

ANÁLISE ESPACIAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADOS PELO ROMPIMENTO DE DUAS BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: FUNDÃO, NA CIDADE DE MARIANA E CÓRREGO DO FEIJÃO, NO MUNICÍPIO DE BRUMADINHO (MINAS GERAIS - BRASIL)*

SPATIAL ANALYSIS OF THE SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY THE BREACH OF TWO MINING TAILINGS DAMS: FUNDÃO, IN THE CITY OF MARIANA, AND CORREGO DO FEIJÃO, IN THE MUNICIPALITY OF BRUMADINHO (MINAS GERAIS - BRAZIL)

Mariza Ferreira da Silva

Universidade Federal do Paraná (Brasil)

ORCID 0000-0002-8355-1224 marizzafs@hotmail.com

RESUMO

O artigo tem como objetivo apresentar os resultados da pesquisa geográfica que analisa os impactos espaciais e socioambientais provocados pelo rompimento da Barragem Fundão da mineradora Samarco, na cidade de Mariana (2015) e da Barragem I da Mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A, no município de Brumadinho (2019) em Minas Gerais, Brasil. A metodologia de abordagem qualitativa e de natureza analítico-interpretativa e descritiva fundamentou-se na revisão bibliográfica sobre a temática de riscos de barragens, a partir de técnicas de leituras em fontes documentais, jornalísticas e periódicos científicos. A análise de dados estatísticos divulgados por órgãos oficiais e a transparência das ações do sistema de comando de operações e estrutura estratégica que reuniu todas as equipes envolvidas nos trabalhos de resgate, foram relevantes para a compreensão dos processos mitigadores de impactos, reabilitação e resiliência, em situações de urgência e emergência. O georreferenciamento e as pesquisas geocartográficas possibilitaram a avaliação dos impactos espaciais e socioambientais.

Palavras-chave: Rompimento de barragens, mineração, Mariana e Brumadinho-MG, mitigação de impactos, reabilitação e resiliência.

ABSTRACT

We present the results an analysis into the spatial and socio-environmental impacts caused by the failure of the Fundão dam belonging to a mining company, Samarco, in the city of Mariana (2015) and of dam I of the Córrego do Feijão Mine owned by Vale S.A, in the municipality of Brumadinho (2019) in Minas Gerais, Brazil. A qualitative approach of an analytical-interpretative and descriptive nature was adopted, based on a literature review of studies on the topic of dam risks published in documentary and journalistic sources, and scientific journals. The analysis of statistical data released by official bodies, the transparency of the actions taken by the operations command system, and the strategic structure that brought together all the teams involved in the rescue work, were relevant to understanding the mitigation processes of the impacts, recovery, and resilience in emergency situations. Georeferencing and geo-mapping research enabled the assessment of spatial and socio-environmental impacts.

Keywords: Failure of dams, mining, Mariana and Brumadinho-MG, impact mitigation, recovery and resilience.

* O texto deste artigo foi submetido em 27-05-2020, sujeito a revisão por pares a 08-06-2020 e aceite para publicação em 28-10-2020.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 28 (I), 2021, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

O presente artigo tem por objetivo apresentar resultados de pesquisa geográfica que analisa os impactos espaciais e socioambientais provocados pelo rompimento de duas barragens de rejeitos de mineração: a barragem Fundão em Mariana (2015) e a barragem I da Mina Córrego do Feijão, no município de Brumadinho (2019), Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Trata-se de uma abordagem multidisciplinar, pois a natureza multidimensional dos desastres é multiescalar e multifatorial. No entanto, a análise comparativa espacial dos impactos socioambientais foi o foco privilegiado como recorte metodológico.

Em relação à metodologia para a análise espacial, os dados geográficos de natureza cartográfica utilizados nos procedimentos deram origem à confecção de cartogramas do contexto geográfico das áreas impactadas. Os produtos cartográficos foram elaborados no *software* ArcGIS 10.4, com sistema projetivo UTM e datum SIRGAS 2000. Os dados geoespaciais das localidades e bacias hidrográficas foram adquiridos no endereço eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Prístino. Foram adquiridas, também, imagens orbitais de junho de 2018 e março de 2019, no acervo *Google Earth*. A abordagem geossistêmica, de “*Atlas Digital Geoambiental - Disponibilizando informações técnicas de áreas de importância ambiental estratégicas para Minas Gerais*” (Pereira *et al.*, 2017) foi relevante para observar cartogramas temáticos no ambiente computacional. O referido Atlas Digital Ambiental, disponível ao cidadão - ferramenta do tipo webmap ou webgis possui três grupos temáticos: geossistemas ferruginosos do Brasil; municípios de Minas Gerais e Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. O Instituto Prístino disponibiliza no Atlas Digital Geoambiental on-line, dezenas de temas ambientais para livre consulta e geotecnologias representadas pelo Sistema de Informação Geográfica - SIG.

A pesquisa desenvolveu-se principalmente em duas escalas: “*a escala mesossocial - ou das organizações, instituições, domínios socioeconômicos e dos sistemas concretos de ação político-administrativa - e a escala da vida quotidiana, dos lares, do trabalho, da mobilidade e da família*” (Alami *et al.*, 2010, p. 8). O desafio foi realizar a pesquisa em uma dinâmica social complexa, feita de vínculos e tensões, no momento de desintegração territorial, provocada pelos desastres e, por isso, da perda da escala tempo-espacial de análise, em relação à vida quotidiana, antes, territorializada. Essa particularidade impossibilitou trabalhos de campo *in loco* e realização de entrevistas com a população atingida, induzindo o emprego de técnicas diversificadas de coleta de dados secundários e informações pertinentes à análise em questão. Nesse sentido, assumir os riscos intelectuais diante da problemática exposta,

possibilitou aceitar uma relativa incerteza e evitar um enquadramento demasiadamente restritivo, em relação à realidade cambiante e desconhecida.

Considerando a interação da Geografia com outros campos de conhecimento e a complexidade do tema relacionado à riscos socioambientais, adotou-se uma concepção mais plural de abordagem geográfica, construindo um campo mais aberto de discussão que pudesse dialogar com especialistas de outras áreas. Nessa perspectiva, a contribuição dos autores ajudou a explicar conceitos pertinentes à temática em questão e à sociedade de risco. Essa, limitada à globalização da economia e ao extrativismo mineral. Harvey (2005, 2016, 2018) analisou a produção capitalista do espaço e as contradições do capitalismo. Denunciou a degradação da Natureza e do meio ambiente.

Santos (2015) analisou problemas inerentes à perversidade da globalização. Santos e Silveira (2014) deram ênfase à noção de “território usado” em suas análises sobre o Brasil. A contribuição desses autores auxiliam no debate sobre os impactos gerados pelo extrativismo mineral e pelos processos de industrialização periférica no território, tanto na escala do subdesenvolvimento, quanto no modelo de desenvolvimento desigual na economia global.

No âmbito das reflexões sobre as tendências recentes da Geografia, com vistas à sua pluralidade e às abordagens culturais, deu-se ênfase à contribuição de Amorim Filho (1985, 2006) e Yi-Fu Tuan (1980, 1982, 2005) que analisaram os conceitos de topofilia, topofobia, topocídio e topo-reabilitação, para inserir a discussão crítica sobre a “paisagem do medo”, demarcada pelos riscos de barragens e pelos desastres ocorridos. Nessa perspectiva, buscou-se referenciais teóricos de natureza cultural e fenomenológica da Geografia Humanista, referenciais sociológicos, psicológicos e educacionais - contributos relevantes à explicação da sociedade de risco e à percepção dos problemas socioambientais. Destaca-se ideias de Waters (2010); Williams (1989); Barbara Adam (1995); Beck (1992); Bauman e May (2010); Mendes (2015); Gunter e Kroll Smith (2007); Castro e Lourenço (2017); Cavalcante e Elali (2011); Elali e Medeiros (2011); Oliveira *et al.* (2003); Alves (2004); David Alexander (2000). As abordagens da Geografia Humanista, Psicologia Ambiental e Educação para o Risco possibilitaram analisar conceitos referentes a problemas enfrentados por populações atingidas, em decorrência de riscos e desastres.

Sob a ótica socioambiental para a discussão do conceito de paisagem como herança geomorfológica, fisiológica e ecológica, bem como da atitude de preservação dos recursos naturais como sinônimo de desenvolvimento de um país, optou-se pela abordagem de A. Ab' Sáber (2003).

O escopo teórico e os dados geocartográficos objetivaram o estudo comparativo entre os dois desastres em análise. As informações sobre o desastre que devastou o distrito de Bento Rodrigues, em Mariana, foram coletadas no período de 2015 a 2020. As informações sobre o desastre de Brumadinho foram coletadas no período de 2019 a 2020 e foram incorporadas ao estudo que estava em desenvolvimento.

Em relação à estrutura, o texto foi organizado em três recortes temáticos principais analisados após a introdução e a descrição metodológica: a) caracterização geral do Estado de Minas Gerais em relação a risco de barragens e síntese de ideias de alguns autores que analisam a problemática referente a riscos e catástrofes, no contexto da sociedade de risco e globalização; b) descrição de aspectos físico-geográficos e geomorfológicos da área de ocorrência dos desastres, com apresentação de cartogramas e análise espacial dos impactos socioambientais; c) informações técnicas sobre barragens, processos de reparação de problemas estruturais e propostas de erradicação dos impactos socioambientais. Antes da conclusão textual, é apresentada a discussão dos resultados.

Risco de Barragens em Minas Gerais

Minas Gerais, Estado localizado no Sudeste do Brasil, se destaca por suas riquezas minerais. Pode dizer-se, que a vocação original deste estado, importante policentro de mineração do país, nasceu em torno das lavras de ouro e de uma diversidade de minerais valiosos, razão pela qual, “minas” e “gerais” deram origem ao seu nome. O processo de ocupação e formação dos primeiros arraiais coloniais mineiros originou-se a partir da exploração aurífera e da exploração de pedras preciosas. A busca pelo ouro e pelo diamante era quase febril, desde o início do povoamento. Atualmente, a mineração ainda continua sendo um fator de atração entre municípios e polos industriais do país.

Dos 853 municípios de Minas Gerais - polo significativo da mineração no Brasil - 306 abrigam a atividade mineradora, com indústrias nacionais e estrangeiras do ramo da mineração que avançam sobre as serras consagradas como patrimônio ambiental do Estado, em cidades encravadas nos biomas de Moeda, Itatiaiuçu, Piedade, Rola Moça, Gandarela, Ferrugem, entre outros. Apesar de haver abundância de recursos minerais no Brasil e em Minas Gerais especificamente, o risco de rompimento de barragens de rejeitos da mineração tem sido um sinal de alerta em cidades localizadas nas proximidades de indústrias mineradoras.

A periculosidade do risco de rompimentos vale para outros tipos de barragens, também. Em uma divulgação feita em relatório da ANA - Agência Nacional das Águas,

com base em dados de 2017, verificou-se que no Brasil há 24 092 barragens de usos múltiplos. Entre essas barragens, 9 827 (41%) do total, são de irrigação e não tem relação com a mineração.

De acordo com os dados da ANM - Agência Nacional de Mineração no “Resumo da Campanha de Entrega de Declarações de Condição de Estrutura/Setembro de 2019”, das 423 barragens de mineração que estão inseridas na PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens no país, 369 atestaram a estabilidade (87%), 21 não atestaram a estabilidade (5%) e 33 (8%) não enviaram a declaração de condição de estrutura. Além desses dados verifica-se, ainda, que há 54 barragens de mineração que estão interditadas, pois as empresas proprietárias não enviaram a declaração de condição de estrutura, ou a declaração que não atesta a estabilidade das barragens, o que representa 13% do total dessas barragens.

No caso de Minas Gerais, conforme reportagem do Jornal O Tempo (2019, p. 4-5), das 688 barragens do Estado, 11 não têm estabilidade garantida. Dessas onze barragens, 04 possuem condição em que o auditor não concluiu sobre a estabilidade.

De acordo com a descrição da reportagem referida, Pontal e Itabiruçu não estão nessa lista nem nos relatórios com barragens de alto risco da Agência Nacional das Águas (ANA) e da Agência Nacional de Mineração (ANM). Essas foram construídas no modelo de alteamento a jusante, que é mais seguro do que o modelo das barragens de Brumadinho e de Mariana que se rompeu: método obsoleto, do tipo a montante. Das 688 barragens que fazem parte do cadastro do Banco de Declarações Ambientais (BDA) da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), 677 têm estabilidade garantida.

Da amostra de 11 barragens sem estabilidade em Minas Gerais, 07 delas são apresentadas (QUADRO I) com suas principais referências: empresa proprietária, localização de cidade e população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). As outras 04 barragens, como descrito anteriormente, não tinham a conclusão de dados sobre a estabilidade.

Na amostra a seguir (QUADRO II) são apresentados oito municípios de Minas Gerais que vivem em situação de conflito resultante do pânico ocasionado pelo risco de barragens.

O referido quadro dá visibilidade ao contingente populacional de cada um desses municípios, à quantidade de barragens existentes e ao volume/reservatório em metros cúbicos dessas barragens, ou seja, de 512 508 habitantes/total da população distribuída em oito municípios de Minas Gerais, há o total de 178 barragens com um volume de 1 387 682 099 metros cúbicos nos reservatórios.

QUADRO I - Barragens sem estabilidade garantida - Minas Gerais.

TABLE I - Dams without guaranteed stability - Minas Gerais/Brazil.

BARRAGEM	EMPRESA	CIDADE	POPULAÇÃO
1. Barragem Baía I	Gerdau Açominas S.A	Congonhas-MG (Região Central)	54 196
2. Barragem B2 - Água Preta	Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)	Conselheiro Lafaiete-MG (Região Central)	127 539
3. Barragem Dique Couves	Mineração Usiminas S.A	Itatiaiuçu-MG (Região Central)	11 037
4. Barragem do Gegral	Eletro Manganês S.A	Itapeverica-MG (Região Centro-Oeste)	21 763
5. Barragem Biodgestor C	IBS	Ituiutaba-MG (Triângulo)	104 067
6. Barragem Biodgestor D	IBS	Ituiutaba-MG (Triângulo)	104 067
7. Barragem do Vigia	Nacional Mineração (Namisa)	Ouro Preto-MG (Região Central)	73 994
Total	-	-	392 596

Fonte: FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente (2019) e IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/2019. Disponível em <http://www.otempo.com.br> - Belo Horizonte - Ano 23. Número 8086/2019. Acesso em 20 de janeiro de 2020.

Source: FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente (2019) and IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/2019. Available at <http://www.otempo.com.br> - Belo Horizonte - Year 23. Number 8086/2019. Accessed on 20 January 2020.

QUADRO II - Dados de Barragens em oito municípios de Minas Gerais/Brasil.

TABLE II - Data on dams in eight municipalities in Minas Gerais/Brazil.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO	NÚMERO DE BARRAGENS	VOLUME/RESERVATÓRIO (METROS CÚBICOS)
1. Congonhas-MG	54 196	19	18 718 968
2. Conceição do Mato Dentro-MG	17 641	3	40 952 540
3. Itabira-MG	119 186	27	417 211 651
4. Itabirito-MG	51 281	31	87 046 024
5. Nova Lima-MG	93 577	26	50 573 645
6. Paracatu-MG	92 430	32	624 456 119
7. Ouro Preto-MG	73 994	32	138 222 871
8. Rio Acima-MG	10 203	8	10 500 281
Totais	512 508	178	1 387 682 099

Fonte: FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente (2019) e IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/2019. Disponível em <http://www.otempo.com.br> - Belo Horizonte - Ano 23. Número 8086/2019. Acesso em 20 de janeiro de 2020.

Source: FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente (2019) and IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/2019. Available at <http://www.otempo.com.br> - Belo Horizonte - Year 23. Number 8086/2019. Accessed on 20 January 2020.

Diante dessa realidade e no caso específico da mineração, nos últimos cinco anos, em decorrência do rompimento de duas barragens em Minas Gerais, atitudes de alerta, sentimento de culpa e síndrome do pânico clamam por socorro e por justiça, depois de anos de silêncio diante do barulho ensurdecedor de máquinas, caminhões, explosivos, avalanches incontroláveis de lama e de rejeitos provenientes das atividades minerárias. Tudo isso, além da poluição atmosférica que traz problemas respiratórios e compromete a saúde da população.

Com a indagação “E agora, José?”, levantada por Carlos Drummond de Andrade há 77 anos, o jornal O Tempo (2019, p. 1) apresentou como manchete da edição o “Dilema entre medo e ruína paira sobre vizinhos de minas”, destacando que “Tragédia de Brumadinho traz à

luz rotina de apreensão e temor em cidades como Itabira e Congonhas” e reforçando a ideia de que é “uma questão de vida ou morte para moradores de 70 municípios vizinhos das barragens de mineração”. Itabira-MG, cidade natal do poeta Carlos Drummond de Andrade e cidade-berço onde a VALE S.A. nasceu em 1942, como Companhia Vale do Rio Doce, o temor do esgotamento da atividade econômica se soma ao de viver entre duas barragens com capacidade de mais de 200 milhões de metros cúbicos de rejeitos - uma delas, 17 vezes maior do que a estrutura que se rompeu em Brumadinho.

Em Congonhas, cidade-abrigo de um patrimônio secular e, vizinha da mina Casa de Pedra, moradores cobram que empresa seque a represa, que apavora até crianças. No caso de Mariana, a morosidade da burocracia emperra

justiça, pois 3 000 vítimas de barragem aguardam uma solução. No caso de Brumadinho, “os escritórios”, refeitórios e concentração de funcionários ficavam aos pés de uma barragem considerada de risco, erguida com as mesmas técnicas da estrutura de Mariana, barragem a montante, mais baratas e comprovadamente mais instáveis que as do tipo a jusante (O TEMPO, 2019, p. 2). Em nota editorial “Mineração e Medo”, no caderno Opinião, “[...] cinco unidades em Minas Gerais ainda estão sob o medo de possíveis rompimentos de barragem. Regiões de Barão de Cocais, Itatiaiuçu, Nova Lima, Ouro Preto e do distrito de São Sebastião de Águas Claras (Macacos) foram evacuadas por conta de barragens que não tiveram os laudos de segurança atestados pelas empresas de auditoria. Com exceção da estrutura em Itatiaiuçu, que pertence a ARCELORMITTAL, as outras todas são da Vale” (Leles, 2019, p. 2).

Não se nega a importância dos benefícios sociais advindos das indústrias de extração e transformação mineral. No entanto, nada justifica a perda de vidas, mesmo quando se perde apenas uma delas. Nem o chamado “progresso” que se originou com a descoberta de metal precioso transformado em “prosperidade”, na ilusória busca de significado da qualidade de vida humana, rural ou urbana e socioambiental. A gravidade dos impactos socioespaciais e ambientais, associada aos riscos de barragens, foi constatada pelos desastres de alta magnitude provocados pelo rompimento de duas barragens de rejeitos em Minas Gerais. Os efeitos desses impactos no território mineiro e na vida dos atingidos foram cruéis, catastróficos, produtores de cenários reais de terror, angústia e medo.

O vocábulo “medo” nos remete ao sentimento de “topofobia”, medo que gera de forma imediata, uma sensação de pavor. A sensação de dor e angústia produz sentimento de aversão e desespero, pois traz à memória o suplício pelas perdas que não são apenas, materiais. O conceito de topofobia está relacionado a lugares, que, por alguma razão, repeliam por serem considerados desagradáveis. Alia-se, a esse conceito, o vocábulo “topocídio”, entendido como a degradação e aniquilamento de paisagens, lugares, construções e monumentos valorizados. Esses conceitos foram relevantes nos estudos de Tuan (1980), ao esclarecer que o medo existe na mente, mas, exceto nos casos patológicos, tem origem em circunstâncias externas que são realmente ameaçadoras. “Paisagem”, como termo usado desde o século XVII, é uma construção da mente, assim como uma entidade física mensurável. “Paisagem do medo” diz respeito tanto aos estados psicológicos como ao meio ambiente real. Mas, o que são paisagens do medo?

Paisagens do medo são “as quase infinitas manifestações das forças do caos, naturais e humanas. Sendo as forças que produzem caos onipresentes, as tentativas humanas

para controlá-las são também onipresentes. De certa forma, toda construção humana - mental ou material - é um componente na paisagem do medo, porque existe para controlar o caos” (T. Yi-Fu, 2005, p. 12). Foram exatamente, as paisagens do medo e as manifestações das forças do caos, que a cidade de Mariana e o município de Brumadinho enfrentaram, diante do caos provocado pelos desastres. Se Tuan (1980) tinha razão, pode-se dizer que, os moradores dos distritos destruídos e das localidades vizinhas que tinham sentimentos de “topofilia” onde habitavam, trabalhavam, estudavam e compartilhavam sentimentos de alegria, passaram abruptamente, ao sentimento de topofobia.

Os desastres assolaram lares, locais de trabalho, escolas, igrejas relicárias e a aglomeração humana inteira, além de deixarem vítimas fatais, no lugar onde a lama espessa com seus detritos de minérios, se encarregou de arrastar tudo. Uma situação de irreversibilidade e destruição completa da identidade social construída. Ai se foram, juntamente com os bens materiais, os bens imateriais e a identidade cultural de várias gerações, que zelavam pelo lugar: uma questão de valores éticos e morais feridos, mas também uma questão de cidadania, justiça e direitos humanos sacrificados.

Nesse contexto, possível é, tratar ainda, do conceito de “topo-reabilitação”. Ai, a competência é multiplicar ações de resgate, reabilitação ou restauração dos lugares e das paisagens, vítimas de um quadro desolador. Talvez a mais importante questão que se coloca é, se a nossa geração (e, sobretudo, as futuras gerações) deve submeter-se à inevitabilidade dos topocídios, ou se ainda haveria esperança para topo-reabilitação. Os sinais de esperança se manifestam, principalmente, pelo amplo processo de tomada de consciência que se verifica atualmente, na sociedade em geral, quanto à necessidade de preservação ambiental e da busca de reabilitação para os lugares, monumentos e paisagens valorizados. Mas, também, pelas condições de vida saudável, pela solidariedade e pela preservação da vida na Terra.

Do ponto de vista da Natureza e das potencialidades paisagísticas brasileiras, Ab’ Sáber (2003), geógrafo e grande estudioso na área da Geografia Física e das Ciências da Natureza, concebeu a paisagem como uma herança - de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades. Num primeiro nível de abordagem, o geógrafo analisou que se poderia dizer que as paisagens “têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente. Em muitos lugares - como é o caso dos velhos planaltos e compartimentos de planaltos do Brasil - os processos antigos foram responsáveis sobretudo pela compartimentação geral da

topografia. Nessa tarefa, as forças naturais gastaram de milhões a dezenas de milhões de anos. Por sua vez, os processos remodeladores são relativamente modernos e mesmo recentes, restringindo-se basicamente ao período Quaternário” (A. Ab’ Sáber, 2003, p. 9).

Num segundo plano de abordagem, Ab’ Sáber (2003) ressaltou que as nações herdaram fatias - maiores ou menores - daqueles mesmos conjuntos paisagísticos de longa e complicada elaboração fisiográfica e ecológica. Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais são responsáveis. Para tanto, *“há que conhecer melhor as limitações de uso específicas de cada tipo de espaço e paisagem. Há que procurar obter indicações mais racionais, para preservação do equilíbrio fisiográfico e ecológico”* (A. Ab’ Sáber, 2003, p. 10).

Ab’ Sáber (2003) ressaltou ainda, que já se pode *“prever que entre os padrões para o reconhecimento do nível de desenvolvimento de um país devam figurar a capacidade do seu povo em termos de preservação de recursos, o nível de exigência e o respeito ao zoneamento de atividades, assim como a própria busca de modelos para uma valorização e renovação corretas dos recursos naturais”* (A. Ab’ Sáber, 2003, p. 10). Na visão de Harvey (2005, p. 51), ao tratar de paisagem no contexto da produção capitalista do espaço, a *“paisagem criada pelo capitalismo também é vista como lugar da contradição e da tensão, e não como expressão do equilíbrio harmonioso”*. Além disso, esse autor ainda afirmou que as *“crises nos investimentos do capital fixo são consideradas como sinônimo, em muitos aspectos, da transformação dialética do espaço geográfico”* (Harvey, 2005, p. 51).

Esse lugar da contradição e da tensão, concebido dialeticamente pelo capitalismo como ressaltou Harvey, pode ser compreendido no contexto atual da globalização e da sociedade de risco. Sobre a intervenção social diante dos conflitos, na análise de Harvey (2005) ao referir-se à produção capitalista do espaço: *“A reação social às crises pode afetar a maneira pela qual se resolve a crise, de modo que não há um único e necessário resultado para esse processo de racionalização forçada”*. Nessa concepção *“Tudo o que precisará acontecer se for para sustentar o sistema capitalista, será a criação de condições apropriadas para a renovação da acumulação”* (Harvey, 2005, p. 45). Ao relatar sobre as catástrofes naturais e ambientais esse autor justificou admitir que *“as crises e contradições, as guerras, o nacionalismo, as disputas geográficas, os desastres de vários tipos, tudo isso entra na dinâmica do capitalismo”* (Harvey, 2016, p. 22).

Em sua obra mais recente, fez alusão à *“loucura da razão econômica”* (Harvey, 2018, p. 171), referindo-se à visão marxista da fetichização da mercadoria para

fundamentar seus argumentos com base na análise do capital do século XXI. Conforme ressaltou, a loucura da razão econômica é dissimulada pelas formas fetichistas em que o dinheiro aparece como se tivesse o poder mágico de criar incessantemente mais dinheiro, de forma exponencial. É a ideia do fetichismo do capital (Harvey, 2018, p. 172-173), pois o dinheiro confere a seu possuidor *“o poder universal sobre a sociedade”* (Harvey, 2018, p. 175). Uma das contradições perigosas do capitalismo, para esse autor é *“a relação do capital com a natureza - redução da natureza e da natureza humana à pura forma-mercadoria”* (Harvey, 2016, p. 243), pois o capitalismo contemporâneo, como argumentou, está aprisionado no interior da má infinidade da acumulação e do crescimento exponencial, infundáveis.

No contexto da economia espacial, Santos (2015) advertiu sobre a perversidade da globalização no sistema estrutural da sociedade globalizada e na escala do subdesenvolvimento. Propôs uma globalização social, reconhecendo a importância de um projeto de solução para a maioria da população, que partisse da própria população, ao negar as forças de dominação da hegemonia político-econômica. Ao associar os conceitos de “espaço” e “globalização”, “globalização perversa” (Santos, 2015, p. 37) e “esquizofrenia do espaço” (Santos, 2015, p. 112) denunciou a “tirania” do dinheiro e da informação, o sistema “ideológico”, a “violência estrutural” e a “perversidade sistêmica”, assim como a “pobreza”, a “publicidade” e o assombro das “técnicas”. Para explicar o caso brasileiro transformado e revigorado com os novos recursos da informação e da união entre ciência e técnica, no modelo econômico industrial periférico, Santos e Silveira (2014, p. 52-53) analisaram o conceito de globalização associando-o aos conceitos de “meio técnico-científico-informacional” e “território usado”, sob a égide do mercado. Sob essa perspectiva, o mercado, graças à ciência, à técnica e à informação tornou-se um mercado global. Nesse sentido, o território ganhou novos conteúdos e impôs novos comportamentos, dada às enormes possibilidades da produção, diante do fenômeno técnico e do progresso capitalista, como analisou Neder (2010, p. 5).

As ideias de Waters (1995) possibilitam verificar boa visão geral do conceito de globalização e de suas implicações para nossa vida. Raymond Williams (1989) com sua ideia de cultura oferece um quadro compreensivo das relações sociais, a partir do “materialismo cultural”. Essas ideias somam-se às ideias de Bauman (2001) com a temática sobre a “modernidade líquida” e a análise da fluidez da vida, cuja discussão teórica está relacionada a trabalho, tempo e espaço, comunidade, emancipação e individualidade. Nesse contexto, Barbara Adam (1995), uma das primeiras teóricas sociais do tempo, se debruçou sobre estudos que revelam como o tempo conforma nossas vidas em muitas áreas, por exemplo, na saúde e no trabalho.

A amplitude da problemática ambiental, do risco e dos impactos inquietam cientistas e profissionais das mais diversas áreas: Ecologia, Botânica, Zoologia, Geologia, Geografia, mas também, Ciências Humanas, Sociais e Jurídicas, principalmente pelo fato de lidar com as legislações ambientais. A problemática em questão está relacionada ainda, com outras áreas: Antropologia, Arquitetura, Sociologia, Economia, Psicologia, Educação, que correlacionadas às ações humanas e suas consequências, dão relevância aos direitos humanos e à busca de políticas públicas que visam ao bem-estar comum.

Sociedade de Risco

Refletir sobre os efeitos da globalização na sociedade de risco é uma das possibilidades de análise espacial de impactos ambientais na sociedade atual. Entretanto, para buscar as referências de fenômenos socioespaciais é necessário associá-las às abordagens geográficas que analisam o espaço em sua dimensão multiescalar, e também, em suas dimensões socioculturais e psicossociais.

Ulrich Beck (1992) propôs a ideia de que hoje vivemos em uma “sociedade de risco”, tendo em vista os problemas advindos das transformações nas sociedades. Entretanto, o autor considera em sua análise, que os riscos podem ser “eliminados por interpretação” e tornados “inexistentes”, de modo que não haja necessidade alguma de sermos estimulados a entrar em ação. Uma reação desse tipo não é incomum. Pode ser potencializada pela crença de que haja uma conspiração na qual aqueles que nos protegem são na verdade portavozes daqueles que podem nos prejudicar. Perigo ou ameaça sempre vêm à mente, quando pensamos em risco e esses estão relacionados às atitudes e a uma exposição à situação indesejável.

Bauman e May (2010) explicaram que, em uma sociedade de risco, essas questões derivam não tanto do que cada pessoa faz isoladamente, mas do próprio fato de, por esta pessoa estar isolada, suas ações serem dispersas e não coordenadas. Isso considerado, os resultados e efeitos colaterais - de difícil cálculo e definição - têm potencial para nos pegar de surpresa. Se tentássemos nos prevenir de todas as consequências indesejáveis, muito certamente avaliariamos nossas ações num patamar altíssimo e nos condenariamos à inatividade. Ao mesmo tempo, “o risco não é o resultado de ignorância ou falta de habilidade”. Na verdade, *“trata-se do oposto, pois nasce de esforços crescentes visando ao ser racional, no sentido da definição e da concentração nos detalhes relevantes, julgados significativos por uma ou outra razão”* (Bauman e May, 2010, p. 181-182).

Do ponto de vista da sociedade globalizada, Bauman e May (2010), ressaltaram que, a “globalização é considerada um processo que ninguém controla”. Isso, muitas vezes,

é invocado como motivo para a inércia diante daquilo que é visto como um conjunto de forças opressivas e abstratas. Segundo eles, “as políticas de governo podem (e de fato o fazem) mediar, atenuar e aprimorar esses efeitos em sua resistência ou reproduzi-los em sua passividade e indiferença” e, a “globalização nos afeta no plano individual em vários graus, pois podemos todos experimentar ansiedade e preocupação quando é difícil compreender o que está acontecendo”. Cabe-nos, então, como nos foi advertido por Bauman e May (2010) que, de acordo com nosso critério individual, podemos influenciar a direção em que as coisas parecem se mover a nosso redor. Um agente com o potencial de assumir o controle de seus piores efeitos, por outro lado, é algo que se posiciona para além do indivíduo, do grupo e do Estado-Nação.

A disposição para agir nesse estado de coisas exige que seus beneficiários reconheçam estar assim posicionados, só porque outros estão excluídos. Não se excluem, entretanto, os efeitos da globalização. Assim, uma insegurança globalmente induzida pode encontrar sua saída na preocupação com segurança produzida no plano local. Ou seja, procura-se a fonte de risco no lugar errado. Uma preocupação criada em plano local voltada para a segurança *“agrava as divisões que separam as pessoas - justamente as divisões que conduzem ao engano e à habilidade de ignorar as consequências da ação sobre as outras pessoas, distantes de nossos mundos. Os que têm recursos para proteger suas propriedades são em geral aqueles que têm algo que outros (a quem faltam meios) desejam ter. Moralmente falando, as distâncias entre as pessoas podem permitir-lhes suportar os efeitos que suas ações têm sobre os outros”* (Bauman e May, 2010, p.185-186). Há um conjunto de consequências, mas a globalização na visão desses autores, não é apenas uma ameaça.

Constitui, também, uma grande oportunidade, se a nossa razão e a nossa vontade colocassem em prática uma sociedade verdadeiramente global, que buscasse ser inclusiva e respeitadora das diferenças e tentasse erradicar os conflitos, pois falsas interpretações e atribuições de culpa por riscos podem impedir nossa atuação e levar a divisões mais profundas, assim agravando os problemas sem os enfrentar. *“A sociologia, embora não possa corrigir os defeitos do mundo, é capaz de nos ajudar a compreendê-los de modo mais completo, e, ao fazê-lo, permite-nos atuar sobre eles em busca do aperfeiçoamento humano”* (Bauman e May, 2010, p. 186). Logicamente, a partir daí, o pensar de modo diferente está em questão. É necessário que se coloque, aí, conexões com as experiências cotidianas, que também, formam a rede de interdependência entre saberes.

Sob a ótica analítico-reflexiva crítica para o entendimento de questões e vivências reais, do ponto de vista da sociologia do risco, Mendes (2015, p. 35-38) apresentou uma abordagem problematizadora das

teorias do risco, integrando os debates mais recentes sobre a vulnerabilidade social e a teoria dos desastres, apontando a especial relevância que é dada aos regimes de regulação do risco e à sua relação com as políticas públicas na área da proteção civil e da segurança das populações, bem como à construção de epistemologias cívicas e ao tema da participação das populações na elaboração das políticas públicas sobre a mitigação dos riscos, discutindo ainda, o conceito de democracia dialógica, a partir do conceito de precaução.

Mendes apontou razões significativas para se definir sociologicamente um desastre, a partir de paradigmas em sua evolução conceitual e em confluência com outras ciências, traçando um quadro contextual que passou da visão de uma filosofia pragmatista à visão estruturalista de ajustamento humano e organizacional, baseada na psicologia social do comportamento coletivo e as comunidades voláteis de Gunter e Kroll Smith (2007) e com a constatação, *à posteriori*, de *“que os desastres podiam também, fortalecer, em vez de paralisar as comunidades afetadas”* (Mendes, 2015, p. 57). Esse autor apresentou ainda, a matriz interdisciplinar geográfica, com ênfase na herança da Ecologia na redução das perdas oriundas do desastre e na Sociologia com o estudo do comportamento coletivo e da resposta aos desastres, bem como dos processos de preparação para as situações extremas.

De acordo com Mendes (2015, p. 58-61) *“os paradigmas de desastres, numa evolução mais ou menos cronológica, mas com justaposição de modelos de intervenção, identificados são os seguintes: a gestão integrada de emergências; a comunidade resistente aos desastres; a comunidade resiliente aos desastres; o desenvolvimento sustentável e a mitigação sustentável dos perigos; e por último, o paradigma do desenvolvimento invulnerável ou da gestão integrada das vulnerabilidades”*. Nesse contexto de análise, o autor reforçou a ideia sobre a importância dos conhecimentos sociológicos e sua ligação com os demais conhecimentos de ciências sociais, assim como das ciências naturais e da engenharia na gestão de desastres, pois esses não devem ser utilizados apenas, em levantamento de dados quantitativos ou puramente operacionais, estruturais e processuais. Investigou, também, sobre a dinâmica das comunidades afetadas, sobre o mito do pânico social e a característica dos acontecimentos extremos, indicando instrumentos metodológicos de análise social do risco.

Cabe aqui, apresentar o trabalho de Castro e Lourenço (2017) que abordaram de forma crítica, a gênese do conceito de resiliência, na Física, a sua apropriação terminológica por diversas ciências, assim como a derivação epistemológica, que resultou numa tipologia de resiliência(s) associadas às populações e aos territórios. Os autores refletiram analiticamente sobre significados e posições epistemológicas, da Geografia Social, Ciências

Econômicas, Ciências do Comportamento, Saúde, Ambiente, Geografia Física, Ciências Sociais e Humanas, entre outros elementos relevantes da Teoria dos Riscos, com base na natureza da reação dos atores num determinado tempo e espaço, sugerindo como essencial que populações e territórios desenvolvam competências, capacidades e estratégias de resiliência, tanto na perspectiva de identificação e avaliação dos riscos, como na mitigação da vulnerabilidade e consequente redução do perigo e, por fim, na resolução das crises.

Acredita-se ainda, que as abordagens da Educação Para o Risco e da Psicologia Ambiental, também podem auxiliar no processo integrador e na formação de entes criadores de estratégias e metodologias mais inteligíveis, que visem superação e resiliência, diante de situações de vulnerabilidade, riscos e catástrofes. Do ponto de vista da Psicologia Ambiental, o grupo de Trabalho em Psicologia Ambiental da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Psicologia (ANPEPP), no Brasil, sugeriu como objetivos gerar e divulgar conhecimentos nessa área, no sentido de propiciar e ampliar o contato inicial dos interessados com o campo das relações pessoa-ambiente, de modo a gerar o embasamento que lhes permita fazer seus próprios questionamentos e projetos. Como público-alvo, reconheceram trabalhos de psicólogos, geógrafos, arquitetos-urbanistas, cientistas sociais e profissionais de áreas afins, cujos focos de pesquisa e atuação envolviam temas ligados ao meio ambiente e aos aspectos psicológicos inseridos em seu entendimento (Cavalcante; Elali, 2011, p. 11).

O grupo analisou que, à medida que a sobrevivência da humanidade tem sido colocada em risco, observa-se que a consciência ambiental tem florescido, propiciando reflexões e produzindo conhecimentos que se têm revelado decisivos na sinalização do caminho que deve ser trilhado para se reverter esse quadro. Salientou, também, que tais reflexões e/ou percepções evidenciam a responsabilidade do ser humano nos problemas hoje vivenciados no e pelo planeta, bem como a necessidade de uma maior e contínua atenção para as relações pessoa-ambiente, uma vez que qualquer ação em favor de um desses fatores (pessoa ou ambiente) sem levar em conta o outro, correrá o risco de resultar em fracasso. A Psicologia Ambiental enfoca as relações entre os comportamentos socioespaciais humanos (de territorialidade, privacidade, apropriação, aglomeração etc.) e os diversos processos psicossociais (percepção, cognição, representações e simbolizações) nos quais se baseiam nosso comportamento (Cavalcante e Elali, 2011, p. 13-14).

De acordo com os estudos de Elali e Medeiros (2011, p. 55-56) *“o apego ou vínculo com o lugar envolve três dimensões: funcional, que diz respeito ao papel do espaço físico como elemento que atrai, encoraja ou inibe movimentos e comportamentos que ali ocorrem; simbólica, que se refere*

ao conteúdo simbólico de origem sociocultural e individual que atua como intermediário no relacionamento pessoa-ambiente, influenciando o modo como cada indivíduo e/ou grupo compreende e age frente às diferentes situações em que se encontra; relacional, que corresponde à interação dinâmica entre o envolvimento social cotidiano (sobretudo no tocante a amigos e familiares) e as características do ambiente onde o mesmo acontece, relação que, ao conectar cognitiva e afetivamente pessoas e ambientes, auxilia na definição da identidade pessoal e comunitária, onde o sentimento de comunidade surge a partir do momento que a pessoa se percebe como pertencente a um grupo e a um lugar específicos, entendendo que há uma relação única entre ambos”.

Sob a ótica da Educação Para o Risco, deve-se pensar que, os riscos podem ser de origem natural, mas também desencadeados por ações antrópicas. Os relacionados ao primeiro tipo foram importantes ao surgimento do planeta; ao processo evolutivo das espécies, dentre essas o homem, que, por ser dotado de sentimento e razão, foi e ainda é responsável pela extinção de outras. Os fenômenos naturais podem ser gradativos, tais como as mudanças climáticas, mas também rápidos como terremotos, em zonas de subducção do planeta. Os riscos de origem antrópica em sua maioria têm reflexo mais rápido, podendo desencadear danos de mesma grandeza dos naturais ou ainda maiores: indo desde a redução da vazão de um curso d'água à intermitência do mesmo, provocando impactos ambientais e sociais, ou seja, mistos. Esses impactos têm ocasionado danos à biodiversidade e à qualidade de vida. Desse modo, “a promoção de trabalhos educativos torna-se imprescindível, pois a partir desses, poder-se-á atuar de modo preventivo e corretivo possibilitando a melhoria gradativa de qualidade de vida” como analisou Oliveira *et al.* (2003).

A Educação Para o Risco objetiva ampliar a percepção ambiental dos cidadãos na conscientização sobre o risco e incentivar propostas de conteúdos interdisciplinares com adoção de comportamentos atitudinais de repasse de conhecimentos à comunidade, com métodos operacionais que levam a uma maior interação de vivências de educação ambiental e intervenções aos problemas locais. Estimula, ainda, a revisão dos hábitos, valores, em prol da conservação ambiental e da consequente melhoria da qualidade de vida. Além disso, propõe métodos de identificação (preventiva e corretiva) de impactos socioambientais tornando imprescindível, a capacitação de pessoas em abordagens multidisciplinares para atuarem em situações de segurança e socorro a vítimas diante de catástrofes, acidentes graves e eventos de plenas manifestações.

Alves (2004) sugeriu uma diversidade de temas de estudos inseridos na abordagem da Educação Para o Risco: “a evolução histórica dos riscos; a escala

temporal da atuação da humanidade; características das sociedades tradicionais e modernas; riscos associados à contaminação ambiental; reações de adaptação das pessoas frente às situações de risco; Teoria da Sociedade de Risco Global; nova abordagem do conceito de risco ambiental; riscos no cotidiano; seres vivos ameaçados de extinção; catástrofes ambientais mundiais; crimes ambientais corporativos; dimensões institucionais da modernidade”. O aprofundamento dos temas, articulados de forma sistemática em situações educativas e práticas comunitárias, possibilita a tomada de consciência para as mudanças atitudinais.

“Confrontar Catástrofe”, na visão de David Alexander (2000), é transcender a lógica de uma abordagem científica, tendo em vista que o desastre é um fenômeno complexo. Para compreender o significado da evolução de abordagens e procedimentos, com base em estudos de ecologia humana de desastres é necessário apostar em uma abordagem holística focada em teorias e práticas, mediando experiência e conhecimentos, como salientou esse autor. É preciso considerar no exame de estudos sobre impactos de desastres físicos ou sociais, suas relações com a sociedade e a cultura - conceitos chaves da interpretação de reações humanas para eventos adversos, ligando a história do passado à história crítica da evolução humana e social, do presente.

De fato, como sugeriram os autores, são vários os fatores que estão em jogo, diante de catástrofes provocadas por desastres. Isso impossibilita abarcar, na plenitude dos acontecimentos, todas as suas faces. Principalmente porque os impactos decorrentes dos desastres ultrapassam a escala espaço-temporal da análise. A própria natureza do caos decorrente dos desastres envolve muitos conflitos, tornando a erradicação dos problemas mais difíceis e mais demorados. As pessoas atingidas tornam-se ainda mais vulneráveis e expostas a outros tipos de riscos. Por isso, a importância de se dar a conhecer processos de mitigação e resiliência, no sentido de evitar que desastres da mesma natureza se repitam. Em menos de cinco anos, dois desastres ocorreram em Minas Gerais no mesmo contexto regional e em relação às mesmas falhas estruturais que ocasionaram o rompimento das barragens de rejeitos de mineração: 05 de novembro de 2015, em Mariana e 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho.

Aspectos Físico-Geográficos *in Loco* dos Desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) - MG

Geomorfologicamente, a área de influência afetada pelos desastres, onde ocorreram os rompimentos das barragens Fundão, em Mariana, e Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG pode ser caracterizada sob três pontos de vista:

- A Serra do Espinhaço que se constitui como um planalto, que se distribui do centro para o norte do Brasil, chegando ao Estado da Bahia;

- O Quadrilátero Ferrífero, complexo ferruginoso.
- O contexto regional da rede hidrográfica (Bacia Hidrográfica do Rio Doce, no caso de Mariana. Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, com a Sub-Bacia do Rio Paraopeba, no caso de Brumadinho).

76

A Serra do Espinhaço é uma unidade que se localiza na parte central de Minas Gerais e apresenta um desenvolvimento longitudinal. Limita-se ao sul com o Quadrilátero Ferrífero e ao norte ultrapassa a divisa do Estado mineiro, prolongando-se pelo interior da Bahia. Constitui-se, em sua maior parte, de formas de dissecação em rochas do Supergrupo Espinhaço e restos de antigas superfícies de aplainamento. As áreas aplainadas alternam-se com picos e cristas elaboradas em quartzitos e com grandes escarpas geralmente orientadas por fraturas. Essa unidade abriga importantes aquíferos fraturados que dão origem a numerosas nascentes (Andrade *et al.*, 2006, p. 4). A referida serra foi reconhecida pela UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura como “*Reserva da Biosfera*” (UNESCO, 2005), por ser uma espécie de divisor de águas de extrema importância do Brasil Central, contendo espécies de fauna e flora endêmicas e por ser uma das formações de campos rupestres do Brasil, além de um conjunto de importantes serras.

Quadrilátero Ferrífero

O Centro-Sul de Minas Gerais denominado Quadrilátero Ferrífero desde 1950, abrange uma área de aproximadamente, sete mil quilômetros quadrados. Desde o século XVII, a região já era conhecida por suas descobertas minerais. No artigo intitulado “Qualificação de população em cidades mineradoras: zona perimetropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil”, verifica-se que, “[...] a maior parte das cidades médias mineiras encontra-se no eixo Sul da metrópole belorizontina, na conurbação de municípios da RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte e em seu respectivo colar. Uma parte significativa faz parte da área de abrangência do Quadrilátero Ferrífero, na zona metalúrgica e no colar metropolitano da RMVA - Região Metropolitana do Vale do Aço, no raio de 200 km de distância em relação a capital econômica do Estado mineiro” (Silva, 2016, p. 1059-1081).

O Quadrilátero Ferrífero tem imensa importância econômica para o Estado, pois abriga as maiores reservas de ferro do Brasil. Essa área é uma região de alta concentração de ocorrências minerais, nas jazidas locais. “A riqueza do subsolo mineiro, principalmente nessa área, é responsável pela criação de milhares de empregos viabilizados pelo negócio da mineração de ferro, com investimentos bilionários” (Silva, 2016, p. 1068). Essa condição do Estado de Minas Gerais reforça,

e muito, a importância das atividades minerárias no espaço de influência da zona metalúrgica, onde se localizam vários municípios.

A região do Quadrilátero Ferrífero destaca-se como uma das regiões de maior produtividade mineral. Desenvolve o setor econômico e as relações comerciais inter-regionais do Estado e do País. No entanto, a atividade minerária, por ser uma das atividades mais impactantes do meio ambiente, tendo em vista a extração exacerbada de minerais, torna-se a principal responsável pelo lançamento de cargas poluidoras na atmosfera, tanto nos processos de exploração quanto no escoamento da produção. A exportação exige um sistema integrado (a cadeia produtiva) que liga as minas às ferrovias e aos portos para a navegação, com fluxos permanentes e roteiros pré-estabelecidos às diversas regiões do mundo. Além disso, estimulam os processos erosivos, associados a retiradas de volumes gigantescos de rochas, desaparecimento de seções inteiras de uma determinada unidade paisagística, desmatamento, acumulação de rejeitos, contaminação química de corpos d’água e a abertura de crateras, originando cenários desérticos na paisagem.

Em relação ao desmatamento e à preservação das florestas, Vargas (1999) reforçou a essencialidade das florestas para o equilíbrio do comportamento hidrológico, pois segundo ele, a preservação da cobertura vegetal é essencial para a conservação dos recursos hídricos e desempenha papel importante tanto no escoamento superficial como no deflúvio subterrâneo. A remoção da cobertura vegetal “[...] reduz o intervalo de tempo observado entre a queda da chuva e a elevação do nível dos rios, diminui a evapotranspiração e a retenção de água nas bacias de drenagem, e aumenta o pico das cheias. Também agrava os processos erosivos, modifica o regime hidrológico dos rios e o comportamento do clima e das chuvas nas microbacias” (Vargas, 1999, p. 112).

A região do Quadrilátero Ferrífero apresenta altitudes médias em torno de 1 400 a 1 600 m. O condicionamento estrutural do relevo é marcante nessa unidade e determinou a existência de formas de relevo invertido do tipo sinclinal suspenso e anticlinal esvaziado, elaboradas sobre estruturas dobradas. São comuns as cristas estruturais do tipo “hogback” - termo da língua inglesa que significa uma estrutura inclinada, semelhante à de uma cuesta; mas nesta, o mergulho das camadas pode ser superior a trinta graus. Ambos os termos são caracterizados como formas de relevo que expressam o resultado da ação da erosão diferencial, como esclareceu Guerra (1997). Extensos escarpamentos, às vezes condicionados por linhas de falha, também são comuns na área do Quadrilátero Ferrífero. Entre as rochas não controladas pela estrutura, predominam as cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados com as colinas de vales de fundo chato (Andrade *et al.*, 2006, p. 4).

Sob a ótica da Geologia, é possível verificar a geodiversidade e a complexidade da região denominada Quadrilátero Ferrífero, a partir da Litoestratigrafia, que associada ao estudo dos estratos ou camadas rochosas definidas pelas características do solo sedimentar, resulta em um perfil geológico. No caso específico do Quadrilátero Ferrífero verifica-se em sua evolução estrutural e no contexto regional apresentado: Supergrupos (Espinhaço, Estrada Real, Minas, Rio das Velhas); Suítes (Borrachudos, Catas Altas da Noruega, Santa Rita de Ouro Preto, Alto Maranhão, Mamona); Complexos (Acaiaca, Santo Antônio do Pirapetinga, Bação, Belo Horizonte, Bonfim, Caeté, Divinópolis, Guanhães, Santa Bárbara) e o Grupo Barbacena. As estruturas e as localidades destacadas são referenciais do Mapa Geológico Simplificado (fig. 1).

Rede hidrográfica

É representada por duas importantes bacias: a Bacia do Rio São Francisco (com a Sub-Bacia do Rio Paraopeba) e a Bacia do Rio Doce. Essas bacias (fig. 2) são de extrema relevância na rede hidrográfica de Minas Gerais, influenciando todo o país. A Sub-Bacia do Rio Paraopeba, situada a sudeste do Estado de Minas Gerais, abrange uma área de 13 643 quilômetros quadrados,

cujo rio é um dos afluentes mais importantes da Bacia do Rio São Francisco, com uma área que corresponde a 2,5% da área total do Estado de Minas Gerais. Foi na Sub-Bacia do Rio Paraopeba que ocorreu o rompimento da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão. A área de influência hidrográfica foi drasticamente impactada, nos municípios que fazem parte dela.

A Bacia do Rio Doce abrange parte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, no Sudeste do Brasil, cujo rio percorre 888 km desde a nascente até a sua foz no Oceano Atlântico que está localizada no município de Linhares, no Estado do Espírito Santo. Sua área de drenagem corresponde a 84 mil quilômetros quadrados, aproximadamente. 86% encontram-se no Estado de Minas Gerais e 14%, no Espírito Santo. O rompimento da Barragem Fundão impactou toda essa bacia hidrográfica até a sua foz, no Oceano Atlântico.

Rompimento da Barragem em Mariana (2015)

Em 05 de novembro de 2015, houve o rompimento da Barragem Fundão da mineradora Samarco. O subdistrito de Santa Rita Durão - Bento Rodrigues - importante centro de mineração do século XVIII, que surgiu com os primeiros mineradores da região em Mariana-MG foi devastado por completo. A lama da barragem de rejeitos

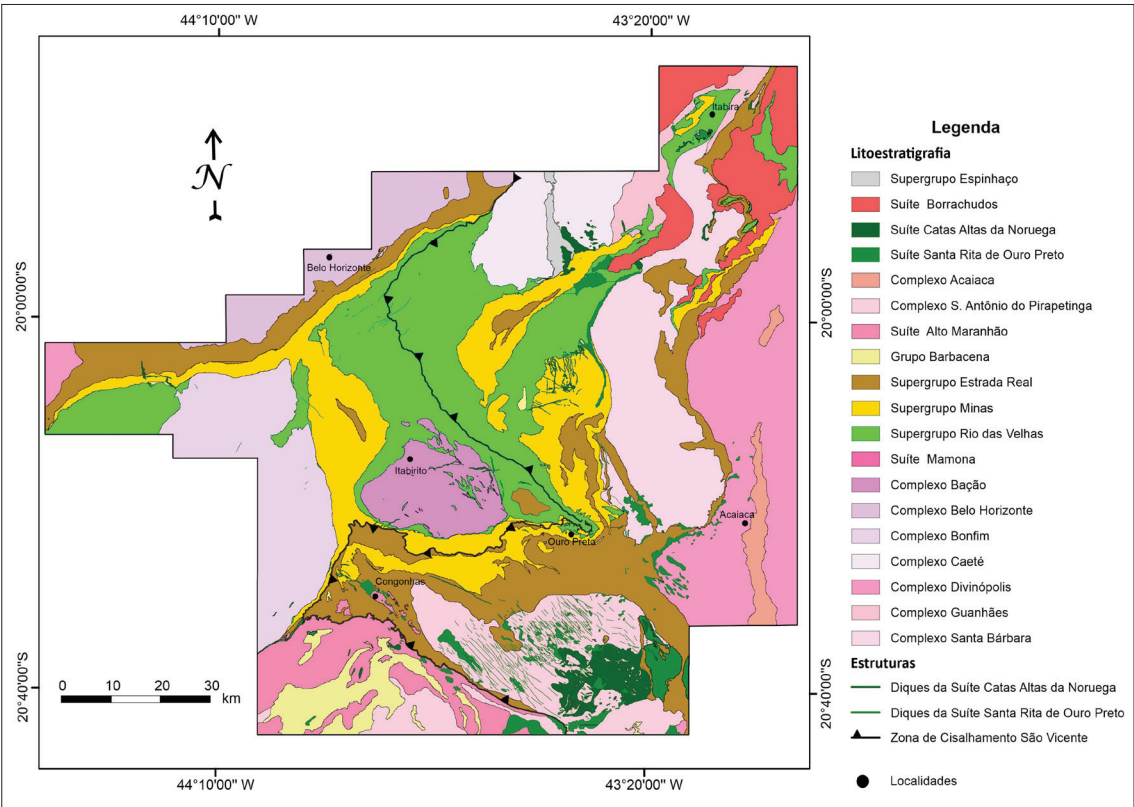


Fig. 1 - Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero (Fonte: Endo et al., 2020).
Fig. 1 - Simplified geological map of the Iron Quadrangle (Source: Endo et al., 2020).

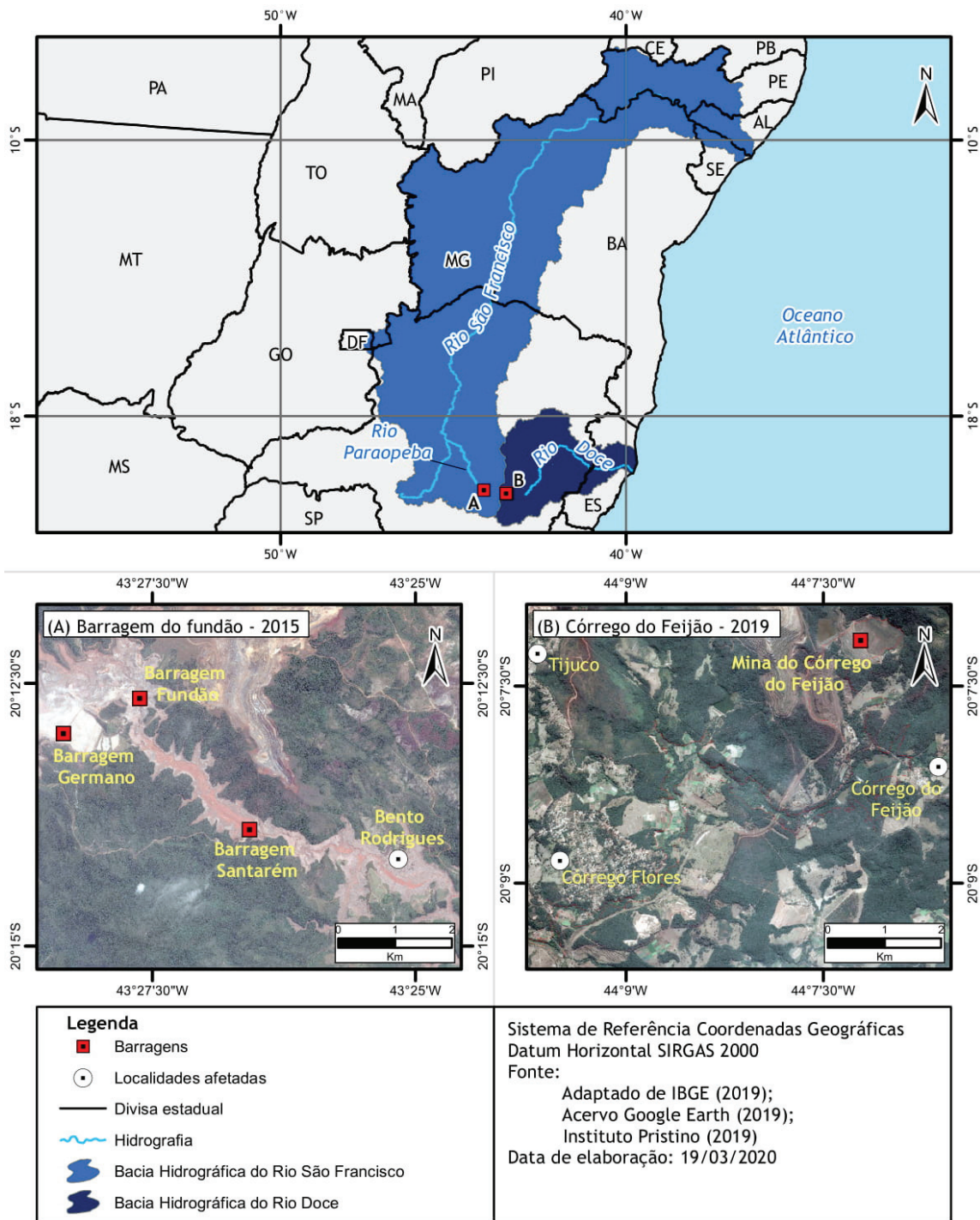


Fig. 2 - Localização das Barragens do Complexo Industrial da Samarco e da Barragem da Mina do Córrego do Feijão da VALE S.A., no Contexto Regional - MG/Brasil (Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019); Acervo Google Earth (2019), disponível em: <https://www.institutopristino.org.br/atlas/municipios-de-minas-gerais/baixar-os-arquivos-shp-e-kml/> e em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>).

Fig. 2 - Location of the Samarco dams and the Córrego do Feijão mine dam owned by Vale S.A., in the Regional Context - MG/Brazil (Source: IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics (2019); Google Earth Collection (2019), available at <https://www.institutopristino.org.br/atlas/municipios-de-minas-gerais/baixar-os-arquivos-shp-e-kml/> and at <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>).

que se rompeu, invadiu a territorialidade de Bento Rodrigues deixando pessoas, animais, casas, edificações comerciais, fazendas e gados, submersos. A tragédia destruiu povoados vizinhos, incluindo o problema de mananciais de água potável de duzentas e trinta cidades, até chegar ao mar, na orla praiana do estado limítrofe de Minas Gerais, o Espírito Santo (Silva, 2017, p. 277).

Várias comunidades ribeirinhas de pescadores, de agricultores, quilombolas e reservas indígenas foram prejudicadas, além de impactos ambientais de grande proporção: nos ecossistemas terrestres, nas matas ciliares e em mananciais, com morte de volume grande de peixes e espécies endêmicas da fauna e flora. Os ecossistemas marinhos, no Estado do Espírito Santo, o estuário de reprodução de tartarugas, praias e a quinta maior extensão contínua de mangue da América foram contaminados.

Foram liberados “[...] cerca de 32 milhões de metros cúbicos de lama de rejeitos que espalharam ao longo dos cursos de água a jusante da barragem até atingir a foz do Rio Doce. Cerca de 22 milhões de metros cúbicos se acumularam nas calhas, encostas e várzeas do córrego Santarém, Rio Gualaxo do Norte e Rio do Carmo, enquanto que cerca de 10 milhões de metros cúbicos escoaram pela calha do Rio Doce” (Castro et al., 2018, p. 439).

O PROJETO 21405: FUNDEP-UFMG com o “relatório da expedição ao Rio Doce” (Felippe et al., 2016), elaborado por M. F. Felippe, da Universidade Federal de Juiz de Fora; A. Costa, da Universidade Federal de Minas Gerais; R. Franco, Pesquisador convidado; bolsistas L. C. Mendes, da Universidade Federal de Juiz de Fora e G. Reis, da Universidade Federal de Minas Gerais, sob a coordenação do Prof. Dr. Ralfo Matos, Laboratório de Estudos Territoriais (LESTE-IGC-UFMG), possibilitou as interpretações preliminares sobre as consequências do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (Samarco/VALE/BHP).

De acordo com os pesquisadores, as informações divulgadas pela mídia apresentavam como componentes da lama, além da água e areia, ferro, resíduos de alumínio, manganês, cromo e suspeitas de presença de mercúrio. *“Substâncias essas que causam danos à saúde humana; pioram a qualidade da água dos mananciais atingidos; destroem matas ciliares e pesqueiros essenciais à pesca artesanal; asfixiam espécies aquáticas e eliminam micro-organismos do fundo do rio; comprometem faixas de terras nas margens (soterradas por material inerte). A recuperação da biodiversidade pode levar décadas, o assoreamento pode ser irreversível em muitos trechos do leito do doce, assim como a extinção de espécies típicas do rio pode ser irreversível, como disse o ecólogo R. Coelho, da Universidade Federal de Minas Gerais”.* (Felippe et al., 2016).

Diante da situação e em caráter de emergência, os pesquisadores organizaram *“uma expedição para percorrer todos os trechos afetados recolhendo dados primários sociais e ambientais, dando voz às inquietudes geográficas concernentes ao desastre, com a produção do diário de bordo, tendo como objetivos: levantar as visões de populares acerca do desastre nas localidades visitadas, identificar as alterações fluviais decorrentes do aporte de sedimentos da barragem e coletar amostras de água e sedimentos para análises laboratoriais, além de objetivos operacionais com todos os equipamentos necessários à expedição geográfica. Visitaram as localidades atingidas, percorrendo a Bacia do Rio Doce, no Estado de Minas Gerais: (Barra Longa, Rio Doce/Santa Cruz do Escalvado, Ipatinga, Periquito, Governador Valadares, Conselheiro Pena, Resplendor) e no Espírito Santo: Baixo Guandu, Colatina, Linhares, Regência”* (Felippe et al., 2016).

O desastre deixou *“19 mortos e amplos danos socioambientais. Em decorrência do desastre, várias entidades se manifestaram, tanto ligadas ao setor governamental como à sociedade civil organizada, envolvendo a proposição de debates, a elaboração de relatórios ou laudos técnicos, dentre outros”* (Castro et al., 2018, p. 439).

Conforme destacaram os autores, *“além da reação do Estado, destaca-se a reação das Organizações não Governamentais: Organização não Governamental (ONG) Justiça Global, fundada em 1999 com o propósito de denunciar a violação de direitos humanos, em colaboração com várias outras entidades da sociedade civil organizada incluindo: Articulação Internacional dos Atingidos e Atingidas pela Vale; Brigadas Populares; Coletivo Margarida Alves; Comitê Nacional em Defesa dos Territórios frente à Mineração; Conselho Nacional de Direitos Humanos; Movimento dos Atingidos por Barragens - MAB; Movimento Nacional pela Soberania Popular frente à Mineração - MAM; Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade - POEMAS”* (Castro et al., 2018, p. 441).

De acordo com as informações da Agência Nacional de Águas (2016), a bacia do Rio Doce com sua rica biodiversidade tem 98% de sua área inserida no bioma de Mata Atlântica e 2% em área de Cerrado. Compreende 225 municípios, cujos territórios estão total ou parcialmente nela inseridos, sendo 200 mineiros e 25 capixabas. São 209 sedes municipais localizadas no território da bacia, com uma população residente de aproximadamente 3,6 milhões de habitantes. Os recursos hídricos da bacia do Rio Doce desempenham um papel fundamental na economia do leste mineiro e do noroeste capixaba, uma vez que fornecem água necessária ao uso doméstico, agropecuário, industrial e geração de energia elétrica, dentre outros.

Os contextos socioambientais e econômicos da macrorregião da bacia do Rio Doce, constituídos de grandes empreendimentos e caracterizados como áreas de elevada produtividade mineral para exportações foram extremamente degradados em decorrência do rompimento da barragem Fundão. Os impactos extrapolaram os recursos hídricos e atingiram drasticamente, não só a população da macrorregião da referida bacia, mas a população dos estados atingidos e do país.

Analisando estudos sobre a produção mineral na macrorregião do vale do Rio Doce, verificou-se na “Comunicação Coordenada 028 - A Tragédia Anunciada do Vale do Rio Doce” (Matos *et al.*, 2017) que, uma tragédia se anuncia quando:

1. Uma região ou país possui baixa consciência ambiental em meio a situações de pobreza ampla e difusa.
2. A mesma região é rica em recursos naturais de valor comercial, capazes de mobilizar grandes investimentos fortemente geradores de riqueza econômica.
3. As associações de capitais nacionais e internacionais exponenciam as circunstâncias anteriores. Na região, gigantescas empresas geram muitos empregos e receitas governamentais. Criam laços de dependência nos municípios e no estado.
4. As disputas internacionais podem incentivar aumentos irresponsáveis da produção para compensar a redução de preço da tonelada... Até que as estruturas de engenharia não resistem (rompe-se uma barragem de rejeitos).

As pesquisas de Ralfo Matos *et al.* (2017) demonstraram que, “[...] no cenário de produção mineral no ambiente internacional de início do século XXI, o minério de ferro em 2015 alcançou 6,47 Bi em valor exportado. O valor total das exportações de Minas Gerais foi 22,0 Bi. Isso representou aproximadamente, 29,4% do total. Em 2016, a macrorregião do vale do Rio Doce ainda responde por cerca de 6% do valor das exportações de Minas até (setembro), enquanto a metropolitana de BH, 46 %”.

O trabalho de Silva (2019) analisou o desastre em Mariana, a partir do pluralismo jurídico na resolução de conflitos decorrentes do extrativismo mineral no Brasil. Em sua descrição, enfatizou que, mesmo diante dos desastres da magnitude dos ocorridos na cidade de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), em Minas Gerais “[...] as ideias de desenvolvimento seguem circundantes ao esquema de exploração de Natureza ampliando a sociabilidade colonial dos territórios em que se instala a atividade minerária” (Silva, 2019, p. 12).

Ao considerar a geopolítica do extrativismo centrada nas periferias do capitalismo e na realidade do Sul Global, argumentou ainda que a realidade periférica “[...] suporta há mais de quinhentos anos o crescimento das desigualdades e exclusões sociais, a degradação

ambiental e a expropriação associada à acumulação de capital baseada na extração de recursos não renováveis, na crescente vulnerabilidade das populações e à violência, na guerra e nos desastres com migrações maciças e forçadas das populações afetadas” (Silva, 2019, p. 12).

A partir de fontes diversas e considerando um recorte temporal de cinco de novembro de 2015 a quinze de fevereiro de 2019, Facury *et al.* (2019) sistematizaram os estudos realizados sobre as consequências do rompimento a partir de um levantamento bibliográfico, resultando em um panorama das publicações científicas sobre o rompimento da barragem Fundão. Os resultados obtidos nesse panorama de publicações científicas realizado por esses autores indicaram uma maior contribuição de publicações das instituições de pesquisa espacialmente próximas à área afetada pelo desastre, a saber: Universidade Federal de Minas Gerais, com 14,1% dos trabalhos publicados; Universidade Federal de Ouro Preto, com 10,6% de trabalhos publicados; Universidade Federal do Espírito Santo, com 8% de trabalhos publicados e Universidade Federal de Juiz de Fora, com 6% de trabalhos publicados.

Segundo esses autores, “[...] desde o desastre, diversos estudos de pesquisa, órgãos públicos e organizações independentes vêm realizando estudos para avaliar a magnitude dos danos ambientais e levantar os prejuízos do rompimento para o meio físico, biótico e socioeconômico” (Facury *et al.*, 2019, p. 307-308). Destacaram ainda, a criação da Fundação Renova, a partir da assinatura do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre a Samarco S.A., suas acionistas Vale e BHP Billiton e órgãos governamentais, para a realização de estudos na área atingida, além de ações de recuperação dos danos ambientais gerados.

O trabalho de Facury *et al.* (2019, p. 309-310) é de grande relevância, tendo em vista que catalogaram e analisaram 199 trabalhos científicos, publicados com participação de 91 diferentes instituições. Verificaram que o grande número de instituições envolvidas com pesquisas sobre o rompimento da barragem demonstra como o desastre gerou uma grande movimentação na comunidade científica em busca do entendimento de suas causas e consequências, sejam elas ambientais, sociais ou econômicas.

Os pesquisadores ressaltaram ainda que, alguns grupos de pesquisa interinstitucionais merecem destaque, sendo eles: o Organon (Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Mobilizações Sociais), o POEMAS (Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade) e o Homa (Centro de Direitos Humanos e Empresas), com participantes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal de Minas Gerais,

entre outros. Além da importância de grupos de pesquisas e Universidades Federais e Estaduais, Facury et al. (2019, p. 310) destacaram ainda, as instituições de Pesquisa do Governo (a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e a Fiocruz - Fundação Oswaldo Cruz), na produção científica sobre o desastre.

Rompimento da Barragem em Brumadinho (2019)

Antes de completar quatro anos da tragédia em Mariana, no dia 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina Córrego do Feijão, da VALE S.A., localizada no município de Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. Os dados estatísticos confirmaram que o número de familiares que perderam seus entes queridos, somado ao número dos atingidos, foi muito maior em comparação ao desastre ocorrido em Mariana, no distrito de Bento Rodrigues. As comunidades próximas dessa barragem e os municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, um dos principais afluentes do Rio São Francisco, sofreram com os impactos que não foram só materiais, mas de natureza moral e psicológica.

No Relatório de Sustentabilidade de 2018, da mineradora VALE S.A., encontra-se descrito de forma detalhada como ocorreu o fato: *“Às 12h28 do dia 25 de janeiro de 2019, a Barragem I de rejeitos de minério de ferro da mina Córrego do Feijão rompeu-se. Em pouco mais de três minutos, grande parte dos 11,7 milhões de metros cúbicos se espalhou por aproximadamente 295 hectares, atingindo as áreas operacional e administrativa da mina, onde trabalhavam cerca de 600 empregados, entre próprios e terceiros. Escritórios, vestiários, refeitório, usina, terminal de carregamento e oficinas de manutenção, entre outras estruturas, foram impactadas pelo rejeito. Também foram atingidos os acessos rodoviários da mina ao vilarejo Córrego do Feijão e a estrada da portaria até o trevo da estrada de Alberto Flores. A torrente de rejeitos seguiu na direção sudoeste, atingindo no caminho parte das comunidades Córrego do Feijão e Parque das Cachoeiras, mais próximas da mina, e outras construções, como a pousada Nova Estância. Parte do material chegou ao córrego Ferro-Carvão e, na sequência, ao rio Paraopeba, aumentando de forma imediata a turbidez (quantidade de partículas sólidas em suspensão presentes na água) e as concentrações de metais nos primeiros quilômetros do rio”* (VALE S.A., 2019a, p. 11).

Conforme descrito, na data de fechamento do relatório de Sustentabilidade em 31 de maio de 2019, *“[...] havia um total de 245 fatalidades confirmadas e 25 pessoas desaparecidas. Os trabalhos conduzidos pelo Corpo de Bombeiros e pela Defesa Civil resultaram na localização e no resgate de 395 pessoas com vida, que estavam na região atingida pelo rompimento”* (VALE S.A., 2019a, p. 11).

Em dezembro de 2019, a mineradora disponibilizou a lista atualizada. Do total de 665 pessoas, 395 foram localizadas, sendo 225 empregados (próprio) mais 170 (terceiro/comunidade). Do total de 259 óbitos confirmados pela Defesa Civil e identificados pelo Instituto Médico Legal (IML), 123 eram empregados (próprio) e 136 (terceiro/comunidade). 11 pessoas, sendo 8 empregados (próprio) mais 3 (terceiro/comunidade), continuavam “Sem contato”.

De acordo com a descrição de Medioli (2019, p. 2), *“[...] sobrevoando o local da tragédia apenas três horas após a queda, na sexta-feira, 25.01, o quadro era de uma massa de rejeitos consolidada, densa e sem movimentos, cobrindo a bacia do córrego do Feijão. Uma infinitésima parte dos rejeitos chegava ao leito do Paraopeba”*. A lama de rejeitos devastou comunidades e cidades banhadas pelo rio a exemplo de Betim e Juatuba. Em cinco dias após o rompimento da barragem, a lama percorreu mais de 100 quilômetros, chegando ao município de São José da Varginha (região central do Estado).

No texto jornalístico “Tragédia em Brumadinho - O sistema Nervoso Por Trás da Operação Resgate”, o autor descreveu que a equipe do jornal Estado de Minas (E M), revelou *“[...] toda a retaguarda de estratégia, logística e planejamento que deram suporte à megaoperação aérea e terrestre montada para socorro e resgate após catástrofes”* (Parreiras, 2019, p. 13).

Esse autor apresentou ainda, de forma detalhada nos textos “Esquadrão Aéreo em Ação [e] Exercícios Diários de Perícia”, aspectos importantes sobre “a força de resposta na linha de frente do sistema operacional”, afirmando que *“Batalha em busca de vítimas da catástrofe conta com apoio imprescindível de helicópteros. Habilidade de tripulações e orientações do comando são fundamentais para equipes de terra”* (Parreiras, 2019, p. 13-14).

Na descrição de Parreiras, verificou-se, que diversos órgãos participaram dessa força de resposta na mitigação dos impactos e nas equipes de resgate, possibilitando traçar um quadro complexo da situação de emergência após a tragédia e viabilizar o planejamento estratégico de soluções de segurança e socorro imediato, na execução dos trabalhos de perícia às comunidades atingidas: órgãos oficiais do Corpo de Bombeiros, da Defesa Civil, da Polícia Militar de Minas Gerais, da Polícia Militar Rodoviária, Comando de Aviação do Estado (COMAVE) com seus equipamentos modernos e essenciais que formaram o Sistema de Comando de Operação Asas por Brumadinho, envolvendo trabalho de resgatistas da Associação Mineira de Defesa do Ambiente (AMDA), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG), Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), incluindo os funcionários da Vale. *“Todo o complexo trabalho de resposta desde o rompimento*

da Barragem 1 da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, na Grande BH, no último dia 25, emana decisões tomadas no Sistema de Comando de Operações montado na Faculdade Asa de Brumadinho” (Parreiras, 2019, p. 13). A Faculdade Asa de Brumadinho foi de extrema importância para a execução dos trabalhos, tendo em vista à proximidade ao local do desastre.

Como esclareceu Parreiras (2019, p. 13), a linha de frente de atuação em campo para auxílio a vítimas, ações de segurança, buscas e resgate de corpos o comando operacional já contava, no início dos trabalhos com mil policiais militares; 240 bombeiros, sendo 112 de outros estados; 86 voluntários; 64 militares e duas aeronaves da Força Nacional de Segurança; 17 helicópteros, 500 horas de voo de aeronaves diversas e mais de 4 800 pousos e decolagens. Na linha de apoio, além do pessoal da linha de frente, órgãos de saúde, ambientais e vários outros, além dos já citados anteriormente, atuaram em Brumadinho, a saber: Força Aérea Brasileira (FAB); Caixa Econômica Federal; Cruz Vermelha; Ministério da Economia; Advocacia-Geral da União em Minas Gerais (AGU - MG); Ministério da Mulher, Família e dos Direitos Humanos; Petrobrás; Serviço Geológico do Brasil/ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

No texto de Werneck (2019, p. 18) intitulado “A memória da água”, referente à “Tragédia em Brumadinho”, encontra-se descrito que “[...] antigos moradores garantem que o Rio Paraopeba, um dia, já teve coloração meio amarelada, que, com o tempo, foi ganhando o tom avermelhado do minério. Mas nesses dias dramáticos após a catástrofe da barragem da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho, na Grande BH, o curso d’água se tornou vermelho-escuro. Um tom sinistro da morte, um odor terrível de putrefação, um leito inerte do desrespeito pela vida humana”.

Como ressaltou esse autor, além da cor da água do rio, a realidade do Rio Paraopeba é “[...] enfrentar nas redondezas de Brumadinho, a ação de muitas mineradoras, causando degradação e ameaças ao manancial que, em troca, matava a sede de milhares de pessoas em povoados ao longo de sua bacia. Irrigava também plantações, agora ameaçadas de morrer secas, bem ao lado de suas margens avermelhadas” (Werneck, 2019, p. 18). No entanto, o problema não é apenas “[...] a cor com que serpenteas entre o verde das montanhas”, mas “[...] os níveis de poluentes como chumbo, mercúrio, níquel e zinco”.

No texto “Rio Paraopeba está morto” in Folha Vale do Paraopeba (2019, p. 7), foi descrito resultados do trabalho de inspeção da água do Rio Paraopeba, realizado por técnicos da ONG SOS Mata Atlântica. O relatório da referida ONG foi divulgado no dia 17 de fevereiro do mesmo ano do rompimento da barragem em Brumadinho, mostrando que as águas do Rio Paraopeba não estavam em condições de uso e vida aquática.

De acordo com o relatório, o manancial foi seriamente afetado pelos quase 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos da barragem. A expedição de inspeção foi realizada no trajeto de 2 000 km por estradas. Passou por 21 cidades, para analisar a qualidade da água em 305 km do rio.

Segundo o documento divulgado, dos 22 pontos analisados, 10 apresentaram resultado ruim e em 12, resultado péssimo. Foram encontrados metais pesados na água como manganês, cobre e cromo em níveis muito acima dos limites máximos fixados na legislação.

Ainda segundo a ONG, 112 hectares de florestas nativas foram devastados. Destes, 55 eram áreas preservadas. “Os metais presentes na água nessas quantidades são nocivos ao ambiente, à saúde humana, à fauna, aos peixes e aos organismos vivos. Eles são reconhecidamente poluentes severos e podem causar diversos danos aos organismos, desde interferências no metabolismo e doenças, até efeitos mutagênicos e morte”, destacou Marcondes (2019), do Laboratório de Análise Ambiental do Projeto Índice de Poluentes Hídricos (IPH), da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) /São Paulo.

De acordo com esse estudo, a condição de contaminação do rio exige monitoramento permanente e por longo prazo. Como as características dos rejeitos podem se modificar ao longo do tempo, a instabilidade nos indicadores de qualidade da água pode durar décadas.

Em seu texto de abordagem jornalística, Ronan (2020) ressaltou que o Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário (CIAE-A) contratado pela VALE S.A., apurou as causas do rompimento da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão e relatou que o colapso da estrutura ocorreu por liquefação (transformação do sólido em líquido). De acordo com o relatório do CIAE-A, desde 1995, há 25 anos, “[...] já existiam registros de problemas de drenagem interna que resultavam em alto nível freático na barragem”.

Em 1995, como descreveu Ronan (2020), a empresa Tecnosolo apresentou à Ferteco Mineração, que era a proprietária do barramento, “[...] considerações sobre condições desfavoráveis de segurança” da estrutura. Problemas parecidos também foram encontrados, nos alteamentos a montante da estrutura. Encontraram ainda, uma perfuração de 70 metros de profundidade e 10 centímetros de diâmetro na represa. Esse buraco, de acordo com as informações dos técnicos não tende a causar a liquefação, contudo pode ter “[...] causado perturbações nas camadas de rejeitos”.

Conforme esclareceu Ronan (2020), foi detectado pelo Comitê que “[...] houve consideração inadequada de questões relacionadas à estabilidade ao longo” da existência do barramento. Essa constatação inclui não só

a Vale, mas também a Ferteco Mineração, que, foi dona de Córrego do Feijão entre 1970 e 2001, quando a Vale comprou o complexo minerário.

Segundo Moraes (2020), empresas contratadas pela mineradora informaram em 2003, que a estrutura da Mina do Córrego do Feijão tinha situação “*extremamente desconfortável*” do ponto de vista de risco.

A mineradora VALE S.A. (2020) esclareceu, no site Brasil, que recebeu no dia “[...] 20 de fevereiro de 2020 o relatório final do Comitê Independente de Assessoramento Extraordinário de Apuração (CIAE - A). Anunciado em 27 de janeiro de 2019, o CIAE - A foi constituído pelo Conselho de Administração da Companhia, dedicado à apuração das causas e responsabilidades do rompimento da barragem I, da mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho”. Esclareceu, ainda que esse relatório “[...] traz recomendações de natureza técnica e de governança”. A maior parte dessas recomendações, conforme foi justificado pela empresa, “[...] diz respeito a temas que já vem sendo tratados por meio de inúmeras ações para aprimoramento de seus controles internos”, reforçando que “[...] a companhia divulgará em 30 dias um cronograma de implementação de referidas ações”.

Barragem de Rejeitos: Riscos Estruturais Geotécnicos e Geológicos

O manual de segurança e inspeção de barragens (Brasil, 2002) define “[...] barragem de rejeitos como sendo um barramento construído para reter rejeitos ou materiais estéreis de mineração e de outros processos industriais”. Em geral, as empresas utilizam o próprio rejeito como elemento de construção das barragens, diminuindo o custo na construção das mesmas, aumentando sua capacidade de armazenamento e possibilitando a construção em fases, juntamente com o avanço da lavra (Araújo, 2006, p. 5).

No entanto, conforme ressaltou Machado (2007, p. 53-54), não se deve admitir “[...] o caráter empírico na construção de barragens. A estrutura de uma barragem deve ser construída seguindo critérios técnicos e geotécnicos com o objetivo de confinar o rejeito gerado durante o processo de beneficiamento do minério”.

Cada barragem de rejeito, como analisou esse autor, é uma obra em particular. Sua construção é de processo contínuo, mas deve ser objeto de contínuas discussões durante curto período de operação. Mesmo que a estrutura seja adequadamente projetada e dotada de todos os dispositivos de monitoramento, deve ser encarada como uma situação transitória. Até que seja encontrada uma solução de processo que elimine o rejeito, em sua forma nociva.

Método de Alçamento a Montante

O método de alçamento a montante, utilizado tanto no reservatório I da Mina Córrego do Feijão, como na barragem de Fundão, em Mariana, permitiria que o dique inicial feito para reter a lama fosse ampliado para cima quando as barragens ficassem cheias. Utiliza-se, nesse método, o próprio rejeito do processo de beneficiamento do minério como fundação da barreira de contenção, a partir da estrutura inicial comum. À medida que o reservatório vai se enchendo, novas camadas são construídas (alçamento). A lama que é dispensada é formada basicamente por ferro, sílica e água. É o método mais simples e mais barato. Entretanto, o sistema de drenagem e filtro é mais complexo de se executar. Não permite o melhor controle dos materiais envolvidos, inviabilizando o monitoramento adequado dos riscos. De acordo com Darlan e Cavalini (2019), a barragem que se rompeu em Brumadinho-MG, “[...] usava uma tecnologia de construção bastante comum nos projetos de mineração iniciados nas últimas décadas, mas considerada pelos especialistas uma opção menos segura e mais propensa a acidentes”, como ocorreu em Mariana.

Propostas de Ações Imediatas e Reparação dos Impactos Socioambientais

Em relação às estruturas de barragens em Mariana, Passos *et al.* (2017), esclareceram que na década de 1970, a empresa Samarco Mineração S.A., que é uma *joint venture* das empresas Vale (nacional) e BHP Billiton (anglo-australiana), construiu a Mina Germano, no complexo industrial chamado Alegria. O distrito Bento Rodrigues já era consolidado, com uma população de aproximadamente 600 habitantes. A empresa atua no mercado internacional de minério de ferro, desde 1977, possui duas unidades industriais no Brasil. Uma é a Mina identificada como Germano, em Bento Rodrigues, Mariana, Minas Gerais. A outra é a unidade de Ubu, no município de Anchieta, no Estado do Espírito Santo.

A unidade industrial da Samarco localizada em Bento Rodrigues (destruído em 2015), com as duas minas (Germano e a Alegria) e duas barragens de rejeito (Fundão, que se rompeu, e Germano) contava ainda, em sua unidade, com uma barragem de contenção (Santarém) e a usina de concentração de minério. O produto do complexo industrial (polpa de minério de ferro), enviado através de três minerodutos chegava à unidade Ponta de Ubu, Anchieta, Espírito Santo (Passos *et al.*, 2017, p. 278-279).

Com o rompimento da Barragem Fundão no complexo industrial da Samarco, o sinal de alerta após o rompimento, foi em relação ao risco acentuado do rompimento da barragem de contenção (Santarém) e da Mina Germano, da mesma mineradora e na mesma

região. A decisão tomada foi o isolamento imediato de 10 quilômetros de distância. Em seguida, as atitudes de cautela foram a aplicação de multas severas e a cobrança de medidas de segurança, de revitalização ambiental e assistência para cerca de 1 500 pessoas, entre desabrigadas e desalojadas. Definições de parcelamentos do solo, com projetos de expansão urbana, execução de obras e edificações para a reprodução das formas de vida (práticas sociais, laborais, de cultura e lazer) e orientações de estratégias de sustentação da economia regional com a criação de oportunidades de emprego, profissionalização e uso de novas tecnologias foram orientadas pela Força-tarefa (2015-2016), como resposta do Governo de Minas Gerais ao desastre em Mariana.

O Governo de Minas Gerais publicou, no dia 20 de novembro de 2015, quinze dias após o rompimento da Barragem Fundão, o Decreto Nº 46.892/2015, que instalou uma Força-Tarefa para avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento das Barragens de Fundão e Santarém, localizadas no subdistrito de Bento Rodrigues, no Município de Mariana. No Relatório Final - Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem Fundão em Mariana-MG, de fevereiro de 2016, lê-se: *“Ressalta-se que inicialmente a mineradora Samarco havia informado o rompimento das barragens Fundão e de Santarém. Entretanto, posteriormente, a empresa responsável informou que apenas a barragem de Fundão se rompeu, e que os rejeitos passaram por cima da barragem de Santarém”* (SEDRU, 2016).

Nesse relatório, verifica-se que, os trabalhos reuniram representantes de órgãos e entidades do Estado, a saber: SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Gabinete Militar do Governador; IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Mesa de Diálogo, Advocacia Geral do Estado; COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais e CEMIG - Centrais Elétricas de Minas Gerais e representantes dos municípios mais afetados: Mariana, Rio Doce, Governador Valadares, Ipatinga, Tumiritinga, Belo Oriente. Os trabalhos foram coordenados pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional de Política Urbana e Gestão Metropolitana - SEDRU.

A metodologia estabelecida no decreto que instituiu a Força-Tarefa teve como objetivos o levantamento de dados, com emissão de relatórios, apresentação de conclusões e proposição de medidas corretivas e restauradoras acerca dos danos humanos, ambientais e materiais decorrentes do desastre e possibilitou a análise dos desdobramentos do evento nas escalas micro e macrorregional. Na escala microrregional foram considerados os *“[...] efeitos objetivos da onda de lama sobre as comunidades atingidas nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado e no trecho de aproximadamente 77 km em que a onda*

de lama causou maior efeito destrutivo por extrapolar a calha dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. A escala macrorregional tratou dos impactos nos municípios ao longo da calha do Rio Doce, desde o local do rompimento da barragem Fundão até a foz do Rio Doce” conforme ressaltou a Força-Tarefa (SEDRU, 2016, p. 10-11).

Em síntese, a dinâmica da Força-Tarefa fundamentava-se na análise de relatórios técnicos independentes para a consolidação do quadro de problema, na estruturação de grupos de trabalhos e na consolidação dos planos de resposta.

Por meio da Força-Tarefa, o Governo de Minas Gerais estabeleceu medidas corretivas e restauradoras a serem executadas na Bacia Hidrográfica do Rio Doce e nos trinta e cinco municípios mais atingidos, incorporando o levantamento dos dados sobre os impactos, os estudos detalhados e as propostas de ações dos órgãos governamentais, das diversas instituições públicas e privadas: Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA; Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC-MG (Gabinete Militar do Governador); Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; Fundação Centro Internacional de Educação, Capacitação e Pesquisa Aplicada em Águas - HIDROEX; Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE; Secretaria de Estado de Trabalho e Desenvolvimento Social - SEDESE; Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD; Instituto Estadual de Florestas IEF; Secretaria de Estado de Direitos Humanos, Participação Social e Cidadania - SEDPAC; Secretaria de Estado de Desenvolvimento - SEDE; Fundação Nacional do Índio - FUNAI; Instituto de Geoinformação e Tecnologia - IGTEC.

A equipe da Força-Tarefa (2016) realizou e apresentou no relatório final, a análise dos impactos da escala microrregional e macrorregional considerando: a) danos ambientais, sobre a qualidade e disponibilidade da água, do solo e sobre a biodiversidade; b) danos materiais, relativos à economia regional e danos em infraestruturas; c) danos humanos, referentes à saúde e segurança pública, impactos sobre a educação, cultura e lazer e sobre a organização social. As medidas corretivas, restauradoras e compensatórias fizeram parte do trabalho da equipe, assim como as medidas corretivas e restauradoras de caráter ambiental, de caráter material e de caráter humano.

O estabelecimento das diretrizes para a mineração sustentável incluiu propostas, integração das inovações e governança das ações. A constituição de uma “Mesa de Diálogo” possibilitou realizar reuniões extraordinárias na Região do Vale do Rio Doce, para a mediação de conflitos, dando voz aos atingidos.

O trabalho da Comissão Extraordinária das Barragens da Assembleia Legislativa de Minas Gerais, realizado nos primeiros oito meses depois do desastre, constituiu-se em dez visitas técnicas, dezessete audiências e nove reuniões. Na elaboração do relatório, da referida Comissão, foram utilizadas como fontes: o Relatório do Ministério Público de MG e Ministério Público Federal, Perícia do Instituto de Criminalística, Inquérito da Polícia Civil, Inquérito da Polícia Federal e indicações do MAB - Movimento dos Atingidos por Barragens. O relatório final aprovado foi publicado no Diário do Legislativo, em Belo Horizonte e relatado por Correia e Magalhães (2016).

Após o desastre em Mariana, o governo de Minas Gerais proibiu, em decreto de 2016, o licenciamento de novas barragens e ampliações de estruturas que utilizam ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante. Determinou ainda, a eliminação de 50 barragens que utilizam esse método.

O RADA - Relatório de Avaliação do Desempenho Ambiental - Barragem Fundão, da Samarco Mineração (2013), disponibilizado na internet, também foi objeto de análise. O relatório consta de informações relevantes sobre o empreendimento, tanto no que diz respeito aos licenciamentos de operação, revalidação das licenças e autorizações ambientais de funcionamento, quanto à necessidade de atualização dos dados, fluxograma do processo produtivo e avaliação dos sistemas de controle, monitoramento e medidas de melhoria contínua do desempenho ambiental, além de outros procedimentos de recuperação de áreas degradadas.

No caso do desastre em Brumadinho, verificou-se o Balanço de Reparação - 3ª edição, sob a responsabilidade da mineradora VALE S.A. (2019b). Foi disponibilizado para consulta, um rol de ações para minimizar o impacto causado pelo rompimento da Barragem B1, onde se destacava a recuperação do Rio Paraopeba, ações para tratamento e garantia do fornecimento de água nas áreas impactadas, reparação nas frentes social e dados em entrevistas coletivas referentes às vítimas e às indenizações aos familiares dos atingidos.

Quanto aos projetos de reparação e a evolução do processo de descaracterização e descomissionamento das nove barragens a montante, fez-se referência à realização de obras emergenciais de contenção para as barragens classificadas no nível 3 de emergência: Sul Superior (Barão de Cocais); B3/B4 (Macacos, Nova Lima); Forquilhas I e III (entre Ouro Preto e Itabirito) a fim de reduzir eventuais impactos.

De acordo com a mineradora, em “Medidas de Segurança”, publicadas no site Brasil, obras de contenção deste porte são monitoradas e acompanhadas de perto, com regras rígidas de segurança. Conforme foi esclarecido pela empresa, há monitoramento das barragens 24 horas por

dia, cujo monitoramento é realizado por meio de câmeras, estação robótica (capaz de detectar movimentações milimétricas na estrutura) e piezômetros automatizados conectados ao centro de Monitoramento Geotécnico.

Em relação à capacitação e geolocalização, segundo informações da VALE S.A., trabalhadores que estão atuando nas obras das barragens Sul Superior e B3/B4 foram capacitados nos planos de segurança e de abandono dos locais.

Nesse sentido, conforme foi descrito pela mineradora, há controle de todos que acessam as estruturas por meio de um equipamento para rastreamento individual, comunicação via rádio pelos líderes de abandono, rotas de fuga e pontos de encontro sinalizados. Além da realização de treinamentos de evacuação, com frequência, como parte do plano de abandono, os trabalhadores que realizam atividades diretamente nas barragens são capacitados no Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM).

Todos os serviços executados por eles são realizados com apoio de helicóptero o tempo todo, permitindo um resgate imediato em situação de emergência. No site da mineradora VALE S.A. (2019b) está disponível um glossário com o objetivo de possibilitar melhor entendimento do significado de alguns temas técnicos sobre barragens e sobre procedimentos utilizados, como etapas do planejamento de reparação e desenvolvimento, sendo três, as principais ações:

- **Contenção emergencial de barragens** - refere-se às estruturas construídas à jusante das barragens que estão em nível 3 de emergência, com o objetivo de reduzir os riscos de impactos às pessoas e ao meio ambiente. A estrutura montada funciona como uma barreira para conter os rejeitos em caso de rompimento das barragens. Essas estruturas são feitas de concreto ou pedras. A escolha do material leva em consideração as características geológicas da região e o caráter emergencial das obras;
- **Descaracterização** - ato de intervir na estrutura com o objetivo de fazê-la perder por completo as características de barragem. Ao final da obra, a estrutura fica totalmente estável e é reincorporada ao relevo e ao meio ambiente. Com a descaracterização das barragens a montante, não haverá aproveitamento dos bens minerais nas nove barragens a serem descaracterizadas. O rejeito será disposto em cavas exauridas e em pilhas de estéril e de rejeitos;
- **Descomissionamento** - é a fase do ciclo de vida da estrutura que se inicia com a confirmação de que a barragem já não é mais necessária no contexto operacional do empreendimento e, portanto, poderá ser desativada ou descaracterizada.

A VALE S.A. possui 9 barragens com alteamento a montante que estão em fase de descaracterização. A empresa esclareceu sobre as quatro etapas do planejamento das ações:

- Incremento do fator segurança - Execução de ações para rebaixar o nível do material interno da estrutura. Isso é feito por meio do bombeamento de águas superficiais e de construção de canais periféricos. Além disso, algumas barragens contam com a perfuração e operação de poços profundos para bombeamento;
- Reforço de segurança - Realização de reforço no talude da barragem para estabilizar a estrutura e evitar que ela se rompa durante as demais fases de tratamento e obras;
- Remoção do material e revegetação - Após o reforço, é realizada a remoção parcial ou integral de rejeitos da barragem, a depender da estrutura. Na sequência, é feito o tratamento e revegetação dos taludes e da região do entorno com espécies nativas para reintegração da área ao ambiente local;
- Monitoramento e controle - Monitoramento e controle da recuperação ambiental da área após a descaracterização. Também nesse momento, é feito o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos e da estabilidade biológica da região.

De acordo com a VALE S.A., verifica-se então, nesses processos, as obras de melhoria/manutenção do índice de segurança; engenharia, perfuração, remoção de interferências; reforço do aterro; remoção/d Descaracterização de rejeitos, no conjunto das barragens da VALE S.A. localizadas nas cidades do estado brasileiro Minas Gerais, bem

como o nível de emergência pelas quais foram classificadas e a etapa da descaracterização (QUADRO III).

Além do planejamento e realização das obras de descaracterização das barragens, a VALE S.A. (2019b) informou que tem prestado contas do suporte dado aos atingidos e suas famílias, com três frentes de indenizações: indenizações emergenciais, com mais de 106 mil pessoas recebendo mensalmente; indenização individual e por núcleo familiar, com 1 759 acordos e 3 831 beneficiários; indenização trabalhista com 589 acordos e 1 576 beneficiários. Como frente social, foram disponibilizados mais de 500 milhões de litros de água distribuídos para o consumo humano, animal e irrigação agrícola; 18 mil atendimentos médicos e psicossociais; R\$382 milhões em repasses para órgãos públicos.

Para execução de obras, conforme foi descrito pela mineradora em 2019, 100% das obras emergenciais de contenção de rejeitos foram concluídas, com R\$359 milhões investidos em obras emergenciais e manutenção de 430 km de vias. Para recuperação ambiental, mais de 4 milhões de análises de água, solo e rejeito ao longo da calha do rio Paraopeba; 340 animais resgatados foram adotados ou reintegrados a seus lares; mais de 3 bilhões de litros de água tratada devolvidos para o Rio Paraopeba.

Em relação à segurança, houve a implementação de melhorias nas estruturas como a redução do nível de água e limpeza dos canais de drenagem; cerca de 90 barragens são monitoradas 24 horas por dia no Centro de Monitoramento Geotécnico (dados de dezembro de 2019, disponibilizados pela VALE S. A.) e 7,1 bilhões serão investidos em descaracterização de barragens. A mineradora disponibiliza ainda, uma galeria de vídeos,

QUADRO III - Barragens da VALE S.A. em processo de descaracterização em Minas Gerais/Brasil.

TABLE III - VALE S.A. dams in the process of de-characterization in Minas Gerais/Brazil.

MUNICÍPIO	BARRAGEM	NÍVEL DE EMERGÊNCIA	ETAPA DA DESCARACTERIZAÇÃO	DISTÂNCIA ATÉ BH
Barão de Cocais-MG	Sul Superior (Mina Gongo Soco)	Nível 3	Incremento Fator Segurança	83,3 km
Nova Lima-MG	8B (Mina Águas Claras)	Declaração de Estabilidade	Revegetação	18,3 km
Nova Lima-MG	B3/B4 (Mina Mar Azul)	Nível 3	Incremento Fator Segurança	48,5 km
Na Fronteira entre Nova Lima-MG e Rio Acima-MG	Fernandinho (Mina Abóboras)	Nível 3	Projeto não iniciado	47,3 km
Nova Lima-MG	Vargem Grande (Mina Abóboras)	Nível 1	Incremento Fator Segurança	45,3 km
Ouro Preto-MG	Forquilha I (Mina Fábrica)	Nível 3	Incremento Fator Segurança	120 km
Ouro Preto-MG	Forquilha II (Mina Fábrica)	Nível 2	Incremento Fator Segurança	120 km
Ouro Preto-MG	Forquilha III (Mina Fábrica)	Nível 3	Incremento Fator Segurança	120 km
Ouro Preto-MG	Grupo (Mina Fábrica)	Nível 2	Incremento Fator Segurança	120 km

Fonte: VALE S.A (2019). Disponível em <http://www.vale.com> - Acesso em 25 de fevereiro de 2020.
Source: VALE S.A. (2019). Available at <http://www.vale.com> - Accessed February 25th, 2020.

fotografias e todas as informações sobre Brumadinho de 2019 a 2020, para que a comunidade e demais interessados acompanhe a evolução mês a mês.

Discussão de Resultados

A pesquisa realizada resultou em densa bibliografia, reunindo discussão de vários autores sobre a problemática dos desastres ocorridos com o rompimento de barragens. No decorrer dos procedimentos metodológicos, o espectro de observações foi ampliado, a partir da gama de conhecimentos gerados e dados disponibilizados nas fontes consultadas. Diante do volume encontrado, as informações foram tratadas a partir dos critérios de leitura, seleção e classificação, descartando as notícias de abordagens “sensacionalistas”. Privilegiou-se, como ponto de partida, os estudos de especialistas sobre os efeitos de riscos e catástrofes na sociedade globalizada, com o propósito de correlacionar teorias e metodologias na solução de problemas reais.

Em virtude da complexidade urbano-industrial, socioambiental e paisagística, os desastres em Mariana e Brumadinho - foram abordados de forma multidisciplinar. Uma das contribuições teóricas fundamentou-se na Geografia Humanista, também identificada em sua face humanística. Com o intuito de explorar, na escala do Estado de Minas Gerais e no contexto analítico dos riscos de barragens, os estudos de percepção ambiental e as concepções relacionadas aos conceitos de topofilia, topofobia, topocídio e topo-reabilitação, as abordagens de Yi-Fu Tuan (1980, 1982, 2005) e Amorim Filho (1985, 2006) foram contribuições relevantes na explicação conceitual da paisagem do medo, que se estabelece em situações de caos, provocados por desastres.

De acordo com Amorim Filho (2006) a Geografia Humanística busca explicar sentimentos, atitudes e culturas em relação ao lugar e ao ambiente, que se transformam no tempo e no espaço, mediante eventos, atividades ou fenômenos geográficos. Sentimentos em relação ao lugar e ao território, verificados antes, mudam completamente, pós-catástrofes e/ou tragédias, sejam provenientes de riscos naturais ou antrópicos. Buscar referências nessa abordagem geográfica que lida com a fenomenologia e a percepção ambiental auxilia na Educação Para o Risco e na formação de uma cultura de segurança e prevenção de riscos futuros, de forma inteligível e satisfatória.

Outra contribuição relevante foi a discussão referente à globalização e à sociedade de risco, bem como as ideias de autores que desenvolvem estudos na área da teoria e gestão de riscos. As contribuições de especialistas que analisaram os impactos provocados pelos desastres também foram contribuições que ajudaram a compreender a problemática em questão.

O trabalho extrapolou a análise dos desastres em si, ao buscar referenciais analíticos nas teorias de risco e na abordagem multidisciplinar. Buscou-se ainda, referenciais em estudos e pesquisas científicas realizadas sobre os desastres em Mariana e em Brumadinho. Entretanto, é possível constatar que há diversas investigações em andamento.

Verificou-se que os dados referentes ao número de barragens existentes no Brasil e em Minas Gerais são preocupantes, pois os riscos persistem. A periculosidade desse tipo de risco, proveniente do extrativismo mineral, se constata quando se verifica o número de barragens sem estabilidade no território mineiro, em perímetro urbano e em localidades muito próximas às comunidades. Muitas delas, com povoados de densidade populacional elevada e em sua maior parte, cidades reconhecidamente históricas, fundadas no período colonial, desde os primórdios desse tipo de atividade.

Tomar conhecimento sobre a estabilidade de estruturas e barragens existentes no Brasil e em Minas Gerais foi fundamental na análise sobre os desastres e seus impactos, mas também na análise dos riscos inerentes às atividades da mineração, tendo em vista a necessidade do discernimento para uma visão estratégica de ações eficazes de controle e fiscalização, no sentido de impedir que novos desastres ocorram.

O risco de barragens continua sendo um motivo de precaução, conforme se constatou. Por isso, torna-se necessário abordar constantemente, conhecimentos referentes à gestão de riscos, mitigação e resiliência e desenvolver estratégias favoráveis à população, dando ênfase à Sociologia do Risco, à Psicologia Ambiental e à Educação para o Risco, tendo em vista que os efeitos danosos dos impactos espaciais, ambientais e socioeconômicos provenientes de catástrofes de grandes manifestações se prolongam para além de soluções imediatas. Há situações de irreversibilidade em relação às expectativas dos atingidos pelas barragens, em relação ao meio ambiente e em relação à biodiversidade.

Na análise espacial, o georreferenciamento e a caracterização detalhada da área onde ocorreram os rompimentos das barragens de rejeitos, procedimentos associados às abordagens da Geografia Física, da Geomorfologia e da Geologia foram de suma importância para a identificação dos impactos socioambientais. As fontes e os dados utilizados, de natureza geomorfológica, físico-geográfica e geocartográfica, possibilitaram coletar informações relevantes sobre a Serra do Espinhaço, sobre o Quadrilátero Ferrífero e sobre os componentes estruturais do sistema hidrológico das bacias do Rio Doce e do Rio São Francisco com a sub-bacia do Rio Paraopeba, no contexto regional brasileiro. A produção cartográfica: mapeamento de localização e cartogramas foram resultados que permitiram identificar de forma mais precisa o contexto regional impactado pelo rompimento das barragens.

A análise demonstrou a gravidade dos impactos socioeconômicos provocados pelos rompimentos das barragens: danos ambientais aos corpos d'água e à qualidade da água fornecida aos municípios das bacias dos rios afetados; danos relacionados ao solo e ao cultivo agrícola, à biodiversidade da Mata Atlântica e do Cerrado, à fauna e à flora das áreas impactadas; danos materiais relacionados à economia local, regional e global, em seus diversos setores; danos humanos, referentes à saúde pública e à segurança, dada a contaminação por agentes nocivos provenientes da mineração e à propagação de doenças, além de impactos culturais, educacionais e psicossociais que influenciam os comportamentos individuais e coletivos dos entes populacionais e trabalhadores em geral.

A metodologia aplicada possibilitou a busca de informações mais consistentes a respeito da atividade minerária, dos riscos de rompimento de barragens, do monitoramento e da avaliação constante das estruturas. Permitiu ainda, tomar conhecimento do escopo científico, técnico-estrutural e informacional da problemática em questão; identificar ações estratégico-emergenciais na solução de problemas imediatos e nos procedimentos de recuperação do meio físico-ambiental, social e econômico de Mariana, Brumadinho e adjacências. No entanto, é importante considerar que apesar dos esforços conjuntos para solucionar os problemas, de forma imediata, impactos dessa natureza, não se resolvem em medidas de curto ou médio prazo, tendo em vista os demais riscos advindos de desastres e catástrofes de alta magnitude.

Além desses resultados, foi possível acompanhar o processo de investigação das causas dos rompimentos das barragens e dos efeitos territoriais, bem como as atitudes de reparação e reconstrução de responsabilidade das mineradoras, tomando como referência os atos de fiscalização dos órgãos oficiais nos âmbitos municipais, estaduais e federais e nas esferas políticas do legislativo, executivo e judiciário. Verificou-se que, os diagnósticos e prognósticos foram relevantes para a sensibilização da população das cidades envolvidas com a mineração, alertando sobre os riscos de catástrofes e possibilitando realizar procedimentos de reabilitação nas áreas atingidas.

Destaca-se, ainda, a relevância da ação conjunta de vários órgãos oficiais e voluntários que demonstraram competência e solidariedade no processo de salvamento e socorro prestado às famílias dos trabalhadores que foram vítimas das catástrofes e dos atingidos em geral. Torna-se relevante lembrar-se do ato de reconhecimento público, no texto descrito *in* Folha Vale do Paraopeba - Edição N. 460, 01 a 15 de março de 2019, que divulgou um momento de protesto e, também, o gesto de carinho dos familiares dos trabalhadores vítimas do rompimento da barragem em Brumadinho, que, em atitude de respeito

e gratidão aos bombeiros, militares e voluntários, “No dia 25 de fevereiro, quando se completou um mês do ocorrido, familiares das vítimas se reuniram no Centro da cidade para prestarem homenagens. Vestindo roupas brancas, eles realizaram uma cerimônia para homenagear os bombeiros, militares e voluntários que atuam nos trabalhos de busca às vítimas do desastre. Portando balões, faixas e cartazes com mensagens de protesto, os manifestantes também foram até a ponte sobre o Rio Paraopeba. No local, a banda local apresentou o hino nacional e os presentes fizeram criações em memória às vítimas. Por volta de 12h30, próximo ao horário do rompimento, um helicóptero lançou pétalas de rosas sobre o rio”.

Ocorreram dois desastres de alta periculosidade. No entanto, a sociedade brasileira em face do caos social e ambiental estabelecido, gerou atitudes positivas em relação a planos de ação e reparação dos danos ambientais e para a criação de projetos de reconstrução com novos critérios de revisão de leis de licenciamentos ambientais.

Conclusão

As notícias alarmantes em relação aos impactos da mineração no território e na vida de trabalhadores de minas de operação, bem como de seus familiares e dos residentes de cidades médias mineiras e povoados adjacentes às mineradoras, motivaram a realização desse estudo de abordagem geográfica e de análise espacial de impactos socioambientais provocados pelo rompimento das barragens em questão: Fundão, em Mariana/2015; Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho/2019, Minas Gerais.

A investigação geográfica e socioambiental foi uma oportunidade de verificar a diversidade de possibilidades de abordagens a serem aplicadas em estudos inter, multi e transdisciplinar, tendo em vista a gravidade dos impactos, a complexidade da problemática e a natureza dos conflitos advindos do risco de barragens e dos desastres em si. Impactos provocados em decorrência de desastres socioambientais de amplas manifestações afetam diversas instâncias territoriais e setoriais, tanto na escala local, quanto regional e não se resolvem de forma imediata, pois transcendem as escalas espaço-temporal e territorial.

Apesar das pesquisas revelarem os efeitos danosos nas comunidades atingidas e atestarem as diversas alternativas para erradicação dos problemas decorrentes do rompimento das barragens, verifica-se que os riscos provenientes da mineração persistem em Minas Gerais. Tanto em relação à estabilidade das estruturas das barragens de rejeitos, quanto em relação aos efeitos danosos à saúde da população e dos trabalhadores que lidam com as atividades industriais. Além de danos ambientais, materiais e imateriais ligados à cultura, à educação e aos valores éticos, ao lazer e à

própria organização social das comunidades localizadas nos cinturões da mineração.

Conclui-se, a partir dos resultados da análise espacial dos impactos socioambientais dos rompimentos das barragens em Mariana e Brumadinho, que é necessário maior investimento em: pesquisas científicas que investiguem de forma contínua, os riscos relacionados a barragens; equipes multidisciplinares de monitoramento e fiscalização permanente dessas estruturas, em parceria com as empresas mineradoras; sistema de logística inteligente com observação frequente em cidades localizadas próximas às mineradoras; políticas públicas que visem o bem-estar da população, no que diz respeito à saúde coletiva e individual, incluindo trabalhadores e suas famílias; educação ambiental e educação para o risco com base em projetos consolidados e realizados em parceria com a participação das comunidades locais e com a sociedade civil organizada; criar, implantar e monitorar programas e planos de ações inovadores que visem aplicar o princípio de precaução diante da atividade extrativista e seus impactos.

Agradecimentos

Na área da Geologia, a autora agradece o Geólogo e Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro da Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas, por ter cedido o Mapa Geológico Simplificado do Quadrilátero Ferrífero para fazer parte desse artigo e toda a equipe que elaborou o referido mapa: os pesquisadores Endo I., Machado R., Galbiatti H. F., Rossi D. Q., Zapparoli A de C., Delgado C. E. R., Castro P. T. A., Oliveira M. M. F. de.

Na área da Geografia, a autora agradece o Geógrafo Doutorando Otacílio da Paz que elaborou o Mapa de Localização das Barragens no Contexto Hidrológico Regional de Minas Gerais, Brasil.

Referências bibliográficas

- Ab' Sáber, A. N. (2003). *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Adam, B. (1995). *Timewatch: The Social Analysis of Time*. Cambridge: Polity.
- Alami, S., Desjeux, D., Garabau-Moussaoui, I. (2010). *Os Métodos Qualitativos*. Tradução de Luis Alberto S. Peretti. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Alexander, D. (2000). *Confronting Catastrophe*. Harpenden: Terra Publishing.
- Alves, C. W. (2004). Educação para o risco. *Cursos I e II de Educação Para o Risco*, Belo Horizonte: Secretaria

Municipal de Meio Ambiente e Saneamento Urbano.
- Gerência de Áreas Verdes e Gestão Ambiental -
Gerência de Educação Ambiental.

Amorim Filho, O. B. (1985). *Reflexões sobre as tendências teórico-metodológicas da Geografia*. Belo Horizonte: IGC/UFGM.

Amorim Filho, O. B. (2006). A pluralidade da geografia e a necessidade de abordagens culturais. *Caderno de Geografia*. Belo Horizonte v. 16, n. 26.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2016). *Encarte Especial Sobre a Bacia do Rio Doce - Rompimento da Barragem em Mariana/MG: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Informe 2015. Brasília DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), Ministério de Meio Ambiente. Brasil.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (2019). Relatório de Segurança de Barragens 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br>

Andrade, A. M. S. B. (Coord.); Marinho, A. C. da C., Silva, L. de D., Nunes, M. A., Meneses, U. G. (2006). Projeto Fundação de Amparo À Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). DEG 2774/06. *Atlas Digital de Minas Gerais-Geomorfologia*. Belo Horizonte: Instituto de Geociências Aplicadas (IGA).

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2019). Resumo da Campanha de Entrega de Declarações de Condição de Estrutura/Setembro de 2019. Disponível em <http://www.anm.gov.br>

Araújo, C. B. (2006). *Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 133 p.

Bauman, Z., May, T. (2010). *Aprendendo a pensar com a sociologia*. Tradução: Alexandre Werneck. Rio de Janeiro: Zahar.

Bauman, Z. (2001). *Modernidade líquida*. Tradução: Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar.

Beck, U. (1992). *Risk society: towards a new modernity*. London: Sage.

BDA - BANCO DE DECLARAÇÕES AMBIENTAIS (2019). Declaração de Estabilidade de Barragens. Disponível em: www.feam.br

BRASIL - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA (2002). *Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*. Brasília.

Castro, F. V., Lourenço, L. (2017). Resiliência, população e território: contributo conceptual para a

- terminologia dos riscos. *Territorium* 24, 2017, 5-13. Journal homepage: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros_publicados. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_1
- Castro, P. de T. A., Ruchkys, Ú., Manini, R. T. (2018). A sociedade civil organizada e o rompimento da barragem de Fundão, Mariana (MG): porque é preciso difundir a geoética. *Revista Terrae Didática*, Campinas, v. 14 (4), 439-444. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i4.8654194>
- Cavalcante, S., Elali, G. A. (Orgs.). (2011). *Temas Básicos em Psicologia Ambiental*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes.
- Correia, R., Magalhães, J. (2016). *Relatório Final da Comissão Extraordinária das Barragens*. Publicado no Diário do Legislativo. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Darlan, A., Cavalini, M. (2019). *Entenda como funciona a barragem da Vale que se rompeu em Brumadinho. Método de alteamento a montante, no qual se constroem degraus com o próprio material de rejeito, é o mais simples e também o menos seguro*. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/28/entenda-como-funciona-a-barragem-da-vale-que-se-rompeu-em-brumadinho.ghtml>. Acesso em 24 de fevereiro de 2020.
- Decreto n.º 46.892/2015 (2015). *Força-Tarefa para avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento das Barragens de Fundão e Santarém, localizadas no subdistrito de Bento Rodrigues, no Município de Mariana*.
- Elali, G. A., Medeiros, S. T. F. de (2011). Apego ao lugar (Vínculo com o lugar - Place attachment). In Cavalcante, Sylvia e Elali, Gleice A. (Orgs.). *Temas Básicos em Psicologia Ambiental*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 53-62.
- Endo I., Machado R., Galbiatti H. F., Rossi D. Q., Zapparoli A de C., Delgado C. E. R., Castro P. T. A., Oliveira M. M. F. de (2020). *Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. In: Castro P. T. de A. & Endo I., Gandini A. L. (org.). *O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos*, p. 76, 3i Editora, 483p.
- Facury, D. M., Carvalho, V. J. B-G. B., Cota, G. E. M., Junior, A. P. M., Barros, L. F. P. (2019). Panorama das publicações científicas sobre o rompimento da Barragem Fundão (Mariana-MG): subsídios às investigações sobre o maior desastre ambiental do país. In *Caderno de Geografia*, v. 29, n. 57. ISSN 2318-2962, 306-333
- FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (2019). *Gestão de Barragens*. Disponível em: <http://www.feam.br>
- Felippe, M. F., Costa, A., Franco, R., Mendes, L. C., Reis, G., Matos, R. (2016). *A Tragédia do Rio Doce: A lama, o povo e a água - Relatório de campo e interpretações preliminares sobre as consequências do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão (Samarco/VALE/BHP)*. Belo Horizonte/Juiz de Fora-MG: Universidade Federal de Minas Gerais/Universidade Federal de Juiz e Fora. PROJETO 21405: Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais. *Revista Geografias/UFGM. Edição Especial - Vale do Rio Doce: formação geohistórica e questões atuais*, 63-94.
- FOLHA VALE DO PARAÓPEBA (2019). *Rio Paraopeba está morto*. Edição n.º 460, 01 a 15 de março de 2019, p. 7. Disponível em: <http://www.valedoparaopeba.com.br> e <https://www.sosma.org.br>
- GOOGLE EARTH V 7.3. (01 de junho, 2018). *Córrego do Feijão, Brumadinho, Minas Gerais*. 20° 8'4.71"S, 44° 7'11.51"O, Altura do ponto de visão: 4 km. Maxar Technologies 2020. Disponível em: <http://www.earth.google.com> [11 de fevereiro de 2020].
- GOOGLE EARTH V 7.3. (29 de março, 2019). *Córrego do Feijão, Brumadinho, Minas Gerais*. 20° 8'4.71"S, 44° 7'11.51"O, Altura do ponto de visão: 4 km. Maxar Technologies 2020. URL: <http://www.earth.google.com> [11 de fevereiro de 2020].
- Guerra, A. T. (1997). *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652 p.
- Gunter, V., Kroll-Smith, S. (2007). *Volatile places: a sociology of communities and environmental controversies*. Thousand Oaks: Pine Forge Press.
- Harvey, D. (2005). *A Produção Capitalista do Espaço*. São Paulo: Annablume. Coleção Geografia e Adjacências.
- Harvey, D. (2016). *17 Contradições e o fim do capitalismo*. Tradução Rogério Bettoni. 1. Ed. São Paulo: Boitempo.
- Harvey, D. (2018). *A loucura da razão econômica: Marx e o capital no século XXI*. Tradução Artur Renzo. 1. Ed. São Paulo: Boitempo.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). *Censo Demográfico*.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). *Estimativas/População*.
- INSTITUTO PRISTINO (2020). *Atlas Digital Geoambiental - Disponibilizando informações técnicas de áreas de importância ambiental estratégicas para Minas Gerais*. Disponível em: <http://www.institutopristino.org.br>. Acesso em 13 de fevereiro de 2020.
- Leles, W. (2019). *Mineração e Medo. Folha Vale do Paraopeba* (2019). - Edição n.º 460, 01 a 15 de março de 2019. Disponível em: <http://www.valedoparaopeba.com.br>

- Machado, W. G. de F. (2007). *Monitoramento de Barragens de Contenção de Rejeitos da Mineração* (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, 155 p.
- Marcondes, M. (2019). [Resultados do Trabalho de Inspeção da Água do Rio Paraopeba]. Laboratório de Análise Ambiental do Projeto Índice de Poluentes Hídricos (IPH) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), São Paulo. In *Rio Paraopeba está morto*. Folha Vale do Paraopeba (2019). - Edição N. 460, 01 a 15 de março de 2019, 7 p. Disponível em <http://www.valedoparaopeba.com.br> e <https://www.sosma.org.br>
- Matos, R., Gontijo, B. M., Costa, A., Júnior, R. F. (2017). Comunicação Coordenada 028. *A Tragédia Anunciada do Vale do Rio Doce*. Belo Horizonte: Departamento de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Estudos Territoriais do Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Medioli (2019). *Dilema entre medo e ruína para sobre vizinhos de minas. Tragédia de Brumadinho traz à luz rotina de apreensão e temor em cidades como Itabira e Congonhas*, Belo Horizonte - Ano 23 - Número 8086 - Domingo, 3/2/2019, 1-2. Disponível em: <http://www.otempo.com.br>
- Mendes, J. M. (2015). *Sociologia do risco: uma breve introdução e algumas lições*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-1066-5>
- Moraes, G. (2020). *Tragédia Anunciada. Barragem da Vale em Brumadinho apresentava problemas há 25 anos, diz estudo*. <https://www.otempo.com.br/cidades/barragem-da-vale-em-brumadinho-apresentava-problemas-ha-25-anos-diz-estudo-1.2300987>. Acesso em 24 de fevereiro de 2020.
- Neder, R. T. (2010). *Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/ Centro de Desenvolvimento Sustentável. CDS. Ciclo de Conferências Andrew Feenberg. Série Cadernos PRIMEIRA VERSÃO: CCTS - Construção Crítica da Tecnologia & Sustentabilidade. Vol. 1. Número 3. ISSN 2175.2478.
- ONG - ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL - SOS MATA ATLÂNTICA; Marcondes, M. (2019). [Resultados do Trabalho de Inspeção da Água do Rio Paraopeba]. Laboratório de Análise Ambiental do Projeto Índice de Poluentes Hídricos (IPH) da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), São Paulo. In *Rio Paraopeba está morto*. Folha Vale do Paraopeba (2019). - Edição n.º 460, 01 a 15 de março de 2019, p. 7. Disponível in <http://www.valedoparaopeba.com.br> e <https://www.sosma.org.br>
- Oliveira, A. C., Alves, C. W., Sousa, R. M., Machado, V., Melo, V. B. F. (2003). Educação para o risco. 1º *Curso de Educação Para o Risco in Agenda 21 em Foco e Grupo de Sugestões de Atividades*, Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento Urbano - Gerência de Áreas Verdes e Gestão Ambiental - Gerência de Educação Ambiental.
- O TEMPO (2019). *Tragédia de Brumadinho traz à luz rotina de apreensão e temor em cidades como Itabira e Congonhas*, Belo Horizonte - Ano 23 - Número 8086 - Domingo, 3/2/2019, 1-2. Disponível em: <http://www.otempo.com.br>
- Parreiras, M. (2019). *Tragédia em Brumadinho. O Sistema Nervoso Por Trás da Operação Resgate*. Equipe do EM revela toda a retaguarda de estratégia, logística e planejamento que dá suporte à megaoperação aérea e terrestre montada para socorro e resgate após catástrofe. Belo Horizonte: Gerais. *Jornal Estado de Minas*. Domingo, 03 de fevereiro de 2019, p. 13.
- Parreiras, M. (2019). *Tragédia em Brumadinho. Batalha em busca de vítimas da catástrofe conta com apoio imprescindível de helicópteros. Habilidade de tripulações e orientações do comando são fundamentais para equipes de terra. Esquadrão Aéreo em Ação. Exercícios Diários de Perícia*. Belo Horizonte: Gerais. *Jornal Estado de Minas*. Domingo, 03 de fevereiro de 2019, p. 14.
- Passos, F. L., Coelho, P., Dias, A. (2017). (Des) territórios da mineração: planejamento territorial a partir do rompimento em Mariana, MG. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 19, n. 38, 269-297, jan/abr.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-3811>
- Pereira, E. O., Carmo, F. F., Kamino, L. H. Y., Campos, I. C. (2017). Atlas digital geoambiental - disponibilizando informações técnicas de áreas de importância ambiental estratégicas para Minas Gerais (com Atlas on-line, pelo Instituto Prístino, in: <http://www.institutopristino.org.br/atlas>). Belo Horizonte: 3i Editora.
- Ronan, G. (2020). Barragem de Brumadinho tinha problemas de drenagem há 25 anos. https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/02/21/interna_gerais,1123690/barragem-de-brumadinho-tinha-problemas-de-drenagem-ha-25-anos.shtml. Acesso em 24 de fevereiro de 2020.
- SAMARCO MINERAÇÃO (2013). *RADA - Relatório de Avaliação do Desempenho Ambiental - Barragem Fundão*. Mariana-MG. Volume Único.
- Santos, M. (2015). *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 24ª Ed. Rio de Janeiro: Record.

- Santos, M., Silveira, M. L. (2014). *O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI*. 18. ed. Rio de Janeiro - São Paulo: Editora Record.
- SEDUR - SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, POLÍTICA URBANA E GESTÃO METROPOLITANA (2016). *Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG*. Responsável: Grupo Força - Tarefa. Decreto n.º 46.892/2015. Belo Horizonte-MG. Governo do Estado de Minas Gerais.
- SEMAD - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS (2019). Nota de Esclarecimento 15 - Desastre Barragem B 1 - Pluma de Rejeitos chega a 120 km do Local de Rompimento da Barragem. Disponível em: <https://www.meioambiente.mg.gov.br>
- Silva, K. G. G. da (2019). *Pluralismo Jurídico e o Desastre Socioambiental de Mariana/MG: A Resolução de Conflitos Decorrente do Extrativismo Mineral no Brasil* (Dissertação de Mestrado). Canoas: Universidad La Salle. Programa de Mestrado Acadêmicos em Direito, 165 p.
- Silva, M. F. da (2016). Qualificação de população em cidades mineradoras: zona perimetropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. In *XI Bienal Del Coloquio Transformaciones Territoriales - Repensando políticas y estrategias. (Mesa 4 - Territorialización de los modelos de producción y acumulación)*, Departamento de Ciencias Sociales. Centro Universitario Regional - CENUR Litoral Norte - Sede Salto, Universidad De La República Uruguay, 1059-1081. Disponível em: <http://www.unorte.edu.uy/xibienalaugm>
- Silva, M. F. da (2017). Análise Espacial dos Impactos do Desastre Socioambiental Ocorrido no Brasil: Estudo de Caso do Rompimento de Barragem de Rejeitos na Cidade de Mariana, Minas Gerais. In *IV Congresso Internacional de Riscos/IV International Congress on Risks - Riscos e Educação/Risks and Education (Resumos/Abstracts). Painel 5 - Estudos de caso de risco e de plenas manifestações (acidentes graves e catástrofes) de riscos naturais, antrópicos (tecnológicos e sociais) e mistos (ambientais)*. Coimbra: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, p. 277.
- Tuan, Yi-Fu (1980). *Topofilia - Um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. São Paulo/Rio de Janeiro: DIFEL.
- Tuan, Yi-Fu (1982). *Geografia Humanística*. In: Christofletti, Antônio. *Perspectivas da Geografia*. São Paulo: DIFEL, 318 p.
- Tuan, Yi-Fu (2005). *Paisagens do medo*. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo: Editora UNESP, 374 p.
- UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA (2005). *Serra do Espinhaço Reconhecida como "Reserva da Biosfera"*.
- VALE S.A (2019a). *Relatório de Sustentabilidade 2018*. Disponível em <http://www.vale.com> e Anúncio - *Vale: Reparação em Brumadinho - Veja Prestação de Contas*. <http://www.vale.com/prestacaocontas>. Acesso em 24 de fevereiro de 2020.
- VALE S.A (2019b). *Balanço de Reparação*. Disponível em <http://www.vale.com>. Acesso em 25 de fevereiro de 2020. <http://www.vale.com/Brumadinho>; http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/SiteAssets/reparacao/docs/29122019835.pdf. Acesso em 25 de fevereiro de 2020; <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/mina.aspx> de 2020. Acesso em 25 de fevereiro de 2020; <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/vale-informa-sobre-relatorio-do-comite-independente-de-assessoramento-extraordinario.aspx>. Acesso dia 25 de fevereiro de 2020.
- Vargas, M. C. (1999). O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. *Rev Ambient. Soc.* [online], ISSN 1809-4422, n.º 5, 109-134.
- Waters, M. (1995). *Globalization (Key Ideas)*. Londres/ Nova York: Routledge.
- Werneck, G. (2019). A Memória da Água. Belo Horizonte: Gerais. *Jornal Estado de Minas*. Domingo, 03 de fevereiro de 2019, p. 18.
- Williams, R. (1989). *Cultura*, São Paulo: Paz e Terra. [Culture, Londres, Fontana, 1989].