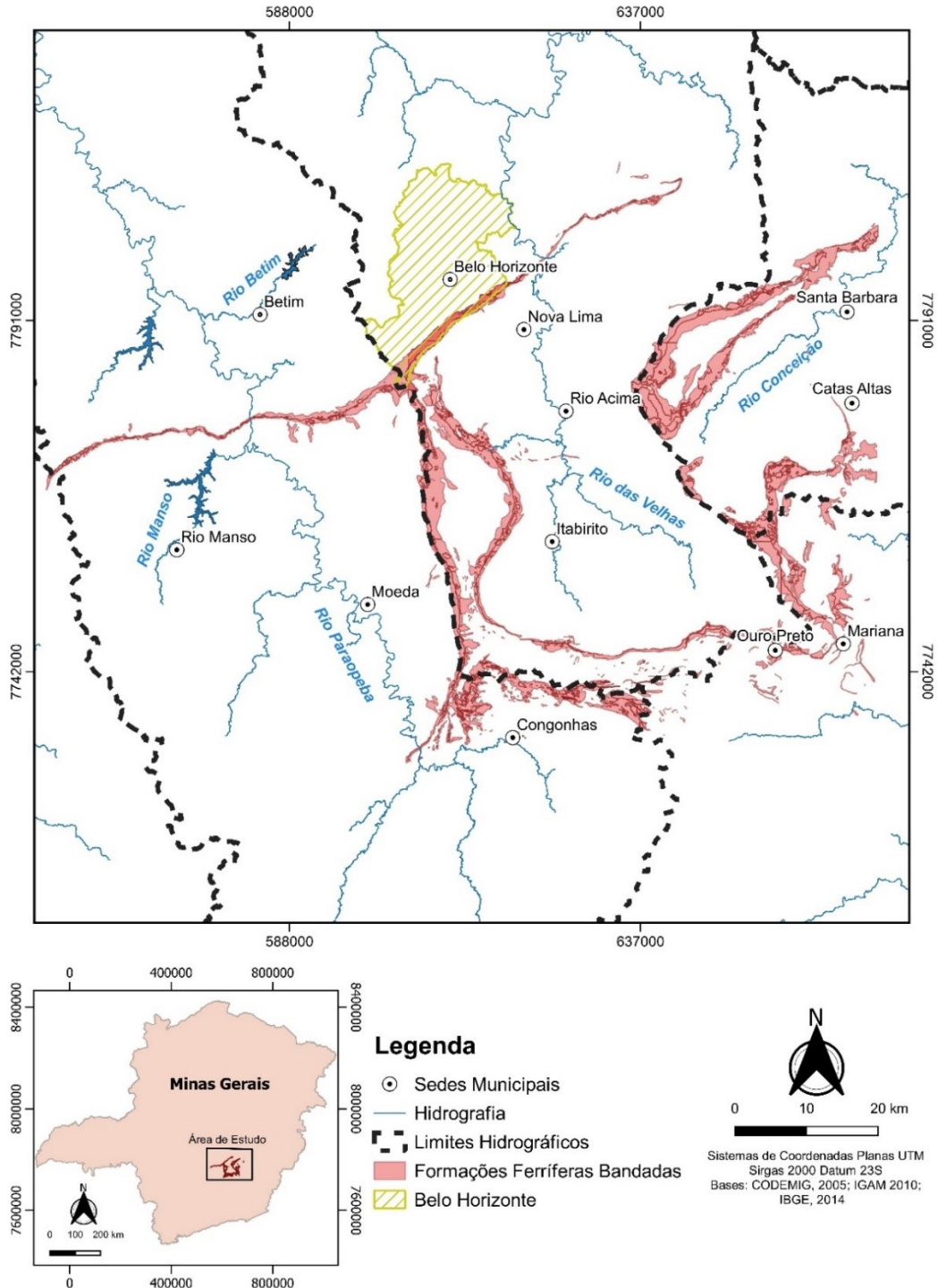
O minério de ferro ocorre associado às Formações Ferríferas Bandadas (itabiritos) que, por sua vez, são adotadas como critério para a delimitação do Quadrilátero Ferrífero (ALKMIM e MARSHAK, 1998). O alto teor de ferro dos itabiritos proporciona resistência mecânica e geoquímica aos processos desnudacionais, contribuindo para a configuração dos conjuntos serranos que delimitam a região.

Ao todo, o Quadrilátero Ferrífero possui cerca de 7.000 quilômetros quadrados (CASTRO *et al.*, 2011), coincidindo em grande parte com a bacia hidrográfica do Alto

³ Um exemplo dessa condição é o fato de a metrópole portuguesa chegar a proibir através de um alvará a importação de livros para a capitania de Minas em 1711 (CASTRO *et al.*, 2011).

Rio das Velhas, mas abrange também as bacias do Rio Paraopeba (ambos afluentes do Rio São Francisco) e do Rio Doce (Figura 1).

Figura 1: Localização do Quadrilátero Ferrífero.



Desta forma, os problemas ambientais no Quadrilátero Ferrífero têm potencial de atingir áreas muito extensas em duas das maiores bacias brasileiras. Durante a primeira metade do séc. XX houve a predominância de empresas estrangeiras na

exploração mineral em Minas Gerais. Somente após os Acordos de Washington em 1942, foram criadas empresas estatais dedicadas à mineração e à siderurgia, como a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Companhia do Vale do Rio Doce (CVRD) (SILVA 1995).

A partir da segunda metade do séc. XX a mineração de ferro se expandiu no estado com a abertura de novas minas e a adoção de técnicas modernas de extração que permitiram uma maior produção. A CVRD possuiu papel central na ampliação da exploração de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, tanto que pouco após a sua criação, já na década de 1960, figurava como uma das maiores exportadoras de minério de ferro do mundo (CVRD, 1992). A posse da ferrovia Estrada de Ferro Vitória a Minas, que liga o Quadrilátero Ferrífero ao porto de Tubarão no Espírito Santo, permitiu à CVRD uma vantagem competitiva em termos logísticos ao longo das décadas para o escoamento do minério.

A descoberta de enormes jazidas de minério de ferro na Serra dos Carajás na década de 1960 gerou mudanças significativas na estrutura organizacional da exploração mineral em território nacional. Visando ampliar sua produção, a CVRD se beneficiou de programas estatais voltados à exploração mineral, como o Projeto Grande Carajás (PGC), que possibilitou a implantação de estradas, construção da usina hidrelétrica de Tucuruí, construção da ferrovia Estrada de Ferro Carajás e do porto de Ponta da Madeira, adjacente ao porto de Itaqui, em São Luís (MA) (KOHLHEPP, 2002). O PGC forneceu infraestrutura para exploração mineral no interior da Floresta Amazônica já na década de 1980.

A expansão para Carajás se deu, dentre outros fatores, pela perspectiva de esgotamento das minas no Quadrilátero Ferrífero e pelo fato do teor de ferro encontrado ser menor quando comparado com Carajás (MELLO e PAULA, 2000; VALE S.A., 2021). De acordo com o relatório anual disponibilizado pela companhia aos seus acionistas, a média do teor de ferro encontrado nas minas do Quadrilátero Ferrífero fica abaixo de 50%, reduzindo paulatinamente ao longo dos anos. Já em Carajás, o teor médio fica acima dos 65% (VALE S.A., 2021). Assim, a mineração de ferro em Minas Gerais passou a perder espaço para a produção no Pará, que responde por 51,6% do minério de ferro exportado contra 36,1% de Minas Gerais (IBRAM, 2020).

No ano de 1997 a CVRD foi privatizada pelo governo brasileiro na esteira do neoliberalismo, seguindo a onda de privatizações ocorridas em diferentes países após

a década de 1980 (TOMÁS, 2006). Em 2009 a empresa alterou seu nome, passando a ser denominada como Vale S.A.

Apesar de o minério de ferro ser o principal produto extraído do Quadrilátero Ferrífero, vale ressaltar a presença de jazidas de ouro e manganês. Deste modo, diferentes empresas fazem a extração de variados recursos minerais no Quadrilátero Ferrífero (COTA *et al.*, 2019).

Todavia, a Vale possui os principais depósitos de produção de minério, distribuídos nos seguintes complexos minerários: Complexo Itabira (formado pelas minas Cauê, Conceição, Dois Córregos, Onça, Esmeril, Chacrinha e Periquito); Minas Centrais (formado pelas minas de Água Limpa, Brucutu, Córrego do Meio e Gongo Soco), Complexo Mariana (formado pelas minas de Alegria, Timbopeba, Fábrica Nova, Fazendão e Morro da Mina) e Minas do Oeste (formado pelas minas do Córrego do Feijão e Fábrica). Outros importantes locais de produção são o Complexo de Alegria (explorado em sociedade pela BHP Billiton e pela Vale) e a mina de Casa de Pedra, cujo minério possui o maior teor de ferro do Quadrilátero Ferrífero e pertence à CSN (MELFI *et al.*, 2016).

2.1 O processo minerário e a utilização de barragens de rejeito

A atividade minerária envolve um complexo conjunto de etapas que varia de acordo com o tipo de minério extraído e o processo de beneficiamento adotado. Assim, há uma sequência de operações unitárias para lavar e tratar o minério. No contexto do Quadrilátero Ferrífero, as minas para a exploração do minério de ferro ocorrem à céu aberto, sendo possível encontrar também minas subterrâneas dedicadas à exploração de ouro.

Segundo Chaves (2012), após o desmonte da rocha, o material retirado é submetido a um longo processo físico-químico para separar o minério de outros materiais sem valor comercial. Este processo representa o beneficiamento do minério, que basicamente altera a granulometria do material, o purifica e enriquece, sem alterar sua constituição química (ARAÚJO, 2006). Os materiais não comercializados são divididos entre rejeitos e estéreis.

O estéril constitui-se como agregados de minerais retirados da mina durante o processo de lavra e que não possuem valor econômico relevante, sendo dispostos em camadas espessas, chamadas de “pilhas”, em uma sucessão de plataformas espaçadas entre si.

Já os rejeitos são efluentes líquidos em mistura com partículas sólidas (polpa) provenientes do processo de beneficiamento do minério que também não possuem valor econômico e são dispostos em barragens (CARMIGNANO, 2021). É importante destacar que a exploração de um mesmo tipo de minério não envolve processos de beneficiamento idênticos, pois isso varia de acordo com a composição mineral da rocha (CARMIGNANO *et al.*, 2021).

A disposição dos rejeitos após o beneficiamento é feita normalmente em barragens, ou seja, estruturas construídas artificialmente para armazenar este material (IBRAM, 2016). Vale ressaltar que os barramentos dedicados à contenção de rejeitos de minério diferem, em muitos aspectos, das barragens convencionais, que normalmente retém água. Uma dessas diferenças é o fato de as barragens de rejeito serem construídas em etapas, acompanhando o ritmo de lavra, ou seja, na medida em que o minério vai sendo beneficiado e os rejeitos forem gerados são executados alteamentos na estrutura (CARDOZO *et al.*, 2016).

Segundo Soares (2010), o modo de construção das estruturas pode ser feito por terra compactada, com estéril ou utilizando o próprio material resultante do processo de beneficiamento. Normalmente se pensa barragens de rejeito de minério somente como o dique que retém o material armazenado, no entanto, os barramentos devem ser compreendidos como uma estrutura ampla, que envolve o reservatório, ombreiras, vertedouro, e outras características. A Figura 2 apresenta uma representação de uma barragem para retenção de rejeitos.

Figura 2: Representação de uma barragem de rejeito de minério e seus elementos constituintes.



Fonte: Santos e Silva (2019) adaptado de Instituto Minere (2019).

O transporte do rejeito até a barragem é feito normalmente através da gravidade, podendo haver bombeamento (SOARES, 2010). Considerando o alto grau de rigidez locacional da mineração, as barragens normalmente ficam próximas das minas e das unidades de beneficiamento. A erosão diferencial proporcionada pela presença de rochas ricas em ferro no Quadrilátero Ferrífero favorece a formação de vales bastante encaixados, com topografia favorável para a instalação de barragens (TONIDANDEL, 2011).

Há três métodos de construção dos barramentos, a saber: à montante, à jusante ou linha de centro. O método construtivo, dentre outras características da estrutura, reflete na segurança e estabilidade do barramento.

O método de construção de barramentos à montante é o mais difundido no Brasil e no mundo por ser mais simples e econômico, consistindo basicamente no alteamento da estrutura sobre o rejeito já depositado (SOARES, 2010; CARDOZO *et al.*, 2016; IBRAM, 2016) (Figura 3).

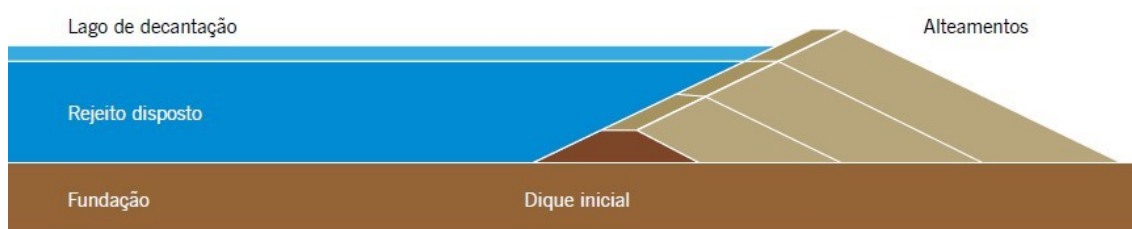
Figura 3: Representação de uma barragem com alteamento para montante.



Fonte: Retirado de IBRAM (2016).

O método de construção à jusante consiste no alteamento da estrutura na direção oposta ao reservatório, tornando o barramento maior e necessitando de mais material, o que implica diretamente em um maior custo financeiro (SOARES, 2010; CARDOZO *et al.*, 2016; IBRAM, 2016) (Figura 4).

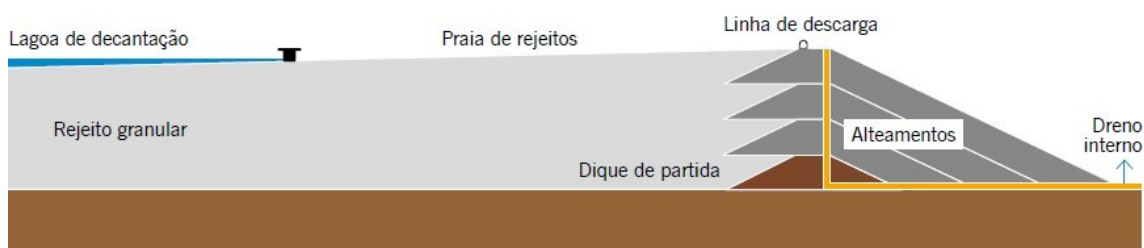
Figura 4: Representação de uma barragem com alteamento para jusante.



Fonte: Retirado de IBRAM (2016).

O método de construção de linha de centro pode ser entendido como um intermediário entre os anteriores, sendo um alteamento vertical no eixo do barramento e que visa minimizar as desvantagens do alteamento à montante (SOARES, 2010; CARDOZO *et al.*, 2016; IBRAM, 2016) (Figura 5).

Figura 5: Representação de uma barragem com alteamento de linha de centro.



Fonte: Retirado de IBRAM (2016).

É notório dentro da engenharia que as estruturas construídas à montante são menos seguras do que os métodos à jusante e de linha de centro. Apesar de serem as mais utilizadas, tendo em vista o seu custo de construção, bem como a facilidade no processo de alteamento, as estruturas à montante podem apresentar significativos problemas associados à sua drenagem (SOARES, 2010).

O fato de o alteamento à montante ser feito sobre materiais previamente depositados e não consolidados pode resultar em baixa resistência ao cisalhamento e susceptibilidade à liquefação, comprometendo a estabilidade da estrutura (ARAÚJO, 2006). Ademais, o processo de alteamento deve considerar a resistência mobilizável dos rejeitos e não atingir alturas elevadas (SOARES, 2010).

Diversos outros aspectos podem tornar as barragens à montante menos estáveis ou exigir maior controle de sua estabilidade (SOARES, 2010). Por conseguinte, uma característica primordial para sua maior segurança é o sistema de drenagem interno devido à possibilidade de liquefação e erosão interna da estrutura (*piping*) (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002; SOARES, 2010; CARDOZO *et al.*, 2016).

Segundo Soares (2010), o método de construção à montante não é recomendado para áreas onde há vibrações, sejam elas de origem tectônica (sismos) ou provocadas por explosivos, como ocorrem nas minas.

Consoante, as barragens construídas à jusante e de linha de centro são mais seguras pelo fato de seu alteamento não se dar sobre o rejeito previamente depositado (CARDOZO *et al.*, 2016). Nas estruturas construídas à jusante, cujo método é o mais seguro, os sistemas de drenagem do reservatório são construídos e ampliados na medida que ocorre o alteamento da estrutura (IBRAM, 2016).

A menor segurança do método à montante se reverbera no maior número de falhas envolvendo este tipo de estrutura. Segundo Rico *et al.* (2008), 76% dos casos envolvendo falhas em barramentos para contenção de rejeitos no mundo ocorrem em estruturas construídas pelo método à montante, enquanto o restante fica dividido entre os métodos à jusante e linha de centro. Já Islam e Murakami (2021) destacam que, entre os diferentes métodos de construção, o que mais gerou mortes no mundo decorrentes de algum tipo de falha na estrutura foi o método à montante, sendo as barragens destinadas à contenção de rejeitos de minério de ferro as que mais deixaram vítimas.

Após o *boom* das commodities minerais na década de 2000, sobretudo pela demanda asiática, houve uma ampliação da produção mineral no Quadrilátero Ferrífero, o que foi seguido pela criação de novos barramentos e ampliação (alçamento) dos já existentes. Com isso, os avanços nas técnicas de extração e beneficiamento de minério continuaram a ser acompanhados por debates e questionamentos sobre os impactos ambientais da atividade, os quais se intensificaram a partir dos desastres ocorridos em Mariana e Brumadinho (COSTA *et al.*, 2016).

3. O HISTÓRICO DE FALHAS DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO EM MINAS GERAIS E NO MUNDO E A EVOLUÇÃO DO APARATO LEGAL

Apesar da concepção de rupturas de barragens de rejeito ser comumente associada ao lançamento do material armazenado nas artérias fluviais à jusante da estrutura, a terminologia mais adequada é falha em barragens de rejeito (*tailings dam failures*), conforme é utilizado na literatura internacional (ISLAM e MURAKAMI, 2021). Essa definição é mais adequada porque parte dos eventos que ocasionam algum tipo de vazamento dos rejeitos acumulados não está diretamente associada ao colapso parcial ou integral do maciço da barragem (AZAM e LI, 2010; REIS *et al.*, 2020; ISLAM e MURAKAMI, 2021). O vazamento de rejeitos por galgamento da barragem (*overtopping*), por exemplo, não está associado à condição do maciço diretamente, mas sim às falhas no projeto de construção do barramento.

O estabelecimento de um número preciso de falhas de barragens de rejeito no mundo é uma tarefa complexa, pois cada país apresenta uma realidade distinta quanto ao levantamento e gerenciamento das estruturas existentes. Ademais, a publicidade de eventos de falha, sobretudo em países com alguma restrição na circulação de informações, torna ainda mais difícil estabelecer um panorama preciso dos eventos ocorridos.

Não obstante, há repositórios que buscam informar e catalogar casos de falhas em barragens de rejeito, como a *International Commission on Large Dams* (ICOLD) e a *World Information Service on Energy* (WISE), por meio do *WISE Uranium Project* (WISE URANIUM PROJECT, 2021; ICOLD, 2024). Assim, diferentes trabalhos buscaram fornecer um panorama dos casos de falha se valendo de dados disponibilizados pelas organizações supracitadas (AZAM e LI, 2010; REIS *et al.*, 2020; ISLAM e MURAKAMI, 2021).

Reis *et al.* (2020), utilizando os dados de Azam e Li (2010) e da *WISE Uranium Project*, estipulou 250 eventos de falhas em barragens de rejeito de 1910 a 2019. Já Islam e Murakami (2021) apontam 366 falhas entre 1915 e 2020. Os referidos autores apontam para uma maior ocorrência de eventos após a década de 1950, com maior número de casos ocorridos na América do Norte. Vale destacar, no entanto, que após o ano 2000 a quantidade de eventos diminuiu significativamente na América do Norte e na Europa também (AZAM LI, 2010; REIS *et al.*, 2020; ISLAM e MURAKAMI, 2021).

Consoante, a distribuição espaço-temporal dos eventos de falha em barragens de rejeito apresenta uma transição da América do Norte e da Europa no séc. XX para a América do Sul e Ásia no séc. XXI (REIS *et al.*, 2020; ISLAM E MURAKAMI, 2021). Isso deriva, ao menos em parte, do crescimento da economia de países asiáticos e sua demanda por metais, o que fomenta uma expansão da mineração e construção de novos barramentos (AZAM e LI, 2010).

Segundo o estudo de Islam e Murakami (2021), a taxa de falhas envolvendo barragens de rejeito no mundo ficou em torno de 3,45 por ano. O estado de Minas Gerais, por sua vez, apresenta um relevante histórico de falhas de barragens de rejeito, sendo oito eventos relatados desde o ano 2000, o que dá uma média de um caso a cada 3 anos. Dos oito casos relatados, somente os ocorridos nos municípios de Cataguases e Miraf não se inserem no contexto do Quadrilátero Ferrífero (Tabela 1).

Tabela 1: Histórico de falhas em barragens de rejeito em Minas Gerais após o ano 2000.

Ano	Município	Empresa
2001	Nova Lima	Mineração Rio Verde
2003	Cataguases	Indústria Cataguases de Papel Ltda.
2007	Miraf	Mineradora Rio Pomba Cataguases
2008	Congonhas	Companhia Siderúrgica Nacional
2014	Itabirito	Herculano Mineração
2015	Mariana	Samarco Mineração S.A.
2019	Brumadinho	Vale S.A.
2022	Nova Lima	Vallourec

Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2016).

Apesar de todo barramento apresentar um risco constitutivo de se romper, existem parâmetros legais que visam estabelecer critérios de segurança para as estruturas de contenção de rejeito de minério.

Nesse sentido, o principal instrumento de comando e controle para instalação de uma barragem de rejeito no Brasil é o licenciamento ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) em 1981 (BRASIL, 1981). Com a PNMA foi criado o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), órgão composto por diferentes entidades e instituições governamentais que é responsável pela proteção e fiscalização ambiental em âmbito nacional. No contexto do SISNAMA foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo

responsável por definir as normas e critérios para o licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA n° 237, de 19 de dezembro de 1997 estabelece as definições de licenciamento ambiental, licença ambiental e estudos ambientais:

I - Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

II - Licença Ambiental: ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

III - Estudos Ambientais: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco" (CONAMA, 1997).

A referida resolução ainda determinou a divisão do Licenciamento Ambiental em três fases, a saber: licença prévia (fase preliminar de estudos para verificar a viabilidade do empreendimento), licença de instalação (autoriza a instalação do empreendimento de acordo com medidas de controle ambiental e outras condicionantes) e licença de operação (autoriza o início das atividades do empreendimento após o cumprimento das licenças anteriores e de acordo com as medidas de controle ambiental e outras condicionantes). Ademais, a mesma resolução também permitiu delegar aos estados a competência acerca dos processos de licenciamento ambiental (CONAMA, 1997).

Em Minas Gerais as atribuições dos processos de licenciamento são constantemente alteradas. Após a reforma administrativa do poder executivo do estado em 2023, está atribuído atualmente à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), por meio da Lei Estadual n° 24.313, de 28 de abril de 2023, competência acerca do licenciamento ambiental (MINAS GERAIS, 2023a). Deste modo, a estrutura organizacional dos processos de licenciamento que anteriormente ficavam a cargo das Superintendências Regionais de Meio Ambiente (SUPRAMs) e da

Superintendência de Projetos Prioritários (SUPPRI) (MINAS GERAIS, 2019a) foi extinta. Os empreendimentos que precisam de licenciamento, por sua vez, são elencados na Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017 (COPAM, 2017).

De modo a descentralizar o processo de licenciamento, foram criadas Unidades Regionais de Regularização Ambiental (URAs), vinculadas à FEAM, que irão responder pelos processos de licenciamento ambiental no Estado. Compete às URAs também estabelecer, conforme determinações do Decreto Estadual nº 4.707, de 25 de outubro de 2023, atos relacionados ao licenciamento ambiental prioritário (MINAS GERAIS, 2023b).

O Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) é o responsável por deliberar acerca da aprovação ou rejeição das licenças ambientais no estado (MINAS GERAIS, 2016). Neste caso, além do licenciamento em três fases, há outras modalidades de licenciamento como o Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC), que permite a concessão de licenças de maneira simultânea e o Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS), que é realizado em uma única fase por meio de cadastro (LAS/Cadastro) ou com a elaboração do Relatório Ambiental Simplificado (LAS/RAS) (COPAM, 2017).

Os empreendimentos são divididos em seis classes de acordo com o seu porte e o potencial poluidor/degradador. Uma matriz de conjugação destes aspectos com os critérios locacionais determina qual a modalidade de licenciamento será adotada (COPAM, 2017).

Um aspecto a se destacar acerca dos critérios locacionais para fixação da modalidade de licenciamento é a ausência de referência a mananciais de abastecimento (COPAM, 2017), ou seja, não é considerado durante a implementação de um empreendimento a presença de captação de água destinada ao uso público. Assim, a presença de um empreendimento na bacia de contribuição de um manancial em nada afetará a escolha da modalidade de licenciamento (se será mais conservador ou simplificado).

De acordo com a Deliberação Normativa do COPAM nº 217/2017, as barragens destinadas à contenção de rejeitos de mineração são classificadas como de grande potencial poluidor/degradador (COPAM, 2017). Já a definição de seu porte segue os critérios da Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002, e são baseados na altura do maciço, no volume do reservatório, na ocupação humana a

jusante da barragem, no interesse ambiental a jusante da barragem e nas instalações a jusante da barragem (COPAM, 2002).

Há na literatura uma ampla gama de trabalhos que criticam o modelo de licenciamento ambiental, sobretudo em Minas Gerais. As principais críticas se referem principalmente a qualidade dos estudos ambientais e aos ritos do processo de licenciamento, que muitas vezes excluem as pessoas atingidas dos processos decisórios (COSTA *et al.*, 2016).

As problemáticas relativas ao licenciamento de barragens, por sua vez, serão apresentadas no capítulo 6 com os estudos de caso dos recentes eventos de falha envolvendo barragens de rejeito no Quadrilátero Ferrífero.

Após o barramento já estar estabelecido, o principal documento legal que rege a segurança de barragens de rejeito de minério no Brasil é a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010), que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e, posteriormente, foi alterada pela Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020).

Dentre os principais instrumentos presentes na PNSB, destaca-se o sistema de classificação dos barramentos por dano potencial associado (DPA) e por categoria de risco (CRI). Os critérios de classificação dos barramentos por DPA e CRI são definidos pela Resolução da Agência Nacional de Mineração (ANM) nº 95, de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022).

Não obstante, compreende-se a classificação em CRI de acordo com os aspectos técnicos de cada barragem, que englobam os métodos construtivos, o estado de conservação, a idade do empreendimento e outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador. Já para o DPA, é considerada qualquer alteração na estrutura da barragem (rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem), independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduada de acordo com o potencial de perdas de vidas e os impactos socioeconômicos e ambientais.

Ademais, o Plano de Segurança de Barragem (PSB) é o principal instrumento da PNSB, pois é nele que estão contidas as informações técnicas e operacionais do barramento. O conteúdo do PSB inclui os relatórios das inspeções de segurança regular e especial, revisões periódicas de segurança, identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre, mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado, dentre outros. O

conteúdo mínimo, a periodicidade de atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos e nível de detalhamento do PSB são definidas pela Portaria do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) n° 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017) e pela Resolução da ANM n° 51, de 24 de dezembro de 2020 (ANM, 2020).

No que se refere à publicidade das condições estruturais do barramento, um instrumento relevante é a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), que obriga o empreendedor a emitir um documento padronizado pela Resolução da ANM n° 95/2022 atestando ou não a estabilidade da estrutura (ANM, 2022).

Aqui vale destacar um aspecto importante da conjuntura legal sobre barragens de rejeito de minério. Existe uma complexidade no aparato normativo relativo à segurança de barragens, pois há uma série de portarias e resoluções que, muitas vezes, revogam normas anteriores, alteram e até mesmo entram em contradição⁴. Um exemplo prático desta problemática é que após a Portaria do DNPM n° 70.389/2017, que regulamenta os aspectos do PSB, houve cinco Resoluções da ANM que retificam ou inserem novos instrumentos na referida norma, a saber: resoluções n° 13/2019, 32/2020, 40/2020, 51/2020 e 56/2021.

Consoante, cria-se um arcabouço legal complexo com múltiplas normas distintas que abordam o mesmo tema, tornando difícil sua compreensão e sistematização. Ademais, o aspecto mutável das normas, que se alteram recorrentemente, gera um estado de incerteza acerca da validade do aparato normativo.

Nesse sentido, vale destacar o “vício” do aparato legal sobre barragens no que se refere à publicação de variadas resoluções e portarias, em detrimento de se definir normas sob a forma de Lei. Isso fica evidente com a criação do conceito de Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ), já previsto na Resolução ANM n° 13, de 8 de agosto de 2019 (ANM, 2019) e consolidado pela Resolução ANM n° 95/2022 (ANM, 2022).

O objetivo da ECJ é servir como uma barreira à jusante de barragens de rejeito suscetíveis à liquefação para reter o fluxo de material proveniente de uma ruptura. A ECJ representa uma nova categoria de barragem, não prevista na PNSB e criada a partir de uma resolução da ANM. Deste modo, se cria um limbo jurídico sobre essa nova categoria de barragem, onde não está claro na Resolução ANM n° 95/2022 se

⁴ Este é um aspecto que não está restrito às normas sobre barragens, mas também se aplica a outras legislações ambientais, como as que tangem os processos de licenciamento (VIANA, 2005; COSTA *et al.*, 2016).

essas estruturas irão dispor dos mesmos instrumentos de comando e controle previstos na PNSB (ANM, 2022). A única exigência para a ECJ é a DCE.

Antes da promulgação da Lei Federal nº 14.066/2020, o PSB deveria apresentar um volume extra com o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) para estruturas classificadas com DPA alto. O PAEBM apresenta medidas a serem tomadas em situações de emergência, visando a identificação de anomalias na estrutura do barramento e ações de correção e prevenção. No entanto, com a publicação da referida Lei, todas as estruturas voltadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração devem, obrigatoriamente, conter o PAEBM.

Outra alteração advinda da Lei Federal nº 14.066/2020 e que permitiu uma maior consolidação dos critérios de segurança dos barramentos envolve a proibição de construção de estruturas pelo método à montante (quando o barramento se apoia no próprio rejeito), sabidamente menos seguro quando comparado aos métodos à jusante e à linha de centro, conforme descrito no capítulo 2.1.

Por conseguinte, ficou definido ainda a descaracterização de barragens já construídas pelo método à montante até 25 de fevereiro de 2022, apesar de a entidade fiscalizadora da atividade minerária poder prorrogar este prazo em função de inviabilidade técnica para a descaracterização.

Nesse sentido, a Resolução da ANM nº 13/2019 postergou este prazo de 2022 até 2027 dependendo do volume de rejeito armazenado nas barragens (ANM, 2019). Em contradição à referida norma, a Resolução ANM nº 95/2022 retorna às condições da Lei Federal nº 14.066/2020 e estabelece o prazo limite até o dia 25 de fevereiro de 2022, sendo que os pedidos de prorrogação devem ser enviados à ANM com justificativa técnica para serem referendados pela entidade fiscalizadora do SISNAMA (ANM, 2022).

Surpreende o fato de as resoluções sobre barragens se contradizerem de maneira tão expressiva. Até o dia 07 de fevereiro de 2022, data de publicação da Resolução ANM nº 95/2022, o prazo para descaracterização poderia ir até 2027 de acordo com a Resolução da ANM nº 13/2019. Após essa data, o prazo passou de cinco anos para 18 dias.

Essa constante mudança do aparato normativo via resoluções gera uma incerteza sobre o cumprimento das normas estabelecidas. No caso referido acima, a mudança do prazo de cinco anos para 18 dias não torna a legislação mais rígida, mas sim o contrário, pois o empreendedor que se planejou para completar a

descaracterização em cinco anos não irá fazê-la em 18 dias e necessitará, conseqüentemente, de requerer uma prorrogação de prazo que pode até exceder o tempo previsto de cinco anos da norma anterior.

Após a conclusão das atividades minerárias, a Resolução da ANM n° 68, de 30 de abril de 2021, estabelece que as estruturas remanescentes da mina, incluindo os barramentos, devem ser descaracterizadas ou, na impossibilidade de descaracterização, devem ser monitorados seguindo os pressupostos do Plano de Fechamento de Mina (PFM) (ANM, 2021).

Todavia, um aspecto a destacar é a ausência de um mecanismo de garantia financeira em caso de falência da mineradora e até mesmo após o encerramento de suas atividades para viabilizar a execução das obras de descaracterização ou o monitoramento das estruturas.

Assim, toma-se como exemplo o caso de uma mineradora que concluiu suas atividades, não descaracterizou a estrutura e necessita de monitorá-la. Segundo a legislação, mesmo com o encerramento das atividades, ou seja, sem fluxo de recursos financeiros, a mineradora deverá existir perpetuamente para monitorar a estrutura, o que levanta dúvidas sobre a efetividade deste aparato legal. Essa conjuntura é melhor abordada e problematizada ao longo do estudo de caso das barragens da Mundo Mineração no capítulo 6.4.

Outro dispositivo importante contemplado pela legislação publicada em 2020 diz respeito à concepção da zona de autossalvamento (ZAS), que corresponde ao trecho à jusante do barramento em que não há tempo hábil de intervenção das autoridades competentes em caso de rompimento da barragem. Ficou definida a proibição de construção barragens de contenção de rejeitos de minério nas áreas com presenças de comunidades nas ZAS. As barragens em operação com comunidades nas ZAS deverão ser descaracterizadas ou ter sua população reassentada em outro local. De acordo com a Resolução ANM n° 95/2022, o prazo para que tais medidas sejam adotadas vai até 31 de dezembro de 2027.

Dado o quantitativo de barragens localizadas em Minas Gerais, sobretudo no Quadrilátero Ferrífero, o estado também dispõe de um arcabouço legal próprio tocante à segurança dos barramentos, definido pela Lei Estadual n° 23.291, de 25 de fevereiro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019b).

A legislação mineira visou atender às demandas de modificações legais sobre a segurança de barragens após os casos de rompimento em Mariana no ano de 2015

e Brumadinho em 2019. Assim, a Lei Estadual nº 23.291/2019 institui a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB), de forma articulada à PNSB, estabelecendo diversos aspectos que depois vieram a ser ratificados pela Lei Federal nº 14.066/2020.

No entanto, a PESB se destaca por exigir o licenciamento trifásico durante a construção, instalação, funcionamento, ampliação e alteamento de barragens, com a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e as etapas de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Ficou proibida a emissão de licenças concomitantes, provisórias, corretivas e *ad referendum*.

A fiscalização das barragens no estado é feita pela FEAM, que atua de maneira complementar à ANM. Esta, por sua vez, é a autarquia federal responsável pela fiscalização de todos os barramentos em âmbito nacional. A FEAM publica anualmente uma lista com as barragens cadastradas em Minas Gerais e também adota uma classificação para os barramentos segundo o grau poluidor/degradador do empreendimento. As barragens são classificadas, segundo seus critérios, em classe I (pequeno), classe II (médio) e classe III (grande).

Uma questão relevante acerca da PESB é o fato de ela ser mais restritiva que a PNSB no tocante ao prazo de descaracterização ou alteração do método construtivo das estruturas alteadas à montante. Segundo a PESB, o prazo máximo estabelecido pela Lei Estadual nº 23.291/2019 é de três anos após a sua publicação, ou seja, foi finalizado em fevereiro de 2022 e não existe a possibilidade de prorrogação (MINAS GERAIS, 2019b).

Como a legislação estadual não abre possibilidade de alteração das datas por parte do órgão ambiental, há uma maior segurança jurídica no que se refere aos prazos para descaracterização de estruturas à montante em Minas Gerais. No entanto, há tentativas de alteração deste cenário, como o Projeto de Lei (PL) nº 3.209/2021⁵ que propõe flexibilizar a Lei Estadual nº 23.291/2019, tornando-a praticamente uma cópia da PNSB, ou seja, postergaria o prazo para descaracterização das estruturas e permitiria que o órgão fiscalizador estadual alterasse os prazos de descaracterização das barragens. Ademais, o PL nº

⁵ A situação atual do PL nº 3.209/2021 consta como “retirado de tramitação”.

3.209/2021 flexibilizaria o processo de licenciamento, permitindo o Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC) para minerações que não utilizassem barragens.

Consoante, os prazos estabelecidos pela PESB não foram amplamente cumpridos e apenas 10 barragens alteadas pelo método à montante foram descaracterizadas dentro do prazo estabelecido em Lei. Atualmente há, de acordo com a FEAM, 40 estruturas com alteamento à montante ou por método construtivo desconhecido em Minas Gerais (FEAM, 2023).

Há uma discussão em andamento questionando o prazo fixo para descaracterização de todas as estruturas, que se embasa no fato de que cada barragem possui um plano de descaracterização específico e, por isso, requer prazos distintos. Nesse sentido, o Decreto Estadual nº 48.454, de 29 de junho de 2022, suspende a autuação e aplicação de sanções administrativas às mineradoras que descumpriram o prazo de descaracterização das estruturas alteadas à montante, desde que tenha feito um termo de compromisso junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e à FEAM para fixação de medidas necessárias de segurança e a definição de procedimento para a descaracterização das barragens (MINAS GERAIS, 2022).

Não é estabelecido, no entanto, novos prazos para descaracterização, o que provoca uma alteração da Lei Estadual nº 23.291/2019 via decreto. Com o estabelecimento do referido decreto, portanto, não há penalidade para as mineradoras que descumpriram o prazo de descaracterização e nenhum mecanismo de garantia para que a descaracterização ocorresse.

A ausência de um mecanismo rígido e efetivo que obrigue e/ou penalize as mineradoras que não cumpram os prazos estabelecidos em Lei se materializa no tempo que as próprias empresas estimam para fazer a descaracterização das estruturas alteadas à montante. A Vale, por exemplo, apresenta em seu programa de descaracterização 30 estruturas construídas pelo método à montante em Minas Gerais, sendo que irá descaracterizar somente 18 barragens até 2025, estabelecendo o prazo máximo de 2035 para o restante das estruturas (VALE S.A., 2022).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender os objetivos propostos, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica acerca da legislação tocante às barragens de rejeito de minério e à gestão dos recursos hídricos. Ademais, foram consultados documentos oficiais, pesquisas técnico-científicas e fontes de dados secundários que permitam uma contextualização da problemática envolvendo barragens de rejeito e o abastecimento público no Alto Rio das Velhas.

Também foi apresentado um panorama acerca da evolução dos marcos legais relativos à segurança de barragens de rejeito de minério, sendo dada ênfase às mudanças ocorridas na PNSB e na PESB após os eventos de falhas nas estruturas ocorridos em Mariana e em Brumadinho.

Consoante, foram espacializadas as informações referentes ao manancial de Bela Fama e às barragens em sua bacia, destacando seu contexto legal. Vale destacar que durante a execução da pesquisa houve uma dificuldade em adquirir informações referentes às empresas que administram barramentos abandonados.

A fonte principal para obtenção de informações sobre barragens é o Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) que possibilita o acesso ao Cadastro Nacional de Barragens de Mineração feito pela ANM e permite consultar a classificação de DPA e CRI atualizada das estruturas. Não obstante, as informações disponibilizadas pelo SIGBM são simplificadas, carecendo de outras informações básicas sobre os barramentos.

Outra fonte de informações sobre as estruturas é o Inventário de Barragens disponibilizado pela FEAM. Nele estão contidas informações técnicas sobre as estruturas, bem como um panorama das barragens cadastradas em Minas Gerais no tocante à sua tipologia, distribuição por classe e quantitativo por bacia hidrográfica. Ademais, os dados georreferenciados das estruturas disponibilizadas pela FEAM foram obtidas através da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA⁶).

Já os dados georreferenciados relativos às manchas de inundação das barragens, por sua vez, estão disponíveis somente no SIGBM. Não obstante, os

⁶ O IDE-SISEMA permite o acesso aos dados geoespaciais relativos à mineração no estado de Minas Gerais, sendo elaborado pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA).

dados referentes aos barramentos e suas respectivas manchas de inundação não estão completos, apresentando inconformidades.

Ao realizar o *download* dos dados geoespaciais compilados sobre barragens, foi verificada a ausência de informações de algumas estruturas que não se encontravam no repositório. Assim, foi feita uma verificação manual dos dados para a correção de possíveis distorções, ou seja, os dados espacializados foram comparados com as informações disponibilizadas pelo SIGBM e pelo IEF para preenchimento de possíveis lacunas.

Os dados sobre as manchas de inundação das estruturas disponibilizados pelo SIGBM, por sua vez, também não se encontram completos, havendo a ausência de informações referentes as manchas de algumas barragens. Para suprir esta lacuna foi realizada uma busca nos sítios eletrônicos de todas as mineradoras que possuem barragens sem os dados de mancha de inundação no SIGBM. Não obstante, nem todas as mineradoras disponibilizam as informações referentes as manchas de inundação, além de haver casos de mineradoras que sequer possuem sítio eletrônico.

A ausência de informações amplas e precisas sobre barragens de rejeito de minério revela uma falta de transparência na divulgação de informações, sendo que essa questão será melhor discutida nos resultados da pesquisa.

Apesar de haver múltiplas reportagens sobre as barragens da Mundo Mineração (um dos estudos de caso da tese) em veículos informativos, não há informações claras sobre quando a barragem foi instalada, bem como sobre seu processo de abandono. Deste modo, foi feita uma procura em processos judiciais que pudessem fornecer informações sobre o *status* da mineradora responsável por estas barragens. Essa procura foi realizada a partir do sítio eletrônico da plataforma JusBrasil e, após a identificação dos processos, a consulta processual foi feita a partir dos sítios eletrônicos do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais e do Tribunal Regional Federal da 1ª Região.

O acesso aos documentos judiciais permitiu uma maior fundamentação sobre a problemática dos barramentos abandonados presentes no Quadrilátero Ferrífero, sendo essencial para a obtenção dos resultados do trabalho. Todavia, foi obtido acesso apenas aos processos que já foram digitalizados.

A fundamentação teórica sobre a compatibilidade de barragens de rejeito e manancial de abastecimento é de grande importância para a proposta da tese,

principalmente quando considerado a multiplicidade de atores envolvidos na gestão das águas e das barragens na bacia de contribuição do manancial de Bela Fama.

A contextualização das problemáticas que levaram aos eventos de falha em barragens de rejeito em Rio Acima, Itabirito, Mariana e Brumadinho permitiu uma leitura interpretativa da conjuntura legal e operacional das barragens que ocasionaram os referidos eventos. Dessa forma, a partir dos estudos de caso da tese, foi possível sistematizar as problemáticas associadas aos eventos de falhas em barragens no Quadrilátero Ferrífero com o aparato normativo referente às estruturas e à atuação dos órgãos fiscalizadores.

A proposta inicial dos procedimentos metodológicos contemplaria a realização de entrevistas projetivas com gestores e pessoas envolvidas nas atividades de planejamento e de gestão territorial na bacia do manancial de Bela Fama. O intuito era obter uma leitura interpretativa do conjunto de opiniões, posicionamentos e posturas dos entrevistados acerca da efetividade das normas legais referente as barragens para a segurança hídrica do manancial de Bela Fama. Nas mensagens de solicitação das entrevistas foi apresentado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), detalhando os objetivos do trabalho, foi garantida a manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes, e foi informado que o estudo seguiria as normas do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Foram feitas tentativas de contato para seleção dos entrevistados com diferentes instituições, tais como: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH Velhas); Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA); FEAM, especificamente a Gerência de Recuperação de Áreas de Mineração e Gestão de Barragens (GERAM) e o Núcleo de Gestão de Barragens (NUBAR); diferentes mineradoras e instituições que as representam; representantes da Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) com atuação na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; entidades que tratem de atingidos por barragens e representantes da sociedade civil. Não obstante, após cinco meses de diversas tentativas não houve êxito na mobilização dos possíveis entrevistados, e a maioria não respondeu aos contatos por e-mail e/ou telefone, e mesmo os que manifestavam interesse inicialmente em participar da pesquisa não respondiam aos contatos posteriores para o agendamento da entrevista.

O declínio dos convidados para a entrevista ocorreu, em grande parte, após repetidos questionamentos sobre o teor das perguntas, mesmo antes do agendamento da própria entrevista. Ao longo de todo o processo de contato com os possíveis entrevistados, foram esclarecidas todas as regras e premissas teóricas/metodológicas que fundamentam o trabalho. No entanto, observou-se uma apreensão por parte dos potenciais participantes em relação à possibilidade de não conseguirem fornecer respostas adequadas às questões da pesquisa, mesmo antes de estas terem sido apresentadas formalmente.

De modo a fornecer subsídios para o entendimento de como as problemáticas legais e operacionais se materializam em fragilidades dos instrumentos de gestão das barragens no Alto Rio das Velhas, é realizada uma reflexão acerca das correlações de força ligadas aos processos de produção de espaços e territórios. O intuito é se afastar de análises genéricas que tratem puramente as lacunas legais e operacionais das barragens como consequência de uma “desregulamentação estatal”.

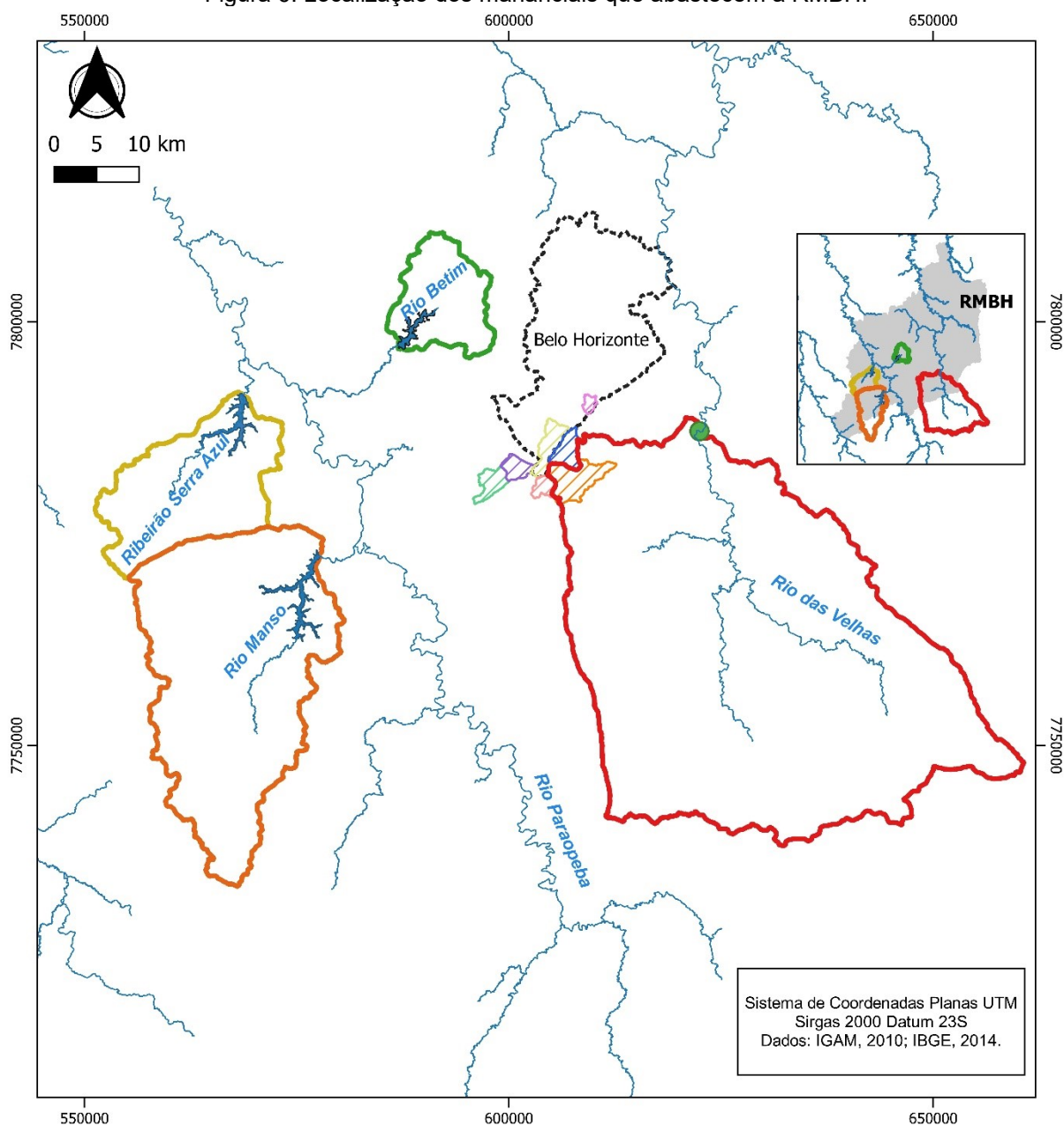
A análise efetuada a partir dos estudos de caso busca compreender o manancial de Bela Fama como um território de forças hegemônicas e contestações, fruto de múltiplos interesses que podem ser contraditórios ou conciliáveis a depender do tempo e espaço em que se apresentam. Assim, busca-se demonstrar a faceta menos visível da correlação dessas forças, que condiz com a materialização dos diferentes interesses em processos decisórios na conjuntura política-administrativa sobre gestão de barragens.

5. CONTEXTO GEOGRÁFICO E O PANORAMA DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DE BELA FAMA

Os principais mananciais de abastecimento da RMBH são divididos em dois sistemas principais integrados, a saber: o Sistema Paraopeba e o Sistema Rio das Velhas. O Sistema Paraopeba é composto por três reservatórios de captação de água; são eles o reservatório de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores. Os dois primeiros estão localizados nas bacias do Rio Manso e Serra Azul, respectivamente, e o último localizado na bacia do Rio Betim. Já o Sistema Rio das Velhas é composto pela captação direta no curso d'água em Bela Fama, no município de Nova Lima, sem a presença de reservatório ("captação a fio d'água").

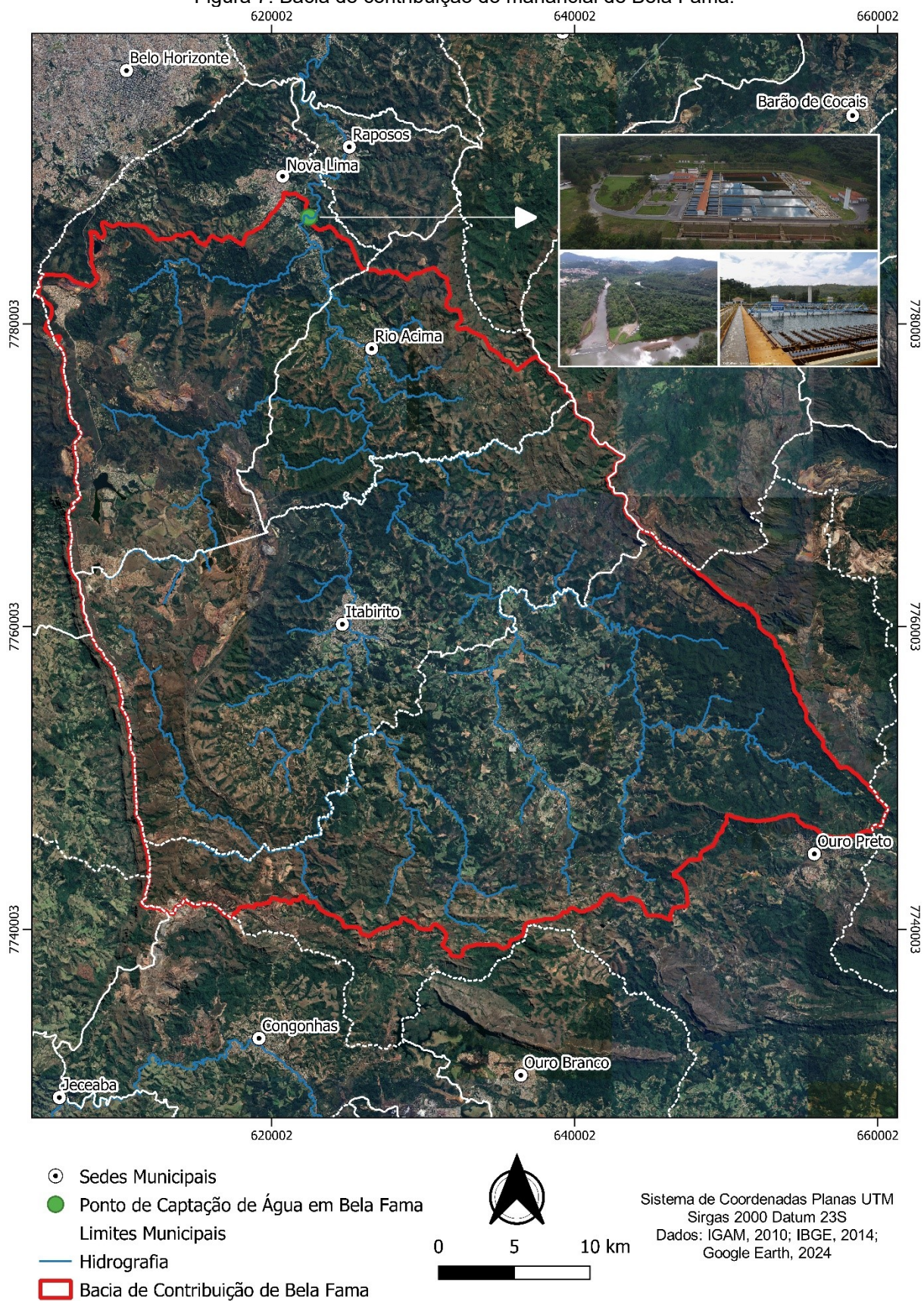
Vale destacar a presença de outros pontos de captação e distribuição de água para a RMBH, como o Sistema Catarina (Córrego Catarina), Barreiro (Córrego Barreiro), Ibité (Bálsamo, Rola Moça e Tabões), Morro Redondo (Cercadinho, Fechos e Mutuca), além de outros sistemas isolados (incluindo poços). Contudo, são as captações em Bela Fama, Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores que respondem pelo maior percentual de água captada para distribuição (Figuras 6 e 7).

Figura 6: Localização dos mananciais que abastecem a RMBH.



- Ponto de Captação de Água em Bela Fama
- Hidrografia
- Bacia de Contribuição de Bela Fama
- Bacia de Contribuição do Manso
- Bacia de Contribuição de Serra Azul
- Bacia de Contribuição de Vargem das Flores
- Belo Horizonte
- Bacia de Contribuição do Barreiro
- Bacia de Contribuição de Tabões
- Bacia de Contribuição de Mutuca
- Bacia de Contribuição de Bálamo e Rola Moça
- Bacia de Contribuição de Cercadinho
- Bacia de Contribuição de Fechos
- Bacia de Contribuição de Catarina

Figura 7: Bacia de contribuição do manancial de Bela Fama.



Conforme apresentado na Figura 7, a bacia de contribuição do manancial de Bela Fama abrange os limites territoriais de Nova Lima, Rio Acima, Itabirito e Ouro Preto. Contudo, somente Rio Acima e Itabirito possuem as sedes municipais dentro da área de contribuição do manancial. Essa conjuntura geográfica dos municípios que fazem parte do manancial será retomada no capítulo 7, ao tratar da sobreposição de instrumentos de gestão territorial.

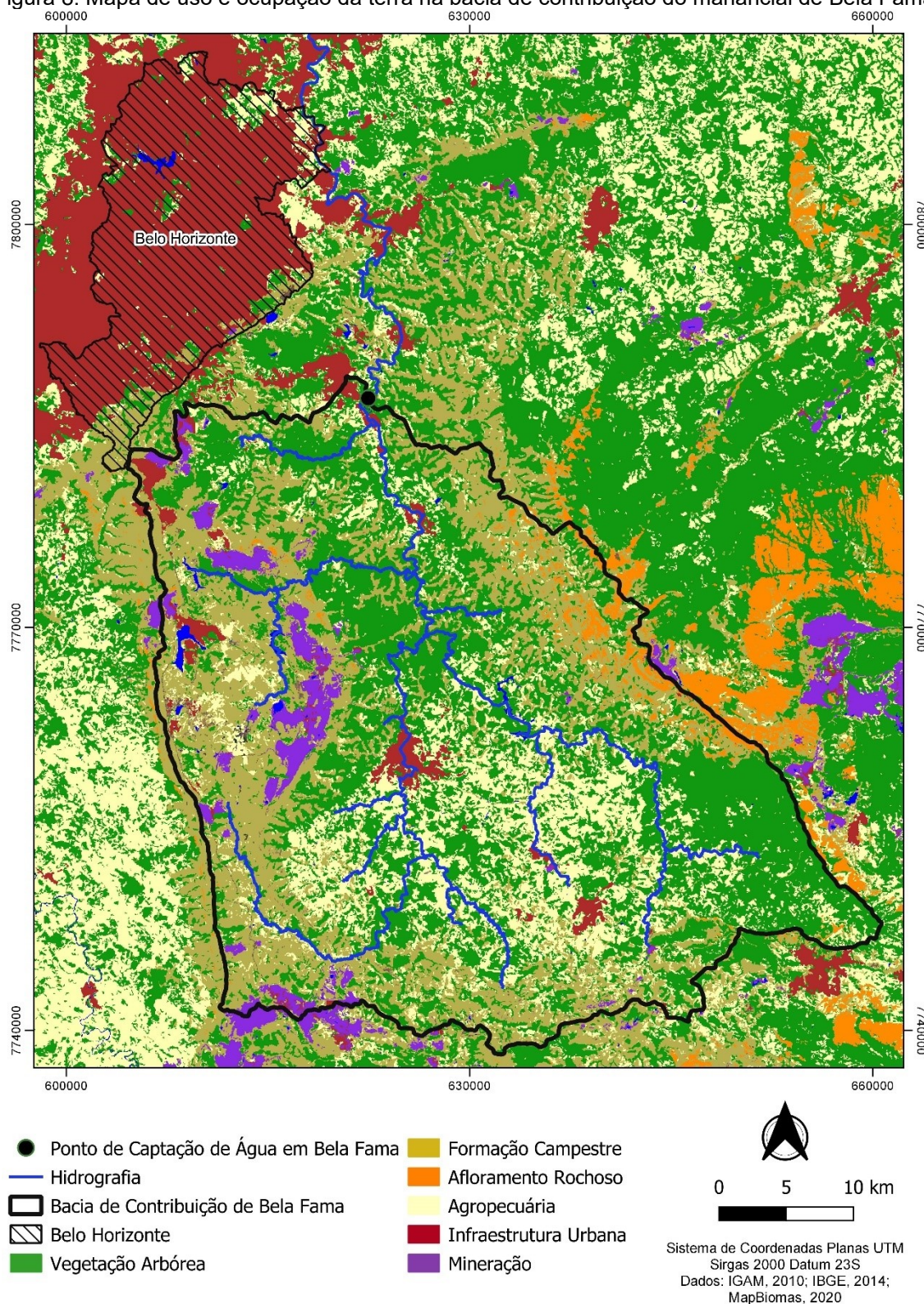
Além dos mananciais elencados havia, até o ano de 2019, uma estação de captação de água diretamente no Rio Paraopeba que servia como fonte para o abastecimento da RMBH. Todavia, após o rompimento da barragem I da Mina do Córrego do Feijão, o rejeito proveniente da estrutura que percorreu a calha do Rio Paraopeba inutilizou a captação de água.

Vale destacar que os Sistemas Paraopeba e Rio das Velhas são parcialmente integrados por uma rede de adutoras conhecida como “Linha Azul”, que permite à Copasa transportar água entre diferentes mananciais e fornece uma maior flexibilidade para o abastecimento. Não obstante, há diferentes municípios da RMBH que não se beneficiam desta integralização, recebendo água de um manancial específico.

O Sistema Paraopeba representa cerca de 51% da distribuição de água da RMBH, enquanto o Sistema Rio das Velhas responde por 49%. Todavia, quando se trata de Belo Horizonte, 71,55% da água provem do Sistema Rio das Velhas, enquanto o restante é captado no Sistema Paraopeba (PBH, 2020). Os dados demonstram a dependência da capital mineira perante o manancial de Bela Fama.

As bacias dos mananciais de abastecimento apresentam distintas formas de uso e ocupação da terra que, por sua vez, também exercem pressão sobre os pontos de captação de água (MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2016; MATOS *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2019). No caso do manancial de Bela Fama, particularmente, se destacam usos urbanos, agropecuária e mineração (Figura 8).

Figura 8: Mapa de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição do manancial de Bela Fama.



Este mosaico de diferentes formas de uso e ocupação da terra se reverbera em diferentes demandas pela utilização dos recursos hídricos. Nesse sentido, diferentes trabalhos já apontam para uma situação de escassez hídrica no manancial de Bela

Fama, decorrente da não compatibilidade dos múltiplos usos da água com a captação para o abastecimento (MAGALHÃES JUNIOR *et al.*, 2016; MATOS *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2018).

Consoante, Ribeiro *et al.* (2018) destaca que somente a captação de água realizada em Bela Fama envolve 8,771 m³/s, sendo 10,25 m³/s a vazão de referência para estabelecimento dos limites outorgáveis, que no Estado de Minas Gerais corresponde à Q_{7,10}⁷. Segundo a Portaria do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) nº 48, de 04 de outubro de 2019, a vazão residual (não outorgada) deve permanecer em 30% ou 50% dependendo de algumas condições (IGAM, 2019), só que no manancial de Bela Fama esta vazão está em 15%, tendo em vista que só a captação para abastecimento público já consome 85% da Q_{7,10} (RIBEIRO *et al.*, 2018).

A baixa vazão residual, por sua vez, prejudica a manutenção de múltiplos usos da água a jusante e diminui a capacidade de diluição de poluentes no curso d'água, sobretudo quando considerado que os principais afluentes do Rio das Velhas após Bela Fama são os ribeirões Arrudas e do Onça e o rio Sabará, todos com forte pressão antrópica devido à urbanização e com qualidade das águas consideradas ruins ou péssimas (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Assim, há uma situação de criticidade hídrica e potencial conflito pelo uso da água tendo em vista que somente a captação ocorrida em Bela Fama já supera o limite outorgável e inviabiliza outros usos. Esse cenário de escassez ficou evidente nos anos de 2013 e 2014, quando os baixos índices pluviométricos propiciaram um contexto de “crise hídrica”, com uma diminuição significativa da vazão do Rio das Velhas (Figura 9), levando a COPASA a cogitar a construção de um novo manancial para abastecimento público na bacia do Rio Taquaraçu (TORRES *et al.*, 2016).

⁷ Q_{7,10} corresponde a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos.

Figura 9: Rio das Velhas próximo à Bela Fama no ano de 2014.



Fonte: Bianca Aun - 03/08/2021 / CBH Velhas⁸.

Todavia, Jardim (2015) aponta que os dados pluviométricos de 2014 apresentaram um desvio negativo em relação à média, mas estão dentro da série histórica se considerados os períodos secos. Isso evidencia o fato de que o problema em torno da captação em Bela Fama não está correlacionado somente às variáveis climáticas, mas sim ao modelo de gestão dos mananciais que não considera a possibilidade de variação natural da pluviosidade. Neste contexto, qualquer oscilação abaixo da média histórica pode gerar um cenário de “crise hídrica”, ou seja, em que a oferta de água não é capaz de atender as demandas.

Ademais, se destaca a não efetividade dos sistemas de distribuição de água, que possuem perdas significativas, muitas vezes superiores a 30% do total captado. Caso não houvesse essas perdas significativas do sistema de distribuição, muito possivelmente, o cenário de escassez vivenciado em 2013 e 2014 não teria ocorrido ou, pelo menos, seria atenuado.

Não obstante, há uma dimensão qualitativa que deve ser considerada no gerenciamento dos mananciais. Ou seja, a qualidade da água deve ser adequada para o abastecimento ou ao menos propícia para o tratamento, visando sua potabilidade.

Nesse sentido, há diversos mananciais que abastecem Belo Horizonte e sua região metropolitana que sofrem com problemas de poluição, encarecendo e podendo até mesmo inviabilizar economicamente o tratamento de água (MATOS *et al.*, 2017). Um exemplo emblemático deste contexto é a Lagoa da Pampulha, reservatório

⁸ Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/novidades/rio-das-velhas-entra-em-estado-de-alerta-em-nova-lima/>>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

artificial localizado na capital mineira, que já serviu como manancial de abastecimento até o final da década de 1970 (COUTINHO, 2007). Atualmente, devido à poluição hídrica, a Lagoa da Pampulha não exerce mais a função de manancial e nem permite usos que requerem contato primário com a água, atuando apenas como harmonia paisagística (MATOS *et al.*, 2017).

Deste modo, um aspecto importante para a manutenção da quantidade e da qualidade das águas de um manancial é sua proteção contra usos que possam colocar em risco a captação de água. Assim, segundo Magalhães Junior *et al.* (2016), a melhor unidade espacial para a proteção de um manancial deve considerar as relações de causas (atividades humanas) e efeitos (alteração da quantidade e qualidade das águas) na dinâmica espacial e temporal dos sistemas hídricos.

Ainda que a bacia hidrográfica seja a melhor unidade espacial para o estabelecimento das relações de causa e efeito das águas superficiais, ela não contempla a dinâmica das águas subterrâneas que, por sua vez, são limitadas por condições hidrogeológicas que, muitas vezes, não respeitam os limites hidrográficos em superfície.

Não obstante, Magalhães Junior *et al.* (2016, p. 93) afirmam que:

“Visando a finalidade operacional de aplicação do termo, mananciais devem ser concebidos de modo o mais compreensível possível. A área de proteção direta de um manancial deve ser compreendida, neste sentido, como a bacia hidrográfica superficial de contribuição do mesmo. A possibilidade de estabelecimento de limites hidrogeológicos de contribuição dos mananciais (aquíferos) esbarra em dificuldades técnicas e financeiras que podem não ser viáveis em tempo hábil.”

Em Minas Gerais a proteção de mananciais se dá sob a tipologia das Áreas de Proteção Especial (APEs), criadas pela Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. A referida Lei delegou aos estados a função de criar as APEs via decreto para a proteção de mananciais, patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico (BRASIL, 1979). As APEs criadas na RMBH, no entanto, não contemplam todos os mananciais existentes, estando restritas às bacias contribuição dos mananciais presentes na bacia do Rio Paraopeba e às pequenas captações realizadas no Sistema Catarina, Ibirité e Morro Redondo.

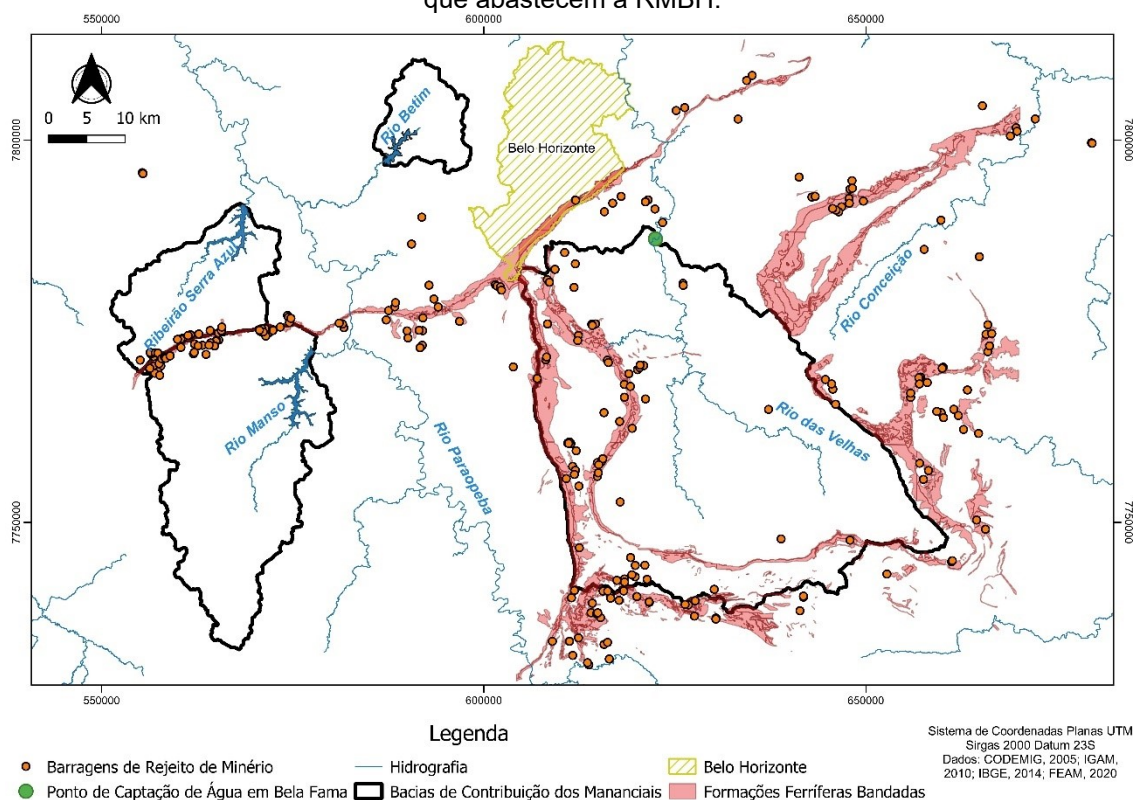
Todavia, as APEs perderam efetividade ao longo do tempo, em muito derivado da ausência de um arcabouço normativo específico que apresentasse instrumentos para a gestão e proteção dos mananciais como, por exemplo, planos de manejo. Tanto

que após a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), as APEs não foram enquadradas nas categorias de unidades protegidas. Isso fez com que a tipologia das APEs permanecesse em um limbo jurídico, sem efetividade e permitindo inúmeros usos da terra que são incompatíveis com um manancial de abastecimento público (MAGALHÃES JUNIOR *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2019).

A área de contribuição de Bela Fama, no entanto, não possui uma APE e nenhuma outra unidade espacial de restrição ao uso da terra que limite atividades humanas incompatíveis com um manancial de abastecimento. Ou seja, não há nenhum mecanismo de ordenamento territorial que vise a proteção de um dos mais importantes mananciais da RMBH.

Com exceção da captação ocorrida em Vargem das Flores, todos os outros mananciais que compõem o Sistema Paraopeba-Rio das Velhas se encontram nos domínios do Quadrilátero Ferrífero e possuem dentro dos limites de suas respectivas bacias diferentes atividades minerárias que fazem a utilização de barragens de rejeito de minério (Figura 10).

Figura 10: Localização das barragens de rejeito em relação às bacias de contribuição dos mananciais que abastecem a RMBH.



Os dados georreferenciados dos barramentos obtidos através do SIGBM e a partir da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA⁹) apresentam informações conflitantes no que diz respeito à disposição espacial de estruturas presentes na bacia de contribuição de Bela Fama.

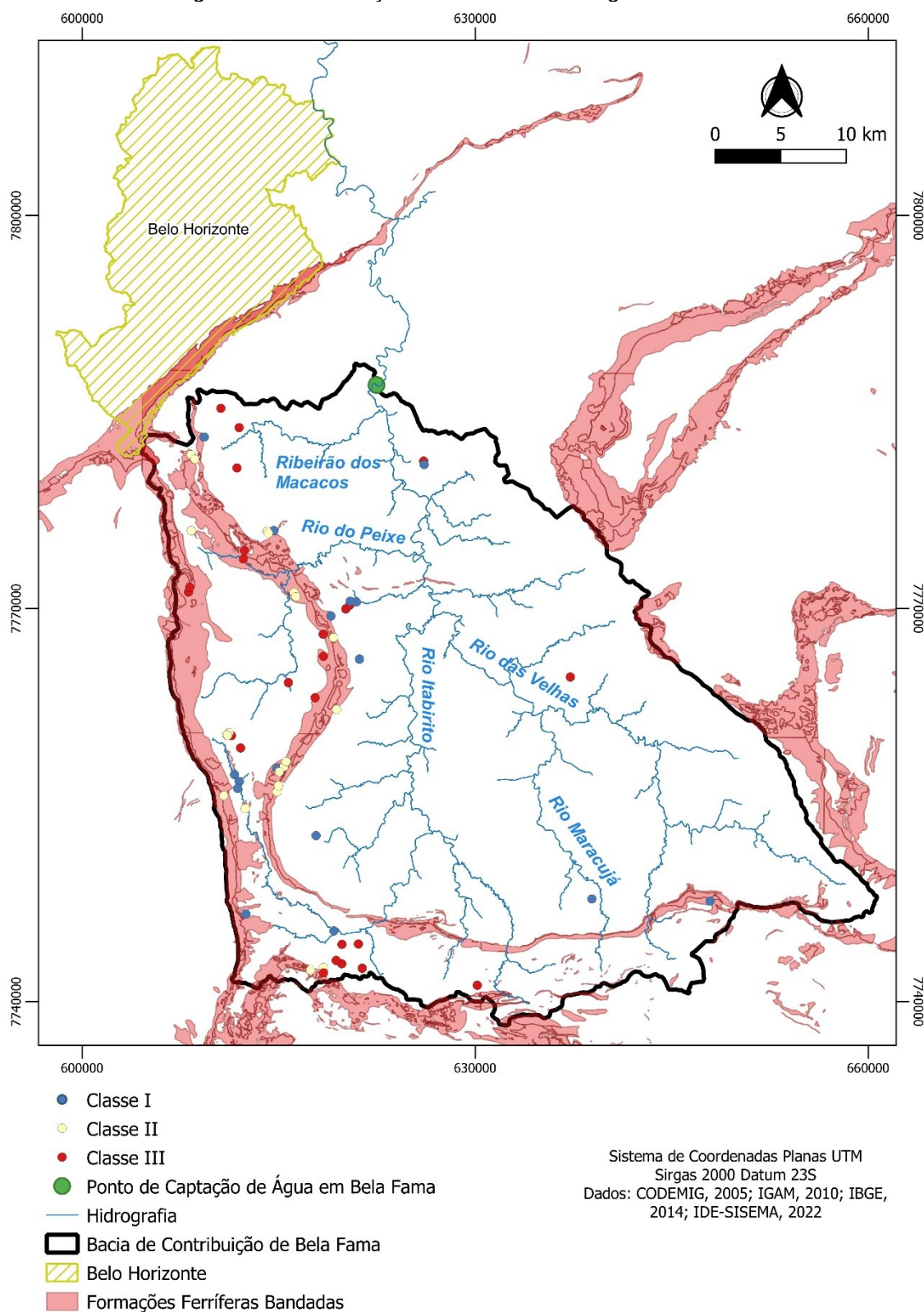
Isso provavelmente deriva do fato de a Política Estadual de Segurança de Barragens ser mais restritiva que a legislação federal no tocante à altura do maciço da barragem (maior ou igual a 10 metros, contra 15 metros da PNSB) e em relação à capacidade total do reservatório (maior ou igual a 1.000.000 m³, contra 3.000.000 m³ da PNSB). Esta conjuntura é similar à apontada por Pinto-Coelho *et al.* (2021), que também identificaram um número maior de barragens de rejeitos de minério nos dados disponibilizados pelo IDE-SISEMA.

Os dados obtidos pelo IDE-SISEMA apontam para um total de 62 estruturas na área de contribuição de Bela Fama, concentradas nos municípios de Itabirito (24 barragens), Nova Lima (19 barragens), Ouro Preto (11 barragens) e Rio Acima (8 barragens). A grande maioria das estruturas se localiza na margem esquerda do Rio das Velhas, ao longo da estrutura geológica denominada Sinclinal Moeda (MEDINA *et al.*, 2005).

De acordo com a definição de classes da FEAM, que segue a classificação de DPA, há 24 barragens de classe III, 21 barragens de classe II e 17 barragens de classe I na área de contribuição de Bela Fama (Figura 11).

⁹ O IDE-SISEMA permite o acesso aos dados geoespaciais relativos à mineração no estado de Minas Gerais, sendo elaborado pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA).

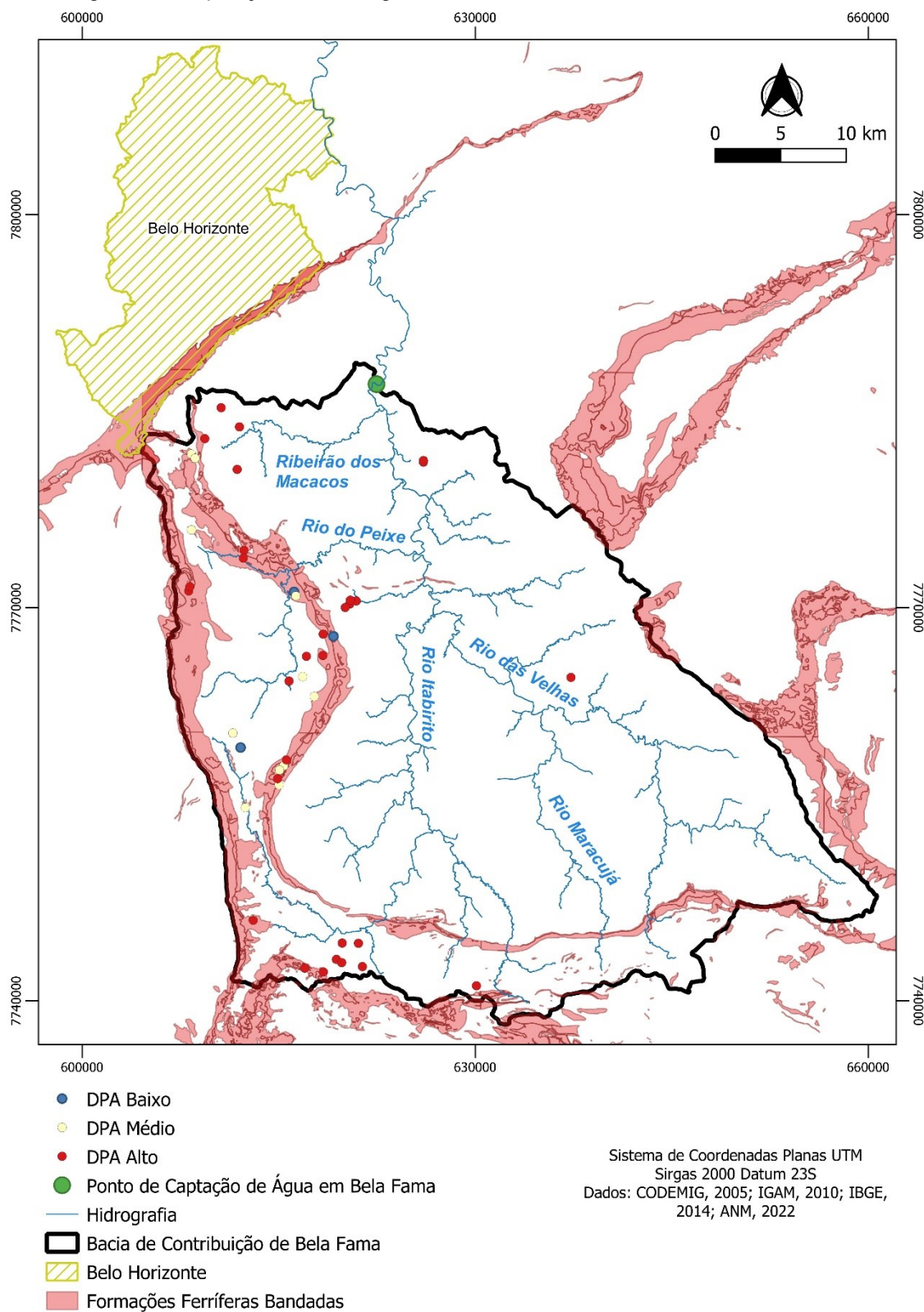
Figura 11: Classificação dos barramentos segundo a FEAM.



Os dados obtidos pelo SIGBM, por sua vez, apontam para um total de 45 barragens na área de contribuição do manancial de Bela Fama. Conforme os dados

disponibilizados pela ANM quanto à categorização por DPA, foram identificadas 30 estruturas com DPA Alto, 12 com Médio e 3 com Baixo (Figura 12).

Figura 12: Disposição das barragens de acordo com o Dano Potencial Associado.



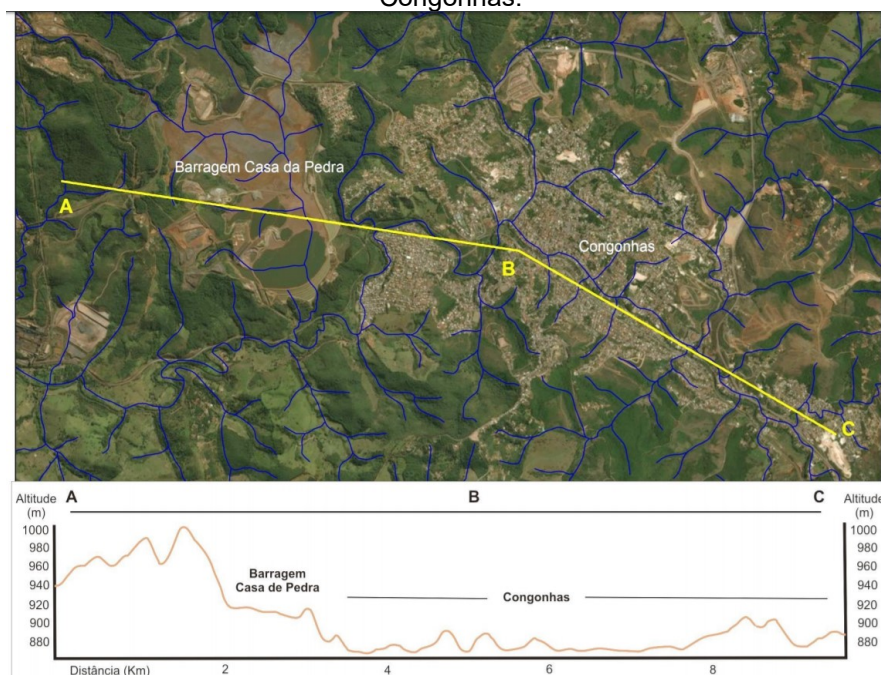
A predominância de estruturas com DPA alto na área de contribuição de Bela Fama (66% do total de barragens) deriva do fato de que, no contexto do Quadrilátero Ferrífero, grande parte das estruturas se localizam à montante de comunidades e aglomerações urbanas (Figuras 13 e 14), ou seja, em caso de alguma falha haverá, potencialmente, relevantes danos socioeconômicos e ambientais.

Figura 13: Barragem Casa de Pedra à montante da cidade de Congonhas.



Fonte: Junia Oliveira - 11/02/2019 / Arquivo Correio Braziliense¹⁰.

Figura 14: Perfil topográfico da localização entre a barragem Casa de Pedra e a cidade de Congonhas.



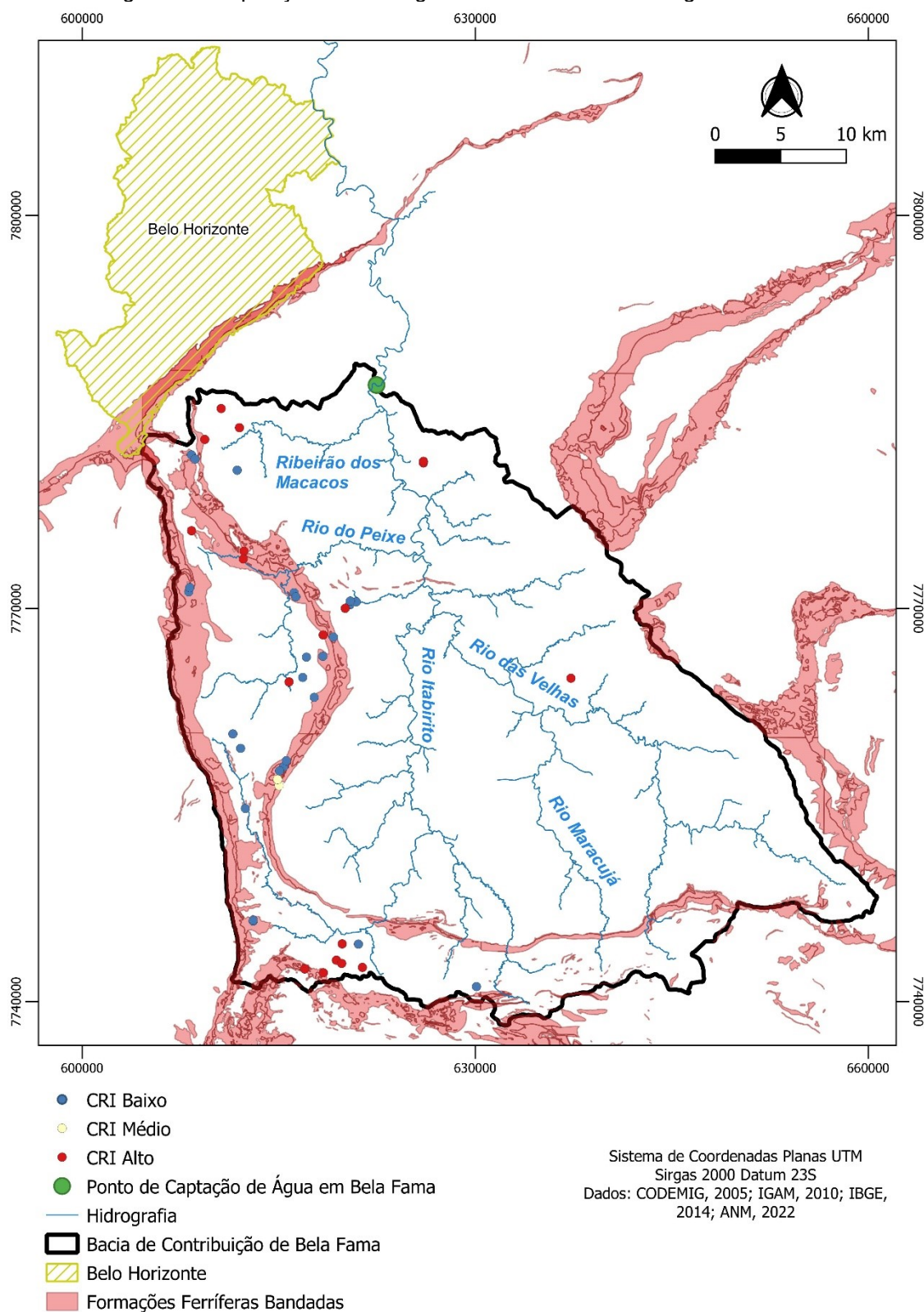
Fonte: Elaboração própria.

¹⁰ Disponível em: <<https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/11/interna-brasil,736670/veja-como-ficaria-congonhas-mg-em-caso-de-rompimento-das-barragens-l.shtml>>. Acesso em: 22 de julho de 2019.

Destaca-se o fato de que 40% dos municípios da RMBH estão localizados à jusante de barragens (CBH RIO DAS VELHAS, 2016). Assim, um evento de falha de grande magnitude pode gerar sérios prejuízos socioeconômicos, ainda mais considerando que grande parte dos barramentos se encontra à jusante um do outro, gerando um “efeito cascata” (COTA *et al.*, 2019). Neste caso, mesmo uma barragem possuindo baixo DPA, por exemplo, pode gerar impactos cumulativos se estiver alinhada com outras estruturas no mesmo vale fluvial.

Já para a CRI, foram identificadas 18 estruturas com CRI alto, 2 com CRI Médio e 25 com CRI baixo na área de contribuição de Bela Fama (Figura 15).

Figura 15: Disposição das barragens de acordo com a Categoria de Risco.



Ademais, destacam-se 27 estruturas sem Declaração de Condição de Estabilidade emitida pelo auditor em Minas Gerais, sendo 13 na área de contribuição

de Bela Fama (Tabela 2). Todas as estruturas sem DCE elencadas na Tabela 2 pertencem à Vale e estão inativas.

Tabela 2: Barragens sem a declaração de estabilidade.

Barragem	Nível de Emergência	Município	Método Construtivo	Volume do Reservatório	CRI/DPA	Prazo para Descaracterização
B3/B4	3	Nova Lima	Montante	2.168.916 m ³	Alto/Alto	2025
Forquilha III	3	Ouro Preto	Montante	19.476.113 m ³	Alto/Alto	2035
Área IX	2	Ouro Preto	Montante	639.854 m ³	Alto/Alto	2024
Dique de Pedra	2	Ouro Preto	Etapa única	500.000 m ³	Alto/Médio	Não é necessário
Forquilha I	2	Ouro Preto	Montante	12.763.176,54 m ³	Alto/Alto	2035
Forquilha II	2	Ouro Preto	Montante	22.778.397,90 m ³	Alto/Alto	2035
Grupo	2	Ouro Preto	Montante	1.961.714 m ³	Alto/Alto	2025
Dique B	1	Nova Lima	Etapa única	489.005 m ³	Alto/Alto	Não é necessário
Capitão do Mato ¹¹	1	Nova Lima	Etapa única	1.819.650 m ³	Alto/Alto	Não é necessário
Maravilhas II	1	Itabirito	Jusante	90.122.658 m ³	Alto/Alto	Não é necessário
Peneirinha	1	Nova Lima	Jusante	953.000 m ³	Alto/Médio	Não é necessário
5 - MAC	1	Nova Lima	Montante	15.553.688 m ³	Alto/Alto	Não informado
Vargem Grande	1	Nova Lima	Montante	8.500.000 m ³	Alto/Alto	2027

Fonte: SIGBM, 2022.

A presença de barramentos sem a condição de estabilidade garantida demonstra alguma alteração em sua estrutura que, conseqüentemente, compromete o maciço da barragem. A recorrência de barramentos sem a garantia de estabilidade indica que não foram efetuadas correções nas estruturas para torná-las estáveis novamente.

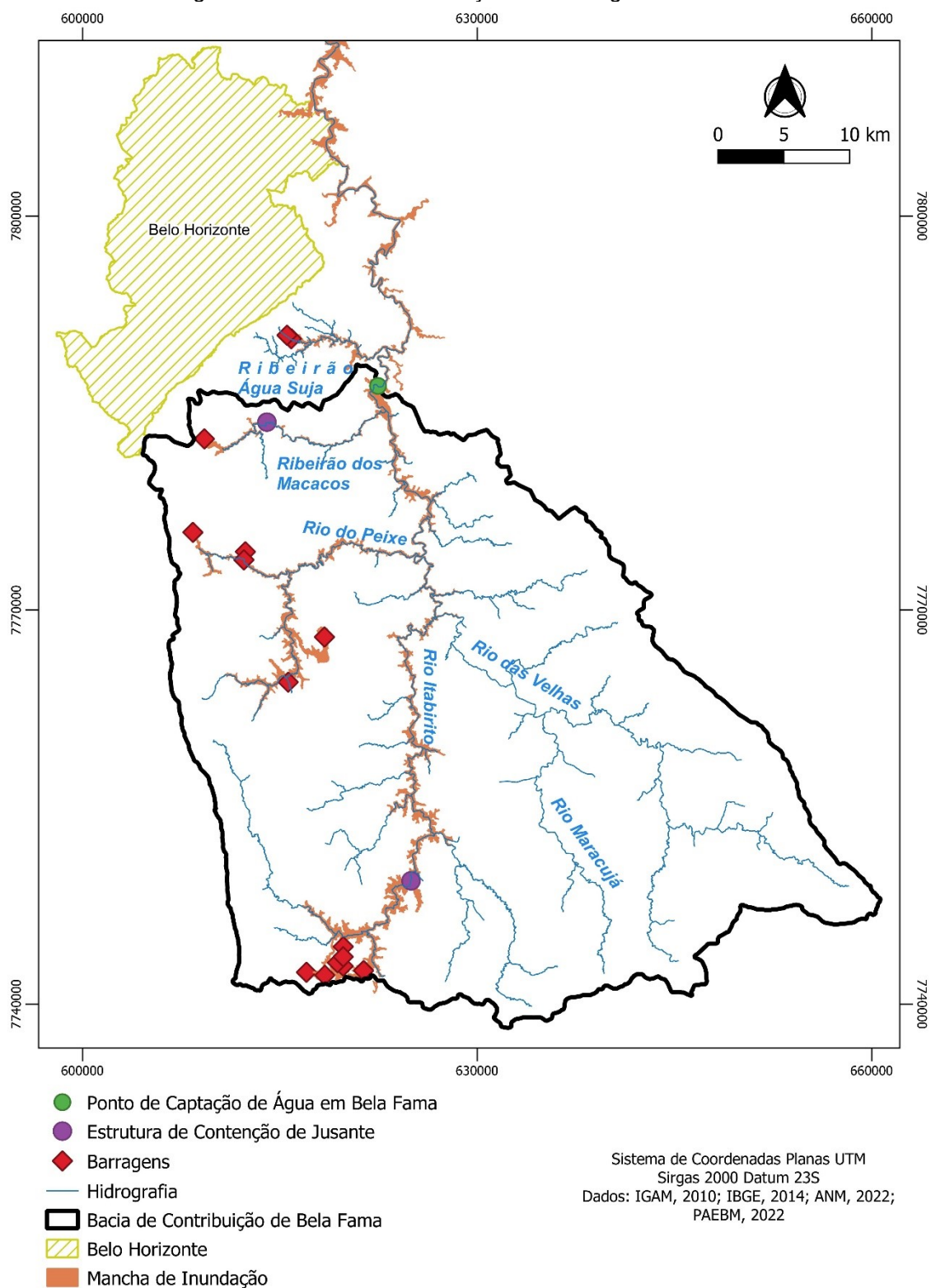
Uma possível causa da recorrência de barragens sem garantia de estabilidade é o fato de a Comissão Permanente do Setor Mineral da Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais ter estabelecido para a Vale S.A. (mineradora responsável por todas as barragens sem condição de estabilidade na bacia de Bela Fama) a proibição de trabalhadores nas áreas afetadas em um possível caso de rompimento, mesmo se os trabalhadores estiverem atuando na correção e manutenção de problemas estruturais no maciço do barramento ou em seus equipamentos (CBH RIO DAS VELHAS, 2020).

¹¹ A estrutura Capitão do Mato é destinada à contenção de sedimentos, enquanto o restante das barragens elencadas armazena rejeito (polpa de minério de ferro).

Não obstante, apesar de essa observação apontada pelo CBH Velhas (CBH RIO DAS VELHAS, 2020), a recorrência de barragens sem a condição de estabilidade garantida pelo auditor já ocorreu diversas outras vezes no contexto do Quadrilátero Ferrífero, com estruturas tendo até quatro anos seguidos sem a garantia de estabilidade (WANDERLEY *et al.*, 2016).

A Figura 16 mostra um panorama da mancha de inundação de todas as estruturas sem DCE de maneira cumulativa.

Figura 16: Manchas de Inundação das Barragens sem DCE.



A barragem 5-MAC é constituída por dois diques e se localiza à jusante de Bela Fama, no vale do Ribeirão Água Suja. No entanto, sua mancha de inundação indica que o rejeito proveniente de um hipotético rompimento iria percorrer remontante o Rio

das Velhas na confluência com o Ribeirão Água Suja, atingindo o manancial de Bela Fama (Figura 17).

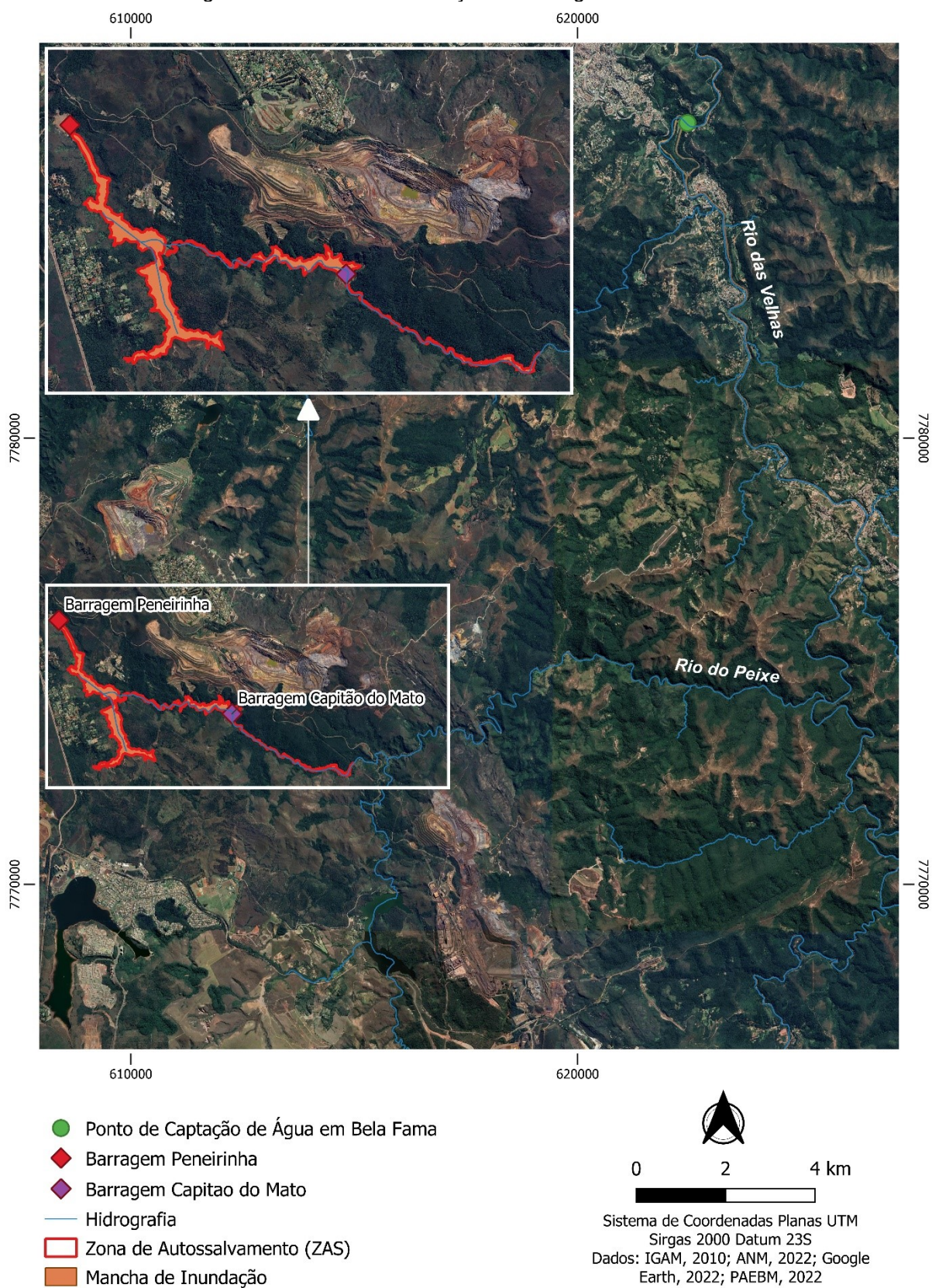
Figura 17: Mancha de Inundação da Barragem 5-MAC.



Há ainda outras três estruturas no vale do Ribeirão Água Suja sem DCE, a saber: barragem 6, 7A e 5 – Mutuca. As estruturas 6 e 7A possuem mancha de inundação que não atinge o manancial de Bela Fama, enquanto a barragem 5 – Mutuca possui mancha de inundação que percorre remontante o vale do Rio das Velhas até atingir Bela Fama. Contudo, não foi possível produzir mapas com a espacialização da mancha de inundação das referidas barragens devido à ausência do arquivo georreferenciado nos seus respectivos PAEBMs.

Todas as estruturas elencadas na Tabela 2 apresentam manchas de inundação que atingem o manancial de Bela Fama, com exceção da barragem de Peneirinha (Figura 18).

Figura 18: Mancha de Inundação da Barragem de Peneirinha.



Não obstante, uma crítica sobre a mancha de inundação da Barragem de Peneirinha é a não consideração dos impactos cumulativos sobre a estrutura de Capitão do Mato, localizada à jusante. Segundo seu PAEBM, a mancha de inundação da estrutura corresponde diretamente à ZAS, estando limitada a 10 km de distância da barragem. Todavia, não foi encontrado nenhuma referência à barragem Capitão do Mato, nem informações se, em caso de rompimento, o rejeito proveniente de Peneirinha poderia provocar o colapso da estrutura localizada à jusante.

Já o PAEBM da estrutura Capitão do Mato, por sua vez, diz em seu relatório técnico que foi considerado a ruptura em cascata de barragens localizadas à montante, sem citar, no entanto, a estrutura Dique B. Esta estrutura, por sua vez, cita em seu PAEBM a barragem Capitão do Mato à jusante, no entanto, não considera uma ruptura em cascata, somente o galgamento do rejeito. Isso se reverbera na dimensão da mancha de inundação das estruturas, que no caso de Capitão do Mato percorreria 164 km e no caso de Dique B percorreria 85 km, sendo que ambas atingem o manancial de Bela Fama (Figuras 19 e 20).

Figura 19: Mancha de Inundação da Barragem Capitão do Mato.

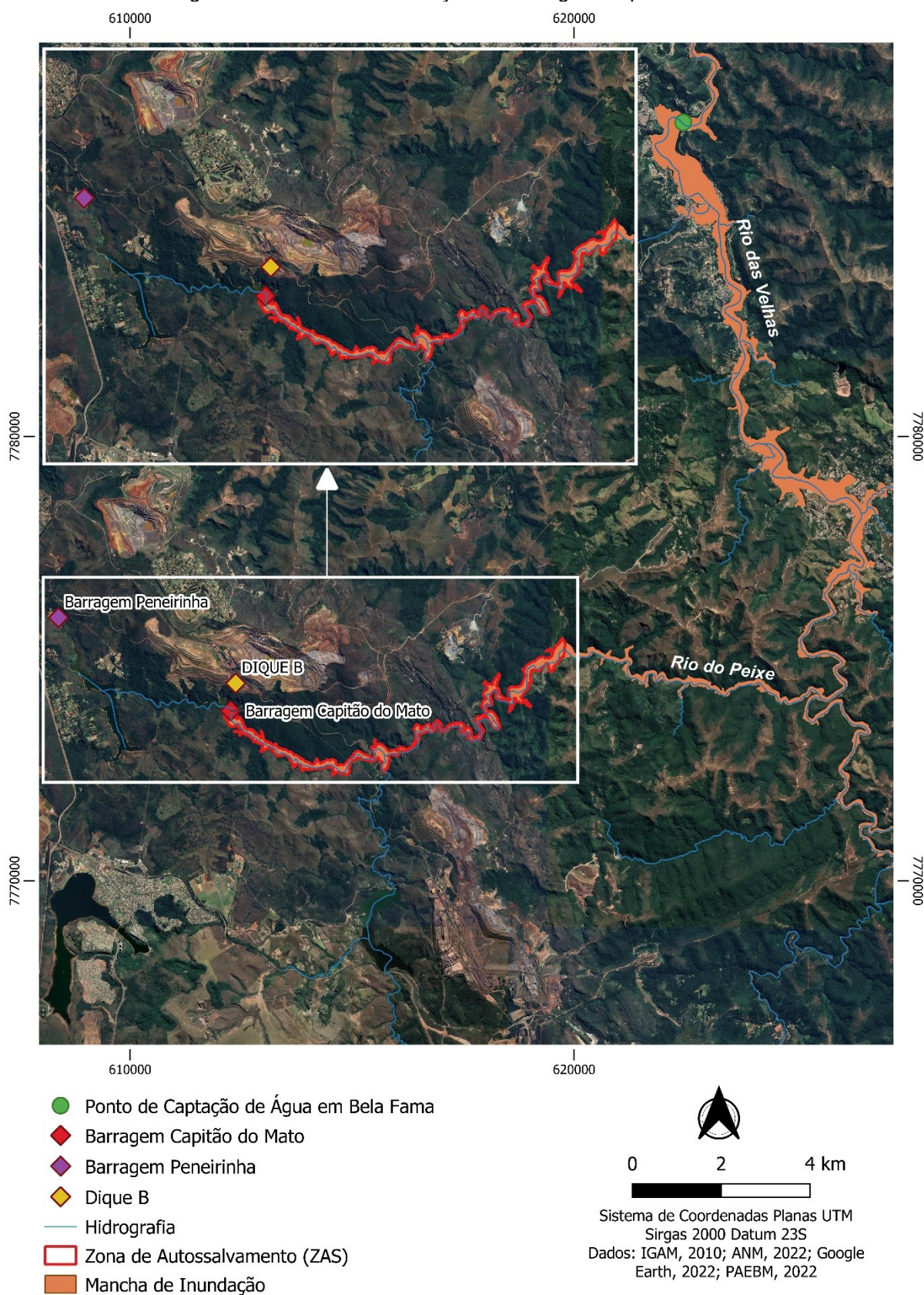
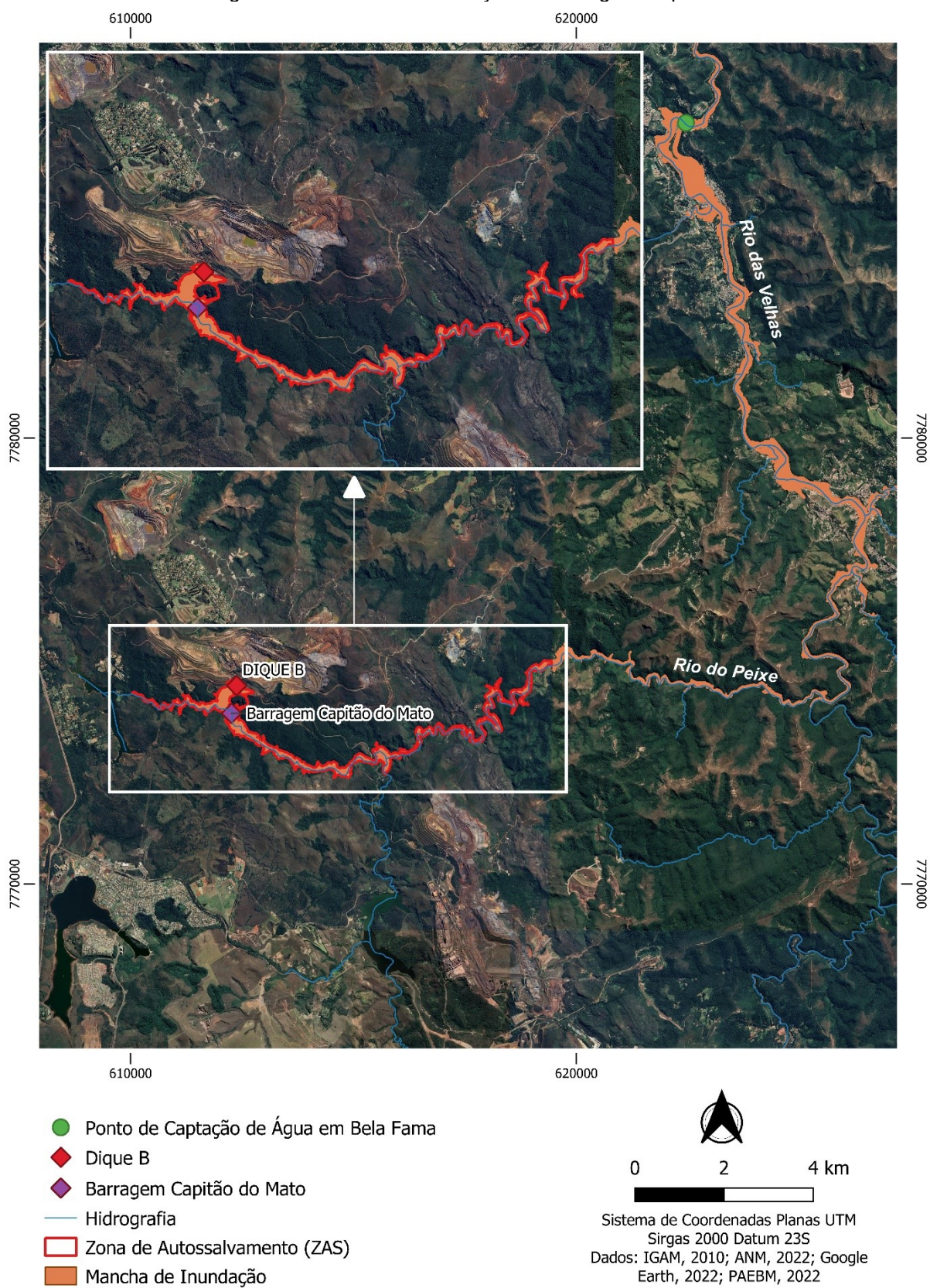


Figura 20: Mancha de Inundação da Barragem Dique B.



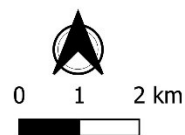
Este contexto de não consideração dos efeitos cumulativos de estruturas localizadas à montante ou à jusante no mesmo vale fluvial entra em contradição com o estabelecido pela PESB, em seu § 12 do artigo 7, que diz que quando houver mais de uma barragem na área de influência de uma mesma mancha de inundação, os estudos dos cenários de rupturas devem considerar a análise sistêmica das estruturas (MINAS GERAIS, 2019b).

A barragem B3/B4 e Forquilha III apresentam nível de emergência III que indica, segundo a Resolução da ANM nº 95/2022, fator de segurança baixo ou que a ruptura é inevitável ou está ocorrendo. Considerando este contexto, foram construídas ECJs para essas estruturas (Figuras 21 e 22), sendo que para Forquilha III a ECJ serve também para reter o material proveniente do rompimento hipotético de outras barragens pertencentes ao complexo da mina de Fábrica, a saber: Forquilha I, Forquilha II, Forquilha IV, Grupo, Área IX e Dique de Pedra.

Figura 21: Mancha de Inundação da Barragem B3/B4.

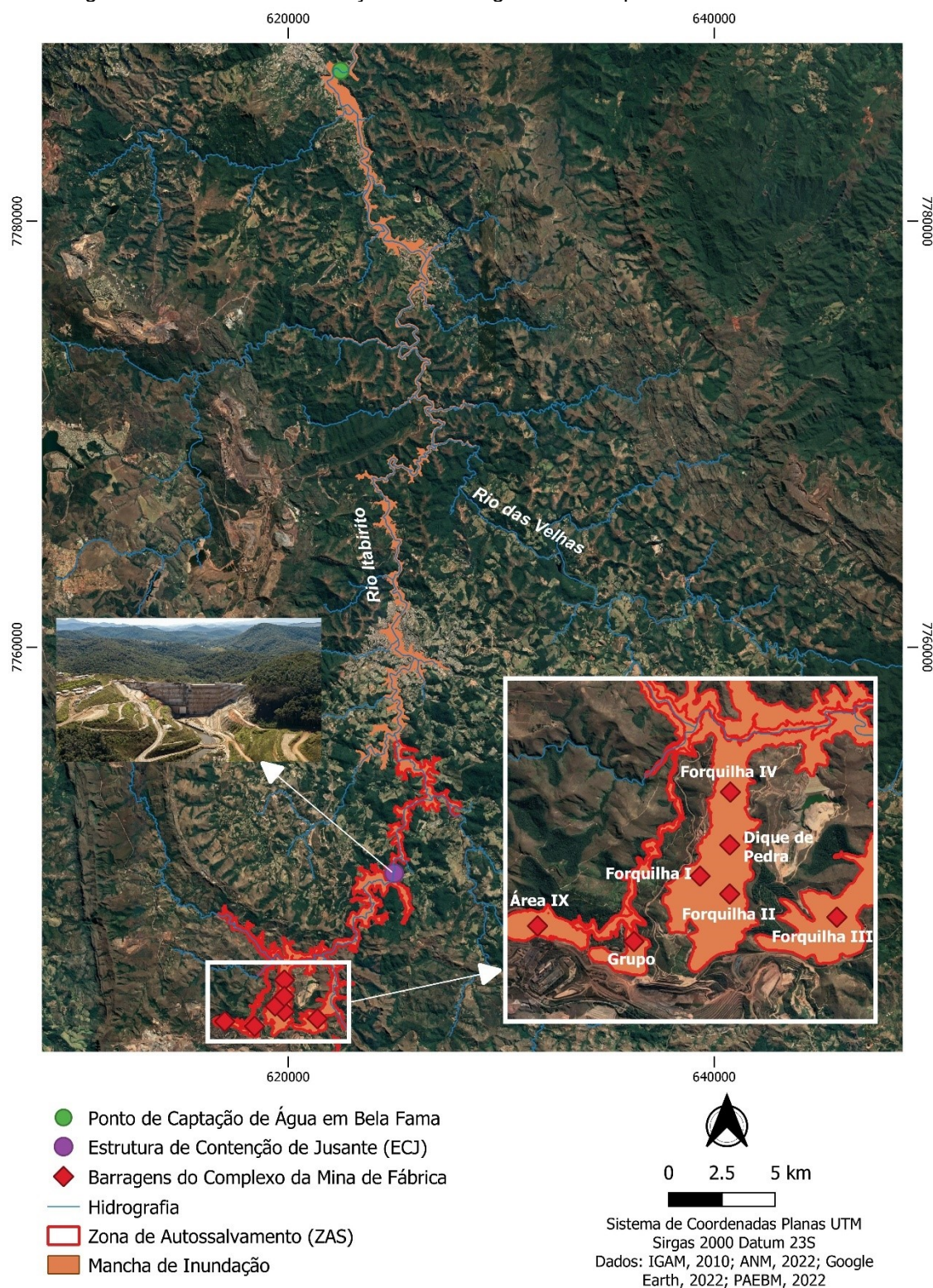


- Ponto de Captação de Água em Bela Fama
- Estrutura de Contenção de Jusante (ECJ)
- ◆ Barragem B3/B4
- Hidrografia
- Zona de Autossalvamento (ZAS)
- Mancha de Inundação



Sistema de Coordenadas Planas UTM
 Sirgas 2000 Datum 23S
 Dados: IGAM, 2010; ANM, 2022; Google
 Earth, 2022; PAEBM, 2022

Figura 22: Mancha de Inundação das Barragens do Complexo da Mina de Fábrica.



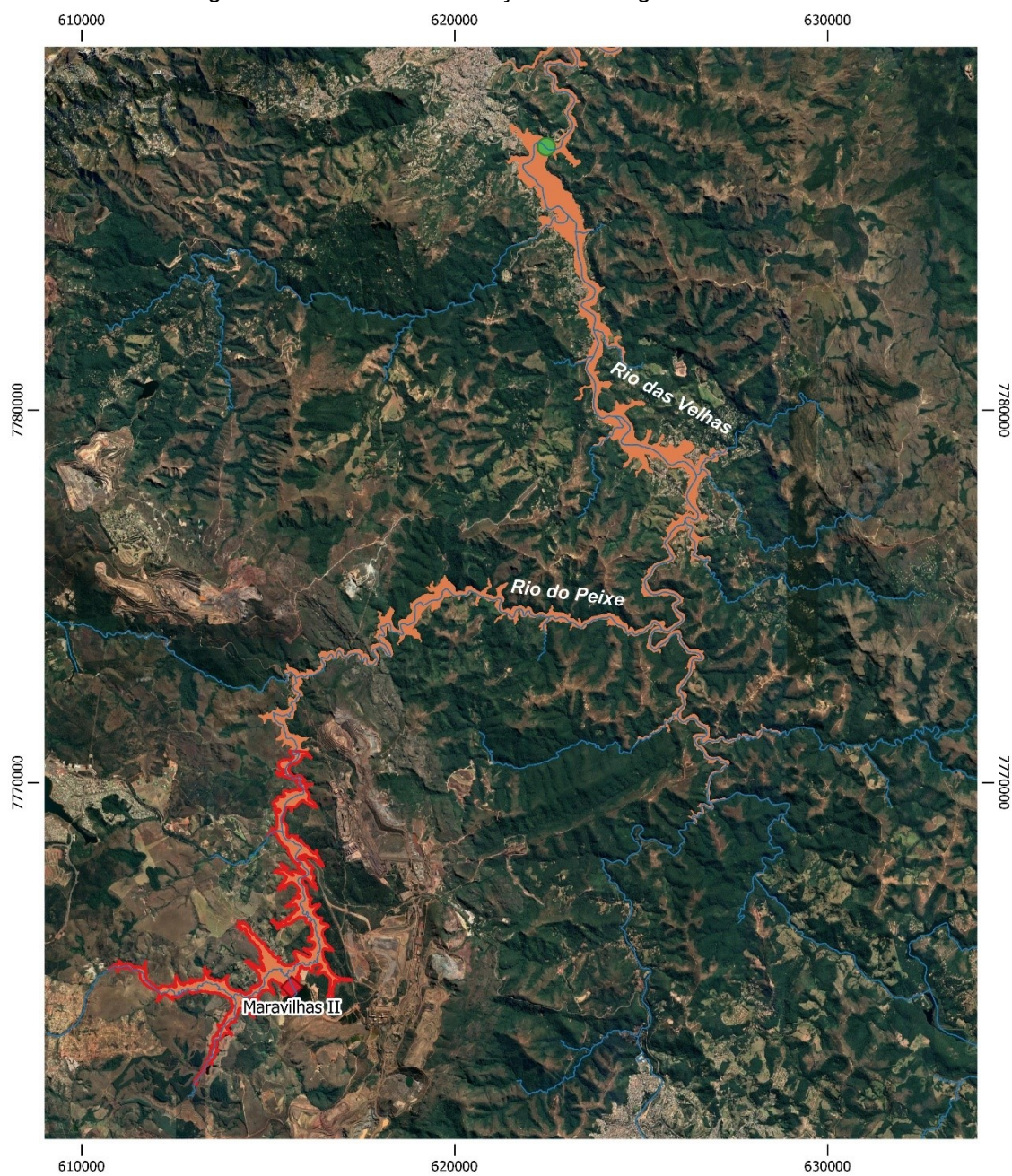
A mancha de inundação das referidas barragens, segundo seus PAEBMs, se limita às ECJs. Assim, não há referência a cenários decorrentes do rompimento das ECJs, somente a exigência de DCE, conforme descrito no capítulo 3. Não obstante, a

Instrução Técnica 01/2021 do Gabinete Militar do Governador (GMG)/Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) estabelece como obrigatoriedade o estabelecimento dos cenários de ruptura das ECJs, sendo sua ausência um dos motivos para reprovação do PAEBM (GMG/CEDEC, 2021).

Assim, foram encontrados nos PAEBMs a mancha de inundação das ECJs, incluindo suas ZAS, que foram espacializadas nas Figuras 21 e 22. Todavia, não há referência aos impactos da ruptura das ECJs e sua respectiva mancha de inundação nos PAEBMs, sendo disponibilizados somente os mapas. Consoante, mesmo as manchas de inundação atingindo Bela Fama, isso não é considerado, sendo negligenciado dentro do diagnóstico de abastecimento público de água.

As outras duas estruturas sem DCE e com manchas de inundação que atingem Bela Fama são Maravilhas II (Figura 23) e Vargem Grande (Figura 24).

Figura 23: Mancha de Inundação da Barragem Maravilhas II.



- Ponto de Captação de Água em Bela Fama
- ◆ Barragem Maravilhas II
- Hidrografia
- Zona de Autossalvamento (ZAS)
- Mancha de Inundação

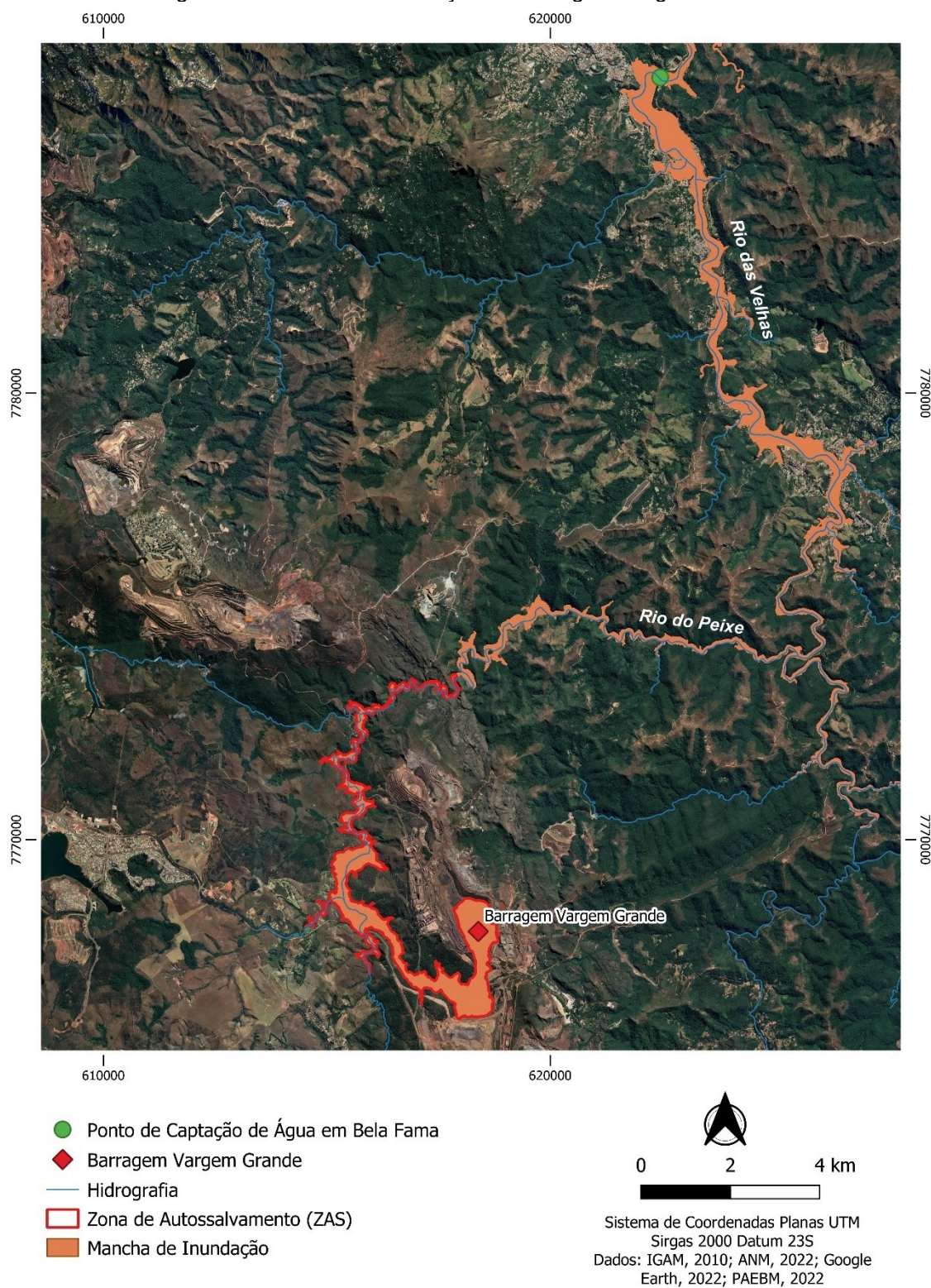


0 2.5 5 km



Sistema de Coordenadas Planas UTM
 Sirgas 2000 Datum 23S
 Dados: IGAM, 2010; ANM, 2022; Google
 Earth, 2022; PAEBM, 2022

Figura 24: Mancha de Inundação da Barragem Vargem Grande.



Assim, com exceção das barragens que possuem ECJ e da estrutura de Peneirinha, todas as outras barragens sem DCE possuem mancha de inundação que atingem o manancial de Bela Fama. Um aspecto a se destacar inicialmente é que

apesar de cada PAEBM se referir à uma barragem em específico, a parte tocante ao diagnóstico de abastecimento de água apresenta elementos semelhantes entre os diferentes planos, sendo que os planos de contingência para o abastecimento da RMBH em caso de comprometimento de Bela Fama são praticamente cópias de um PAEBM para outro.

Nesse sentido, é informado nos PAEBMs que a Vale construiu um muro no entorno da elevatória para captação de água do manancial de Bela Fama para preservá-la durante um evento de rompimento. Não obstante, é deixado claro que a captação de água seria suspensa enquanto a mancha de inundação estiver ativa.

É informado também que os municípios ficariam cerca de 365 dias com o abastecimento comprometido, tendo em vista a complexidade das obras para implantação das soluções previstas. Como contrapartida, a Vale está implantando uma adutora de aproximadamente 4 km para captação de água no reservatório de Cambimbe, pertencente a empresa AngloGold Ashanti e que poderia suprir Bela Fama com 400 l/s (PAEBM Maravilhas II, 2021). Todavia, a implantação desta adutora não supre por completo a demanda de Bela Fama, caso o manancial seja atingido em um hipotético rompimento.

Assim, o plano de contingência da Vale propõe a divisão da RMBH em cidade formal, usuários essenciais (creches, instituições de ensino público e unidades de saúde), aglomerados subnormais (cidade informal), zonas vulneráveis (locais com dificuldades geográficas e/ou técnicas de abastecimento) e regiões sem condições técnicas de abastecimento.

Para a cidade formal, os PAEBMs estabelecem seis zonas de rodízio e racionamento de água, em que cada zona seria abastecida por um dia seguido de dois dias sem abastecimento. Para os usuários essenciais, aglomerados subnormais e zonas vulneráveis ficou definido o abastecimento via caminhão pipa e a construção de poços tubulares ou reservatórios complementares.

Já as áreas sem condições técnicas de abastecimento são aquelas que recebem água exclusivamente de Bela Fama e não são integradas aos mananciais do Sistema Paraopeba. Constituem-se de parte dos municípios de Nova Lima, Sabará, Raposos e dois bairros de Belo Horizonte (Pirineus e Conjunto Taquaril). Assim, para essas localidades não é possível o sistema de rodízio no abastecimento e são previstas a instalação de reservatórios comunitários e abastecimento via caminhão pipa.

É importante ressaltar que não é deixado claro nos PAEBMs onde seria captada a água que seria disponibilizada para a população da RMBH via caminhões pipa e nem informado se o Sistema Paraopeba conseguiria suprir toda a demanda deixada por Bela Fama, mesmo com o estabelecimento do rodízio. É informado apenas que o abastecimento via caminhão pipa se limitará a 25% da vazão em condições normais e que o cálculo do número de caminhões pipa necessários para garantir o abastecimento considerará este critério.

Ademais, vale ressaltar que os PAEBMs e os planos de contingência para o abastecimento de modo geral apresentam um caráter enciclopédico e segmentado, o que dificulta a sistematização das informações. Isso fica claro na divisão dos PAEBMs em cinco seções, sendo que informações sobre o abastecimento são apresentadas, muitas vezes, em seções distintas, mesmo sendo informações complementares. Este aspecto vai no sentido oposto do disposto na Resolução da ANM n° 95/2022, que preza que o PAEBM seja um documento técnico de fácil entendimento, o que não se percebe nos PAEBMs das estruturas sem DCE na área de contribuição de Bela Fama.

Por fim, destaca-se ainda o aspecto acrítico dos PAEBMs que simplesmente estabelece as condições de rodízio no abastecimento sem considerar a dinâmica socioeconômica e as particularidades dos usuários da água, ou seja, mesmo aqueles que não são compreendidos como usuários essenciais podem ter necessidades de abastecimento específicas e que não são supridas pelo rodízio proposto de um dia de abastecimento seguido de dois dias de racionamento.

Consoante, sob a égide legal, toda esta conjuntura apresentada não é entendida como conflito pelo uso da água no estado. De acordo com o Decreto Estadual n° 47.705, de 4 de setembro de 2019, uma situação de conflito se dá em uma lógica quantitativa, quando a demanda por água supera o limite outorgável (MINAS GERAIS, 2019c).

Deste modo, a presença de uma estrutura como Maravilhas II com 90.122.658 m³ de rejeito armazenado (o dobro da barragem de Fundão que se rompeu em Mariana no ano de 2014), sem DCE e com uma mancha de inundação de 353 km que atingiria Bela Fama (PAEBM Maravilhas II, 2021), comprometendo o abastecimento da RMBH e estabelecendo um sistema de racionamento e rodízio no abastecimento público, não é entendido como conflito.

Ribeiro *et al.* (2018) destacam que o aspecto quantitativo para o estabelecimento de conflito pelo uso dos recursos hídricos exclui outras dimensões

tangentes ao uso da água, como critérios qualitativos e até mesmo uma percepção social de que conflitos ou usos incompatíveis estejam ocorrendo.

6. AS RECENTES FALHAS NO GERENCIAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO EM MINAS GERAIS E SUAS PROBLEMÁTICAS LEGAIS

As recentes falhas envolvendo barragens de rejeito de minério em Minas Gerais suscitaram diferentes questionamentos acerca dos instrumentos de comando e controle que fazem parte do processo de gerenciamento dessas estruturas.

No caso de rompimento de uma barragem, por exemplo, suas causas precedem o evento em si e são consequências do modelo de gestão das estruturas que, por sua vez, guiam os processos de tomada de decisão e se reverberam de diversas maneiras em fragilidades na manutenção da estabilidade dos barramentos. Assim, será apresentado a seguir as problemáticas legais e gerenciais dos recentes casos de falhas envolvendo barragens de rejeito de minério no Quadrilátero Ferrífero.

Não obstante, deve se considerar a dimensão social que envolve os barramentos, considerando as relações de poder e os interesses que permeiam as dinâmicas de uso e ocupação dos territórios. Consoante, não se pode afastar a dimensão humana da presença dos barramentos, pois mesmo antes de um evento de rompimento, os processos legais e decisórios acerca de um barramento são determinados por estruturas de poder inerentes às relações sociais.

Deste modo, pretende-se ir além de uma análise puramente tecnocrática da legislação que permeia os barramentos, buscando reflexões sobre como as relações sociais e as estruturas de poder permitem, por exemplo, que treze barramentos permaneçam sem condição de estabilidade por seguidos anos na bacia do manancial de Bela Fama, conforme apresentado no capítulo 5.

6.1 O rompimento da barragem de Fundão em Mariana

No dia 05 de novembro de 2015 a barragem de Fundão pertencente à Samarco Mineração S.A. (*joint venture*¹² entre Vale e BHP Billiton Brasil Ltda – subsidiária brasileira da anglo-australiana BHP Billiton) rompeu no município de Mariana, lançando cerca de 45 milhões de metros cúbicos de rejeitos nas artérias fluviais subjacentes à estrutura (FEAM, 2016), vitimando 19 pessoas.

¹² O termo “*joint venture*” corresponde a união de duas ou mais empresas independentes juridicamente para formar uma nova empresa, tendo o objetivo de praticar uma atividade econômica comum (WANDERLEY *et. al.*, 2016).

A barragem de Fundão fazia parte do Complexo de Germano, que consistia também da barragem de Germano e da Barragem de Santarém (Figura 25). Após o rompimento da estrutura, foi gerado uma “onda de lama” que percorreu o vale do córrego do Fundão (onde estava localizada a barragem) e do córrego de Santarém, atingindo a barragem de Santarém (localizada a jusante) sem, contudo, levar ao seu rompimento. Os rejeitos liberados de Fundão somente danificaram o maciço da barragem de Santarém, galgando a estrutura.

Figura 25: Disposição das barragens do Complexo de Germano.



Fonte: FEAM, 2016.

Os rejeitos continuaram fluindo em direção à jusante até chegar ao rio Gualaxo do Norte. A calha do curso d'água não conseguiu abarcar todo o rejeito proveniente do rompimento, que extravasou e atingiu suas áreas marginais, destruindo ou danificando as estruturas ali presentes. Nesse sentido, vale destacar que os subdistritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo (pertencentes ao município de Mariana) foram fortemente atingidos pela lama e ficaram praticamente destruídos (Figura 26).

Figura 26: Distrito de Bento Rodrigues após o rompimento da barragem de Fundão.



Fonte: Daniel Marenco - 06/11/2015 / Arquivo O Globo13.

A barragem de Fundão foi a última do Complexo de Germano a entrar em operação, o que ocorreu somente em 2008 após o fechamento da barragem de Germano, que havia iniciado suas operações em 1977. A principal fonte de informação sobre a estrutura e seu rompimento é o Relatório sobre as Causas Imediatas da Ruptura da Barragem de Fundão feito pelo Comitê de Especialistas para Análise da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão (MORGENSTERN *et. al.*, 2016). Assim, as informações apresentadas a seguir se baseiam no referido trabalho.

Para compreender a ruptura da barragem é necessário ter ciência que dois tipos de rejeitos eram lançados no barramento, a saber: rejeitos arenosos e lamosos (material de textura fina, similar à argila). Originalmente foi pensado o depósito das areias atrás do dique (praia de rejeitos) com largura de 200 metros para a drenagem da estrutura e para reter a lama que seria depositada, de modo a impedir a mistura dos diferentes tipos de rejeito. Após a construção do dique de partida a estrutura seria alteada pelo método à montante para aumentar sua capacidade de armazenamento.

Durante a operação da barragem de Fundão houve uma série de ocorrências em seu funcionamento. A primeira ocorreu em 2009, logo após a construção do dique de partida, quando o talude de jusante do dique 1 apresentou indícios de erosão interna ou processo de *piping*, o que deriva de falhas graves na construção dos drenos

¹³ Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/acidente-em-mariana-o-maior-da-historia-com-barragens-de-rejeitos-18067899>>. Acesso em: 22 de julho de 2019.

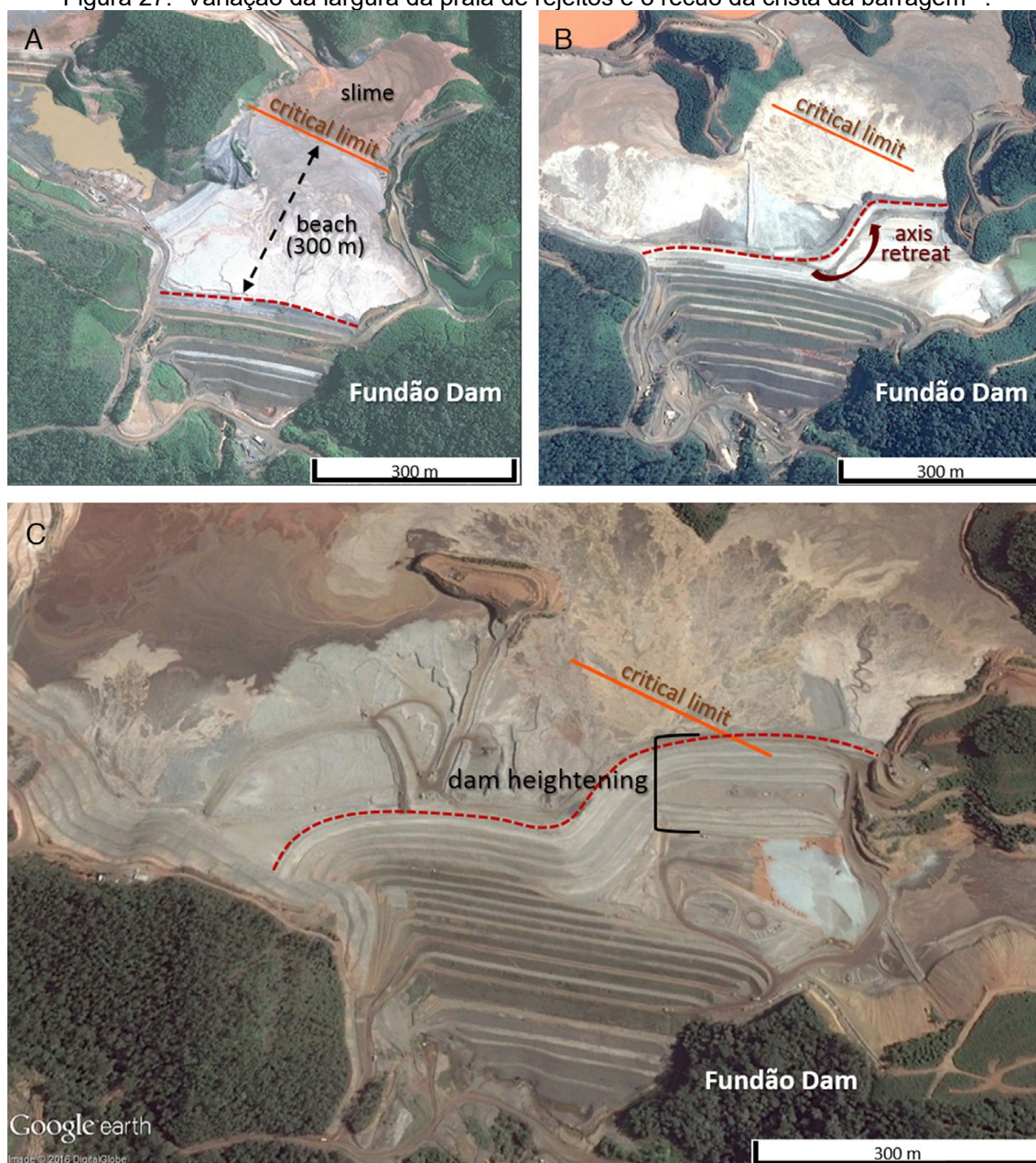
de fundo que, posteriormente, foram selados. Para substituí-los foi adicionado um tapete drenante na superfície dos rejeitos que, por sua vez, permitiria o alteamento da estrutura.

Todavia, como o dreno de fundo estava inoperante, o rejeito arenoso já se encontrava saturado abaixo do tapete drenante e pode ter sido um dos fatores potenciais para a liquefação da areia.

No projeto do barramento era essencial que o rejeito arenoso drenasse livremente a água, ou seja, a lama de baixa permeabilidade não poderia impedir esta drenagem. Não obstante, durante os anos de 2011 e 2012 o lançamento de lama e água na barragem tornou difícil o controle da largura da praia de rejeitos, que chegou a ficar até 60 metros da crista, contrariando a largura mínima de 200 metros.

Uma série de problemas relacionados à drenagem da estrutura ocorreu a partir de 2010, sendo que em 2012 uma galeria secundária localizada na ombreira esquerda estava comprometida e não podia suportar mais alteamentos. Assim, foi feito um recuo da crista da barragem (Figura 27) para a parte detrás da galeria, de modo a permitir novos alteamentos. Com isso, a crista ficou mais próxima ou até mesmo acima da água e da lama depositada.

Figura 27: Variação da largura da praia de rejeitos e o recuo da crista da barragem¹⁴.



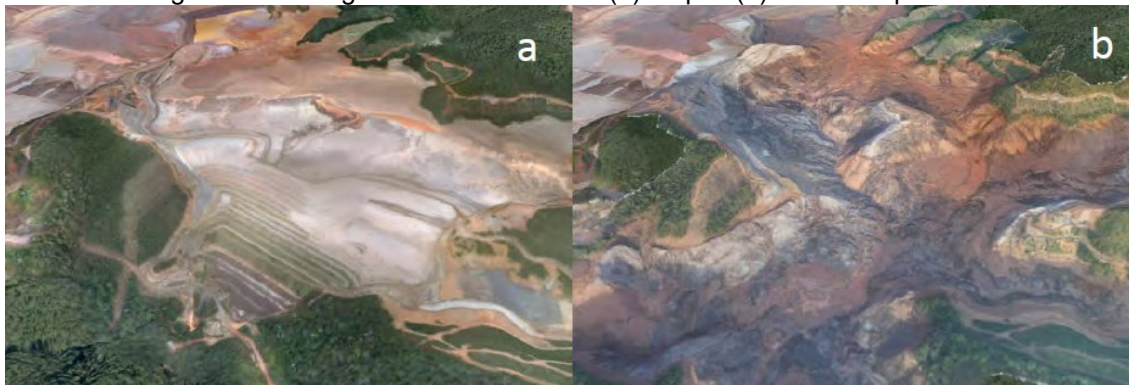
Fonte: Carmo *et. al.* (2017) adaptado de Google Earth.

A partir daí começaram a surgir sequencialmente surgências na estrutura, evidenciando problemas de drenagem. O constante alteamento da barragem aumentou a carga sobre a lama, comprimindo-as e ocasionando uma deformação lateral que variou a tensão nas areias e possibilitou que elas ficassem saturadas,

¹⁴ (A) Presença da praia de rejeitos com 300 metros de largura destacando o limite crítico entre lama e areia (linha laranja); (B) Recuo da crista da barragem; (C) Limite crítico do contato entre areia e lama próximos ou no contato com a crista da barragem.

gerando diversas trincas na estrutura e fornecendo condições para que o processo de liquefação e deslizamento de fluido ocorresse¹⁵ (Figura 28).

Figura 28: Barragem de Fundão antes (a) e após (b) o seu rompimento.



Fonte: Morgenstern *et. al.*, 2016.

O rompimento da barragem de Fundão, portanto, decorreu de uma série de fatores operacionais da estrutura, a saber:

- Problemas no dreno de fundo que levaram à alteração do projeto inicial do barramento e conseqüentemente à saturação dos rejeitos acumulados;
- Deposição de lama em áreas não previstas;
- Alçamento da barragem sobre a lama.

Consoante, a falha da estrutura revelou uma série de problemáticas legais e normativas que permeiam o gerenciamento de barragens de rejeito de minério em Minas Gerais. Diversos estudos apontam para um conjunto de problemas no EIA da barragem de Fundão.

A primeira crítica a se tecer é o fato de terem sido apresentados três EIA-RIMAs aos órgãos ambientais durante a construção e operação da barragem de Fundão, em 2005, 2012 e 2013. Isso faz parte de uma estratégia de fragmentação do processo de licenciamento, onde a cada obra ou alteração na estrutura da barragem se faz um novo EIA com novas informações sobre programas de mitigação, compensação e monitoramento, sem uma discussão ampla sobre a exploração mineral e sua área de influência, o que dificulta o controle e a participação social em audiências públicas (WANDERLEY *et. al.*, 2016; SARAIVA e FERREIRA, 2018).

Essa fragmentação do processo de licenciamento, por sua vez, foi limitada após a instituição da Lei Estadual n° 23.291/2019, que exigiu, para obtenção do

¹⁵ O intuito não é especificar geotecnicamente os mecanismos que levaram às falhas nas estruturas, mas sim fornecer um panorama de quais aspectos gerenciais dos barramentos foram determinantes para que os eventos de falha acontecessem.

Licenciamento Prévio, o estabelecimento da cota máxima que as barragens podem alcançar após os alteamentos. Assim, desde o projeto inicial da estrutura já é possível ter dimensão do volume que será armazenado e também da mancha de inundação que será gerada quando a barragem estiver com a capacidade máxima. Este aspecto é de extrema relevância, pois desde o início das operações a população potencialmente atingida terá ciência da presença da estrutura, e não somente na medida que a barragem for sendo alteada, ou seja, quando a área de impacto for aumentando a cada alteamento realizado.

Costa *et. al.* (2016, p. 108) destaca as alternativas locais apresentadas para a construção de barragens como “meramente burocrática nos EIAs, fazendo com que essa etapa funcione como uma legitimação do local previamente escolhido pela empresa, ante possibilidades absurdas e/ou improváveis”. No caso da barragem de Fundão, as alternativas locais apresentadas compreendiam o vale do córrego da Natividade (descartado por possuir uma Reserva Particular do Patrimônio Natural - unidade de conservação de proteção integral – além de aspectos arqueológico) e o vale do córrego Brumado (descartado por já prever uma futura barragem e apresentar maior custo de implantação) (WANDERLEY *et. al.*, 2016).

Em ambas as alternativas o impacto sobre o subdistrito de Bento Rodrigues (completamente destruído pelo rompimento da barragem) seria menor. Caso a barragem estivesse no córrego da Natividade, por exemplo, Bento Rodrigues não estaria na rota da lama (WANDERLEY *et. al.*, 2016).

O fato da barragem de Fundão estar inserida em um sistema de drenagem com outros barramentos já estabelecidos foi considerado um aspecto positivo para o licenciamento e permitiria uma futura conexão com a barragem de Germano (BRANDT, 2005). Deste modo, foi desconsiderando a complexidade espacial de onde a estrutura foi instalada, já que em caso de rompimento os rejeitos atingiriam outra barragem, podendo gerar um efeito em cascata.

Um dos elementos básicos para barragens de rejeito de minério é a modelagem espacial dos rejeitos em caso de rompimento, algo inexistente no EIA da barragem de Fundão (COSTA *et. al.*, 2016). Outro aspecto a se destacar é a ausência de sirenes ou avisos luminosos na comunidade de Bento Rodrigues para sinalizar o evento de rompimento, o que evidencia uma falha grave no Plano de Ação Emergencial da estrutura (MPF, 2016).

O EIA considerou apenas as áreas vizinhas do empreendimento no estudo, citando Bento Rodrigues como a única comunidade próxima à Bento Rodrigues (MPF, 2016). Esse dado se mostrou completamente falho, tendo em vista que o rompimento não atingiu somente Bento Rodrigues, mas também Paracatu de Baixo, Gesteira e Barra Longa. Além disso, outros danos socioambientais foram negligenciados, como o fato de o rejeito percorrer mais de 650 km de calha ao longo da bacia do Rio Doce até o oceano Atlântico, gerando impactos não só no curso d'água, como também em ambiente marinho (ANDRADES *et. al.*, 2020).

É notório, portanto, que o EIA apresentava um estudo obsoleto e com diversos problemas (COSTA *et. al.*, 2016; MPF, 2016; SARAIVA e FERREIRA, 2018), desconsiderando os reais impactos da instalação da barragem, o que gera o questionamento acerca de como um estudo para implementação de um empreendimento classe III (alto potencial de dano ambiental) com tantas falhas e erros foi aprovado no COPAM. Este questionamento será problematizado ao longo do Capítulo 7.

Nesse sentido, vale destacar que o Manual de Operações do barramento presente na Licença de Instalação não foi respeitado, sendo este um dos aspectos fundamentais que levaram ao colapso da estrutura. O gerenciamento da lama na barragem, por exemplo, não respeitou o manual de operações, misturando o material arenoso com a lama e não respeitando o limite mínimo de 200 metros da praia de rejeitos (MPF, 2016).

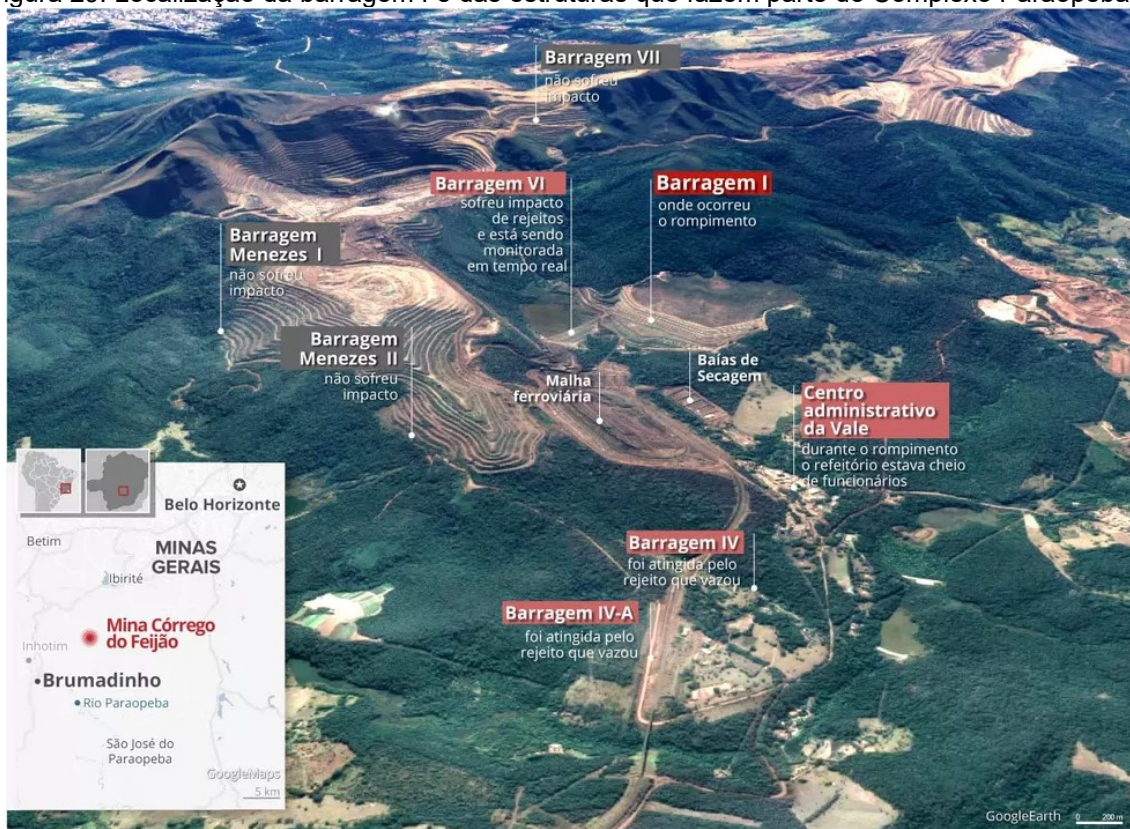
De acordo com o Ministério Público Federal (MPF, 2016), o lançamento de rejeitos provenientes da usina de Alegria pela Vale não estava presente no EIA, nos Relatórios Anuais de Lavra e nos Planos de Aproveitamento Econômico. Ou seja, tanto a SEMAD quanto o DNPM (atual ANM) não tinham conhecimento deste procedimento que, segundo o Ministério Público Federal (MPF, 2016) contribuiu para a perda de controle na separação dos diferentes tipos de rejeito na barragem. Surpreende o fato de, mesmo com todas essas inconformidades, a barragem de Fundão ter a estabilidade garantida pelo auditor um ano antes do rompimento (FEAM, 2014), o que revela falhas gravíssimas no sistema de licenciamento, controle e fiscalização das estruturas.

6.2 O rompimento da barragem I em Brumadinho

No dia 25 de janeiro de 2019, pouco mais de três anos após o rompimento da barragem de Fundão, se rompe em Brumadinho a barragem I da mina Córrego do Feijão. A estrutura pertencia à Vale S.A., tendo iniciado suas operações em 1976, atingindo em 2019 uma altura de 86 metros com 11,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos armazenados (MILANEZ e FELIPPE, 2021).

Se o rompimento da barragem de Fundão configura-se como o maior desastre ambiental já registrado no Brasil, o rompimento da barragem I é o que mais proporcionou perdas, vitimando 270 pessoas, em sua grande maioria funcionários da Vale S.A. e de uma empresa terceirizada. O alto número de mortes deriva do fato de escritórios e o restaurante da Vale S.A. estarem localizados a menos de 1,0 km a jusante da estrutura (FELIPPE *et. al.*, 2021), não havendo tempo hábil para a evacuação no caso de rompimento (Figura 29).

Figura 29: Localização da barragem I e das estruturas que fazem parte do Complexo Paraopeba II.



Fonte: Juliane Souza; Gil de Carvalho – 01/02/2019 / Arquivo G1¹⁶.

¹⁶ Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/02/01/video-mostra-o-momento-exato-em-que-barragem-da-vale-rompe-em-brumadinho.ghtml>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

A mina do córrego do Feijão, juntamente com a mina da Jangada, faz parte do Complexo Paraopeba II que, por sua vez, apresentava uma série de estruturas para contenção de rejeitos além da barragem I. Como parte dos barramentos estavam localizados no mesmo vale fluvial, o rompimento da barragem I gerou um efeito “cascata”, ocasionando também o rompimento das barragens IV e IV-A. Assim, o rejeito percorreu o ribeirão Ferro-Carvão até atingir o Rio Paraopeba.

A exploração de minério na mina do córrego do Feijão precede à Vale S.A., tendo iniciado suas operações com a Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia em 1923. Posteriormente fez parte da Ferteco Mineração S.A. e foi adquirida pela Vale S.A. na década de 2000. A disposição de rejeito na barragem continuou até o ano de 2016, sendo alteada pelo método à montante dez vezes (Figura 30). A partir daí o minério passou a ser beneficiado pelo método a seco, quando não são gerados rejeitos lamosos e não há a utilização de barragens (SANTOS *et. al.*, 2021).

Figura 30: Imagem aérea da barragem I com a barragem VI à esquerda.



Fonte: Ministério da Economia (2019).

Os aspectos que levaram ao rompimento da barragem I (Figura 31) são transversais as problemáticas encontradas na barragem de Fundão, sobretudo no tocante aos critérios operacionais da estrutura. Inicialmente vale apontar que três barragens do Complexo Paraopeba (Barragem IV, Barragem IV-A e Menezes I) apresentaram ao longo de 2011 e 2013 estabilidade não garantida pelo auditor. Este aspecto demonstra o histórico de problemas relacionados a estabilidade das estruturas que estavam presentes nos relatórios apresentados pelas auditorias (MILANEZ *et al.*, 2019b; SANTOS *et. al.*, 2021).

Figura 31: Imagem do momento do rompimento da barragem I.



Fonte: Redação – 01/02/2019 / Arquivo Veja¹⁷ via TV Globo/Reprodução.

A barragem I apresentava problemas relacionados à drenagem da estrutura, com surgências no maciço e possibilidade de liquefação (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019; BOTELHO *et al.*, 2021; WANDERLEY e MILANEZ, 2021). De acordo com o Relatório de Análise de Acidente de Trabalho¹⁸ decorrente do rompimento da barragem I (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019) e o estudo de Milanez *et al.* (2019b), havia problemas relacionados a canaleta de drenagem superficial devido ao pisoteio de gado e/ou presença de vegetação, bem como diversas anomalias na estrutura, como deformações e trincas no talude do barramento. Isso indica pouco cuidado e manutenção precária da barragem.

A largura mínima de 150 metros da praia de rejeitos não foi respeitada em diversos momentos da operação do barramento, que apresentava um sistema de drenagem insuficiente, com relatórios de auditorias contratadas indicando a ausência de drenagem interna no dique de partida. Conseqüentemente, a linha freática no interior da estrutura estava alta e as ações adotadas para o seu rebaixamento incluíam

¹⁷ Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/brasil/videos-mostram-rompimento-da-barragem-de-brumadinho-por-diferentes-angulos/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

¹⁸ Relatório apontando as possíveis causas do rompimento elaborado pelo Ministério da Economia em conjunto com a Secretaria Especial de Previdência e Trabalho; Secretaria do Trabalho/Subsecretaria de Inspeção do Trabalho; Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais; SEGUR - Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019).

a instalação de Drenos Horizontais Profundos (DHP) que não foram efetivos e geraram uma fratura hidráulica no dique de partida (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019). Assim, não houve solução para o problema do nível freático elevado, o que manteve o fator de segurança da estrutura baixo.

A disposição de rejeitos finos próximos aos diques também prejudicou a drenagem e favoreceu a elevação da linha freática, fazendo com que a água permanecesse em contato com os diques de alteamento, o que gerou uma saturação e contribuiu para que o processo de liquefação ocorresse (MILANEZ *et al.*, 2019b; MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019).

Não havia Plano de Emergência para a mina Córrego do Feijão, e o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) apresentava irregularidades, não sendo acionado em diversos momentos quando a barragem I esteve em situação de emergência. Assim como ocorreu no rompimento da barragem de Fundão, a população que se encontrava na Zona de Autossalvamento não foi informada do rompimento da estrutura, ou seja, o sistema de alerta por meio de sirenes não foi acionado. Consoante, é importante destacar que a Vale S.A. tinha conhecimento que em caso de rompimento não haveria tempo hábil para a fuga das pessoas que se encontravam no refeitório e nos escritórios mesmo que fossem alertadas, não tomando nenhuma atitude para realocar estas estruturas (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019).

É perceptível que os problemas operacionais que levaram ao rompimento da barragem I se assemelham aos encontrados no rompimento da barragem de Fundão. No entanto, um aspecto a se destacar referente à estrutura de Brumadinho diz respeito à atuação das consultorias para atestar a estabilidade do barramento.

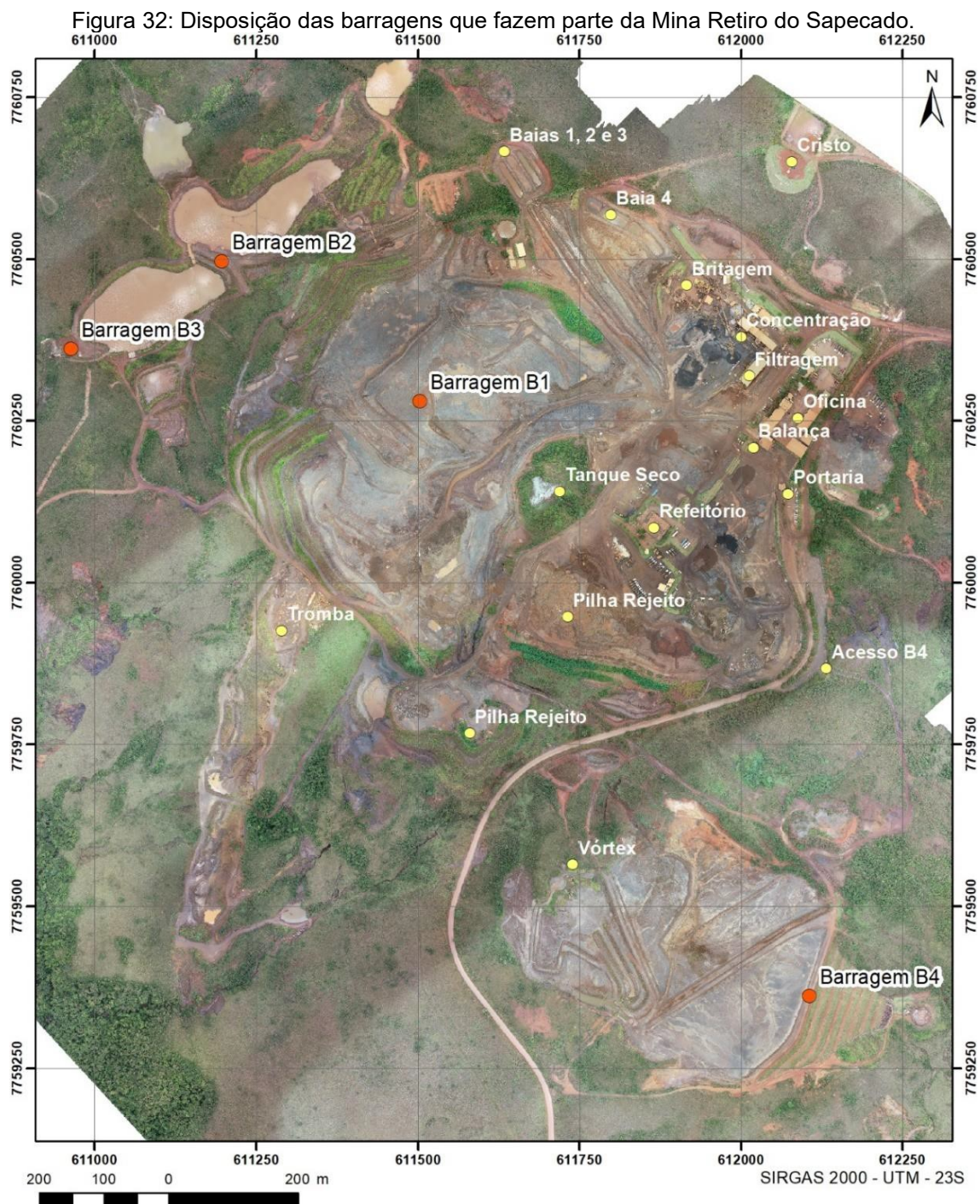
O estudo de estabilidade de barragens necessita da definição de Fatores de Segurança (FS) que, por sua vez, são determinados de acordo com referências normativas ou metodologias já adotadas. Distorções no cálculo do Fator de Segurança da barragem I permitiram a emissão da Declaração de Estabilidade da Estrutura. Quando em 2018 o fator de segurança encontrado de 1,09 foi menor que o recomendado (que é de 1,3), a consultoria contratada utilizou um estudo desconhecido para reduzir o fator de segurança mínimo aceitável para 1,05 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019). Ademais, a Vale S.A. desconhecia as características pedogeomorfológicas da fundação da estrutura, o que tornava os relatórios das empresas de consultoria não confiáveis.

Uma crítica a se destacar, dado este contexto, é a respeito da confiança que a legislação deposita nas mineradoras e nas informações por elas declaradas. Acredita-se na “boa fé” dos estudos realizados, das consultorias contratadas e no receio de penalidades caso haja algum descumprimento das normas pré-estabelecidas ou omissão de informações. Não obstante, Sampaio (2016, p. 15) ressalta que essa confiança nas mineradoras “pode cobrar um alto preço em perdas humanas, ambientais e econômicas”. Essa problemática fica evidente nos casos de rompimento da barragem I e da barragem de Fundão, que foram declaradas como estáveis, mesmo diante de diversos problemas, e se romperam.

6.3 O rompimento da barragem B1 em Itabirito

O rompimento da barragem B1 é um dos exemplos mais emblemáticos acerca da importância dos estudos técnicos e ambientais para o conhecimento das características hidrogeomorfológicas do terreno onde a estrutura será instalada.

A barragem B1 pertence a Herculano Mineração Ltda. e se localiza no município de Itabirito, fazendo parte do complexo minerário para extração de ferro da Mina Retiro do Sapecado, possuindo outras três estruturas além da barragem B1, denominados de B2, B3 e B4 (Figura 32).



Fonte: PAEBM das Barragens B1, B2, B3 e B4, 2022.

No dia 10 de setembro de 2014 o maciço da barragem B1 se rompeu parcialmente próximo a ombreira direita, permitindo que parte do material armazenado fosse lançado à jusante da barragem, atingindo as estruturas de B2 e B3 (sendo estas destinadas a armazenar apenas efluentes líquidos e rejeitos finos). A barragem B2 colapsou com a força do rejeito proveniente de B1, mas a barragem B3 colapsou apenas parcialmente, retendo parte do material, sendo que o restante galgou a estrutura em direção ao Ribeirão do Silva (SUPRAM, 2014; 2016).

Oito trabalhadores do complexo minerário ficaram soterrados pelo rompimento, sendo que cinco foram resgatados com vida. O rejeito percorreu cerca de 5 km ao longo do vale do Ribeirão do Silva (HIDROVIA, 2015), causando danos à vegetação marginal ao curso d'água, bem como alterando as características físico-químicas da água, o que gerou impactos para a flora e biota aquática. Ademais, houve a paralisação da captação de água destinada ao Condomínio Villa Bella, localizado às margens da BR-040 (SUPRAM, 2014; RIBEIRO e REZENDE, 2015).

A barragem B1 foi construída pelo método à montante e entrou em operação no ano de 1992, quando a Herculano iniciou suas atividades por meio de arrendamento dos direitos minerários da Mineração CONEMP Ltda. (SUPRAM, 2014, 2016; PAEBM das Barragens B1, B2, B3 e B4, 2022).

A investigação sobre a causa do rompimento revelou diversas irregularidades no gerenciamento da barragem que apresentam similaridades aos eventos ocorridos em Mariana e Brumadinho. A mineradora havia informado ao órgão ambiental estadual que a barragem B1 deixaria de ser utilizada após a construção da barragem B4¹⁹, no entanto, continuou com o lançamento de rejeito na estrutura de B1 fazendo seu alteamento sem requerer processo de licenciamento ambiental junto à SUPRAM, o que resultou no estabelecimento de autos de infração para a mineradora (SUPRAM, 2014).

Não obstante, o rompimento da barragem de B1 está associado à presença de dutos subterrâneos e requer uma compreensão das características hidrogeomorfológicas do local onde a mina está instalada. A mina se localiza no eixo central do Sinclinal Moeda, mais precisamente no interflúvio entre o Ribeirão do Silva e o Córrego do Benevides, ambos pertencentes à bacia do Rio Mata Porcos que, por sua vez, pertence à bacia do Rio das Velhas (Figura 33).

¹⁹ O Plano Diretor da Herculano Mineração e o PAEBM não apresentam informações acerca do ano em que B4 foi construída, nem de quando B1 deveria deixar de ser utilizada. As informações disponibilizadas pela SUPRAM (2014) apenas indicam que B1 não deveria ser mais utilizada após a construção de B4.

Figura 33: Perfil topográfico com a localização do interflúvio onde está inserida a Mina Retiro do Sapecado.



Fonte: BRANDT, 2015.

A barragem B4 é a única estrutura que se encontra na vertente do Córrego Benevides, enquanto as estruturas B1, B2 e B3 se encontram uma a jusante da outra na vertente do Ribeirão do Silva (Figura 33). Assim, é possível pressupor que, ao menos superficialmente, não haja conexão direta entre a barragem B4 e as demais estruturas.

Todavia, a geologia do local onde está localizada a Herculano Mineração é marcada pela ocorrência de rochas da formação Fecho do Funil, constituída localmente por filitos dolomíticos com ocorrências de lentes dolomíticas que, por sua vez, resultou na formação de feições influenciadas pela dissolução geoquímica das rochas (BRANDT, 2015).

Dentro do complexo minerário, a montante da barragem B1, há um local denominado de “Tanque Seco” (figuras 32 e 35) que corresponde a uma dolina, ou seja, uma feição cárstica marcada por processos químicos de dissolução da rocha (BRANDT, 2015).

No dia 05 de abril de 2014, cerca de cinco meses antes do rompimento da estrutura de B1, os trabalhadores da mineradora perceberam tremores próximos ao local designado como “Tanque Seco” e relataram o surgimento de um vórtex (sumidouro) na barragem B4 onde foram drenados cerca de 300.000 m³ de água e 90.000 toneladas de rejeitos finos (BRANDT, 2015) durante três horas.

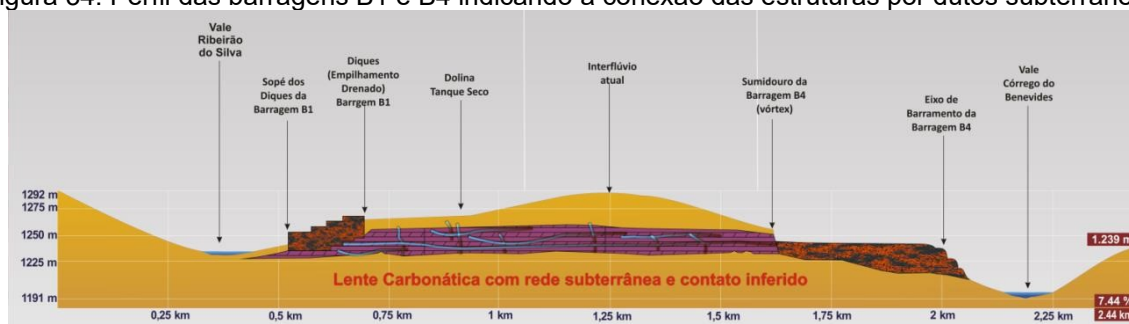
Os funcionários da mineradora buscaram locais de saída (ressurgências) para a água e para os rejeitos finos no dia do ocorrido e na semana seguinte, sem ter sucesso (BRANDT, 2015). Segundo o Plano Diretor da Herculano Mineração

(BRANDT, 2015), a velocidade das águas no sumidouro era forte e diversos abatimentos foram sentidos no complexo minerário.

Cinco sismos foram identificados pelo Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo (USP) no intervalo próximo ao momento em que os trabalhadores da mina sentiram os tremores, mais precisamente entre 14:08 horas e 14:22 horas e com magnitude variando entre 1,8 e 2,7 na escala m_R^{20} . Ao ser consultado sobre tais eventos e informado sobre o vórtex na estrutura de B4, o Centro de Sismologia da USP elaborou um relatório técnico em que afirma que a forma como as ondas geradas pelos tremores foi registrada indicam sismos provenientes do movimento de falhas, e que o surgimento do vórtex seria por um abatimento consequente dos tremores e não a sua causa (CENTRO DE SISMOLOGIA DA USP, 2015; SEABRA JUNIOR e BRANDT, 2015).

Após o surgimento do vórtex foram iniciados estudos de geofísica e de sondagem da estrutura de B4 para determinar as causas do incidente. No entanto, antes que os estudos fossem concluídos, a barragem B1, localizada na outra vertente do interflúvio e sem conexão superficial com B4 colapsou. As investigações acerca da causa do rompimento revelaram um sistema cárstico expressivo sob as respectivas barragens, do qual a mineradora não tinha conhecimento (Figura 34).

Figura 34: Perfil das barragens B1 e B4 indicando a conexão das estruturas por dutos subterrâneos.



Fonte: BRANDT, 2015.

A ocorrência de lentes de dolomito gerou dutos subterrâneos através do intemperismo químico das rochas em subsuperfície. Consoante, o material que adentrou esses dutos a partir do vórtex atingiu a barragem B1, ocasionando na surgência de águas na base de seu talude e contribuindo para o seu rompimento (BRANDT, 2015).

²⁰ A escala m_R indica a magnitude regional de atenuação das ondas sísmicas na litosfera brasileira.

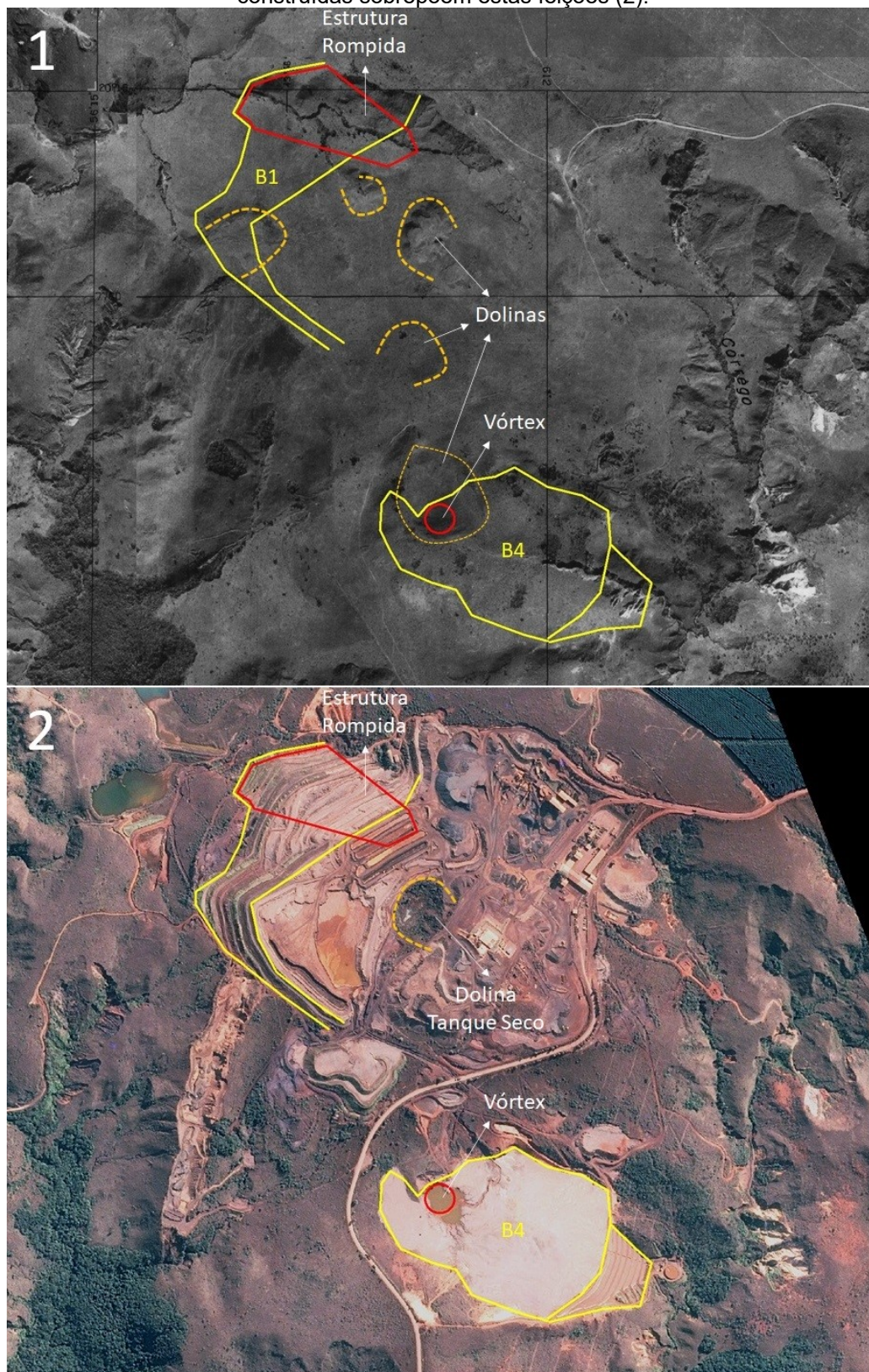
Em visita técnica, a consultoria contratada para elaborar o Plano Diretor da Herculano Mineração apontou o constante escoamento de água no eixo do talude que se rompeu, mesmo após o período de seca, o que corrobora a premissa de existência de canais subterrâneos conectados entre si (BRANDT, 2015).

A ocorrência de galerias subterrâneas formadas por dissolução geoquímica da rocha não é algo comum para o contexto do Quadrilátero Ferrífero. Em teoria, feições e processos cársticos podem ocorrer em qualquer rocha, mas são as rochas carbonáticas as que apresentam maior predominância destes processos devido a sua solubilidade.

Assim, apesar do estudo do carste em rochas carbonáticas permanecer na vanguarda das pesquisas, novos trabalhos já consideram estes processos em rochas siliciclásticas (como arenitos e quartzitos) e até mesmo em Formações Ferríferas Bandadas (HARDT e PINTO, 2009; CALUX, 2013), desde que haja condições para que a dissolução geoquímica ocorra. Todavia, a presença de rochas carbonáticas (lentes de dolomito), particularmente na Formação Fecho do Funil revelou um cenário bastante específico de endocarste sob as estruturas de B1 e B4.

Essa conjuntura não é comum ou ao menos esperada para o contexto do Quadrilátero Ferrífero e, muito possivelmente, não foi identificada pela mineradora no momento de construção das barragens. Contudo, fotografias aéreas realizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) na década de 1970 já apontavam para a existência de feições similares a dolinas, sendo muitas soterradas e/ou descaracterizadas atualmente com o estabelecimento do complexo minerário (Figura 35).

Figura 35: Fotografia aérea da década de 1970 mostrando a existência de feições cársticas (1); imagem de satélite após o estabelecimento das barragens, evidenciando como as estruturas construídas sobrepõem estas feições (2).



Fonte: Adaptado de Brandt (2015) e Google Earth Pro.

A conjuntura do rompimento da barragem B1 evidencia uma problemática acerca dos estudos ambientais que embasam os processos de licenciamento. O órgão ambiental é inerte quanto à elaboração dos estudos, sendo estes ficando a cargo das próprias mineradoras. Assim, não há como o COPAM saber com precisão se os estudos elaborados contemplaram todos os aspectos do meio físico que envolvam as estruturas que serão instaladas em uma mina.

Consoante, considerando o caso do rompimento da barragem de B1, fica clara a ausência de um estudo mais profundo sobre as condições hidrogeomorfológicas em que a barragem foi instalada, ou seja, não havia como o órgão ambiental ter conhecimento da formação de um sistema cárstico sob a barragem. Todavia, a legislação se ancora na prerrogativa de que as penalidades provenientes da omissão de informações nos estudos ambientais irão coibir tais atos (conforme discutido no capítulo 6.2), o que não tem se mostrado efetivo na prática.

6.4 O abandono das barragens 1 e 2 em Rio Acima

Localizada no município de Rio Acima, dentro da área de contribuição de Bela Fama, a Mina Engenho D'Água é dedicada à lavra de minério de ouro em profundidade. Assim, além da cava, há diversas galerias subterrâneas para acesso aos veios de ouro e extração do minério.

O projeto de construção da mina intitulado “Projeto Engenho Ouro” pertencia inicialmente à empresa AngloGold Ashanti, sendo adquirida pela empresa Mundo Mineração Ltda., subsidiária da australiana Mundo Minerals Limited, em 2006. Dois anos após comprar o projeto, no ano de 2008, a Mundo Mineração já obteve a Licença de Operação da mina para iniciar o processo de extração de ouro (SETOP, 2017).

A expectativa inicial era obter teor de ouro de 5,82 g/t (gramas de ouro por tonelada), o que nunca foi alcançado durante a operação da mina. No primeiro ano de extração o teor de ouro médio foi de 2,93 g/t, ou seja, muito abaixo da expectativa de inicial. O endividamento da empresa, o baixo teor de ouro encontrado associado às dificuldades operacionais na extração mineral em profundidade tornou a operação economicamente inviável e levou à sua suspensão em novembro de 2011 (MINAS GERAIS, 2011).

Os registros da empresa no SIGBM constam como Massa Falida Mundo Mineração Ltda., o que indica que a mineradora passou por processo de falência após

2011. Não obstante, mesmo com a falência, a mineradora não deixa de ter obrigações em relação aos seus ativos e passivos.

Após os problemas financeiros e operacionais de 2011, que levaram à falência da mineradora, a Mina Engenho D'Água foi abandonada. Em um relatório de vistoria feito pela SEMAD, FEAM e COPASA no ano de 2015, constatou-se que não havia nenhuma barreira física que impedisse o acesso da população à mina (SEMAD, 2015). Os prédios administrativos encontravam-se vandalizados e as demais estruturas da mina que podem fornecer algum risco à população estavam sem nenhuma manutenção.

Tanques de gás liquefeito de petróleo, containers de ácido clorídrico, galpões com cianeto, soda cáustica, solventes orgânicos e outros produtos químicos prejudiciais ao ambiente e à saúde das pessoas estavam totalmente expostos e sem nenhum controle de acesso e segurança (SEMAD, 2015). Todavia, a principal preocupação é com as barragens 1 e 2, destinadas à contenção de rejeito proveniente do beneficiamento do ouro (Figura 36).

Figura 36: Fotografia panorâmica das barragens 1 (à esquerda) e 2 (à direita).



Fonte: Mateus Parreiras - 13/05/2019 / Estado de Minas²¹.

21

Disponível

em:

<https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/05/13/interna_gerais,1053463/contribuinte-tera-que-pagar-r-15-milhoes-para-descaracterizacao-de-ba.shtml>. Acesso em: 30 fev. de 2022.

Após a suspensão das atividades da mina, os dois barramentos foram abandonados pela Mundo Mineração, que não efetuou os procedimentos para a manutenção da segurança das estruturas. Nos dados disponibilizados pelo SIGBM não há nenhuma Declaração de Condição de Estabilidade emitida para as duas barragens desde o ano de 2008. De acordo com as informações disponibilizadas pela FEAM acerca da situação dos barramentos em Minas Gerais no ano de 2020, a parte referente à situação de estabilidade das duas estruturas consta como “acompanhamento judicial”²², o que não indica que as barragens estão estáveis (FEAM, 2020).

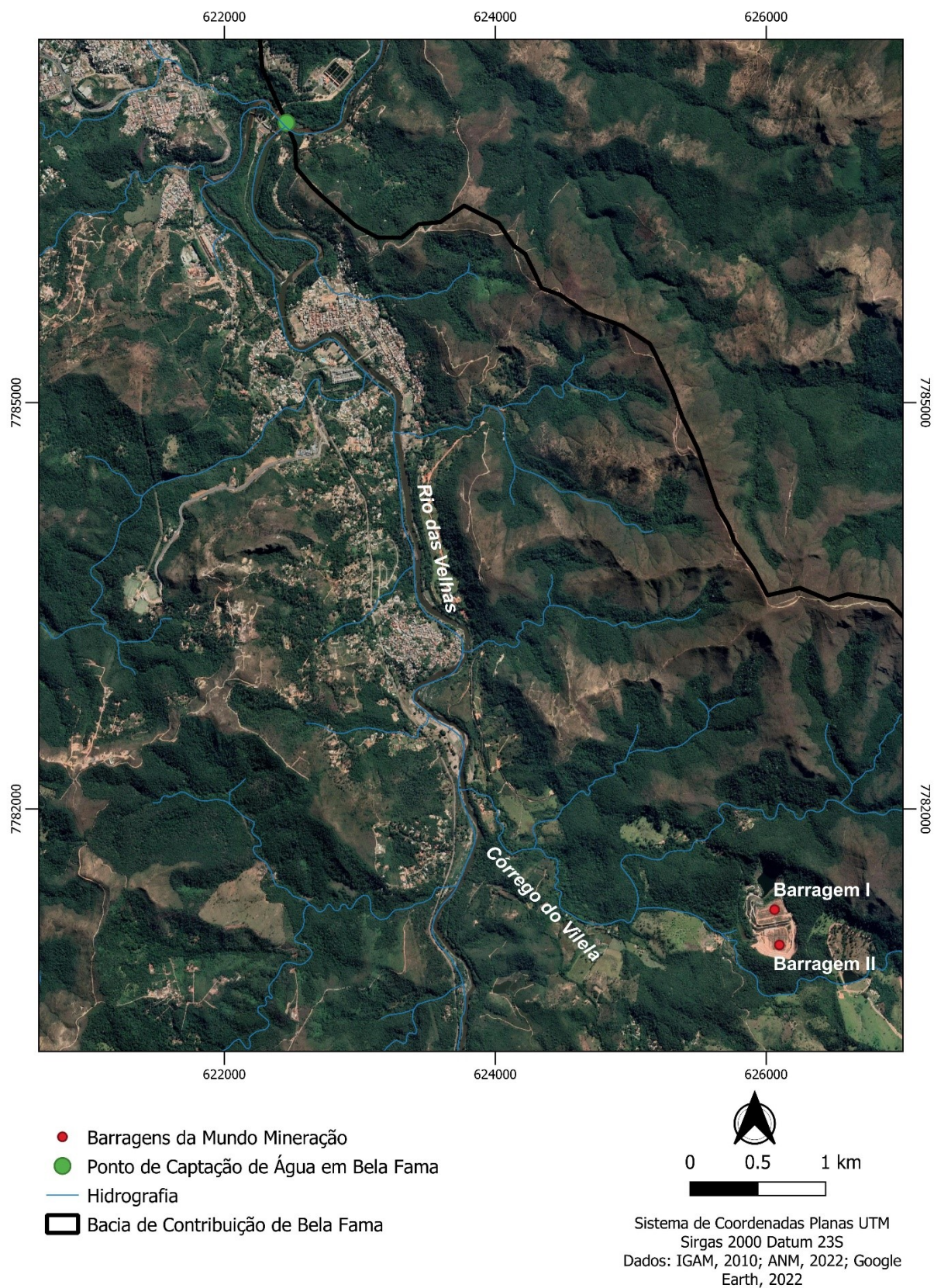
A capacidade total de armazenamento da barragem I é de 549.927 m³ e da Barragem II é de 382.785 m³, o que significa que ambas as estruturas possuem volume de rejeito muito menor que as barragens que se romperam em Mariana e Brumadinho. Não obstante, há uma característica singular ao rejeito proveniente da mineração de ouro, que é a presença de arsênio.

O arsênio é um elemento tóxico para o ser humano e sua exposição prolongada pode provocar efeitos carcinogênicos (BORBA *et. al.*, 2004). Diversos pesquisadores já desenvolveram trabalhos no Quadrilátero Ferrífero apontando para a presença deste elemento nas águas superficiais e subterrâneas, tendo como fonte o intemperismo das rochas ou estando associado à mineração de ouro (MATSCHULLAT *et. al.*, 2000; BORBA *et. al.*, 2003; BORBA *et. al.*, 2004). Borba *et. al.* (2000) estima que cerca de 390.000 toneladas de arsênio tenham sido lançadas nas artérias fluviais do Quadrilátero Ferrífero ao longo de três séculos de mineração de ouro.

O risco de contaminação das águas por arsênio é a principal preocupação da COPASA, tendo em vista que em caso de rompimento, a captação de água em Bela Fama, distante em cerca de 07 quilômetros das barragens (Figura 37), poderia ser comprometida, o que fica evidente no relatório de vistoria em 2015 (SEMAD, 2015). Vale destacar que em 2009, um ano após o início das operações, houve o vazamento de 12.000 m³ de rejeitos da barragem I, derivado provavelmente do rompimento da manta de impermeabilização (geomembrana PEAD - polietileno de alta densidade) que envolve os rejeitos (SETOP, 2017).

²² Possivelmente há algum processo judicial sendo movido contra a mineradora para promover ações no intuito de garantir a estabilidade das estruturas ou sua descaracterização. No entanto, tal ação judicial não foi encontrada.

Figura 37: Proximidade das barragens da Mundo Mineração em relação ao manancial de Bela Fama.



Durante a realização de atividade de campo na localidade das estruturas em 2017, foi observado que a barragem I já estava em seu limite, não havendo borda

livre. A geomembrana PEAD apresentava fissuras e havia indicativos que durante o período chuvoso as águas pluviais acumulavam na barragem I e galgavam a sua crista em direção a barragem II, favorecendo processos erosivos no talude da estrutura I.

O sistema de drenagem, por sua vez, apresentava deficiências, com canaletas obstruídas. Ademais, foi observado a circulação de gado sobre a barragem. Todos estes aspectos observados em campo são corroborados pelo relatório de vistoria dos órgãos ambientais (SEMAD, 2015).

Consoante, tendo em vista o abandono e o risco que ambas as estruturas forneciam para a captação de água em Bela Fama, o estado de Minas Gerais, a partir da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP), contratou uma empresa de consultoria ambiental para elaborar um relatório de investigação técnica das barragens de rejeito da Mina Engenho D'Água e projeto executivo para recuperação estrutural e preservação do meio ambiente sob impacto da lavra. Posteriormente, a COPASA contratou uma empresa para execução de obras que visem melhorar a segurança da estrutura e garantir a sua estabilidade.

A própria COPASA fez o tratamento dos efluentes líquidos da barragem II e os lançou posteriormente em um afluente do Rio das Velhas. Assim, 80 mil m³ de rejeito da barragem I, que já estava em seu limite, foram transferidos para a barragem II. Ambas as estruturas estão sendo cobertas com geomembrana PEAD (Figura 38), sendo que posteriormente será feita uma revegetação da área (SEMAD, 2019).

Figura 38: Obras de revestimento das barragens com a geomembrana PEAD.



Fonte: Luiza Baggio - 06/05/2021 / CBH Velhas²³.

Assim, as barragens não serão descaracterizadas, ou seja, mesmo com as obras para melhorar a segurança das estruturas, elas continuarão existindo. Durante visita às barragens no ano de 2021 junto com o Grupo de Trabalho sobre Barragens do CBH Velhas, foi questionado aos funcionários da COPASA acerca do monitoramento da estrutura após as obras, não sendo possível obter uma informação concreta sobre isso. Ou seja, após as obras não há uma definição sobre quem irá continuar realizando as manutenções que garantam a estabilidade das estruturas.

Após o abandono das barragens em 2011, os proprietários da mineradora não foram encontrados para arcar com os custos de manutenção e descaracterização das estruturas (SEMAD, 2019).

A PNSB não obriga nenhuma garantia ou reserva financeira para a manutenção ou descaracterização de barragens. De acordo com o artigo 17, inciso XXII, 2º parágrafo da PNSB, é estabelecido que:

“§ 2º Sem prejuízo das prerrogativas da autoridade licenciadora do Sisnama, o órgão fiscalizador pode exigir, nos termos do regulamento, a apresentação não cumulativa de caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras ou reais para a reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, pelo empreendedor de:

23 Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/noticias-internas/copasa-apresenta-recuperacao-de-barragens-abandonadas-em-rio-acima/>>. Acesso em: 01 jun. de 2022.

I - barragem de rejeitos de mineração ou resíduos industriais ou nucleares classificada como de médio e alto risco ou de médio e alto dano potencial associado” (BRASIL, 2020).

Os mecanismos de garantia financeira, portanto, são facultativos e dependem da exigência por parte do SISNAMA. Essa conjuntura, portanto, revela uma deficiência do aparato legal. Em âmbito estadual, a PESB estabelece que para obtenção da Licença Prévia para construção de barramentos deverá ser apresentado uma proposta de caução ambiental visando garantir recursos para a recuperação socioambiental e para a desativação de barragens (MINAS GERAIS, 2019b). Não obstante, não é especificado se essa proposta de caução se efetiva realmente em uma reserva financeira.

Grande parte da atividade minerária realizada no Brasil visa à exportação, ou seja, está sujeita à volatilidade do preço do minério no mercado internacional. Assim, caso em algum momento o preço do minério esteja muito baixo, a atividade de exploração fica pouco atrativa e, muitas vezes, inviável economicamente, podendo ser interrompida ou levar empresas a passarem por momentos de dificuldades financeiras. Essas dificuldades financeiras, por sua vez, podem interferir na gestão e segurança dos barramentos.

Nesse sentido, Wanderley *et. al.* (2016) e MANSUR *et. al.* (2021) destacam que há uma consonância entre a redução do preço do minério no mercado internacional e as condições de segurança dos barramentos, o que está associado a uma diminuição dos custos operacionais e, conseqüentemente, prejuízo na gestão e segurança das barragens. Essa situação pôde ser observada, de acordo com os referidos autores, nos eventos de rompimento ocorridos em Mariana e Brumadinho.

Ademais, a “financeirização” das mineradoras passou a colocar agentes do mercado financeiro na administração das empresas, focando na geração de valor para os acionistas em detrimento dos aspectos operacionais de uma mineradora que, por sua vez, se reverberam em deficiências na segurança dos barramentos (MANSUR *et. al.*, 2021).

7. UM OLHAR SOBRE A CONJUNTURA LEGAL E OPERACIONAL DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO E SUA (IN)COMPATIBILIDADE COM O MANANCIAL DE BELA FAMA

A análise do aparato jurídico e institucional sobre gestão de barragens aliado à investigação dos recentes casos de falhas em estruturas de contenção de rejeito de minério no Quadrilátero Ferrífero permitiu elencar diferentes fragilidades tocantes ao sistema de gerenciamento dos barramentos. Essas fragilidades, por sua vez, podem ser divididas em dois eixos temáticos, um referente ao aparato normativo e outro referente à atuação dos órgãos fiscalizadores.

No que se refere ao aparato normativo, um aspecto importante a ser destacado é o elevado quantitativo de normas e resoluções tocantes à segurança de barragens. Há uma dificuldade de sistematização do aparato legal que, por vezes, se revoga, inverte e/ou se contradiz. Isso fica claro com a constante mudança nos prazos para descaracterização de estruturas construídas pelo método à montante, por exemplo.

A razão para essa constante mudança do aparato legal é difundida como resultado de um aprimoramento dos mecanismos de gerenciamento das barragens. Todavia, é preciso compreender que todo processo decisório para instituição de uma norma ou instrumento legal decorre de um processo político que, por sua vez, é permeado por múltiplos interesses.

Diferentes autores apontam para o caráter dúbio do Estado, que muitas vezes atua como parte interessada no desenvolvimento de projetos minerários (ZHOURI e LACHEFSKI, 2010; BRONZ, 2013, 2020; MILANEZ, *et al.*, 2019a, 2022; MAGNO *et al.*, 2023). Esse aspecto deriva, segundo Milanez *et al.* (2022), da influência das mineradoras sobre o poder público que, conseqüentemente, promove uma “flexibilização” de normas que regem a atividade minerária e que tratem de segurança de barragens.

Milanez *et al.* (2019a) e Milanez e Wanderley (2020) demonstraram, por exemplo, como o setor mineral atuou pressionando a ALMG e o Congresso Nacional para efetuar alterações nos Projetos de Lei que criou a Política Estadual de Segurança de Barragens (Lei Estadual nº 23.291/2019) e atualizou a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei Federal nº 14.066/2020).

Não faz parte do escopo da pesquisa, contudo, aprofundar nas relações entre os agentes estatais e econômicos. A interação entre agentes de Estado e de mercado

é complexa e multifacetada, se dando em diferentes níveis e requerem uma investigação própria para sua melhor compreensão.

Não obstante, Milanez *et al.* (2022) aponta o *lobby*, financiamento de campanha e a prática de “porta giratória”²⁴ como algumas das táticas utilizadas por agentes econômicos para obter influência nos processos decisórios sobre a política mineral. No ano de 2015, contudo, o financiamento de campanha por pessoas jurídicas foi proibido, o que potencializou a adoção de outras práticas (CASTRO, 2020).

Consoante, a compreensão de que diferentes estruturas de poder interferem na conjuntura política-administrativa sobre segurança de barragens é fundamental para o entendimento de suas problemáticas.

Ramanery *et al.* (2021) demonstram em seu estudo como as relações de poder influenciam as correlações de votos dentro da Câmara de Atividades Minerárias do COPAM. Segundo os referidos autores, em 95,7% dos 91 processos de licenciamento e ampliação de empreendimentos minerários analisados entre 2015 e 2018 a decisão foi de deferimento. A correlação de votos de representantes do poder público dentro do colegiado superou 99% e explica o elevado percentual de aprovação.

Durante a votação pela ampliação da Mina do Córrego do Feijão na Câmara de Atividades Minerárias em 2018, ano anterior ao rompimento da barragem I, apenas um membro, representante da sociedade civil, foi contrário ao processo. Mesmo com diferentes problemas técnicos apresentados e discutidos pelos conselheiros o processo seguiu para a aprovação (RAMANERY *et al.*, 2021).

O processo de votação no COPAM talvez seja o exemplo mais emblemático da materialização das relações de poder nos processos decisórios relativos à política mineral no estado de Minas Gerais. Em face a esta questão, o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) abriu no ano de 2020 uma Ação Civil Pública questionando o estado de Minas Gerais acerca de uma série de inconformidades dentro do colegiado do COPAM, incluindo sua composição paritária (o Poder Executivo Estadual detém metade dos conselheiros e os representantes do setor minerário uma fração substancial das vagas destinadas à sociedade civil organizada) e a capacidade técnica dos representantes do Poder Executivo Estadual (que devem seguir as

²⁴ “Porta giratória” refere-se à prática de indicação de funcionários de mineradoras para ocupação de cargos de regulação no setor ou a circulação de gestores públicos entre órgãos regulados e reguladores (CASTRO, 2020).

orientações pré-estabelecidas pela SEMAD, sob pena de destituição do conselho) (MPMG, 2020).

Há, portanto, uma “zona cinzenta” entre os limites do Estado e de empresas privadas, por onde uma rede de mecanismos institucionais, como o licenciamento ambiental, determinam como as relações de poder se dão (BRONZ, 2013). A complexa arquitetura legal e operacional que visa dar “garantias técnicas” para a segurança de barragens é reflexo desse cenário, sendo edificada para que o setor privado assuma o papel de regular sua própria atuação.

Assim, os instrumentos legais que objetivam garantir a segurança de barragens ficam a cargo das próprias mineradoras, como é o caso do PAEBM e da DCE. Esse sistema de automonitoramento desempenha, por sua vez, o papel legitimar as condições de risco que essas estruturas oferecem.

Os eventos de falhas em barragens ocorridos em Itabirito, Mariana e Brumadinho revelaram uma série de deficiências nos estudos ambientais que embasam os processos de licenciamento e os instrumentos de comando e controle da PNSB. Em todos os casos houve desconhecimento e/ou omissão de informações sobre problemas nas estruturas aos órgãos fiscalizadores. Um exemplo disso é que todas as barragens estavam com a DCE emitida até o rompimento.

O evento de falha da barragem I ocorrido em Brumadinho tornou claro, a partir das investigações, a descridibilidade deste sistema de automonitoramento. Ficou evidente a pressão que a mineradora efetuou sobre a auditoria que, mesmo com os diversos problemas relacionados a condição da estrutura, seu histórico e ao Fator de Segurança, prosseguiu com o atestado de estabilidade das barragens (ARBEX, 2022).

Há um iminente conflito de interesse na medida em que as próprias mineradoras são responsáveis por elaborar os estudos técnicos que subsidiam os processos decisórios, ou seja, podem haver casos de omissão de informações ou análises distorcidas dos impactos para favorecer a aprovação dos projetos. Soma-se a isso a já conhecida baixa qualidade dos estudos técnicos e a ausência de uma investigação *in loco* por parte dos órgãos ambientais para verificar a veracidade das informações prestadas (ARAÚJO, 2002; ROCHA, 2008; MOREIRA, 2009).

Um exemplo deste contexto é o evento de falha na barragem B1 em Itabirito, onde os estudos ambientais que embasaram o processo de licenciamento não contemplaram a existência de um sistema cárstico sob a mina com dutos subterrâneos que conectavam diferentes barragens em vertentes opostas.

Ao se analisar os PAEBM das estruturas sem DCE elencadas no capítulo 5, identificou-se, para além do carácter enciclopédico dos estudos, a repetição de informações relativas ao impacto no manancial de Bela Fama, o que denota uma ausência de precisão empírica, onde barragens com diferentes volumes de armazenamento apresentam os mesmos planos de contingência relativos ao abastecimento público.

A terceirização da gestão e da fiscalização das barragens para as próprias mineradoras é apresentada, muitas vezes, como consequência de uma desregulamentação estatal ou incapacidade de fiscalização. Ambos argumentos são verdadeiros, mas devem ser analisados sob a ótica das estruturas de poder.

A ANM carece de servidores públicos para fiscalizar o total de barragens existentes em território nacional, sendo que em 2019 (ano do evento de falha da barragem em Brumadinho) haviam nove servidores qualificados para a fiscalização do total 769 barragens existentes no Brasil até aquele momento, sendo que para fiscalizar todas as estruturas seriam necessários 5 anos e 2 meses (BOTELHO e VILELA, 2022).

O baixo efetivo de servidores no corpo técnico da ANM não se correlaciona com o valor arrecadado pela Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais²⁵ (CFEM), uma espécie de *royalties* da mineração. O ano de 2021 apresentou recorde de arrecadação com mais de 10 bilhões de reais, muito em decorrência dos elevados preços do minério de ferro no mercado internacional, diminuindo para cerca de 7 bilhões de reais no ano seguinte²⁶.

Os valores arrecadados pela CFEM são distribuídos seguindo os critérios dispostos na Lei Federal n° 13.540, de 18 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017), sendo 60% para o município onde ocorre a exploração do minério; 15% para o estado onde ocorre a extração; 15% para os municípios não produtores mas afetados pela mineração; 7% para a entidade reguladora (no caso a ANM), 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), 1,8% (um inteiro e oito décimos por cento) para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e 0,2% (dois

²⁵ A CFEM é uma contraprestação financeira decorrente da exploração mineral paga à união, aos estados e aos municípios produtores e afetados pela mineração.

²⁶ Os valores decorrentes da arrecadação da CFEM são disponibilizados no sítio eletrônico da ANM. Disponível em: <https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/arrecadacao/extra/acessoexterno/associacao/relatori os/arrecadacao_cfem_substancia.aspx>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.

décimos por cento) para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Por conseguinte, a ausência de fiscalização e o sucateamento das entidades fiscalizadoras não podem ser associados exclusivamente às questões econômicas que permeiam a contratação de servidores públicos. Não fiscalizar e direcionar a gestão da segurança de barragens quase que exclusivamente para o setor privado nada mais é do que um posicionamento de Estado, consequência das relações de poder que compõe a conjuntura política-administrativa do setor mineral.

Ainda sobre o papel da CFEM, vale destacar que os principais beneficiários de sua arrecadação são os municípios. Todavia, diferentemente dos valores repassados à União que já possuem destinação, a arrecadação feita pelos estados e municípios carece de uma destinação pré-determinada por Lei. A Lei Federal nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989 estabelece somente que os valores da CFEM não podem ser destinados ao pagamento de dívida e no quadro permanente de pessoal, salvo algumas exceções (BRASIL, 1989).

Já a Lei Federal nº 13.540/2017 determina que os valores destinados aos municípios e aos estados devem ser “preferencialmente” destinados em 20% para a diversificação econômica, ao desenvolvimento mineral sustentável e ao desenvolvimento científico e tecnológico (BRASIL, 2017). Na prática, não há uma obrigatoriedade de destinação deste recurso.

A destinação dos recursos da CFEM ainda carece de transparência (GREEN e GIUSTI, 2021) e o que se perpetua não é a diversificação econômica, mas sim um ciclo de dependência que se reafirma em uma dimensão político-administrativa (LE MOS, 2018) e também fisicamente no território, já que as mineradoras são proprietárias de grandes parcelas de terra.

Após o evento de rompimento da barragem I em Brumadinho e o comprometimento da captação de água existente no Rio Paraopeba, foi lançada luz acerca da problemática de barragens à montante de mananciais de abastecimento, principalmente devido ao quantitativo de estruturas, barragens sem estabilidade e abandonadas. De acordo com Cota e Magalhães Júnior (2021), há, a montante dos mananciais destinados ao abastecimento da RMBH e considerando o Sistema Rio das Velhas e o Sistema Rio Paraopeba, cerca de 119 barragens de contenção de rejeito de minério.

Frente a este cenário, o Acordo Judicial de Reparação ao rompimento da barragem I em Brumadinho firmado entre a Vale S.A., Governo de Minas Gerais, MPMG, MPF e Defensoria Pública de Minas Gerais (DPMG), que contou com um valor de mais de 37 bilhões de reais, destina, dentro do Programa de Reparação Socioambiental, o valor de 2,05 bilhões de reais para projetos de Segurança Hídrica (TJMG, 2021).

Os projetos são focados principalmente no aumento da oferta de água para o abastecimento, a saber: ampliação do Sistema Rio Manso e implantação de novas captações no Ribeirão da Prata, Ribeirão Macaúbas e na região denominada “Ponte de Arame do Rio das Velhas”. É previsto também a construção de uma adutora para interligar o Sistema Rio das Velhas e o Sistema Paraopeba (TJMG, 2021).

Um aspecto importante a se considerar diz respeito às medidas tomadas para fortalecer à Segurança Hídrica da RMBH. Não há um debate sobre a compatibilidade entre barragens de rejeito de minério e mananciais de abastecimento, mesmo tendo um evento de rompimento de barragem afetado o abastecimento da RMBH.

É claro que possuir mais de uma fonte de captação de água permite uma maior flexibilidade do que depender de um manancial exclusivamente. Não obstante, além de buscar novas fontes de captação de água é necessário garantir a oferta de água em quantidade e qualidade para os mananciais já existentes e que se encontram sob o eixo fluvial das manchas de inundação das barragens, muitas delas sem estabilidade garantida.

Um documento que poderia subsidiar uma reflexão sobre as pressões que barramentos exercem sobre o manancial de Bela Fama é o Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMBH (PDAA) elaborado pela COPASA. Todavia, mesmo após solicitação à COPASA, não foi possível obter acesso a este documento.

A Controladoria Geral da União (CGU), por sua vez, elaborou um Relatório de Avaliação da Gestão Hídrica da RMBH. Neste relatório, a CGU destaca que a COPASA também não forneceu o PDAA para sua apreciação, disponibilizando somente um relatório síntese do referido plano. O documento elaborado pela CGU, todavia, apresenta diferentes trechos com informações suprimidas, em função de sigilo, o que dificulta uma análise sobre o estudo da COPASA (CGU, 2020).

A análise da CGU acerca do relatório síntese do PDAA chegou, dentre outros aspectos, à seguinte conclusão:

Considerando os prejuízos de médio e longo prazo no Rio Paraopeba, além da situação de ameaça ao sistema pela presença de uma grande quantidade de barragens de rejeitos, gerando um cenário de incertezas, somadas à situação de diminuição da disponibilidade hídrica do Rio das Velhas, conclui-se também que o planejamento realizado pela COPASA está comprometido e, no longo prazo, o sistema de abastecimento de água da RMBH se vê diante de novos riscos à segurança hídrica e ao atendimento da RMBH (CGU, 2020, p. 4).

A CGU ainda cita a não efetividade das mineradoras em garantir a integridade dos sistemas de abastecimento de água face ao risco de novas falhas em barragens, além de destacar a atuação ineficiente da ANM frente aos desafios colocados pela situação das barragens à montante dos mananciais que abastecem a RMBH (CGU, 2020).

Não foram encontradas informações sobre o posicionamento da COPASA frente a presença de barramentos à montante de Bela Fama. Foi encontrado somente um formulário direcionado aos acionistas da companhia de saneamento que informa que as atividades de captação de água podem ser comprometidas em caso de incidentes envolvendo barragens de rejeito (COPASA, 2023).

A falta de declaração pública que poderia evidenciar conflitos de interesses entre a companhia de saneamento e as mineradoras pode estar relacionada às complexas estruturas de poder que perpassam pela composição acionária dessas entidades.

Embora mais de 50% do capital social da COPASA esteja vinculado ao Estado de Minas Gerais, o restante da empresa pertence a acionistas minoritários, incluindo aproximadamente 30% de capital estrangeiro (COPASA, 2024). Entre esses acionistas, estão fundos de investimento internacionais que também têm participação em mineradoras, especialmente na Vale (VALE S. A., 2024).

O fato de a empresa de saneamento e as mineradoras compartilharem os mesmos acionistas pode sugerir que possíveis divergências de interesses permanecem nos “bastidores”. No entanto, essa é apenas uma hipótese, e sua confirmação exigiria uma investigação aprofundada das nuances das estruturas de poder envolvendo as mineradoras e a companhia de saneamento.

Compreender as problemáticas e pressões que envolvem o manancial de Bela Fama perpassa por empenhar uma discussão acerca das instâncias e instrumentos de gestão territorial. Nesse sentido, o trabalho de Lemos e Magalhães Junior (2019a) fornece subsídios para entender como diferentes recortes de gestão territorial como a municipal, metropolitana e de recursos hídricos fornecem variados instrumentos de

planejamento (como plano diretor de recursos hídricos, plano diretor municipal e plano metropolitano) que, por sua vez, podem apresentar um desequilíbrio e falta de interlocução entre si.

O município de Itabirito, por exemplo, apesar de estar inserido na área de contribuição do manancial de Bela Fama, não é contemplado pela captação no Rio das Velhas, dispondo de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Nesse sentido, sob a ótica municipal, não há interesse na gestão do manancial de Bela Fama, apesar da lei de uso e ocupação do solo do município poder gerar ônus ou bônus para o manancial de Bela Fama.

O recorte metropolitano e de recursos hídricos, por sua vez, permite contemplar o manancial de Bela Fama e a sobreposição dos limites político-administrativos municipais. Assim, a gestão metropolitana, por exemplo, ao estabelecer políticas restritivas para diferentes formas de uso e ocupação da terra em uma área de manancial pode gerar o bônus de maior disponibilidade hídrica, mas também pode gerar o ônus de limitar diferentes atividades econômicas que comprometem o manancial (LEMOS e MAGALHÃES JUNIOR, 2019a).

É nesse contexto que surgem divergências entre a política municipal, metropolitana e de recursos hídricos. Retomando ao exemplo de Itabirito, se uma política metropolitana estabelecer restrições de uso da terra para a mineração, visto as diferentes pressões existentes para o manancial de Bela Fama, pode representar um interesse que não é do município, tendo em vista que Itabirito não se beneficia deste manancial e a atividade minerária representa uma significativa fonte de arrecadação.

Outro exemplo das complicações decorrentes da fragmentação da política territorial é o fato de Belo Horizonte, principal beneficiário do manancial de Bela Fama e possivelmente o maior interessado em sua preservação e proteção, não ter os instrumentos necessários para intervir na gestão do território do referido manancial. Além das questões associadas às políticas territoriais e às estruturas de poder associadas, há um aspecto que transcende à escala do manancial de Bela Fama e que interfere diretamente nas condições das barragens de rejeito e no risco que representam.

De acordo com Mansur *et al.* (2016) há uma correlação entre a oscilação do preço do minério no mercado internacional e a ocorrência de falhas envolvendo barragens de rejeito. Isso está associado à pressão que as companhias sofrem para

garantir seus lucros durante os períodos de baixa nos preços do minério, o que leva à expansão da capacidade produtiva, precarização das operações nas minas e redução dos investimentos em segurança de barragens (DAVIES e MARTIN, 2009; BOWKER e CHAMBERS, 2017; MANSUR *et al.*, 2021).

Todos os eventos de falhas em barragens utilizados como estudo de caso da tese se deram no contexto de *pós-boom* mineral, marcado pelo decréscimo do preço do minério no mercado internacional após o ano de 2011 (MANSUR *et al.*, 2016; MILANEZ, 2017; WANDERLEY, 2017). As barragens da Mundo Mineração em Rio Acima talvez seja o exemplo mais emblemático deste contexto, onde oscilações do mercado internacional tornaram inviável a produção mineral e levaram ao abandono das estruturas.

Estabelecer que os níveis de segurança dos barramentos estão associados a um fator externo ligado a oscilação do preço do minério no mercado internacional é a confirmação da inação dos instrumentos de comando e controle voltados para garantir a integridade das estruturas. Essa conjuntura é determinada, ao menos em parte, pela financeirização do mercado de *commodities* minerais, que reorganizou as mineradoras para promover a geração de valor para seus acionistas, visando o retorno financeiro com o pagamento de dividendos e foco na performance de valorização acionária da empresa (WILLIAMS, 2000; MILANEZ *et al.*, 2019c)

Um aspecto a se considerar é o fato de o mercado internacional que estabelece os preços dos minérios ser volátil e, por vezes, imprevisível. Múltiplos fatores podem interferir no preço do minério, desde bloqueios e crises econômicas a conflitos geopolíticos.

Por fim, vale destacar que o PFM, conforme estabelecido pela Resolução ANM nº 68/2021, levanta a prerrogativa de impossibilidade de descaracterização de barragem após a finalização das operações na mina. Caso isso ocorra, o empreendedor deverá prever no PFM o monitoramento da estrutura (ANM, 2021).

Se a ANM admite a impossibilidade de descaracterização de barragens, é possível inferir que há uma parcela das estruturas que foram construídas de modo a não ser possível tecnicamente sua descaracterização. Isso explica, ao menos em parte, o não cumprimento dos prazos estabelecidos pela PESB e pela PNSB para descaracterização de estruturas construídas pelo método à montante.

Essa questão evidencia uma problemática crônica da legislação sobre segurança de barragens, pois determina que estruturas possam existir *ad aeternum*

sem uma obrigatoriedade legal de recursos financeiros para seu posterior monitoramento. Assim, há dúvidas sobre a efetividade da continuidade do monitoramento, sobretudo quando considerado que as mineradoras teriam que arcar com os gastos mesmo com suas atividades na mina já encerradas.

O cenário bastante provável decorrente desta situação é a transferência dos passivos para o Estado, assim como ocorreu com as estruturas da Mundo Mineração, onde a COPASA teve de assumir a gestão das barragens tendo em vista que um evento de falha poderia comprometer a captação em Bela Fama e, conseqüentemente, o abastecimento da RMBH.

Quando considerado o manancial de Bela Fama e o contexto de todo o Quadrilátero Ferrífero, a situação se agrava. Conforme demonstrado no capítulo 3, a mineração de ferro em Minas Gerais vem perdendo espaço e importância ao longo dos anos, sobretudo pela redução do teor de minério de ferro encontrado.

Deste modo, há um prazo de vida útil menor para as minas localizadas no Quadrilátero Ferrífero e considerando o contexto de financeirização das mineradoras com a conseqüente precarização de suas operações, é possível prever um cenário de redução da produção mineral com o fechamento das minas ao longo dos anos, mas manutenção no número de barragens existentes, oferecendo risco ao manancial de Bela Fama e a população exposta a essas estruturas.

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação do panorama legal e institucional sobre segurança de barragens no Brasil e, particularmente, em Minas Gerais revelou uma série de deficiências e lacunas que tornam frágeis os instrumentos de comando e controle previstos na legislação. Soma-se a isso a ausência de mecanismos eficientes para a proteção do manancial de Bela Fama. Dentre as diferentes problemáticas elencadas ao longo do trabalho, destaca-se:

- A falta de consideração dos mananciais de abastecimento como critério para escolha da modalidade de licenciamento ambiental (se será mais conservador ou simplificado);
- A ausência de mecanismos efetivos voltados para proteção dos mananciais, que se encontram vulneráveis a diferentes usos da terra e da água que podem comprometer os pontos de captação;
- A terceirização da gestão das estruturas para as próprias mineradoras, que são responsáveis pelos estudos ambientais para instalação das barragens e indiretamente também pela declaração de condição de estabilidade;
- A criação, por meio de resolução, de uma nova categoria de barragem, denominada ECJ, não deixa claro se essas estruturas estão sujeitas aos mesmos mecanismos de comando e controle previstos na PNSB e PESB;
- A baixa qualidade técnica dos estudos e relatórios ambientais que embasam os processos decisórios relativos à mineração;
- A incapacidade dos órgãos ambientais em fiscalizar adequadamente todas as estruturas de contenção de rejeitos;
- As dinâmicas de poder que permeiam as relações entre o Estado e o setor minerário e, conseqüentemente, geram desequilíbrios durante os processos decisórios relativo às barragens que, muitas vezes, acabam beneficiando o empreendedor.

A complexa arquitetura legal sobre segurança de barragens assume características de uma tecnoburocracia ambiental (CARNEIRO, 2003) e torna a gestão das estruturas um processo calcado em normas jurídicas e técnicas puramente.

Assim, o debate sobre compatibilidade ou incompatibilidade de usos entre barragens e mananciais fica reduzido a um tecnicismo que desconsidera o fato de que

toda estrutura pode apresentar falhas e comprometer a principal fonte de abastecimento de uma das maiores metrópoles brasileiras.

A existência de 62 barragens à montante de Bela Fama, por exemplo, não compromete, segundo a legislação, a integridade do manancial, pois existem instrumentos legais destinados a garantir a segurança dessas estruturas. Contudo, é imperativo considerar que todos os barramentos possuem um risco intrínseco de falha, como evidenciado pelos casos de Itabirito, Mariana e Brumadinho, nos quais as garantias técnicas de estabilidade não foram suficientes para evitar tragédias.

Apesar de parte das críticas sobre o aparato legal e operacional das barragens já ser difundido na literatura, a presente pesquisa buscou avançar na discussão dessa problemática, bem como demonstrar como essas deficiências e lacunas legais se materializam nas estruturas presentes na bacia do manancial de Bela Fama.

Vale destacar que, apesar de o enfoque da pesquisa ser o Alto Rio das Velhas, as problemáticas relacionadas às barragens e aos mananciais de abastecimento se estendem para outras localidades do Quadrilátero Ferrífero, principalmente para a bacia do Rio Paraopeba, onde se encontram outros mananciais que abastecem a RMBH.

O aprimoramento dos instrumentos legais relacionados à segurança de barragens requer a abolição do processo de automonitoramento das estruturas, substituindo-o pela implementação de um modelo independente e fortalecendo os órgãos fiscalizadores. Esse modelo independente não deve se limitar a critérios técnicos para garantir a segurança das barragens, mas também incluir considerações sobre o processo decisório relacionado ao modelo de mineração adotado.

Essa mudança pressupõe a participação ativa da sociedade civil, especialmente dos grupos impactados, na gestão das barragens, visando estabelecer um controle social sobre as condições das estruturas de contenção de rejeitos. Para alcançar esse objetivo, é essencial promover a transparência por meio da divulgação pública dos relatórios das auditorias e permitir questionamentos sobre as medidas de segurança implementadas pelas mineradoras. Somente com a inclusão da sociedade civil nos processos decisórios será possível superar as estruturas de poder que permeiam a política mineral.

Não obstante, faz-se necessário a instituição de instrumentos que garantam a descaracterização das estruturas após o encerramento das atividades na mina, sobretudo as que se encontram abandonadas. Há o risco, caso não haja

obrigatoriedade de descaracterização das barragens, de se repetir processos de abandono de estruturas semelhantes ao que ocorreu com a Mundo Mineração em Rio Acima.

Considerando toda a problemática legal e institucional das barragens exposta ao longo do trabalho em conjunto com os estudos de caso, é possível inferir que há uma incompatibilidade entre as estruturas de contenção de rejeito e o manancial de Bela Fama. Eventos de falha em barragens de rejeito se tornaram recorrentes e o aparato legal somado à atuação dos órgãos fiscalizadores tem se mostrado ineficaz em garantir a segurança das estruturas.

Essa incompatibilidade de usos, todavia, não se materializa em um conflito entre a companhia de saneamento e mineradoras. Diferentes interesses e as estruturas acionárias das empresas, que inclui parcelas pertencentes ao Estado, possivelmente, fazem com que diferentes tensões que possam existir permaneçam nos “bastidores”, evitando que conflitos reais se concretizem.

Por mais que o manancial de Bela Fama esteja sujeito a diversas pressões que possam impactar a captação de água, tais como, usos urbanos, poluição hídrica, assoreamento e mudanças climáticas, seus efeitos são gradativos e permitem ações remediadoras. Todavia, um evento de falha em uma barragem tem o impacto imediato de inutilização do manancial, condenando a RMBH a ter seu sistema de abastecimento comprometido.

Durante a escrita dos resultados da tese se vivencia novamente em território nacional mais uma tragédia decorrente da atividade minerária. A cidade de Maceió em Alagoas tem parte de seu território sofrendo com processos de subsidência decorrentes da extração de sal-gema. As seguidas tragédias envolvendo a mineração refletem a insegurança que permeia as operações minerárias que, por sua vez, tem relação com a política mineral adotada no país.

9. REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F., MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, v. 90, n. 1-2, p. 29–58, 1998.

ALVES, F. G. S.; MAIA, C. O.; LÁZARO, G. L. V.; COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A proteção de mananciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG): os desafios de compatibilização entre usos da terra e da água na Área de Proteção Especial (APE) Taboões. **Revista Geografias**, v. 27, p. 8-25, 2019.

ANDRADES, R.; GUABIROBA, H. C.; HORA, M. S. C.; MARTINS, R. F.; RODRIGUES, V. L. A.; VILAR, C. C.; GIARRIZZO, T.; JOYEUX, J. C. Early evidences of niche shifts in estuarine fishes following one of the world's largest mining dam disasters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, p. 1-5, 2020.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019**. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 51, de 24 de dezembro de 2020**. Cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - ACO, que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO e a Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - DCO. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-51-de-24-de-dezembro-de-2020-296821959>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 68, de 30 de abril de 2021**. Dispõe sobre as regras referentes ao Plano de Fechamento de Mina - PFM e revoga as Normas Reguladoras da Mineração nº 20.4 e nº 20.5, aprovadas pela Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-68-de-30-de-abril-de-2021-317640591>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022**. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-380760962>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

ARAÚJO, S. M. V. G. **Licenciamento Ambiental e Legislação**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2002 (estudo técnico - Consultoria Legislativa).

ARBEX, D. **Arrastados** - Os bastidores do rompimento da barragem de Brumadinho, o maior desastre humanitário do Brasil. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca Ltda., 2022, 335 p.

AZAM, S.; LI, Q. Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years. **Waste Geotechnical News**, v. 28, n. 4, p. 50-53, 2010.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; CAVALCANTI, J. A. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). **Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 1, p. 45-51, 2004.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; MATSCHULLAT, J. Geochemical distribution of arsenic in waters, sediments and weathered gold mineralized rocks from Iron Quadrangle, Brazil. **Environmental Geology**, v.4, p. 39-52, 2003.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; RAWLLINS, B. G.; MATSCHULLAT, J. Arsenic in water and sediment in the Iron Quadrangle, Minas Gerais state, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 3, p. 554-557, 2000.

BOTELHO, M. R.; FARIA, M. P.; MAYR, C. T. R.; OLIVEIRA, L. M. G. Rompimento das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão em Minas Gerais, Brasil: decisões organizacionais não tomadas e lições não aprendidas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 46, p. 1-11, 2021.

BOTELHO, M. R.; VILELA, R. A. G. Omissão do Estado brasileiro e o rompimento de barragens de mineração. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 12, n. 3, p. 539-555, 2022.

BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. In the dark shadow of the supercycle tailings failure risk & public liability reach all time highs. **Environments**, v. 4, n. 75, p. 1-21, 2017.

BRANDT. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA Barragem de rejeito do Fundão**. Samarco Mineração S.A. Nova Lima: Brandt Meio Ambiente, 2005.

BRANDT. **Plano Diretor**. Herculano Mineração. Nova Lima: Brandt Meio Ambiente, 2015. 264 p.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7990.htm>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017**. Altera as Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13540.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.540%2C%20DE%2018%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202017.&text=Altera%20as%20Leis%20n%C2%BA,de%20Recursos%20Minerais%20\(CFEM\).](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13540.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.540%2C%20DE%2018%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202017.&text=Altera%20as%20Leis%20n%C2%BA,de%20Recursos%20Minerais%20(CFEM).>)>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020**. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRONZ, D. Do campo etnográfico ao campo político: uma análise dos bastidores do licenciamento ambiental. **Guarimã – Revista de Antropologia & Política**, v. 1, n. 1, p. 9-35, 2020.

BRONZ, D. “O Estado não sou eu”. Estratégias empresariais no licenciamento ambiental de grandes empreendimentos industriais. **Campos - Revista de Antropologia**, v. 14, n. 1-2, p. 37-55, 2013.

CALUX, A. S. **Gênese e desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas em formação ferrífera no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2013. 218 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2018.

CASTRO, J. L. L. M. Algo deve mudar para que tudo continue como está: o perfil dos diretores da ANM e da SGM no governo Bolsonaro. **Versos – Textos para Discussão PoEMAS**, v. 4, n. 3, p. 1-14, 2020.

CASTRO, P. T. A.; NALINI JÚNIOR, H. A.; LIMA, H. M. **Entendendo a mineração no Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: Ecológico, 2011. 93 p.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. **HOLOS**, ano 32, v. 08, p. 77-85, 2016.

CARMIGNANO, O. R. D. R. **Inovação no setor de mineração de ferro em Minas Gerais com foco na destinação de rejeitos**. 2021.113 f. Tese (Doutorado em Inovação Tecnológica e Biofarmacêutica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

CARMIGNANO, O. R.; VIEIRA, S. S.; TEIXEIRA, A. P. C.; LAMEIRAS, F. S.; BRANDÃO, P. R. G.; LAGO, R. M. Iron Ore Tailings: Characterization and Applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 10, p. 1895-1911, 2021.

CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y.; TOBIAS JUNIOR, R.; CAMPOS, I. C.; CARMO, F. F.; SILVINO, G.; CASTRO, K. J. S. X.; MAURO, M. L.; RODRIGUES, N. U. A.; MIRANDA, M. P. S.; PINTO, C. E. F. Fundão 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.

CARNEIRO, E. J. **Modernização recuperadora e o campo da política ambiental em Minas Gerais**. 2003. 460 f. Tese (Doutorado em Sociologia e Política), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

CBH RIO DAS VELHAS - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. **Ofício 034/2020 - Proibição de trabalhos de manutenção e recuperação de estabilidade em barragens interditadas**. 4 p., 2020.

CBH RIO DAS VELHAS - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. **Revista Rio das Velhas**: rompimento de barragem em Mariana preocupa o CBH Rio das Velhas. 16 mai. 2016. Disponível em: <<http://cbhvelhas.org.br/noticias/rompimento-de-barragem-em-mariana-preocupa-o%E2%80%A8-cbh-rio-das-velhas/>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

CENTRO DE SISMOLOGIA DA USP. **Relatório Técnico - Tremores de 05/04/2014 na Mineração Herculano, Itabirito, MG**. Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. 2015. 5 p.

CGU - Controladoria Geral da União. **Relatório de avaliação**. Secretaria Federal de Controle Interno. 2020. 47 p. Disponível em: <<https://eaud.cgu.gov.br/relatorios/download/884504>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento dos minérios: Bombeamento de Polpa e Classificação**. 4ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 304 p.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 dezembro de 1997**. Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

COPAM. **Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

COPAM. **Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

COSTA, A.; FELIPPE, M. F.; REIS, G. Licenciamento Ambiental de Grandes Empreendimentos Minerários: dos alarmes que ninguém escuta à tragédia no Rio Doce. **Revista Geografias**, v. 1, n. Edição Especial Vale do Rio Doce, p. 95-113, 2016.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Composição Acionária. Disponível em: <<https://ri.copasa.com.br/governanca-corporativa/composicao-acionaria/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Formulário de Referência 2023**. Versão 16. 2023. 328 p. Disponível em: <<https://ri.copasa.com.br/formulario-de-referencia/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Panorama das barragens de rejeito de minério no Quadrilátero Ferrífero (MG) e suas implicações para a segurança hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG. **GeoTextos**, v. 17, n. 1, p. 203-225, 2021.

COTA, G. E. M.; ROSA, N. M. G; ROMEIRO, C. E.; MENDES, I. A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Aspectos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no alto Rio das Velhas (MG). **GEOgraphia**, v. 21, n. 45, p. 31-46, 2019.

COUTINHO, W. **Emprego da flotação a ar dissolvido no tratamento de cursos d'água - Avaliação de desempenho da estação de tratamento dos córregos Ressaca e Sarandi afluentes à represa da Pampulha**. 2007. 104 f. Dissertação

(Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CVRD - COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. **Companhia Vale do Rio Doce: 50 Anos de História**. Rio de Janeiro: CVRD, 1992. 300 p.

DAVIES, M.; MARTIN, T. Mining Market Cycles and Tailings Dam Incidents. In: 13th International Conference on Tailings and Mine Waste, 2009, Banff, AB. **Anais do 13th International Conference on Tailings and Mine Waste**. Disponível em: <<https://docplayer.net/14797608-Mining-market-cycles-and-tailings-dam-incidents.html>>. Acesso em: 15 de outubro de 2023.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017**. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017.pdf/>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Lista de Barragens**. 2014. Disponível em: <<http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Lista de Barragens**. 2020. Disponível em: <<http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais - Ano 2015**. Publicado em 2016. 54 p. Disponível em: <<http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais - Ano 2022**. Publicado em 2023. 20 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2023/GESTAO_BARRAGENS/Invent%C3%A1rio_Ano_Base_2022_-_Com_ficha.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; FRANCO, R.; MATOS, R. A Tragédia Do Rio Doce: A Lama, O Povo e a Água. Relatório de Campo e Interpretações Preliminares Sobre as Consequências do Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão (Samarco/Vale/Bhp). **Revista Geografias**, Edição Especial 2016 - Vale do Rio Doce: formação geo-histórica e questões atuais, p. 63-94, 2016.

FELIPPE, M. F.; COSTA, A.; KNOP, R. G.; MILANEZ, B. O desastre ambiental da Vale S.A. na bacia do rio Paraopeba e o fazer acadêmico: estamos no caminho certo? In:

MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). **Minas esgotada**: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. p. 12-20.

FURTADO, J. F. **O livro da capa verde**: o regimento diamantino de 1771 e a vida no distrito diamantino no período da Real Estração. Coimbra: Annablume, 2008. 210 p.

GALEANO, E. **As veias abertas da América Latina**. Porto Alegre: L&PM, 2010. 392 p.

GMG - Gabinete Militar do Governador/CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. **Instrução Técnica 01/2021**. Critérios para elaboração e aprovação do Plano de Ação De Emergência - PAE. 2021. 131 p.

GREEN, M. P. L.; GIUSTI, F. Transparência no uso da Compensação Financeira pela Exploração Mineral nos maiores municípios mineradores no Brasil. In: X Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM, 2021, Rio de Janeiro. **Anais da X Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2021. v. 1. p. 97-102.

HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p.99-105, 2009.

HIDROVIA. **Estudo de conexão hídrica a partir da aplicação das técnicas de traçadores corantes**. Projeto Herculano. Plano de trabalho, caracterização dos valores de background e resultados preliminares. 2015. 170 P.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. Brasília: IBRAM, 2016. 128 p.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020** – Ano base 2019. Brasília: IBRAM, 2020. 80 p.

ICOLD - INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **World Register of Dams**. Disponível em: <https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/database_presentation.asp>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019**. Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

IGLÉSIAS, F. Encontro de duas culturas: América e Europa. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 14, p.23-37, 1992.

INSTITUTO MINERE. **Curso Monitoramento e Inspeção de Barragens**. (S.I.) 2019. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/curso-monitoramento-inspecaobarragens>>. Acesso em: 01 nov 2019.

ISLAM, K.; MURAKAMI, S. Global-scale impact analysis of mine tailings dam failures: 1915–2020. **Global Environmental Change**, v. 70, p. 1-16, 2021.

JARDIM, C. H. As chuvas de 2013/2014 em Belo Horizonte – MG e sua relação com a (suposta) “crise hídrica”. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 1082-1088, 2015.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 35, p. 37-61, 2002.

LEMOS, R. S. **A integração da Gestão Territorial a partir da política das águas**. 2018. 251 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2018.

LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Da fragmentação à desintegração da gestão territorial: perspectivas a partir das águas na bacia do Alto Rio das Velhas - MG. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 487-505, 2019a.

LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Dinâmica territorial, transformações ambientais e implicações no manancial de abastecimento público da Região Metropolitana de Belo Horizonte - bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, Minas Gerais. **GeoTextos**, v. 15, n. 1, p. 181-204, 2019b.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; COTA, G. E. M.; LEMOS, R. S. Contradições e desafios para a proteção de mananciais hídricos em Minas Gerais – os casos das Áreas de Proteção Especial de Vargem das Flores e Serra Azul – Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 60, p. 89-104, 2016.

MAGNO, L.; WANDERLEY, L. J.; IORIO, G. S.; MILANEZ, B. Territórios corporativos da mineração: barragens de rejeito, reconfiguração espacial e deslocamento compulsório em Minas Gerais – Brasil. **Revista NERA**, v. 26, n. 66, p. 15-40, 2023.

MANSUR, M. S.; COELHO, T. P.; SANTOS, R. S. P. O que é a Vale S.A.? In: MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). **Minas esgotada**: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. p. 21-34.

MANSUR, M. S.; WANDERLEY, L. J.; MILANEZ, B. SANTOS, R. S. P.; PINTO, R. G.; GONÇALVES, J. A. F.; COELHO, T. P. Antes fosse mais leve a carga: introdução aos argumentos e recomendações referentes ao desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. In: ZONTA, M.; TROCATE, C. (Org.). **Antes fosse mais leve a carga**: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. Marabá, PA: Editorial iGuana, 2016. p. 17-49.

MATOS, A. C. S.; LEMOS, R. S.; SILVA, T. F. G.; ELEUTÉRIO, J. C.; NASCIMENTO, N. O. Evolução do uso e ocupação do solo em mananciais de abastecimento metropolitano na Região Metropolitana de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH, 2017, Florianópolis - SC. **Anais do XXII SBRH**. Florianópolis: [s. n.], 2017. p. 1-8.

MATSCHULLAT, J.; BORBA, R. P.; DESCHAMPS, E.; FIGUEIREDO, B. F.; GABRIO, T.; SCHWENK, M. Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. **Applied Geochemistry**, v. 15, p. 181-190, 2000.

MEDINA, A. I. M.; DANTAS, M. E. D; SAADI, A. **Projeto APA Sul RMBH - Estudos do Meio Físico**. Ministério de Minas e Energia. Governo do Estado de Minas Gerais. 45 p. 2005. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/10218/27/rel_apa_sulrmbhv6.pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2023.

MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G. (org.). **Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. 420 p.

MELLO, E. M. R.; PAULA, S. M. Mineração de ferro e enclave - estudo de caso da Companhia Vale Do Rio Doce. In: IX Seminário sobre a Economia Mineira, 2000, Diamantina. **Anais do IX Seminário sobre a Economia Mineira**. Diamantina: UFMG/CEDEPLAR, 2000. v. 1. p. 613-638.

MILANEZ, B. Boom ou bolha? A influência do mercado financeiro sobre o preço do minério de ferro no período 2000-2016. **Versos – Textos para Discussão PoEMAS**, v. 1, n. S2, 1-18, 2017.

MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). **Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. 136 p.

MILANEZ, B.; MAGNO, L.; PINTO, R. G. Da política fraca à política privada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 5, p. 1-7, 2019a.

MILANEZ, B.; MAGNO, L.; SANTOS, R. S. P.; COELHO, T. P; GIFFONI PINTO, R.; WANDERLEY, L. J. M.; MANSUR, M. S.; GONÇALVES, R. J. A. F. Minas não há mais: avaliação dos aspectos econômicos e institucionais do desastre da Vale na bacia do rio Paraopeba. **Versos – Textos para Discussão PoEMAS**, v. 3, n. 1, p. 1-114, 2019b.

MILANEZ, B.; MANSUR, M. S.; WANDERLEY, L. J. M. Financeirização e o mercado de commodities: uma avaliação a partir do setor mineral. **Revista Tamoios**, v. 15, n. 1, p. 104-125, 2019c.

MILANEZ, B.; WANDERLEY, L. J. M.; MAGNO, L. Mineração e políticas públicas: conflitos, retrocessos e propostas para um outro modelo mineral. **Revista da ANPEGE**, v. 16, n. 36, p. 388-433, 2022.

MILANEZ, B.; WANDERLEY, L. J. O número de barragens sem estabilidade dobrou, “e daí?": uma avaliação da (não) fiscalização e da nova Lei de (in)Segurança de Barragens. **Versos – Textos para Discussão PoEMAS**, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2020.

MINAS GERAIS. 2ª Vara Cível da Comarca de Nova Lima. **Processo 0126938-41.2011.8.13.0188**. Nova Lima: Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais. 2011.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 46.953, de 23 de fevereiro de 2016**. Dispõe sobre a organização do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, de que trata a Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=40255>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 47.705, de 4 de setembro de 2019c**. Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49498>>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019a**. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=50263>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 48.454, de 29 de junho de 2022**. Altera o Decreto nº 48.078, de 5 de novembro de 2020, que regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência – PAE, estabelecido no art. 9º da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens, e o Decreto nº 47.383, de 2 de março de 2018, que estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56063>>. Acesso em: 18 de agosto de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 48.707, de 25 de outubro de 2023b**. Contém o Estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48707/2023/>>. Acesso em: 10 de jan. 2023.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019b**. Institui a política estadual de segurança de barragens. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=2019&num=23291&tipo=LEI>>. Acesso em: 09 de outubro de 2021.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual nº 24.313, de 28 de dezembro de 2023a**. Estabelece a estrutura orgânica do Poder Executivo do Estado e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/24313/2023/#:~:text=Estabelece%20a%20estrutura%20org%C3%A2nica%20do,Estado%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.&text=Art.,pelos%20princ%C3%A1pios%20estabelecidos%20no%20art.>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Relatório de Análise de Acidente de Trabalho**. Rompimento da barragem B I da Vale S.A. em Brumadinho/MG em 25/01/2019. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. Secretaria do Trabalho/Subsecretaria de Inspeção do Trabalho. Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais. SEGUR - Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador. [S.l.]: [s.n.], 2019. 237 p. Disponível em: <https://sinait.org.br/docs/305346580-relatorio_bi_-_a_corpo_assinado.pdf>. Acesso em: 10 de fev. 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: [s.n.], 2002. 148 p.

MORAES, F. B. De arraiais, vilas e caminhos: a rede urbana das Minas coloniais. In: RESENDE, M. E. L.; VILLALTA, L. C. **História de Minas Gerais**: as Minas setecentistas. Belo Horizonte: Autêntica, 2007. p. 55-86.

MOREIRA, I. C. Diretrizes e perspectivas do licenciamento ambiental. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 2, n. 2, p. 77-93, 2009.

MORGENSTERN, N. R.; VICK, S. G.; VIOTTI, C. B.; WATTS, B. D. **Comitê de Especialistas para Análise da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão - Relatório sobre as Causas Imediatas da Ruptura da Barragem de Fundão**. [S.l.]: [s.n.], 2016. 83 p. Disponível em: <<https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2017/10/relatorio-sobre-as-causas-imediatas-da-ruptura-da-barragem-de-fundao.pdf>>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

MPF - Ministério Público Federal. **Força Tarefa Rio Doce**. Procuradoria da República nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo - Denúncia. 2016. 272 p. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco>> Acesso em: 10 fev. 2022.

MPMG - MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS. **Ação civil pública em defesa do meio ambiente ecologicamente equilibrado**. Ref.: Inquérito Civil nº. MPMG-0024.20.010131-9. Belo Horizonte (MG), 2020. 82 p.

PAEBM DAS BARRAGENS B1, B2, B3 E B4. **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração**. Herculano Mineração. Volume I. Geomil – Serviços de Mineração Ltda. 2022. 83 p.

PAEBM MARAVILHAS II. **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração**. Barragem Maravilhas II. Mina do Pico. Seção III - Diagnóstico de Abastecimento de Água. 2021. Não Paginado.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2020/2023**. Volume I/II, 2020. 321 p.

PINTO-COELHO, R. M.; VIEIRA, E. M.; PIO, F. P. B.; ALMEIRA, V. F.; RANGEL, E. S. Atlas das barragens de mineração em Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v. 31, Número Especial 1, p. 208-259, 2021.

RAMANERY, G. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; COTA, G. E. M. Licenciamento ambiental de atividades minerárias em Minas Gerais: estruturação e processos decisórios na Câmara de Atividades Minerárias. **Geografias**, v. 17, n. 2, p. 95-118, 2021.

REIS, M. O.; MOURA, A. C. M. B.; COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Panorama dos rompimentos de barragens de rejeitos de minério no mundo. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 61, p. 368-390, 2020.

RIBEIRO, J. A.; LEMOS, R. S.; COTA, G. E. M.; MAGALHAES JUNIOR, A. P.; PERON, G. A abordagem de conflitos pelo uso da água na gestão de recursos hídricos - reflexões a partir do contexto da bacia do alto rio das Velhas/MG. **Caminhos da Geografia**, v. 19, n. 68, p. 343-360, 2018.

RIBEIRO, L. G. G.; REZENDE, E. N. Mina do Engenho: rompimento de barragem. Homicídio como crime ambiental: uma teratológica acepção de Direito Penal? **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, p. 7-27, 2015.

RICO, M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, A. R.; DÍEZ-HERRERO, A.; PEREIRA, H. G. Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, n. 2, p. 846-852, 2008.

ROCHA, L. L. **Participação social: a efetividade das audiências públicas em processos de licenciamento ambiental em Minas Gerais**. 2008. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SAMPAIO, J. A. L. As deficiências do plano de ação emergencial das barragens no Brasil. **Revista Brasileira de Direito**, v. 12, n. 2, p. 7-17, 2016.

SANTOS, C. M.; SILVA, J. G. **Análise da mancha de inundação da barragem sul da Mina de Brucutu, em São Gonçalo do Rio Abaixo-MG**. 2019. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Doctum, João Monlevade. 2019.

SANTOS, R. S. P.; MILANEZ, B. GONÇALVES, R. J. A. F. O Complexo Paraopeba II: estrutura e condições de operação. In: MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). **Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. p. 47-55.

SARAIVA, C. M.; FERREIRA, P. T. M. A Lama da Samarco e o Crime Corporativo: uma reflexão necessária. **Administração Pública e Gestão Social**, v. 9, n. 2, p. 75-83, 2018.

SEABRA JUNIOR, A. A.; BRANDT, W. **Os estudos de paleosismicidade como ferramenta de gestão de riscos: evidências, literatura e futuro**. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico, v. 24, n. 1/2, p. 44-62, 2015.

SEMAD - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Governo de Minas inicia obras em barragens abandonadas pela Mundo Mineração. 2019. Disponível em:**

<[http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/3828-governo-de-minas-inicia-obras-em-barragens-abandonadas-pela-mundo-mineracao->](http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/3828-governo-de-minas-inicia-obras-em-barragens-abandonadas-pela-mundo-mineracao-). Acesso em: 15 de mai. 2022.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Mundo Mineração - Relatório de Vistoria em outubro de 2015**. 2015. 29 p.

SETOP - Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Histórico de Operação do Empreendimento**. 2017. 8 p.

SILVA, O. P. A mineração em Minas Gerais: passado, presente e futuro. **Geonomos**, v. 3, n. 1, p. 77-86, 1995.

SOARES, L. Barragem de Rejeitos. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. P. 829-896.

SOBREIRA, F. Mineração do ouro no período colonial: alterações paisagísticas antrópicas na serra de Ouro Preto, Minas Gerais. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n.1, p. 55-65, 2014.

SUPRAM - Superintendência Regional de Meio Ambiente Central Metropolitana. **Parecer Único nº 211/2014**. Protocolo SIAM: 1165006/2014. 2014. 10 p.

SUPRAM - Superintendência Regional de Meio Ambiente Central Metropolitana. **Parecer Único nº 344/2016**. Protocolo SIAM: 0969354/2016. 2016. 109 p.

TJMG - Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais. **Acordo judicial para reparação integral relativa ao rompimento das barragens B-I, B-IV e I-IVA / Córrego do Feijão**. Processo de Mediação SEI n. 0122201-59.2020.8.13.0000 TJMG / CEJUSC 2º GRAU. 2021. 135 p. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/sites/default/files/paginas/imagens/probrumadinho/ata_acord_o_vale_04-02-2021_1.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

TOMÁS, M. **A expansão da Companhia Vale do Rio Doce e a possibilidade de criação de monopólio de minério de ferro no Brasil: o caso CVRD no CADE**. 2006. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2006.

TONIDANDEL, R. P. **Aspectos Legais e Ambientais do Fechamento de Mina no Estado de Minas Gerais**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica Aplicada) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

TORRES, I. C.; LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Influence of the Rio Taquaraçu in the water quality of the Rio das Velhas: subsidies for reflections of the case of water shortage in Belo Horizonte metropolitan region – MG, Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 429-438, 2016.

VALE S. A. Composição Acionária. Disponível em: <<https://vale.com/documents/d/guest/composicao-acionaria-setembro-2023>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

VALE S.A. **Formulário 20-F**. Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos, 2021. Disponível em: <<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/6425a6c6-6caf-41c2-ab60-f848dda39fb7?origin=1>>. Acesso em: 25 de março de 2022.

VALE S.A. **Programa de Descaracterização de Barragens a Montante no Brasil**. 2022. Disponível em: <<http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/plano-de-descaracterizacao.aspx#:~:text=A%20empresa%20espera%20concluir%20seu,%20o%20cronograma%20sint%C3%A9tico%20abaixo.>>>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

VASCONCELOS, D. **História antiga das Minas Gerais**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1974. 428 p.

VIANA, M. B. **Legislação sobre licenciamento ambiental**: histórico, controvérsias e perspectivas. Câmara dos Deputados, 2005. 38 p.

WILLIAMS, K. From shareholder value to present-day capitalism. **Economy and Society**, v. 29, n. 1, p. 1-12, 2000.

WANDERLEY, L. J. Do Boom ao Pós-Boom das commodities: o comportamento do setor mineral no Brasil. **Versos – Textos para Discussão PoEMAS**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2017.

WANDERLEY, L. J.; MANSUR, M. S.; PINTO, R. G. Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (Org.). **Desastre no Vale do Rio Doce**: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Rio de Janeiro: Folio Digital – Letra e Imagem, 2016. p. 39-86.

WANDERLEY, L. J.; MILANEZ, B. Notícias de uma tragédia anunciada: antecedentes e o contexto do rompimento da barragem I da Vale S.A. In: MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. (Org.). **Minas esgotada**: antecedentes e impactos do desastre da Vale na Bacia do Paraopeba. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2021. p. 56-68.

WISE URANIUM PROJECT. **Chronology of major tailings dam failures**. Disponível em: <<https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K. **Desenvolvimento e conflitos ambientais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 488 p.