



territorium • 28(I)

REVISTA INTERNACIONAL DE RISCOS | INTERNATIONAL JOURNAL OF RISKS

MANIFESTAÇÕES DE RISCO  
EM BARRAGENS DE REJEITOS  
DE MINERAÇÃO

Imprensa da Universidade de Coimbra  
Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

2021

(Página deixada propositadamente em branco)

# territorium 28 (I)

Manifestações de Riscos em  
Barragens de Rejeitos de Mineração  
Risk Manifestations in Mining Tailings Dams

Janeiro - Junho  
2021

**FICHA TÉCNICA**

**Proprietário / Proprietor**

RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

**Redação e administração / Editing and administration**

(Toda a correspondência deve ser dirigida a;  
Letters should be addressed to):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Aeródromo da Lousã  
Chã do Freixo  
3200-395 VILARINHO, LSA  
PORTUGAL  
Tel.: +351 239 992 251; Fax: +351 239 836 733  
E-mail: [riscos@riscos.pt](mailto:riscos@riscos.pt)

**Fotografia da capa / Cover photo**

Catástrofe socioambiental provocada pela rotura de uma barragem da  
mineradora Vale em Brumadinho (Minas Gerais, Brasil)  
*Socio-environmental catastrophe caused by the rupture of a dam of the mining  
company Vale in Brumadinho (Minas Gerais, Brazil)*

**Fotografia / Photo:** Ibama from Brasil, CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons

**Edição / Edition**

RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
IUC<sup>o</sup> - Imprensa da Universidade de Coimbra

**Paginação / Formatting and Layout**

Mestre Fernando Félix

**Resumos e legendas, revisão em inglês / Abstracts and captions, English review**

Jean Burrows

**Distribuição e Assinaturas / Distribution and Subscriptions:**

**Venda (vente; sale):**

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Número avulso (single issue): **25,00 €**

**Assinatura anual (dois números + correio);**  
Annual subscription (2 issues + post charges):  
Portugal: **50,00 €**; Europa/Europe: **55,00€**;  
Outros países/Other countries: **60 \$USD**

**Pré-impressão e Impressão / Print Preview and Printing:**

Simões & Linhares, Lda.  
Rua do Fetal, Lote 5, 3020-923 Coimbra

**Periodicidade / Periodicity**

Semestral / Biannual

**Tiragem / Print run**

500 exemplares

**Público alvo / Target audience**

Professores, Agentes de Proteção Civil, Autarcas, Estudantes e Cidadãos.  
Teachers, Civil Protection Agents, Politicians, Students and Citizens.

**Arbitragem / Peer-review**

Os artigos submetidos para publicação são sujeitos a revisão por  
dois especialistas  
Articles submitted for publication are subject to review by two experts  
(double-blind)

**Depósito Legal n.º 106376/96**

ISSN Digital: 1647-7723

ISSN: 0872-8941

DOI: <https://doi.org/10.14195/1647-7723>

**URL:**

<https://territorium.riscos.pt/>  
<https://digitalis.uc.pt/en/revista?id=107789&sec=5>  
<http://impactum-journals.uc.pt/index.php/territorium>

**Indexada em / Indexed in**

*CiteFactor, Dialnet; DOAJ; ERIH-PLUS; Europub database; Latindex; MIAR  
(Annual ICDS 2019: 4.4); Open Academic Journals Index (CGIJ OAJI: 0,150);  
Qualis da CAPES (2013-2016); REDIB; SJIF - Scientific Journal Impact Factor;  
Sherpa Romeo | ReviewerCredits*

**Apoios:  
Sponsors:**



## NOTA DE ABERTURA

Quando, uns anos antes da sua realização, se pensou em organizar o III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, que se concretizou entre 17 e 20 junho de 2019, o então recente rompimento da barragem em Mariana, por ter ocorrido anos antes, na tarde do dia 5 de novembro de 2015, esteve muito presente não só na escolha do tema *Riscos e Sociedade: Da apropriação do espaço à criação de territórios em riscos*, mas também na proposta do trabalho de campo, previsto para o encerramento do Simpósio, que contemplava uma visita técnica às cidades mineiras de Ouro Preto e Mariana, para vivenciar a realidade das comunidades e do património histórico que se encontram sob condições de risco, face ao eventual rompimento de barragens de rejeitos de mineração.

Apesar de se sentir que o risco está presente e da existência de vários alertas no sentido da sua provável manifestação, estávamos bem longe de imaginar que, ainda antes do Simpósio, a 25 de janeiro de 2019, um novo episódio de rompimento de outra barragem de rejeitos de mineração iria acontecer em Minas Gerais, desta feita em Brumadinho.

Dada a acuidade desta problemática, entendemos que ela merecia ser tratada de uma forma abrangente, não só dos pontos de vista técnico, científico e operacional, mas também da forma como é vista pelos que sofrem as suas consequências. Embora nem todas as contribuições previstas tenham sido produzidas em tempo útil, foi possível dedicar este número da revista ao tema das barragens de rejeitos de mineração, com a generalidade dos artigos e notas a centrarem-se nos casos de Mariana e Brumadinho (Minas Gerais), mas em que um deles trata de uma área geográfica diferente, também situada no Brasil, em Barcarena, no Pará.

Apesar da divulgação que foi feita pela comunicação social sobre esses dois eventos e dos vários livros publicados no Brasil, dois deles objeto de resenhas nesta revista, continua a existir um grande desconhecimento sobre a manifestação deste tipo de risco, razão pela qual se justificou dedicar-lhe um número da *Territorium*.

Esperemos que a sua publicação contribua não só para um melhor conhecimento tanto dos processos que levam a esta manifestação de risco como das vulnerabilidades que ampliam as suas consequências, mas também ajude a melhor planificar futuras ações de socorro e, sobretudo, permita tornar mais resilientes as áreas onde este risco se poderá vir a manifestar num futuro mais ou menos próximo.

## INTRODUCTORY NOTE

When, a few years before it was held, the idea of organizing the III Ibero-Afro-American Symposium of Risks, which took place between 17 and 20 June 2019, first came up, the rupture of the dam in Mariana was a recent event, having occurred on the afternoon of 5 November 2015. It was very present not only in the choice of the theme, *Risks and Society: From the Appropriation of Space to the Creation of Territories at Risk*, but in the proposal for fieldwork, too. This was scheduled for the end of the Symposium and included a technical visit to the mining towns of Ouro Preto and Mariana, to experience the reality of communities and historical heritage that are under risk conditions, in view of the possible failure of mining tailings dams.

Despite the feeling that the risk is real, with several warnings regarding its likely manifestation being in place, we were far from imagining that on 25 January 2019, even before the Symposium, a new episode of the rupture of another mining tailings dam would happen in Minas Gerais, this time in Brumadinho.

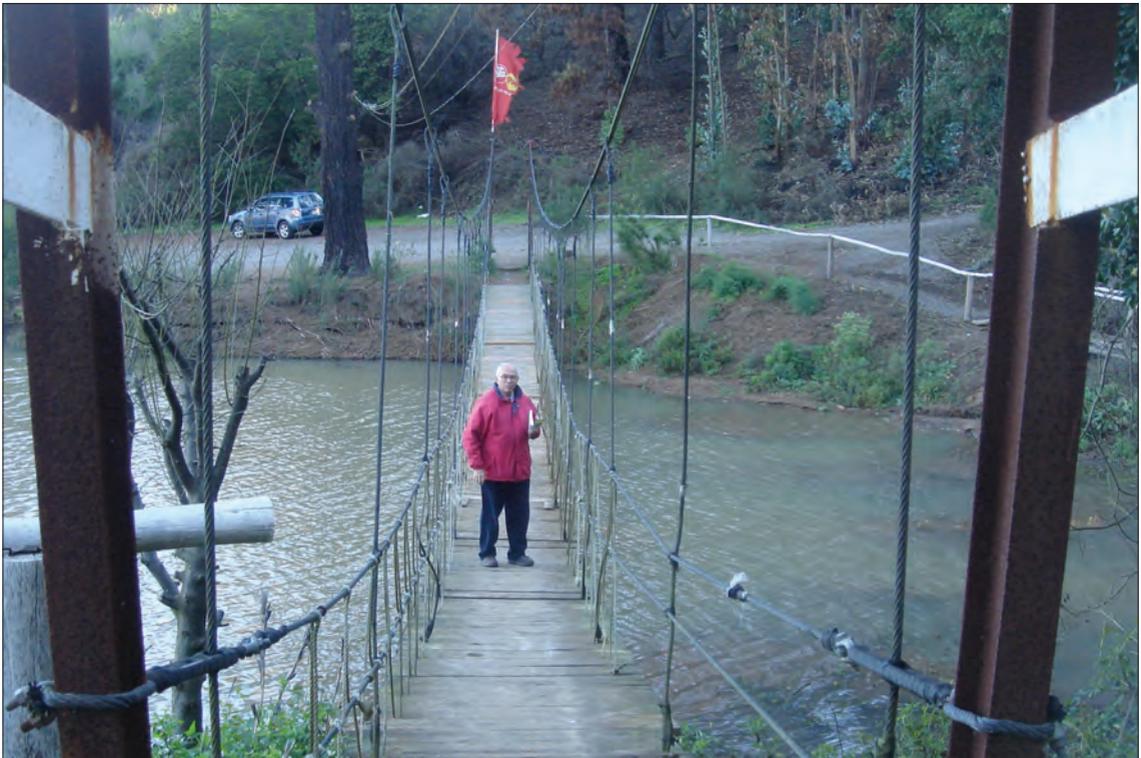
Given the importance of this problem, we understand that it deserved to be dealt with comprehensively, not only from the technical, scientific, and operational points of view, but also in the way it is seen by those who suffer its consequences. Although not all expected contributions were produced in due time, it was possible to dedicate this issue of the journal to the theme of mining tailings dams, with most articles and notes focusing on the cases of Mariana and Brumadinho (Minas Gerais); one of them, however, deals with a different geographical area, also in Brazil, and that is Barcarena, Pará.

Despite the information published in the media about these two events and the various books published in Brazil, two of which are the subject of reviews in this journal, there is still a great lack of knowledge about the manifestation of this type of risk, which amply justified devoting one issue of the *Territorium* to it.

We hope that its publication contributes not only to a better understanding of both the processes that lead to the manifestation of this risk and the vulnerabilities that amplify its consequences, but also helps to plan future relief actions better and, above all, makes it possible to increase the resilience of the areas where this risk could be manifested in the foreseeable future.

(Página deixada propositadamente em branco)

IN MEMORIAM



Víctor Quintanilla, em trabalho de campo, 11 de julho de 2010.

*Victor Quintanilla, in fieldwork, July 11, 2010.*

VÍCTOR QUINTANILLA (1939-2020)  
COLABORAÇÃO COM A UNIVERSIDADE DE COIMBRA E A RISCOS

Luciano Lourenço

Universidade de Coimbra, NICIF, CEGOT e RISCOS  
Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e Turismo  
ORCID 0000-0002-2017-0854 [luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

Quando, no passado dia 5 de outubro, recebi uma mensagem eletrónica do amigo Víctor Quintanilla, a que respondi no dia seguinte, estava bem longe de imaginar que seriam as últimas que trocaríamos, pois ele deixou-nos no passado dia 13 de dezembro.

Agora, ao olhar retrospectivamente, recordo que quando, em novembro de 1995, participei no *Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en Control de Incendios Forestales*, organizado pela Universidade de Chile, em Santiago do Chile, também nessa altura estava bem longe de pensar que isso marcaria o início de uma intensa e profícua relação que viria a estabelecer, no âmbito dos incêndios florestais, não só com docentes e investigadores universitários, mas também técnicos florestais chilenos.

Por isso, também não posso deixar de recordar a surpresa que tive no ano seguinte, quando fui contactado pelo Prof. Víctor Quintanilla para com ele preparar e candidatar, através do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, um projeto de investigação sobre incêndios florestais, ao abrigo do Convénio Internacional Portugal/Chile, estabelecido entre o Instituto de Cooperação Científica e Tecnológica Internacional de Portugal (ICCTI) e a *Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile* (CONICYT).

O projeto, que se designou *Efeitos do fogo sobre a vegetação nativa das montanhas mediterrâneas*, foi aprovado e teve por objetivo o estudo comparativo dos efeitos dos incêndios sobre a vegetação nativa das montanhas mediterrâneas das Cordilheiras do Centro de Portugal e do Chile Central.

Esse projeto veio a desenvolver-se ao longo dos anos letivos de 1998/99 e 1999/2000, tendo permitido aos investigadores realizar investigação científica e trabalho de campo no outro país do convénio. Por essa razão, os investigadores chilenos percorreram florestas e áreas queimadas do *Centro de Portugal*, entre 2 e 15 de Novembro de 1998. No ano seguinte, entre 14 e 23 de Janeiro de 1999, o signatário deslocou-se ao Chile, para aí desenvolver trabalho de campo com os investigadores da Universidade de Santiago do Chile, o qual decorreu nas *Región Metropolitana y V Región*. Mais tarde, entre 4 e 13 de Setembro de 1999, os investigadores chilenos voltaram a Portugal, para prosseguir a investigação no *Centro de Portugal*. No ano seguinte, o signatário regressou ao Chile para, entre 11 e 14 de Janeiro, com investigadores da Universidade de Santiago do Chile, percorrer florestas e áreas queimadas na *Região de Valparaíso* e na *X Región de Los Lagos* e, nos dias seguintes, entre 15 e 17 de Janeiro, prosseguir os trabalhos na *XII Región de Magallanes*, nos quais também foi acompanhado por engenheiros florestais.

A equipa chilena era constituída pelo Professor Víctor Quintanilla Pérez, que coordenou, e pelos Professores Álvaro Mauro Morales, da Universidade de Santiago do Chile, Juvenal Milton Bosnich Alvarado, da Universidade Austral de Chile, e Nicolás de Tolentino Sáez Villalobos, da Universidade de Los Lagos.

Este trabalho de investigação veio a dar azo à redação de um artigo científico, intitulado: *Coimbra, ponte e charneira entre territórios desiguais com problemas comuns – Análise de desequilíbrios provocados por incêndios florestais em matas e bosques de Países Temperados. Casos de estudo em Portugal e Chile*, da autoria dos coordenadores, Luciano Lourenço e Víctor Quintanilla, e publicado em 2003, nos *Cadernos de Geografia* (Número especial), Coimbra, p. 135-151, o qual se encontra disponível para consulta em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos\\_de\\_Colaboradores/PDF/Publicacoes\\_periodicas/cadgeo\\_especial2003](http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos_de_Colaboradores/PDF/Publicacoes_periodicas/cadgeo_especial2003)

Se referi, com algum detalhe, este projeto científico, foi pelo simples facto de ter sido através dele que conheci o Professor Quintanilla que, com o seu trato afável, a par de uma grande exigência e de um profundo rigor científicos, rapidamente me cativou e o transformou no amigo Víctor, amizade que foi sendo alimentada, tendo-se fortalecido e permanecido até à sua recente partida.

Com efeito, depois desta primeira experiência de colaboração, anos mais tarde, voltou a convidar-me para participar num novo projeto de investigação: *FONDECYT 1095048 - Estudio fitogeográfico en paisajes y ecosistemas naturales de Chile mediterráneo afectados por fuegos, para propuesta de restauración ecológica. Cartografía fitoecológica*, projeto

que viria a decorrer de 2009 a 2011, durante o qual o signatário não só acompanhou os colegas chilenos nas missões que realizaram em Portugal, mas também efetuou uma missão no Chile, de 2 a 17 de Julho de 2010, que decorreu nas *Región Metropolitana, V Región y VI Región* e durante a qual foram tiradas as fotografias que se dão à estampa.

Os investigadores chilenos envolvidos neste projeto pertenciam às áreas científicas da Geografia, liderados pelo Prof. Doutor Víctor Quintanilla Pérez, da Universidade de Santiago do Chile, que coordenou, e das Ciências Florestais, representados pelos Prof. Doutores Guillermo Júlio Alvear e Miguel Castillo Soto, da Universidade do Chile, outros dois amigos, o último dos quais também deixa a seguir uma nota sobre a sua convivência com o Professor Quintanilla.

Ora, este segundo projeto de investigação foi fundamental para estreitar os laços de amizade, uma vez que, apesar da distância, o Professor Quintanilla passou a ser uma presença assídua nas atividades que fomos promovendo, designadamente nos Congressos Internacionais de Riscos, onde, além de apresentar importantes comunicações, era uma presença constante nas visitas técnicas sobre incêndios florestais, em que tinha sempre uma participação muito ativa e interpelativa.

Com efeito, o desenvolvimento deste projeto permitiu-lhe participar no I Congresso Internacional de Riscos, que decorreu em Coimbra, no Auditório da Reitoria da Universidade entre 29 e 31 de Maio de 2009, tendo apresentado duas comunicações, uma de sua autoria: *Los Riesgos de Incendios Forestales en la Zona Mediterránea de Chile: Un Caso de Perturbación Ambiental Permanente*, e outra em coautoria com Miguel Castillo e Guillermo Julio: *Análisis del Riesgo y Vulnerabilidad Contra Incendios Forestales en Áreas de Interfaz, Provincia de Valparaíso. Estudio de Casos*.

Esse Congresso terminou no dia 31 de Maio de 2009 com uma visita técnica à Serra do Açor, para observar *in loco* os efeitos de algumas manifestações de riscos dendrocaustológicos, ocorridas no ano de 2005, bem como de outras subsequentes, derivadas dos riscos hidrológico e geomorfológico, observadas em 2006, e, sobretudo, da posterior reabilitação que, desde 2008, estava a ser efetuada numa parte da área afetada da bacia hidrográfica da ribeira do Piódão. Recordo que o Prof. Quintanilla foi um dos participantes mais atentos e interessados, tendo colocado várias questões sobre diversos aspetos de pormenor que pretendia ver esclarecidos.

No ano seguinte, regressou a Coimbra para participar no II Congresso Internacional de Riscos, que voltou a decorrer no Auditório da Reitoria da Universidade, entre os dias 22 e 25 de Maio de 2010, no qual apresentou uma comunicação intitulada: *Antecedentes sobre los riesgos geológicos: sismicidad, volcanismo, tsunamis. Casos aplicados a Chile* e duas outras em coautoria, sendo primeiro autor de uma delas, apresentada em colaboração com Roberto Garfias: *Los riesgos en la vegetación endémica por los fuegos, en el macizo montañoso más extenso de la cordillera de la costa en la zona Mediterránea de Chile*, e coautor de outra, realizada em colaboração com Roberto Garfias S., Miguel Castillo S. e Guillermo Julio, sobre *Caracterización socioeconómica de la población en áreas de riegos de incendios forestales. Estudio de caso. Interfaz urbano forestal, provincia de Valparaíso. Chile central*.

Nesse ano, a visita técnica denominou-se *Serras da Cordilheira Central, Cova da Beira e Beira Interior: Geomorfologia, Património e Riscos*, tendo-se realizado durante dois dias, 22 e 23 de Maio 2010, nas serras da Cordilheira Central (Lousã, Açor e Estrela), bem como na Cova da Beira e Beira Interior, para observar efeitos de algumas manifestações de riscos geomorfológicos, nomeadamente de uma movimentação em massa, em Pedrógão Grande, e de um deslizamento ocorrido nas cabeceiras da ribeira da Alfcoheira (Caldas de Manteigas), e de riscos dendrocaustológicos, em particular do grande incêndio florestal do Sabugal, registado no final de Agosto de 2009, e, também, da reabilitação das respetivas áreas que por eles foram afetadas. O Prof. Quintanilla, uma vez mais, apesar de já apresentar alguma dificuldade em termos de locomoção, esteve sempre na linha da frente, interessado em acompanhar de perto todos os detalhes e em participar vivamente na discussão dos assuntos em análise.

Além das comunicações mencionadas, apresentadas em Congressos, este projeto permitiu a publicação de novos artigos científicos, dos quais referimos aqueles que foram dados à estampa na *Territorium*, Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança:

- **Víctor Quintanilla P.** (2009). Los riesgos de incendios forestales en la zona mediterránea de Chile: un caso de perturbación ambiental permanente, *Territorium*, n.º 16, p. 147-154, e que se encontra disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_16\\_14/2460](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_16_14/2460)
- Miguel Castillo S., **Víctor Quintanilla P.** e Guillermo Julio A. (2009). Análisis del riesgo y vulnerabilidad contra incendios forestales en áreas de interfaz, provincia de Valparaíso, *Territorium*, n.º 16, p. 131-138, e que está disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_16\\_12/2458](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_16_12/2458)
- **Víctor Quintanilla P.** (2011). Alteración en la vegetación endémica por fuegos, en el macizo montañoso más extenso de la cordillera costera en la zona mediterránea de Chile, *Territorium*, n.º 18, p. 239-245, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_18\\_22/2377](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_18_22/2377)
- Miguel Castillo S., Guillermo Julio A. e **Víctor Quintanilla P.** (2011). Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central, *Territorium*, n.º 18, p. 247-254, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_18\\_23/2378](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_18_23/2378)

- Roberto Garfias S., Miguel Castillo S., Francisca Ruiz G., Guillermo Julio A., Víctor Quintanilla P. e Jessica Antúnez G. (2012). Caracterización socioeconómica de la población en áreas de riesgo de incendios forestales. Estudio de caso. Interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central, *Territorium*, n.º 19, p. 101-109, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_19\\_12](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_19_12)
- Víctor Quintanilla P., Luciano Lourenço e Susete Henriques (2012). Regeneración de la vegetación y riesgos de erosión pos incendios forestales. Estudio de casos en países mediterráneos, *Territorium*, n.º 19, p. 111-119, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_19\\_13](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_19_13).

Algumas das observações efetuadas durante a vigência do projeto continuaram a merecer mais investigação por parte do Professor Quintanilla e só foram dadas a conhecer alguns anos mais tarde, o que permitiu que a sua colaboração se fosse mantendo, designadamente através da sua participação na *Territorium*, com a publicação de mais dois artigos:

- Víctor Quintanilla Pérez (2014). Los impactos de los incendios forestales en los bosques esclerófilos costeros mediterráneos de Chile. Caso de la región de Valparaíso, *Territorium*, n.º 21, p. 125-134, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_21\\_10/2541](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_21_10/2541)
- Víctor Quintanilla Pérez e Mauricio Morales Constanzo (2018). Antecedentes sobre los impactos ecológicos de los fuegos y de otros factores antrópicos en los bosques de *Jubaea chilensis* (Moll) Baillon. Caso de estudio: Microcuencas periurbanas de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, Chile, *Territorium*, n.º 25(I), p. 75-88, disponível em: [https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723\\_25-1\\_6/3890](https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_25-1_6/3890)

Entretanto, entre 23 e 26 de maio de 2017, tinha decorrido em Coimbra o IV Congresso Internacional de Riscos e, uma vez mais, apesar das suas limitações em termos de mobilidade, o Prof. Quintanilla voltou a participar não só com a apresentação de duas comunicações:

- *Impactos socio-ambientales de los incendios forestales de 2017 en la región mediterránea de Chile (31º - 37º s)*;
- *Alteraciones de la biodiversidad de bosques de palma nativa, jubaea chilensis, a causa de los incendios forestales en Chile mediterráneo. Caso de estudio*;

mas também voltou a integrar a visita técnica aos “Incêndios florestais do maciço da Gralheira”, já que Portugal, no ano anterior de 2016, voltou a ser fustigado por grandes incêndios florestais, tendo um deles ultrapassado 20 000 ha, razão pela qual foi escolhido para a realização dessa visita técnica. Como nas anteriores visitas, embora já mais apoiado no seu “bastón”, continuava a demonstrar grande interesse por tudo o que via, participando ativamente nas discussões temáticas e interrogando sobre tudo o que a sua curiosidade científica lhe suscitava, demonstrando uma vivacidade intelectual pouco comum e que surpreendia sobretudo os mais jovens. De facto, Victor Quintanilla era um intelectual que vivia para o trabalho de campo e era no campo onde se sentia realizado, como tantas vezes tive possibilidade de confirmar.

Todavia, isso não o impedia de, no seu gabinete de trabalho, no Departamento de Engenharia Geográfica da Faculdade de Engenharia da Universidade de Santiago do Chile, receber colegas e alunos num ambiente muito familiar, sempre com uma “taza de café” que, de certo modo, transparecia o seu modo de vida familiar, sempre muito preocupado não só com a sua Nancy Rojas, a esposa que sempre o acompanhava nas suas deslocações ao estrangeiro, mas também com os seus filhos, um rapaz e uma rapariga, que conheci pessoalmente em 1999, quando residia numa vivenda, em Viña del Mar. Mais tarde adquiriu um apartamento em Valparaíso e, em 2010, já me recebeu nessa sua nova casa. Recordo a excelente vista que dela se desfrutava sobre a baía e a amabilidade que transparecia no seu relacionamento com a esposa, que também nos acompanhou nas visitas pelos arredores de Valparaíso. Também não posso esquecer um comentário que me fez sobre as longas viagens que realizava diariamente, primeiro ente Viña del Mar e Santiago, que distam cerca de 120 Km, ou seja, um percurso diário com perto de 250 Km, e depois, entre Valparaíso e Santiago, à volta de 115 Km, isto é, com ida e volta, cerca de 230 Km todos os dias, durante 11 meses todos os anos e durante perto de 40 anos, o que lhe deveria ter merecido, referia ele gracejando, a entrada direta para o Guinness World Records, como o viajante que, mundialmente, mais quilómetros teria percorrido em autocarro.

Depois desta nota mais pessoal sobre o (Bio)Geógrafo e da relação que ele estabeleceu com a Universidade de Coimbra e com a RISCOS, deixo alguns *links* onde poderá encontrar mais informações, não só sobre a sua vasta obra científica, mas também sobre a personalidade do Prof. Victor Quintanilla, publicados após a sua morte, concluindo esta referência com o testemunho de um dos seus discípulos.

<https://www.fing.usach.cl/noticias/homenaje-al-destacado-academico-dr-victor-quintanilla-perez-qepd>

<http://geografia.uc.cl/Noticias/en-memoria-del-profesor-victor-quintanilla.html>

<http://sociedadchilenadecienciasgeograficas.cl/2014/?p=1728>

<https://www.uchile.cl/noticias/170761/con-profundo-dolor-fau-lamenta-fallecimiento-del-victor-quintanilla>

<http://sib-biogeografia.blogspot.com>



Víctor Quintanilla, em reflexão, no final de mais uma jornada de trabalho de campo, 14 de julho de 2010.

*Victor Quintanilla, in reflection, at the end of yet another day of fieldwork, July 14<sup>th</sup>, 2010.*

## PALABRAS PARA VÍCTOR

Miguel Castillo

Universidad de Chile, Laboratorio de Incendios Forestales (Chile)

ORCID 0000-0002-3880-9441 [migcasti@uchile.cl](mailto:migcasti@uchile.cl)

Más allá de su sensible partida, recordaré con un profundo sentimiento de respeto y admiración, al profesor, compañero y amigo de tantas jornadas de terreno recorriendo la geografía de Chile Central, sus bosques y la naturaleza, intentando entender los procesos propios de las perturbaciones ocasionadas por los incendios forestales. El fue Víctor Quintanilla. Geógrafo de profesión y con un largo período de crecimiento intelectual. Se perfeccionó en Francia, ampliando aún más sus conocimientos sobre la Geografía Física y el conocimiento de la naturaleza. De regreso a Chile forjó importantes avances en el campo de la Biogeografía, generando importantes obras que se mantienen vigentes hasta los tiempos presentes.

Entusiasta caminante de numerosos paisajes, a pesar de sus problemas de salud que fueron apareciendo con el paso de los años. No obstante esas dificultades iban en aumento, nunca renunció a una salida de campo. Cuando pudo, siempre estuvo enfrente del grupo de avanzada, con su bastón y cámara. En terreno lucía feliz, pleno. No se complicaba por nada. Víctor fue un ser humano intenso en su labor. Amaba su profesión, y lo demostró en cada obra geográfica que elaboró, desde la confección de las primeras síntesis cartográficas de la vegetación nativa de Chile, hasta el liderazgo de importantes proyectos de investigación que marcaron la ruta de tantas investigaciones jóvenes. Para muchos fue el maestro que marcó la dirección de muchos profesionales. Fue un referente en su área, tanto a nivel nacional como internacional.

En su lado humano, recuerdo su cercanía y gentileza en las numerosas reuniones que tuvimos en su oficina, siempre con una deliciosa taza de café y largas jornadas de conversación, no sólo de cosas profesionales sino también de la vida. Podía estar sumamente ocupado con sus responsabilidades como profesor, pero aún así, siempre se dio el espacio para recibir a sus alumnos, colegas y amigos. De buen trato y amabilidad. Fue de esos clásicos profesores de la antigua y recordada academia, de tiza y pizarrón, de láminas transparentes y rotafolio, de papel roneo y cartulina. Le gustaba tener en su escritorio lápices grafito y sacapuntas. Los usaba todos. De poca habilidad con el computador pero muy ágil con el papel y lápiz. Un formador.

Con una inmensa vocación y espíritu de colaboración. Integró numerosas comisiones académicas, ayudando al buen quehacer de las instituciones en donde le tocó participar. Un ser humano muy sensible. Tuvo un inmenso amor por el servicio público. Trabajador incansable hasta el último día como Profesor Titular. Respetado por sus pares. Un Geógrafo que marcó una época en la historia de la Geografía en Chile. Así lo expresaron sus colegas más cercanos en un sentido homenaje en Chile a raíz de su muerte, por parte del Instituto de Geografía y la Asociación de Geógrafos de Chile. Su partida de este mundo deja un inmenso vacío en el mundo académico. Sin embargo su herencia seguirá vigente a través de los numerosos profesionales que logró formar y que hoy le recuerdan con cariño.

Víctor, con un inmenso aprecio, por los gratos recuerdos en que trabajamos juntos. Por tantas historias en terreno y lugares que recorrimos, porque fuiste parte importante en mi formación profesional. Por todo esto y mucho más, te dedico estas sentidas palabras de agradecimiento... Gracias!!.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



OS DESASTRES AMBIENTAIS DE MARIANA E BRUMADINHO EM FACE AO ESTADO SOCIOAMBIENTAL BRASILEIRO\*

THE ENVIRONMENTAL DISASTERS OF MARIANA AND BRUMADINHO VIS-À-VIS THE ENVIRONMENTAL AND SOCIAL STATUS OF BRAZIL

13

Charles Alexandre Souza Armada

Universidade do Vale do Itajaí, Escola de Ciências Jurídicas e Sociais (Brasil)

ORCID 0000-0003-2921-6182 [charlesarmada@hotmail.com](mailto:charlesarmada@hotmail.com)

RESUMO

O rompimento da barragem de rejeitos de mineração em Mariana, no estado brasileiro de Minas Gerais, no dia 13 de novembro de 2015, acendeu o alerta para as questões de segurança envolvendo a atividade minerária no Brasil. Mesmo após este acidente de proporções gigantescas, o país vivenciou novo evento dramático com o rompimento da barragem na cidade de Brumadinho, no mesmo estado de Minas Gerais. A partir destes dois episódios, o objetivo geral do presente estudo é analisar a incompatibilidade entre a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico do país, de maneira a identificar no Estado brasileiro o Estado Socioambiental de Direito que falha no seu objetivo de preservação ou o Estado desenvolvimentista que privilegia o crescimento econômico a qualquer custo. Depreendeu-se da pesquisa efetuada que as ações (e omissões) do poder público brasileiro em relação à atividade minerária demonstram uma preocupação fundamental com o desenvolvimento econômico do país em detrimento dos aspectos de preservação ambiental e qualidade social. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi o método indutivo.

**Palavras-chave:** Mineração, meio ambiente, desenvolvimento econômico, rompimento de barragem, Brasil.

ABSTRACT

The failure of the mining tailings dam in Mariana in the Brazilian state of Minas Gerais, on 13 November 2015, ignited the alert for safety issues involving mining activity in Brazil. Even after this accident of huge proportions, Brazil experienced another dramatic event with the failure of the dam in the city of Brumadinho, also in Minas Gerais. Given these two episodes, the general objective of the present study is to analyse the incompatibility between preserving the environment and furthering the economic development of the country. This lets us identify within the Brazilian state a socio-environmental State of Law that is failing in its objective of preservation, or a developmental state that favours economic growth at any cost. It transpired from the research carried out that the actions (and omissions) of Brazilian public power in relation to mining show a fundamental preoccupation with economic development, to the detriment of environmental preservation and social quality. An inductive approach was used for the development of the research.

**Keywords:** Mining, environment, economic development, dam failure, Brazil.

\* O texto deste artigo foi submetido em 11-10-2019, sujeito a revisão por pares a 31-10-2019 e aceite para publicação em 15-01-2020.

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

## Introdução

O hiato de três anos entre os desastres/catástrofes ambientais de Mariana e Brumadinho deveria ter produzido as mudanças necessárias para agregar segurança aos processos da atividade minerária no Brasil e, em decorrência, garantir a integridade de meio ambiente e das pessoas direta e indiretamente envolvidos com essa atividade evitando, assim, que o evento de Brumadinho pudesse ter ocorrido. No presente estudo, os termos desastre e catástrofe serão utilizados como sinônimos.

O Brasil, enquanto Estado Socioambiental de Direito, tem como fundamento desta condição a preservação ambiental e o cuidado com a garantia dos direitos humanos. Contudo, os rompimentos de barragens de mineração de Mariana e Brumadinho denotam outra realidade: a preocupação primeira com a questão econômica por parte do poder público.

A partir dos eventos mencionados e dos impactos produzidos, o presente artigo foi estruturado em três seções. Na primeira parte, a pesquisa se propõe a contextualizar os desastres/catástrofes de Mariana e Brumadinho tanto sob o prisma ambiental como sob a ótica social.

A partir da contextualização dos dois eventos, a pesquisa discutirá as características da atividade minerária no Brasil enquanto atividade eminentemente geradora de impactos ambientais e, ao mesmo tempo, importante componente da cadeia produtiva e da grade de exportações do país.

Finalmente, na terceira seção, o presente estudo pretende analisar o Estado brasileiro enquanto representante da categoria de Estado Socioambiental de Direito frente aos desastres/catástrofes decorrentes da atividade de mineração, em especial os desastres/catástrofes de Mariana e Brumadinho, a partir do objetivo de preservação ambiental, de um lado, e do desenvolvimento econômico, de outro.

A bibliografia utilizada baseou-se em relatórios de organismos internacionais, principalmente do Wise Uranium Project, bem como em relatórios de organismos do setor público do Estado brasileiro, principalmente da Agência Nacional de Águas e do Departamento Nacional de Produção Mineral. Em adição, o aporte bibliográfico também envolveu as contribuições de Molinaro, Canotilho e Wolkmer, dentre outros.

Quanto à metodologia empregada, registra-se a utilização do método indutivo que, segundo Pasold (2015, p. 110), permite “[...] *pesquisar e identificar as partes de um fenômeno e colecioná-las de modo a ter uma percepção ou conclusão geral* [...]”.

## De Mariana a Brumadinho: das lições não aprendidas à tragédia anunciada

O rompimento da barragem do Fundão, no distrito de Bento Ribeiro, em Mariana (MG), em 5 de novembro de 2015, liberou um mar de lama de rejeitos de minérios que atingiu mais de 40 cidades, matou 19 pessoas e impactou a fauna e a flora do Rio Doce por 660 km entre Minas Gerais e Espírito Santo (Augusto, 2018) (fig. 1).



Fig. 1 - Municípios afetados pela Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG (Fonte: Elaborado por Thiago Leonardo Soares, disponível em <http://blogdopg.blogspot.com/2018/11/a-tragedia-de-mariana-tres-anos-depois.html>).

Fig. 1 - Municipalities affected by the Rio Doce plume's influence after the tailings dam failure in Mariana/MG (Source: Prepared by Thiago Leonardo Soares, available at <http://blogdopg.blogspot.com/2018/11/a-tragedia-de-mariana-tres-anos-depois.html>).

A barragem de rejeitos do Fundão pertence à mineradora Samarco, empresa estabelecida em Mariana há 38 anos. Trata-se de uma *joint venture* entre duas das maiores mineradoras do mundo: a brasileira Vale S. A. e a anglo-australiana BHP Billiton (fot. 1).



Fot. 1 - Imagens mostram a dimensão da destruição provocada em Bento Rodrigues (Fonte: Notícias R7, Link: [www.noticias.r7.com/minas-gerais/fotos-de-satelite-mostram-como-era-e-como-ficou-a-regiao-atingida-pelas-barragens-em-mariana-mg-12112015](http://www.noticias.r7.com/minas-gerais/fotos-de-satelite-mostram-como-era-e-como-ficou-a-regiao-atingida-pelas-barragens-em-mariana-mg-12112015)).

*Photo 1 - Images show the extent of the destruction in Bento Rodrigues.*

A bacia do rio Doce abrange parte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, no Sudeste do Brasil. Por seu desenvolvimento histórico de atividades econômicas voltadas à extração mineral, tendo em vista o fato de possuir reservas importantes, tem seu crescimento econômico centrado na exploração de commodities dos recursos naturais do vale do rio Doce. Como consequência, abriga diversas barragens utilizadas para a deposição dos rejeitos dessa atividade (ANA, 2016, p. 5). De acordo com o Encarte Especial sobre a Bacia do rio Doce (ANA, 2016, p. 10), elaborada em 2016 pela Agência Nacional de Águas “[...] existem 366 áreas de concessão de lavra na bacia. As principais atividades de exploração mineral são aquelas relacionadas à extração de ferro e minério de ferro, que somam 31,4% das concessões de lavra, e a extração de rochas ornamentais, que representam 25,1%, destacando-se granitos e gnaisse”.

Bento Rodrigues, subdistrito do distrito de Santa Rita Durão, município de Mariana, situado a pouco mais de 5 km das barragens e 35 km da sede de Mariana, foi praticamente todo soterrado pela avalanche de água, lama e detritos produzida com o rompimento da barragem. Foram encontradas 18 vítimas fatais do acidente e um corpo permanece desaparecido. Os poluentes ultrapassaram a barragem de Santarém, percorrendo 55 km no rio Gualaxo do Norte até o rio do Carmo, e outros 22 km até o rio Doce. A onda de rejeitos, composta principalmente por óxido de ferro

e sílica deixou um rastro de destruição até o litoral do Espírito Santo, percorrendo 663,2 km de cursos d’água e destruindo 1.469 hectares, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs).

O desastre ambiental de Mariana detém alguns recordes mundiais (fig. 2). De acordo com a *Bowker Associates Science & Research in the Public Interest* (Bowker, 2015), o desastre da Samarco/Vale/BHP é o maior do mundo em termos de volume de lama mobilizado e distância por ela percorrida. Considerando-se um volume de rejeitos despejados entre 50 e 60 milhões de metros cúbicos, o acidente em Mariana equivale, praticamente, à soma dos outros dois maiores acontecimentos do tipo já registrados no mundo, ambos nas Filipinas, um em 1982, com 28 milhões de m<sup>3</sup>; e outro em 1992, com 32,2 milhões de m<sup>3</sup> de lama. Com relação à distância percorrida pelos rejeitos de mineração, os rejeitos da Samarco percorreram 600 quilômetros. No histórico deste tipo de acidente, em segundo lugar aparece um registro ocorrido na Bolívia, em 1996, com metade da distância do trajeto da lama, 300 quilômetros.

OS MAIORES ACIDENTES EM BARRAGENS					
LOCAL	DATA	ATIVIDADE	ACIDENTE	DESPEJO (MILHÕES M <sup>3</sup> )	TIPO
Mina de Mariana (Minas Gerais, Brasil)	11/2015	Extração de ferro	Rompimento das barragens de Santarém e do Fundão	45	● Lama ● Rejeitos
Mina de Mount Polley (British Columbia, Canadá)	08/2014	Extração de cobre e ouro	Rompimento de barragem por falta de estrutura adequada na fundação	24,4	● Água ● Cianeto ● Rejeitos
Barragem de Córrego Feijão (Minas Gerais, Brasil)	01/2018	Beneficiamento de minério de ferro	Rompimento de uma barragem e transbordamento de outra	12	● Lama ● Rejeitos
Mina de Fort Meade (Flórida, Estados Unidos)	12/1971	Extração de fosfato	Falha de causa desconhecida em barragem	9	● Argila
Mina de Payne Creek (Flórida, Estados Unidos)	10/1994	Extração de ouro	Falha na estrutura da represa	6,8	● Lama
Mina de Omai (Guiana)	08/1995	Extração de minério de ferro	Erosão interna barragem	4,2	● Lama ● Cianeto

Fig. 2 - Os maiores acidentes em barragens (Fonte: Adaptado de O Globo, 2015, link <https://oglobo.globo.com/brasil/infografico-os-maiores-acidentes-com-barragens-no-mundo-23404340>).

*Fig. 2 - The biggest dam accidents (Source: Adapted from O Globo, 2015, link <https://oglobo.globo.com/brasil/infografico-os-maiores-acidentes-com-barragens-no-mundo-23404340>).*

Três anos após o desastre/catástrofe de Mariana, há famílias que ainda discutem na Justiça os valores da indenização, após recusarem as propostas iniciais da Samarco. E ninguém foi condenado ou preso pelo rompimento da barragem. As multas ambientais do Ibama (R\$ 350,7 milhões) estão sendo contestadas

até hoje pela mineradora Samarco. Das penalidades aplicadas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (R\$ 250 milhões), a Samarco pagou apenas uma pequena fração de R\$ 45 milhões (BBC News Brasil, 2019).

16

Em paralelo às disputas judiciais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, a Vale tem praticado distribuição de bonificações bem mais generosas aos seus diretores: “[...] após lucrar R\$ 13,3 bilhões em 2016, a empresa deu R\$ 25,8 milhões em bonificações à diretoria executiva já em 2017. [...] Como recompensa pela alta dos ganhos em 2017, quando a empresa lucrou R\$ 17,6 bilhões, a mineradora prometeu pagar em 2018 a seis integrantes da diretoria executiva um total R\$ 30,9 milhões em bonificações” (BBC News Brasil, 2019).

Enquanto algumas famílias ainda discutiam judicialmente a reparação de danos com a empresa Vale, outro acidente com barragem de mineração da mesma empresa acontece no estado de Minas Gerais.

No dia 25 de janeiro de 2019, ocorre o rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, espalhando 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração por mais de 46 km. Vinte dias após a tragédia já havia sido confirmado um total de 165 vítimas fatais e 155 pessoas desaparecidas (fot. 2).

A barragem que rompeu em Brumadinho foi construída em 1976 e tinha volume de 12 milhões de metros cúbicos. Ela estava desativada desde 2015, ou seja, não recebia rejeitos desde então. Em 2018, a Vale recebeu licenciamento para reutilizar parte do rejeito e depois ser ‘descomissionada’, isto é, passar por uma extensa obra para deixar de ser barragem, se tornando, por exemplo, um morro (BBC News Brasil, b, 2019).

O rompimento das barragens em Brumadinho são registros do maior acidente de trabalho da história do Brasil, e que poderá se tornar o segundo acidente industrial - denominação para desastres/catástrofes de larga escala causados por atividades empresariais - mais mortífero do século 21 em todo o mundo (BBC News Brasil, c, 2019).

De acordo com um relatório da Agência de Meio Ambiente das Nações Unidas, o Brasil se destaca entre os maiores registros de rompimentos de barragens ocorridos desde 1985. Segundo o relatório da ONU, publicado em 2017, o evento mais trágico envolvendo barragens de minério nos últimos 34 anos foi em 1985, no norte da Itália, quando 180 mil metros cúbicos de lama da barragem administrada pela Prealpi Mineraria varreram as cidades de Stava e Tesero, matando 267 pessoas (Roche, 2017, p. 34).



Fot. 2 - Rompimento da barragem de rejeitos de mineração de Brumadinho (Fonte: G1 Globo, 2019, link: [www.g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/03/14/apos-desastre-de-brumadinho-mais-de-mil-pessoas-largam-casas-e-estao-sem-previsao-de-retorno.ghtml](http://www.g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/03/14/apos-desastre-de-brumadinho-mais-de-mil-pessoas-largam-casas-e-estao-sem-previsao-de-retorno.ghtml)).

Photo 2 - Brumadinho mining tailings dam collapse.

O rompimento da barragem em Brumadinho caminha para superar a tragédia italiana em perdas humanas. Com a estimativa de perto de 270 vítimas fatais, entre mortes confirmadas e desaparecidos, a tragédia em Brumadinho passará ao topo dos maiores desastres/catástrofes com rompimento de barragem de minério do mundo (QUADRO I).

QUADRO I - Rompimento de barragens de rejeitos de mineração. Maiores acidentes com vítimas fatais.

TABLE I - Mining tailings dam failure. Major fatal accidents.

	Ano	País	Localidade	Mortes
1	1966	Bulgária	Sgorigrad	488
2	2019	Brasil	Brumadinho	270
3	1995	Itália	Stava	268
4	2008	China	Taoshi	254
5	1968	Chile	El Cobre	Entre 200 e 350
6	1992	Sri Lanka	Kantale	180
7	1966	País de Gales	Aberfan	144
8	1972	EUA	Buffalo Creek	125
9	2015	Mianmar	Hpakant	113
10	1970	Zâmbia	Mufulira	89

Fonte: Adaptado de Wise Uranium Project.  
Source: Adapted from Wise Uranium Project.

#### A Participação da atividade minerária na economia Brasileira

O setor mineral brasileiro foi construído sob uma visão estratégica de desenvolvimento nacional, tendo por base uma política e uma legislação fomentadoras.

O Brasil é detentor de grandes reservas mundiais, para uma diversificada gama de minerais metálicos e não-metálicos, colocando-se entre os mais importantes países minerais do mundo. Conforme Barreto (2001, p. 9), as reservas de algumas substâncias minerais eram significativamente expressivas em 2000: as reservas de nióbio determinavam o 1o lugar mundial, com 90% das reservas do mineral), tantalita (1º lugar mundial, com 45% das reservas), caulim (2o lugar mundial e 28% das reservas), grafita (2o lugar mundial e 21% das reservas), alumínio (3o lugar mundial e 8% das reservas), talco (3o lugar mundial e 19% das reservas), vermiculita (3o lugar mundial e 8% das reservas), estanho (4o lugar mundial e 7% das reservas), magnesita (4o lugar mundial e 5% das reservas), ferro (4o lugar mundial e 7% das reservas) e, finalmente, manganês (4o lugar mundial e 1% das reservas).

De acordo com dados disponibilizados pelo Ministério de Minas e Energia, o setor mineral arrecadou US\$ 11,5 bilhões ao longo do primeiro semestre de 2017. A balança foi superavitária, já que as exportações com mineração e transformação mineral arrecadaram US\$ 22,6 bilhões, enquanto que as importações foram de US\$ 11,1 bilhões. No que se refere à participação do setor de mineração nas exportações brasileiras no período assinalado, o setor representou 21% de todas as vendas do País no mercado externo. O desempenho destacado teve como principal

vetor as vendas de minério de ferro. As exportações do produto corresponderam a 44% de todo o comércio exterior do setor mineral (Portal Brasil, 2017).

O Relatório Anual de Atividades, junho de 2017 a junho de 2018, de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), apresenta que a pauta dos bens minerais exportados pelo Brasil no ano de 2017 atingiu um volume de 403 milhões de toneladas e representou em dólares, US\$ FOB 28,3 bilhões. Os principais produtos exportados foram: minério de ferro, ouro, ferronióbio, cobre, bauxita, manganês, pedras naturais e de revestimentos, caulim e outros. Já a importação movimentou US\$ FOB 7,9 bilhões e cerca de 42,8 milhões de toneladas. Enquanto os principais produtos importados foram: potássio, carvão, cobre, enxofre, zinco, rocha fosfática, pedras naturais e de revestimentos e outros (IBRAM, 2018, p. 33).

O minério de ferro é um dos produtos que ajudam a alavancar esse desempenho. Ele sozinho representa 8,82% do total das exportações brasileiras, atrás apenas da soja. Com os dados apresentados percebe-se que a indústria extrativa mineral também tem participação fundamental no Produto Interno Bruto (PIB), pois representa 1,4% de todo o PIB Brasil.

O destaque da área mineral se reflete também na movimentação do mercado de trabalho. As 10 mil minas do país - 87% delas de micro e pequeno porte - geram 180 mil empregos diretos e mais 2,2 milhões de empregos indiretos em todo o país (G1, 2019).

Contudo, apesar dos expressivos resultados do setor, há custos diretamente envolvidos no exercício da atividade minerária uma vez que nem todo material geológico extraído é economicamente aproveitável. Há, também, a aplicação de produtos químicos no processo de desmonte e separação dos minerais. Dessa forma, tanto os produtos químicos quanto todos os outros minerais rejeitados da mineração são, portanto, passivos ambientais.

Um dos métodos mais utilizados pelas mineradoras brasileiras para armazenar este material é o chamado 'alçamento de barragem de rejeito para montante', técnica economicamente interessante para as grandes empresas mineradoras pelo seu relativo baixo custo, porém, é também o que apresenta maiores riscos. Pelo método de montante, a construção de novas etapas da barragem é realizada na parte interna do reservatório, sobre os rejeitos já depositados (fig. 3).

Tanto a barragem de Brumadinho quanto a de Mariana eram do tipo 'à montante', feitas com os próprios rejeitos.

O baixo custo deste tipo de barragem se deve ao fato dos detritos minerais, rochas e terras escavadas durante a mineração serem descartadas em camadas, formando a barragem através da compactação do próprio rejeito.

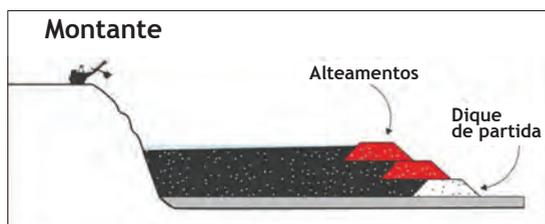


Fig. 3 - Estrutura de uma barragem a montante (Fonte: Politize, 2019).

Fig. 3 - Structure of an upstream dam (Source: Politize, 2019).

Mesmo com projeto adequado, operação cuidadosa e monitoramento contínuo, rupturas têm ocorrido nas barragens de montante, indicando que a engenharia ainda não compreendeu por inteiro o comportamento complexo das mesmas. As previsões de comportamento simplesmente não são confiáveis em um nível que garanta segurança aceitável (Bosco, 2019).

Já existem métodos construtivos mais seguros, técnicas para desaguamento dos rejeitos e possibilidades de seu reuso benéfico em outras atividades econômicas. Entre as outras alternativas disponíveis, segundo Bosco, o método de jusante, “[...] em que a barragem é erguida na parte externa (“para fora”), sobre o solo natural, é muito mais seguro, e é indecoroso alegar seu custo mais alto diante das perdas ambientais e em vidas humanas que presenciamos” (Bosco, 2019).

Os altos ganhos obtidos pela atividade de mineração se explicam em alguma medida pelas alternativas adotadas por muitas empresas para o desaguamento dos rejeitos. Sob este prisma, os eventos relacionados com Mariana e Brumadinho tendem, portanto, a se repetir.

No país há um cadastro que reúne 24.092 barragens para diferentes finalidades, como acúmulo de água, de rejeitos de minérios ou industriais, e para geração de energia. O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e a mineradora Vale do Rio do Doce têm o maior número de barragens cadastradas, com 253 e 175, respectivamente. No que se refere às barragens de mineração, o Brasil tem atualmente 430 barragens de minério, segundo relatório da ANA-Agência Nacional de Águas (ANA, 2018, p. 07).

De acordo com o mesmo relatório, em 2017 havia 45 estruturas em perigo, número 80% maior que o registrado em 2016, quando 25 apresentavam riscos. Cabe destacar que a barragem de Brumadinho não figurava no relatório da ANA de 2017 entre as estruturas com algum nível de risco de rompimento.

Os riscos podem ser ainda maiores, já que somente 17% das barragens são vistoriadas anualmente (ANA, 2018, p. 30). Somente 20 órgãos fiscalizadores, de um total de 31, realizaram alguma vistoria *in loco*. Além disso, a ANM, órgão responsável pela fiscalização, tem apenas 35 fiscais capacitados para atuar nas centenas de barragens de rejeitos de minérios brasileiras (UOL, 2019).

### O estado socioambiental de direito Brasileiro frente aos desastres/catástrofes ambientais decorrentes da atividade minerária

O Estado Socioambiental de Direito surge num momento particular da história do planeta. Uma série de fatores acabou por impulsionar o Estado contemporâneo para a alternativa do Estado Ambiental. Dentre estes fatores, talvez o mais importante tenha sido o nível de agressão, sistemático e cumulativo, percebido pelo meio ambiente global (Armada, 2015).

Jesús Jordano Fraga (2002, p. 113), tratando do Estado Ambiental, apresenta: “*Hoy se habla del Estado ambiental (LETTERA) como fórmula superadora constitucional (después del Estado de Derecho y del Estado Social) para significar que la preocupación ambiental es la determinante en la forma de Estado de nuestros días*”.

Canotilho (2010, p. 37), com o mesmo sentido, utiliza a expressão Estado Constitucional Ecológico para designar a nova ordem jurídica e social voltado para um “*plano dúctil centrado sobre os problemas nucleares do desenvolvimento sustentado, justo e duradouro*”.

Apesar das diferentes nomenclaturas utilizadas pela doutrina, este trabalho utilizará preferencialmente a expressão ‘Estado Socioambiental de Direito’ por entender que é aquela que melhor exprime as novas demandas e anseios sociais relacionados com a proteção do meio ambiente e, adicionalmente, à necessária atuação conjunta do Estado e da comunidade para concretizá-la.

Com relação ao adjetivo ‘socioambiental’ escolhido para a presente pesquisa, Carlos Alerio Molinaro (2006, p. 144) assinala que ele “[...] *tenciona superar a dicotomia público/privado, qualifica as políticas públicas ambientais com os movimentos sociais, estabelece uma metodologia da ação social e ambiental, via um juízo crítico informado pelas políticas ambientais, promovendo uma pedagogia ambiental explícita [...]*”.

Nesse sentido, o adjetivo pretende conciliar as questões ambientais e sociais de maneira a favorecer uma maior aderência destas questões com as políticas públicas.

Wolkmer e Paulitsch (2013, p. 260), por sua vez, reforçam a proteção ao meio ambiente pretendida pelo Estado de Direito Socioambiental: “*Trata-se de um Estado em cuja ordem constitucional a proteção ambiental ocupa lugar e hierarquia fundamental, resultando que, na promoção dos direitos prestacionais, a preservação das condições ambientais passa a balizar as ações estatais e as políticas públicas, vez que permitirão a existência digna das gerações futuras*”.

Com base nos conceitos acima descritos, considera-se o Brasil um dos exemplos de Estado Socioambiental de Direito tendo em vista a garantia constitucional ao

meio ambiente sadio e equilibrado como um direito fundamental, conforme dispõe o art. 225 da Carta Maior brasileira: “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Aliás, a inovação trazida pela Constituição brasileira no que se refere ao entendimento do meio ambiente como essencial à sadia qualidade de vida inseriu a Carta constitucional brasileira no que convencionou-se denominar Novo Constitucionalismo Latino-Americano. As novas constituições latino-americanas do final do século XX, dentre elas a brasileira, trouxeram uma série de inovações e uma das mais importantes foi justamente o entendimento do meio ambiente como um direito fundamental.

Contudo, apesar do que dispõe a Constituição brasileira e apesar da denominação de Estado Socioambiental de Direito, a atuação do Estado brasileiro, principalmente no que diz respeito aos impactos do setor minerário no meio ambiente, não estão alinhados.

Como os impactos ambientais são inerentes à atividade de mineração, uma vez que esta atividade altera intensamente a área minerada e determina uma geração importante de resíduos, seria natural, portanto, uma preocupação e uma atuação incisiva do poder público nesse setor específico da economia.

Se o poder público em questão for um poder autoproclamado defensor da qualidade do meio ambiente como direito de seus habitantes, a preocupação e a atuação num dos setores da economia com maiores potenciais de impacto ambiental seria algo no mínimo obrigatório. No caso brasileiro, o que se observa, repita-se, tem sido exatamente o contrário.

Conforme já salientado, a atividade de mineração é uma atividade inerentemente geradora de impactos ambientais. Nesse sentido, no bojo de um Estado autoproclamado ‘Socioambiental de Direito’, a atuação dos órgãos fiscalizadores das atividades relacionadas com esse tipo de atividade deveria ser exemplar.

Até o ano de 2017, o órgão federal responsável pelo setor da mineração no Brasil era o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Com o advento do novo marco de mineração no país, Lei n.º 13.575, de 26 de dezembro de 2017, o órgão foi transformado em agência reguladora. Assim é que nasce a Agência Nacional de Mineração (ANM), autarquia federal responsável por fiscalizar empreendimentos minerários e barragens de mineração no Brasil.

O último Relatório de Gestão do DNPM apresenta os gargalos e as dificuldades enfrentadas pela autarquia: a) mais de 80% dos recursos recebidos referem-se a gastos

administrativos; b) as verbas governamentais têm sido liberadas de forma paulatina, dificultando a execução de suas atividades. Conforme inserido no próprio relatório: “O DNPM tem suas despesas administrativas no limite, para atender suas necessidades de funcionamento” (DNPM, 2018, p. 42). O relatório em questão reforça as dificuldades enfrentadas com a liberação gradual dos recursos prejudicando, inclusive, no cumprimento das suas atividades finalísticas, ou seja, a realização de fiscalização em barragens.

A insuficiência do organismo responsável pela fiscalização das barragens no Brasil alia-se a dois outros motivos causadores de rompimentos, segundo o relatório da ONU Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident: erro na análise de risco e negligência na manutenção da barragem. O relatório também aponta o problema recorrente de barragens originalmente construídas para armazenar determinado volume serem modificadas ao longo do tempo para guardar quantidades adicionais de rejeitos (Roche, 2017, p. 34).

O aumento na segurança do armazenamento de rejeitos e na eficiência da manutenção das estruturas implica está diretamente relacionada com um aumento de investimentos por parte das empresas mineradoras. Contudo, ao investirem em barragens ‘à montante’, estas empresas avaliam segurança em conjunto com custo. E, não raro, optam por procedimentos mais baratos, porém menos seguros (Roche, 2017, p. 34).

Tardiamente, a Agência Nacional de Mineração proibiu a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de rejeitos de mineração a montante em todo o território nacional. Através da Resolução ANM n.04/2019, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 15 de fevereiro de 2019, o órgão respondeu aos desastres/catástrofes de Mariana, em 2015, e Brumadinho, em 2019. A resposta foi dada com pelo menos 3 anos de atraso, caso se considere apenas estes dois eventos (Brasil-ANM, 2019).

Vale lembrar que na data de 20 de julho de 2016, ou seja, seis meses após o acidente em Mariana, o Ministério Público Federal, através da Procuradoria da República no Estado de Minas Gerais, recomendou ao DNPM (Recomendação n.º 60/2016-MPF-GAB/FT) a não aprovação de planos de lavra que contemplassem a construção de barragens de contenção de rejeitos de mineração pelo método de alteamento a montante. A justificativa apresentada pela Procuradoria da República foi justamente o alto risco envolvendo essa modalidade de barragem.

Adicionalmente, a Procuradoria da República recomendou a contratação de técnicos ou empresas legalmente habilitadas para a fiscalização de seguranças de barragens, bem como forneça as estruturas e condições necessárias à fiscalização adequada para correta avaliação técnica

dos projetos e das estruturas de barragens, a fim de que as barragens dos empreendimentos “[...] não exponham a riscos a população a jusante do empreendimento e o meio ambiente” (BRASIL - MPF, 2016, p. 9).

O desastre/catástrofe de Brumadinho demonstrou que 30 meses não foram suficientes para que as recomendações da Procuradoria da República fossem cumpridas.

Além das fragilidades do órgão responsável pela fiscalização das barragens no Brasil, conforme detalhamento já pormenorizado nesta pesquisa, o próprio meio político tem contribuído para a fragilidade do setor minerário no país em termos de segurança.

Durante a discussão do novo Código de Mineração, por exemplo, os conflitos de interesse demonstraram a dificuldade de conciliação entre a proteção ambiental e a questão econômica. O lobby da mineração não priorizou a elevação dos padrões de segurança das barragens. Como resultado da atuação dos lobistas ligados ao setor da mineração, verifica-se o viés nacionalista na expressão ‘interesse da economia nacional’ em duas oportunidades no novo Código de Mineração.

Outro exemplo importante foi a norma assinada em dezembro de 2017 pelo secretário de Meio Ambiente de Minas Gerais, Germano Luiz Gomes Vieira, alterando os critérios de risco de algumas barragens, o que permitiu a redução das etapas de licenciamento ambiental no Estado. A medida possibilitou à empresa Vale, proprietária das barragens de Mariana e Brumadinho, acelerar o licenciamento para alterações na barragem da Mina de Córrego do Feijão, rompida em Brumadinho (Minas Gerais, 2019).

Para concretizar sua atuação, o Estado Socioambiental de Direito brasileiro deveria se valer dos princípios ambientais estruturantes, com destaque especial para o princípio da prevenção. O aumento no número de desastres/catástrofes ambientais ligados ao setor de mineração exige o comprometimento do Estado com o tratamento e também com a prevenção destes eventos.

Medidas de prevenção e mitigação de riscos deveriam ter sido acompanhadas por uma série de estratégias que vão, por exemplo, do compartilhamento de responsabilidades ao amplo acesso informacional e da promoção de uma educação ambiental multinível à responsabilização do Estado pela ação ou omissão no tocante aos desastres/catástrofes ambientais.

De acordo com posicionamento de Barreto (2001, p. 81), “[...] a mineração é hoje uma das mais importantes atividades econômicas do Brasil, inegavelmente dela decorreram impactos sociais, econômicos e ambientais negativos. Entretanto, esses impactos podem ser minimizados, se a atividade for planejada e executada dentro do conceito de sustentabilidade”.

Os princípios que norteiam a atuação de um Estado Socioambiental de Direito alinhados, por sua vez, com o discurso exposto na Carta Maior do Estado brasileiro, não estão refletidos nas ações dos organismos competentes para a garantia da proteção ambiental e das populações que habitam as áreas próximas das barragens de mineração no país. A insuficiência de recursos do órgão fiscalizador das barragens no Brasil e a falta de pessoal qualificado, conforme já delineado anteriormente, denotam a discrepância entre o mandamento constitucional e a prática verificada.

Além disso, apesar da proibição de novas barragens a montante, verifica-se de modo geral a fragilização das normas voltadas para o setor minerário nacional. Em contrapartida, os lucros advindos da mineração continuam interessantes para as empresas exploradoras e, em consequência, para o crescimento do Produto Interno Bruto brasileiro.

### Conclusão

As tragédias ambientais de Mariana e Brumadinho, ambas no estado brasileiro de Minas Gerais, além de encabeçarem as maiores tragédias já ocorridas no planeta envolvendo a atividade de barragens de mineração, demonstram as diferenças existentes entre o discurso constitucional e a prática de defesa socioambiental do Brasil.

Apesar de constituir-se num Estado Constitucional Ambiental ou, como alguns autores preferem denominar, um Estado Socioambiental de Direito, principalmente por determinar em sua carta constitucional a preservação do meio ambiente como um direito humano, conforme ensinamentos de Molinaro e Canotilho, o Brasil tem privilegiado a continuidade da fragilidade dos processos envolvidos com a atividade minerária.

A fragilidade verificada no controle e na fiscalização dessa atividade tem contribuído para a produção de desastres/catástrofes ambientais com grande impacto na sociedade. Infelizmente, Mariana e Brumadinho configuram dois exemplos dessa equação.

Um país que privilegia a busca incessante pelo desenvolvimento econômico tem um discurso pronto para fazer frente aos danos ambientais inerentes à atividade minerária: ‘mal necessário’. Embora contribua decisivamente para o crescimento do PIB do país, a atividade de mineração deve ser uma das atividades mais controladas e fiscalizadas pelo poder público, tendo em vista os impactos ambientais decorrentes da atividade e do risco que determina.

O envolvimento da sociedade no sentido de transformar o quadro que se apresenta significa exigir que o desenvolvimento econômico deva estar atrelado ao desenvolvimento social e que eventos como os de Mariana

e Brumadinho não foram e não podem ser entendidos como meros ‘acidentes de percurso’.

A mídia e a opinião pública, de início fortemente engajadas na obtenção de informações e na responsabilização dos envolvidos nos eventos relacionados com o desastre/catástrofe de Mariana, viu seu engajamento esmorecido com o passar do tempo. Mariana (e a fragilidade do setor minerário no Brasil) quase caiu no esquecimento se não houvesse ocorrido o desastre/catástrofe ambiental de Brumadinho.

Entre os dois desastres/catástrofes, ao invés de perceber-se um recrudescimento nos investimentos governamentais para uma efetiva fiscalização da atividade minerária no Brasil, o que se viu foi justamente o contrário. Nesse sentido, os estudos promovidos por Roche, Thygesen e Bake clarificam a prioridade da atividade econômica em detrimento da segurança.

Entre os dois eventos, ao invés de perceber-se o engajamento político para conferir segurança efetiva para as populações do entorno das barragens de mineração, o que se viu foi o afrouxamento e a flexibilização de alguns dispositivos legais. Será necessário a ocorrência de novo evento trágico vinculado à atividade minerária no Brasil para que uma mudança de postura do poder público se materialize?

#### Referências Bibliográficas

- ARRANJO Tributário. Diário do Nordeste Online (1998). Fortaleza, 27 nov. 1998. Disponível em: <http://www.diariodonordeste.com.br>. Acesso em: 25 agosto.
- 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*. p. 5. Disponível em: [http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarteriodoce\\_22\\_03\\_2016v2.pdf](http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarteriodoce_22_03_2016v2.pdf). Acesso em: 13 fev. 2019.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2017). *Relatório de segurança de barragens*. Brasília: ANA, 2018.
- Armada, C. A. e S. (2015). O estado socioambiental de direito brasileiro e a concretização multidimensional da sustentabilidade. *Revista Eletrônica Direito e Política*, v.10, n.1, edição especial de 2015. Disponível em: [www.univali.br/direitoepolitica](http://www.univali.br/direitoepolitica). Acesso em: 14 fev. 2019.
- Augusto, O. (2018). Brasil tem 45 barragens que correm risco de romper a qualquer momento. *Correio Braziliense*. Brasília, 20 nov. 2018. Disponível em: <https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2018/11/20/interna-brasil,720359/brasil-tem-45-barragens-que-correm-risco-de-romper-a-qualquer-momento.shtml>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- Barreto, M. L. (2001). *Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.
- BBC NEWS BRASIL (2019). *Brumadinho é maior acidente de trabalho já registrado no Brasil*. 29/01/2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47012091>. Acesso em: 13 fev. 2019.
- BBC NEWS BRASIL (2019). *Tragédia em Brumadinho: quase três anos após desastre de Mariana, Vale ofereceu R\$ 30 mi em bônus recorde a seis diretores executivos*. 01/02/2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47012091>. Acesso em: 13 fev. 2019.
- BBC NEWS BRASIL (2019). *Tragédia com barragem da Vale em Brumadinho pode ser a pior no mundo em 3 décadas*. 29/01/2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47034499>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- Boscov, M. E. G. (2019). Mariana e Brumadinho confirmam a falência das barragens de montante. *Jornal da USP*, de 28/01/2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/mariana-e-brumadinho-confirmam-a-falencia-das-barreiras-de-montante/>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2019). *Resolução n.º 4, de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido*. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63799094/do1-2019-02-18-resolucao-n-4-de-15-de-fevereiro-de-2019-63799056](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63799094/do1-2019-02-18-resolucao-n-4-de-15-de-fevereiro-de-2019-63799056). Acesso em: 05 mar. 2019.
- BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 05 mar. 2019.
- BRASIL. Decreto n.º 9.406, de 12 de junho de 2018, que regulamenta o Código de Mineração, Decreto-Lei n.º 227/67. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm). Acesso em: 05 mar. 2019.
- BRASIL. MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. PROCURADORIA DA REPÚBLICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação n.º 60/ 2016-MPF-GAB/FT. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/recomendacao-dnmpm-barragens-a-jusante>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- BRASIL. PORTAL BRASIL (2017). Setor de mineração atinge superávit de US\$ 11,5 bilhões. 11 jul. 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/07/setor-de-mineracao-atinge-superavit-de-us-11-5-bilhoes>. Acesso em: 12 fev. 2019.

- Canotilho, J. J. G. (2010). Estado Constitucional Ecológico e democracia sustentada. In: Ferreira, H. S., Leite, J. R. M. *Estado de Direito Ambiental: tendências*. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (2018). *Relatório de gestão do exercício de 2017*. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/prestacao-de-contas-1/relatorio-de-gestao-exercicio-2017>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- Fraga, J. J. (2002). El derecho ambiental del siglo XXI. *Revista de Derecho Ambiental, Navarra (Aranzadi)* núm. 1, 95-113.
- G1 GLOBO. Após desastre de Brumadinho, mais de mil pessoas largam casas e estão sem previsão de retorno. 14/03/2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/03/14/apos-desastre-de-brumadinho-mais-de-mil-pessoas-largam-casas-e-estao-sem-previsao-de-retorno.ghtml>. Acesso em: 04 out. 2019.
- G1 GLOBO. Como a mineração ajuda a alavancar a economia brasileira. 10/12/2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/especial-publicitario/em-movimento/noticia/2018/12/10/como-a-mineracao-ajuda-a-alavancar-a-economia-brasileira.ghtml>. Acesso em: 13 fev. 2019.
- IBRAM. Relatório Anual de Atividades: junho de 2018 a julho de 2017. Disponível em: [http://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o\\_Relat%C3%B3rioAnual\\_vers%C3%A3oweb.pdf](http://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf). Acesso em: 12 fev. 2019.
- LINDSAYNEWLANDBOWKER(2015).Samarcodamfailurelargest by far in recorded history. 12/12/2015. Disponível em: <https://lindsaynewlandbowker.wordpress.com/2015/12/12/samarco-dam-failure-largest-by-far-in-recorded-history/>. Acesso em: 13 fev. 2019.
- Losekann, Cristiana (2017). “It was no accident!” The place of emotions in the mobilization of people affected by the collapse of samarco’s tailings dam in Brazil. *Vibrant, Virtual Braz. Anthr.* vol.14 no.2. Brasília, Epub, Dec 07.
- MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. Deliberação Normativa Copam n.º 217, de 06 de dezembro de 2017, que estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- Molinaro, C. A. (2006). *Racionalidade ecológica e estado socioambiental e democrático de direito*. 2006. 200 f. *Dissertação (Mestrado em Direito)*. Faculdade de Direito, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 144 p.
- NOTÍCIAS R7 (2015). Fotos de satélite mostram como era e como ficou a região atingida pelas barragens em Mariana (MG). 12 nov. 2015. Disponível em: <https://noticias.r7.com/minas-gerais/fotos-de-satelite-mostram-como-era-e-como-ficou-a-regiao-atingida-pelas-barragens-em-mariana-mg-12112015>. Acesso em: 04 out. 2019.
- OGLOBO (2019). Infográfico: os maiores acidentes com barragens no mundo. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/infografico-os-maiores-acidentes-com-barragens-no-mundo-23404340> Acesso em: 04 out. 2019.
- POLITIZE (2019). Barragem de Rejeitos. Publicado em 19 de setembro de 2019. Disponível em: <https://www.politize.com.br/barragem-de-rejeitos/>. Acesso em: 04 out. 2019.
- Roche, C., Thygesen, K., Bake, E. (2017). *Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident*. A UNEP Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, Nairobi and Arenda.
- UOL. Tragédia em brumadinho: Brasil tem 35 fiscais de barragem de mineração em todo o território. 30/01/2019. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2019/01/30/pais-tem- apenas-35-fiscais-de-barragem-de-mineracao.htm>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- WISE URANIUM PROJECT. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/>. Acesso em: 04 out. 2019.
- Wolkmer, M. de F. S., Paulitsch, N. da S. (2013). O estado de direito socioambiental e a governança ambiental: ponderações acerca da judicialização das políticas públicas ambientais e da atuação do poder judiciário. *Revista NEJ - Eletrônica*, Vol. 18 - n.º 2, mai-ago, 256-268.



RISCOS



ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA DE BARRAGENS ATRAVÉS DO MODELO NUMÉRICO HISTAV.  
CASO DA BARRAGEM DE FUNDÃO, BRASIL\*

23

DAM-BREAK SIMULATION USING THE NUMERICAL MODEL HISTAV. THE CASE OF FUNDÃO, BRAZIL

**Bruna Carolina de Melo Almeida**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Departamento de Engenharia Hídrica e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da (Brasil)  
ORCID 0000-0003-3716-1759 [melobruna03@gmail.com](mailto:melobruna03@gmail.com)

**Aloysio Portugal Maia Saliba**

Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil)  
ORCID 0000-0002-0149-3295 [asaliba@ehr.ufmg.br](mailto:asaliba@ehr.ufmg.br)

**Daniel Conde**

Instituto Superior Técnico (Portugal)  
ORCID 0000-0001-9442-299X [daniel.conde@tecnico.ulisboa.pt](mailto:daniel.conde@tecnico.ulisboa.pt)

RESUMO

A mineração é uma atividade essencial para a economia brasileira. Todo o processo de mineração gera, entretanto, rejeitos que são dispostos na grande maioria das vezes em barragens. Essa escolha é pautada em questões essencialmente econômicas. Um dos métodos construtivos mais utilizados para a disposição em barragens de rejeitos no Brasil é o método de montante, como era o caso da Barragem de Fundão, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, Município de Mariana, no Estado de Minas Gerais. Essa barragem sofreu sua ruptura no dia 05 de novembro de 2015, que culminou em cerca de 32 Mm<sup>3</sup> de rejeitos propagados pelo vale a jusante. Tal evento causou a destruição de Bento Rodrigues e sérios danos ambientais que se estenderam até a foz do Rio Doce no mar em Regência (no Estado do Espírito Santo - ES). No presente estudo buscou-se avaliar o evento da ruptura da Barragem de Fundão por meio de simulações hidráulicas utilizando o modelo HISTAV e comparou-se os resultados aos obtidos por Machado (2017) em suas simulações com o HEC-RAS. Avaliaram-se questões que perpassam o tempo de chegada da onda, vazões e profundidades máximas atingidas pela onda de ruptura utilizando uma geometria de brecha distinta, essenciais para a elaboração de planos de ação emergencial.

**Palavras-chave:** Ruptura de barragens, barragem de Fundão, HISTAV, modelos numéricos.

ABSTRACT

Mining is essential to the Brazilian economy. The entire mining process generates tailings, however, that are often disposed of in dams. This choice is based on essentially economic issues. One of the construction methods most often used for disposing of tailings in Brazil is the upstream method, as was the case with the Fundão Dam, located in the Bento Rodrigues district, State of Minas Gerais. This dam suffered a breach on 5 November 2015, culminating in about 32 M.m<sup>3</sup> of tailings propagated downstream along the valley. This event destroyed Bento Rodrigues, the local community, and caused serious environmental damage that extended to the mouth of the Doce River. The present study set out to assess the Fundão Dam failure event by means of hydraulic simulations using the HISTAV model, and the results were compared with those obtained by Machado (2017) in his simulations with HEC-RAS. The wave arrival time, flows, and maximum depths reached by the breach wave were evaluated, using a different gap geometry, issues that are essential to devising emergency action plans.

**Keywords:** Dam breach, Fundão dam, HISTAV, numerical models.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 07-10-2019, sujeito a revisão por pares a 31-10-2020 e aceite para publicação em 17-12-2020.

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

## Introdução

O processo de mineração pode ser definido, de acordo com Chammas (1989), como o conjunto de atividades relacionadas à extração econômica de bens minerais da crosta terrestre, que acarretam grandes transformações ao meio ambiente.

A mineração é uma das principais atividades econômicas do Brasil. Como citado por Albuquerque Filho (2004), qualquer atividade, seja ela de cunho industrial ou agrícola, ou relacionada às áreas metalúrgica, química, da construção civil ou do cultivo da terra, utilizarão necessariamente os minerais lavrados ou os seus respectivos produtos derivados. Tal quadro, somado ao contínuo aumento da população mundial, torna cada vez mais importante um aumento da produção para atender à crescente demanda.

Toda a atividade de mineração gera, entretanto, rejeitos que devem ser dispostos de forma segura e economicamente viável. Este constitui um dos desafios enfrentados na rotina das atividades minerárias. Para a disposição final desses rejeitos, provenientes do processo de beneficiamento do minério, existem diversas soluções possíveis a serem adotadas, cada qual apresentando suas particularidades, vantagens e desvantagens.

Levando em consideração os aspectos citados de segurança e viabilidade econômica, observa-se que a disposição em barragens de rejeitos é uma opção bastante adotada. A título de exemplificação, no caso da construção das barragens de rejeitos no Brasil, três métodos possuem destaque: o método de montante, o método de jusante e o método de linha de centro, que possuem diferentes níveis de riscos. Entender como os materiais se comportam e quais os efeitos que possam vir a decorrer de uma ruptura constitui um aspecto de extrema relevância para escolha da metodologia mais apropriada.

Em vista dessa problemática, o presente estudo se propõe a realizar uma análise da ruptura ocorrida na Barragem de Fundão da mineradora Samarco, no dia 05 de novembro de 2015. O colapso que a barragem sofreu gerou, aproximadamente, 32 Mm<sup>3</sup> de rejeitos propagados pelo vale a jusante. Além disso, causou mortes e a destruição do distrito de Bento Rodrigues (Machado, 2017).

A Barragem de Fundão foi construída por meio de um alteamento a montante com a utilização do próprio rejeito, oriundo do processo de beneficiamento do minério de ferro. A causa de sua ruptura foi resultado da liquefação iniciada após alguns tremores de terra na ombreira esquerda da barragem, segundo Machado (2017).

O conhecimento da envoltória de inundação é imprescindível para a classificação e geração de mapas de risco, para o planejamento em situações de emergência,

para a criação do sistema alerta da população a jusante, assim como para a valoração dos dados associados (Machado, 2017).

Como foi enfatizado por Vianna (2015), é muito importante o papel social e econômico das barragens, mas elas possuem um grande potencial de impactar negativamente também, especialmente quando não são adequadamente planejadas, projetadas, construídas, operadas ou mantidas. Os impactos decorrentes de falhas podem ser catastróficos.

No presente estudo aborda-se o rompimento da Barragem de Fundão e todos os aspectos relacionados a esse evento. Em seguida, será realizada uma revisão bibliográfica com base nos autores Machado (2017), Conde *et al.* (2014) e outros. A metodologia utilizada é descrita em seguida e a conclusão analisará os resultados encontrados.

## O evento de ruptura da Barragem de Fundão

A Barragem de contenção de rejeitos de Fundão encontrava-se localizada junto ao Complexo Germano da Mineradora Samarco, do qual também fazem parte a Barragem de contenção de rejeitos de Germano e a Barragem de Santarém, uma barragem de água cuja finalidade é controlar o carreamento de sedimentos proveniente das barragens para o córrego a jusante e servir para a captação de água (Machado, 2017). O complexo de Germano está localizado no município de Mariana, estado de Minas Gerais, no Brasil (fig. 1).

A ruptura da Barragem de Fundão ocorreu na tarde do dia 05 de novembro de 2015. Segundo dados divulgados pela Samarco em seu site oficial, a Barragem de Fundão mantinha um volume de rejeitos de aproximadamente 55 milhões de m<sup>3</sup>, dos quais um total 32,6 milhões de m<sup>3</sup> desceu de Fundão. Esse acidente causou 18 mortes e o desaparecimento de uma pessoa, entre membros da comunidade e empregados da Samarco e de empresas contratadas.

As descrições e vídeos de testemunhas oculares foram indispensáveis para estabelecer vários pontos. O primeiro é o local de ruptura da barragem, sendo a falha iniciada na ombreira esquerda e não no lado direito ou o pé do talude de jusante. O segundo diz respeito ao motivo da ocorrência da falha, que se deu devido ao fluxo de liquefação de rejeitos, processo no qual as poropressões entre as partículas de rejeito aumentaram de tal forma que a massa de material perdeu resistência e passou a se comportar como um fluido. O terceiro e último ponto refere-se à transformação abrupta e completa de sólido para líquido, fazendo com que um fluido apresentasse viscosidade aparente e comportamento hidráulico pouco diferente da água em apenas alguns segundos (Morgenstern *et al.*, 2016).

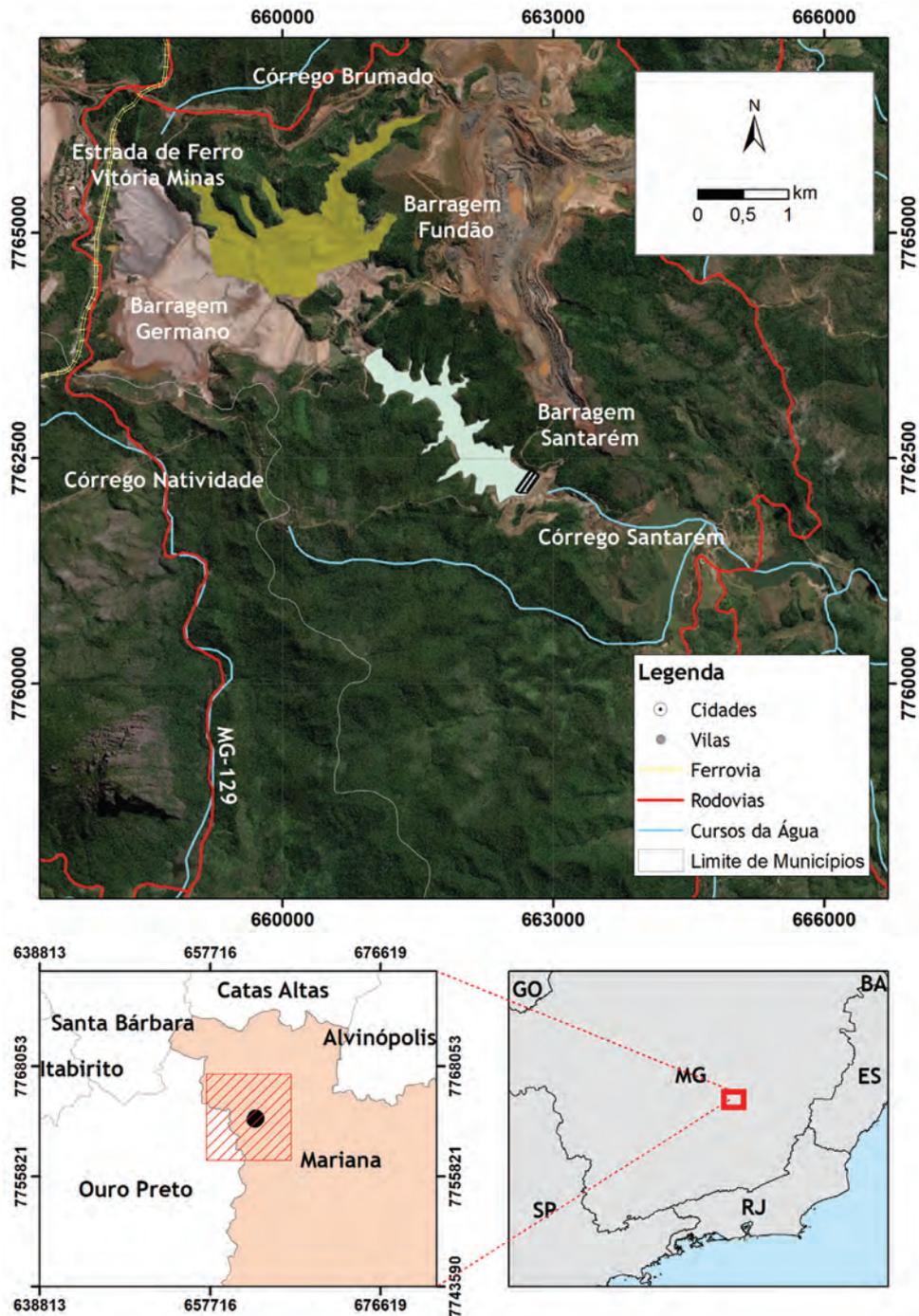


Fig. 1 - Localização da Barragem de Fundão (Fonte: Adaptado de Machado, 2017).

Fig. 1 - Location of Fundão Dam (Source: Adapted from Machado, 2017).

Os rejeitos provenientes da ruptura de Fundão galgaram a Barragem de Santarém, que foi responsável por reter parte dos sedimentos. Esse evento causou erosão parcial no maciço e danos na parte da estrutura de Santarém, mas não rompeu esta barragem. Posteriormente, a fração remanescente do material atingiu o distrito de Bento Rodrigues, localizado a 8 km de distância da estrutura de Fundão (SAMARCO, 2019).

O foco neste trabalho será analisar, como previamente citado, os aspectos que tangem à propagação desse material desprendido da Barragem de Fundão pelo vale à jusante.

#### Modelos Numéricos

Para o presente estudo serão utilizados os modelos hidráulicos HISTAV e HEC-RAS. A simulação desenvolvida será

realizada através do HISTAV e os resultados obtidos serão comparados aos encontrados por Machado (2017) utilizando o *software* HEC-RAS. Nos itens a seguir é feita uma descrição das principais características desses programas.

#### O modelo HISTAV

O modelo HISTAV, montado pelo CERIS-IST, é uma ferramenta de simulação que se baseia em um solucionador de fluxo superficial (Euleriano) adequado para limites de fundo complexos e dinâmicos. Para a técnica de discretização é necessário que seja realizada a determinação de um esquema de volumes finitos, baseado em uma técnica de divisão de fluxo incorporando uma versão revisada do solucionador de Roe Riemann (Conde *et al.*, 2013).

Para modelar a advecção de detritos no HISTAV utilizou-se duas formulações: uma abordagem contínua, na qual corpos sólidos são descritos apenas pela concentração e uma segunda formulação de material desacoplado (Lagrangeano), onde corpos sólidos são rastreados entre tempos de parada, uma vez que o campo de fluxo é determinado pelo solucionador Euleriano (Conde *et al.*, 2014).

O modelo conceitual do programa é baseado nas equações de águas rasas, apresentando geometrias de leito dinâmico e transporte de sedimentos. É através de um desequilíbrio entre a descarga da carga do leito de capacidade e a descarga sólida local, que as alterações morfológicas são modeladas com auxílio de uma equação de conservação do material do leito. A técnica de discretização é baseada na abordagem dos volumes finitos, sendo as soluções fornecidas para problemas iniciais e de valor limite totalmente conservadoras.

Tal modelo tem sido aplicado continuamente para realizar a simulação de cenários de *tsunamis* em locais chave da costa portuguesa.

#### HEC-RAS

O HEC-RAS é um *software* desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center* (HEC) do *U. S. Army Corps of Engineers* (USACE), sendo um *software* de livre acesso. Ele é um modelo hidráulico que se baseia nos fluidos newtonianos. Em sua formulação bidimensional, o programa utiliza o método dos volumes finitos para resolver as equações de Saint-Venant, para uma certa geometria e condições iniciais e de contorno. Levando em consideração que o fluido utilizado no presente estudo é um fluido não-newtoniano, é necessária a realização de ajustes nos parâmetros hidráulicos inseridos no modelo.

Uma das principais dificuldades em se utilizar o modelo HEC-RAS, para modelar escoamentos hiperconcentrados, consiste no fato de que suas equações são propostas para fluidos com baixa concentração de sedimentos,

com comportamento semelhante à água. Além disso, os fluxos hiperconcentrados não são frequentemente caracterizados por viscosidade e densidade constantes (Machado, 2017).

O HEC-RAS é bastante consolidado em território brasileiro e utilizado para diversos estudos de ruptura hipotética de barragens (*Dam Break*) em função da fácil obtenção e representatividade para os casos de estudos realizados.

#### Avaliação dos Modelos Hidráulicos

Segundo Toombes (2014), não importa o quão complexo sejam os modelos numéricos desenvolvidos, nenhum programador possui total confiança nos resultados encontrados. Existe, por parte deles, uma tendência a dar ênfase em resultados provenientes de modelos físicos. O autor ressalta ainda, no entanto, que estes modelos também não são perfeitos. Existem diversos erros associados, como os oriundos dos processos de construção.

É evidente, dessa forma, que por mais que os erros de modelagem sejam minimizados, sempre existirão incertezas no projeto do sistema hidráulico, mas a análise individual de cada situação deve ser realizada uma vez que atenção tão excessiva dos detalhes pode se mostrar desnecessária e uma aproximação razoável atende ao estudo proposto (Toombes, 2014).

Machado (2017), cita que, de maneira usual, utiliza-se a análise visual da imagem observada através de satélites dos eventos ocorridos, para a avaliação do desempenho do modelo hidráulico, por meio de comparações com o resultado que é gerado no modelo de simulação.

#### Metodologia

Para o presente estudo será analisado um cenário de ruptura através do programa HISTAV. O resultado gerado por essa simulação será comparado com aquele obtido por Machado (2017) ao simular diferentes cenários utilizando o HEC-RAS. As etapas definidas para a elaboração do estudo estão indicadas a seguir.

- a) Definição das variáveis de entrada: hidrograma de ruptura, características geotécnicas e reológicas do rejeito e topografia;
- b) Propagação da onda de cheia: modelagem hidráulica computacional no HISTAV 2D;
- c) Mapeamento da inundação potencial: construção dos mapas contendo as manchas de inundação;
- d) Análise dos resultados obtidos.

Para a modelagem realizada através do HEC-RAS, Machado (2017) destaca a possibilidade de que se processe uma modelagem hidrodinâmica Newtoniana, unidimensional ou bidimensional, com um escoamento não-permanente.

Machado (2017) evidencia ainda a possibilidade de ajustes nos parâmetros hidráulicos durante a modelagem no HEC-RAS, permitindo a simulação para fluidos hiperconcentrados e possibilitando, portanto, a comparação entre seus dois cenários de estudo: uma de fluidos Newtonianos (com as características similares às da água) e uma de fluidos não Newtonianos (referindo-se ao escoamento dos hiperconcentrados).

Destaca-se, no entanto, que tais ajustes sugeridos na simulação de fluidos hiperconcentrados no HEC RAS referem-se à uma tentativa de agregar aos dados processados pelo *software* as características que os fluidos não-Newtonianos apresentariam. Isso decorre do fato de sua modelagem ser baseada no escoamento de fluidos Newtonianos e, portanto, não representar de forma satisfatória o comportamento que o material desprendido da barragem apresentaria ao escoar pelo vale à jusante.

Já para o modelo HISTAV verifica-se a possibilidade de inserção direta dos fluidos não-Newtonianos, que correspondem aos fluidos cujas características se assemelham ao rejeito desprendido da Barragem de Fundão, para uma avaliação bidimensional.

A definição dos parâmetros de entrada é o primeiro passo para a realização do estudo. Para a simulação através do HISTAV é necessária a inserção no Modelo Digital de Elevação (MDE) de todas as obras hidráulicas que venham a impactar a propagação da onda de cheia.

Dessa forma, a partir da determinação da topografia a ser utilizada, analisa-se a propagação da onda de cheia e, posteriormente, a partir das manchas de inundação, geram-se os mapas de inundação e é possível efetuar a comparação dos resultados observados.

Os principais parâmetros avaliados através do HISTAV foram o tempo máximo de chegada da onda e as profundidades e vazões máximas da inundação. Os resultados são gerados em formato raster e, por serem georreferenciados, possibilitam a sobreposição da mancha com a imagem de satélite que retrata o objeto de interesse.

#### *Hidrograma de Ruptura*

Diferentemente da abordagem de determinação do hidrograma de ruptura para a simulação pelo HEC-RAS, utiliza-se para a simulação por meio do HISTAV a modelagem do reservatório. Nesse caso, ao invés de impor uma condição de montante e forçar o volume que saiu do reservatório no momento da ruptura, determina-se a estrutura da barragem e o tamanho da brecha de ruptura. O estudo é, portanto, baseado numa equação de soleira espessa para a brecha e a modelagem se refere ao esvaziamento do reservatório.

Para a realização da simulação insere-se a batimetria da barragem e determina-se a cota em que se encontra o reservatório da barragem. Impõe-se uma condição inicial e não de fronteira, e a partir disso tem-se uma massa de rejeitos que irá escoar.

É necessário a determinação do local no qual ocorreu o rompimento da barragem e a determinação da largura da brecha de ruptura. O colapso ocorreu na ombreira esquerda da estrutura e, de posse dessa informação, utilizou-se o *Google Earth* para medir aproximadamente a largura da brecha. O valor encontrado e adotado foi de 220 metros.

#### *Características geotécnicas*

Machado (2017) enfatiza a importância da caracterização geotécnica dos materiais para garantir que o que é inserido nos modelos hidráulicos é compatível ao material proveniente da Barragem de Fundão. Machado (2017), frisa ainda que a avaliação de diferentes amostras permite perceber as variações físico/químicas que podem ocorrer ao longo da propagação do material pelo vale à jusante. Os resultados de Machado (2017), que tangem à caracterização geotécnica e reológica, foram elaborados a partir de três amostras coletadas em diferentes pontos pelos quais passou a onda de cheia a jusante da barragem.

Para o desenvolvimento do estudo com o HISTAV tais dados referentes às características geotécnicas, como o peso específico e o teor de matéria orgânica de cada amostra encontrados por Machado (2017), não foram levados em consideração.

Esses dados são essenciais para a realização de um estudo acerca do transporte de sedimentos, mas esta vertente não foi explorada nesse trabalho. A abordagem adotada no presente estudo incorporou o essencial à reologia e partiu do pressuposto que o fluido tem reologia de mistura e o fundo permanece inalterado, ou seja, não há deposição de materiais ao longo da calha dos rios e nem uma mistura do rejeito com os materiais da calha. Embora não seja a representação exata do fenômeno real, essa premissa foi adotada com o intuito de simplificar o estudo.

O dado incorporado de característica geotécnica corresponde à densidade real dos grãos, no valor de  $3,30 \text{ g/cm}^3$ .

#### *Características reológicas dos rejeitos*

Machado (2017) realizou, a partir das três amostras coletadas, ensaios de reologia dos rejeitos, nos quais adotou três metodologias: reômetro rotacional com palheta coaxial, reômetro rotacional cilindro concêntrico e teste de *slump*.

Para cada uma das metodologias adotadas e utilizando diferentes valores de concentrações em massa ( $C_w$ ) e volumétricas ( $C_v$ ), a autora encontrou vários valores para os parâmetros de tensão de escoamento ( $\tau_y$ ) e viscosidade ( $\eta$ ).

Para o presente estudo foram adotados os seguintes valores médios a partir dos resultados gerais de Machado (2017): 0,15 Pa.s para a viscosidade e 45 Pa para a tensão de escoamento.

### Topografia

Para a elaboração do MDE (Modelo Digital de Elevação) utilizado na simulação do presente estudo, por meio do HISTAV, optou-se pela união do MDE disponibilizado por Machado (2017) e pelo disponibilizado por Matos (2018).

Este primeiro foi obtido através do site Earth Explorer, sendo uma base gratuita procedente da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), que corresponde a uma técnica de interferometria por radar e possui uma resolução de 30 metros, ao passo que o segundo foi obtido através do Alos Palsar e possui uma resolução de 12,5 metros.

Essa opção foi adotada por ser avaliada a mais pertinente para o estudo. Considerando-se a comparação dos resultados obtidos pelo HISTAV aos do HEC-RAS elaborados por Machado (2017), utilizar uma base topográfica mais similar faria com que os erros provenientes de diferentes condições do terreno fossem minimizados. Além disso, Machado (2017) realizou a calibração do canal por meio de seções topobatimétricas obtidas através de um estudo da Pimenta de Ávila (2008). A junção com Matos (2018) ocorreu face à decisão de realizar a simulação desde a Barragem de Fundão, diferentemente de Machado (2017), que inicia sua simulação na Barragem de Santarém.

Dessa forma, complementou-se a área de Machado (2017) com a de Matos (2018) e, em seguida, interpolou-se o MDE para células de 5 metros. Observou-se que nas áreas de interseção entre os dois MDEs a interpolação apresentou um comportamento inadequado e, nesses locais, foram realizados alguns ajustes de forma manual.

### Simulação Hidráulica

As simulações realizadas por Machado (2017) utilizando o HEC-RAS (TABELA I) serviram para a autora simular quatro diferentes cenários variando modelagem 1D e 2D e fluidos aquosos e hiperconcentrados. Sua simulação compreendeu a área a jusante da Barragem de Santarém.

Para a realização do estudo de ruptura de uma barragem é necessário que se determinem as condições de

TABELA I - Cenários simulados por Machado (2017) para o HEC-RAS.

TABLE I - Scenarios simulated by Machado (2017) for HEC-RAS.

Cenário	Tipo de simulação/Grid (m)	Tipo de Fluido
1	1D	Aquoso
2		Hiperconcentrado
3	2D/15m	Aquoso
4		Hiperconcentrado

Fonte/Source: Adaptado de/Adapted from Machado, 2017.

contorno. No caso das condições de contorno a montante na simulação com o HISTAV observa-se que não há uma condição determinada, existe o reservatório.

Já as condições de contorno de jusante equivalem ao gradiente zero, sendo uma condição passiva, ou seja, o escoamento é livre para sair além da malha do domínio estabelecido para o cálculo.

O modelo não sofre instabilidades e nem são necessários ajustes em relação ao intervalo de tempo da modelagem, que utiliza um método de cálculo explícito e dinâmico. Esse intervalo de tempo é calculado internamente pelo próprio modelo e não é um parâmetro imposto pelo usuário.

### Resultados e discussão

Após a realização das etapas metodológicas referentes à definição das variáveis de entrada (hidrograma de ruptura, características geotécnicas e reológicas dos rejeitos e topografia) e à propagação da onda de cheia (modelagem hidráulica computacional através do HISTAV 2D), foi possível realizar o mapeamento da inundação potencial a partir da geração dos mapas contendo as manchas de inundação.

Os resultados foram representados em mapas contendo as manchas de inundação referentes ao tempo de propagação, profundidade máxima atingida e a vazão ao longo da mancha de inundação (figs. 2 a 4). Para a elaboração dos mapas que apresentam os resultados encontrados com a simulação do modelo numérico HISTAV, optou-se por utilizar uma escala de cores variando do valor mínimo ao valor máximo apresentado. Priorizou-se essa abordagem pela sua apresentação visual e facilidade de identificação dos padrões.

A primeira análise dos resultados obtidos através do HISTAV é relacionada ao tempo de propagação da mancha de inundação (fig. 2), na qual é possível perceber que a área correspondente ao tempo de chegada da onda de aproximadamente 30 minutos está localizada em Bento Rodrigues. Segundo definição da ANM (Agência Nacional de Mineração), em sua resolução N° 04/2019, a ZAS (Zona de Autossalvamento) corresponde a região

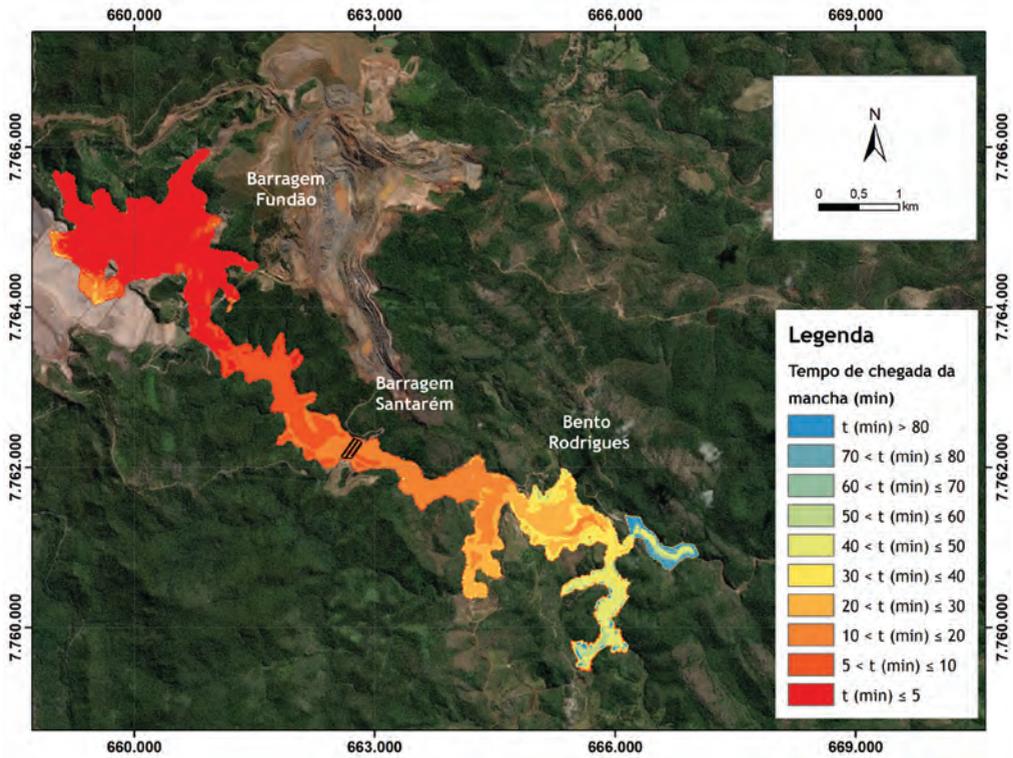


Fig. 2 - Tempo de propagação da mancha de inundação pelo Modelo HISTAV.

Fig. 2 - Flooding time along modelled domain using HISTAV Model.

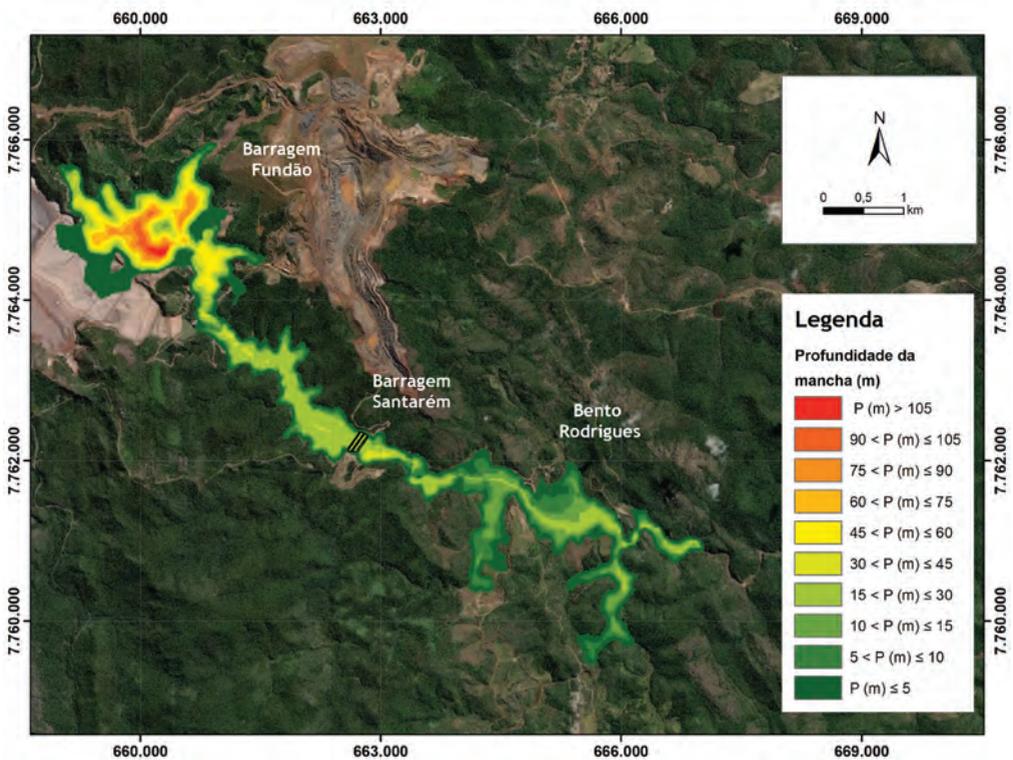


Fig. 3 - Profundidade da mancha de inundação pelo Modelo HISTAV.

Fig. 3 - Maximum flow depth along modelled domain using HISTAV Model.

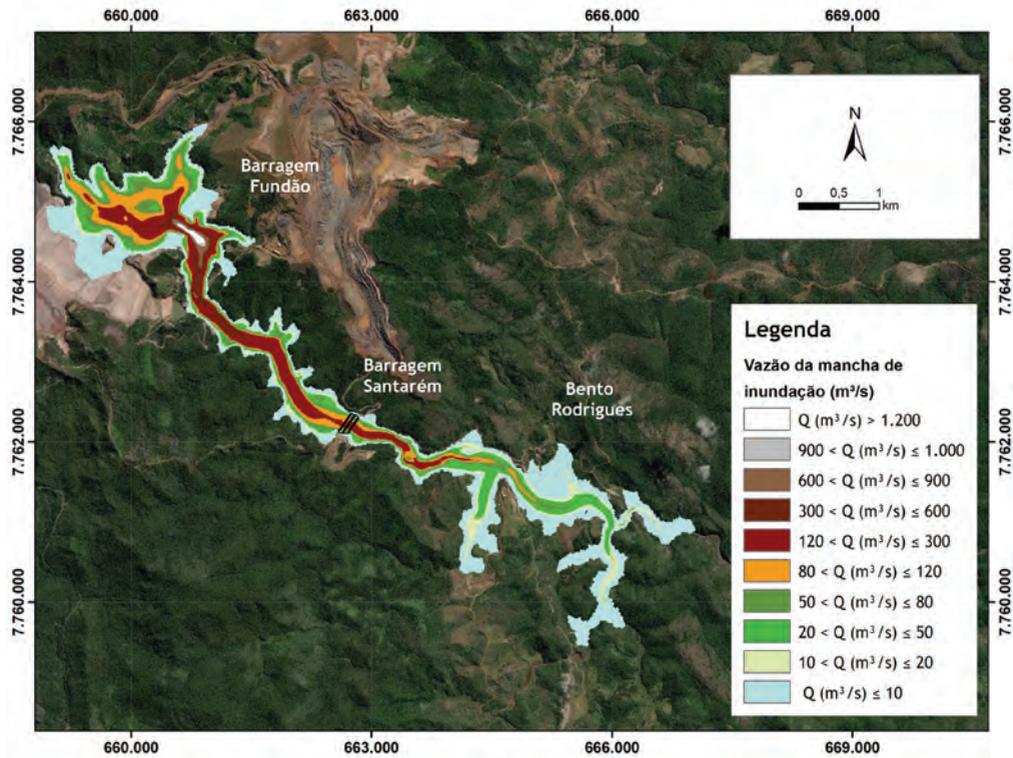


Fig. 4 - Vazão da mancha de inundação pelo Modelo HISTAV.

Fig. 4 - Maximum flow along modelled domain using HISTAV Model.

a jusante da barragem, na qual não existe tempo suficiente para a realização de uma intervenção das autoridades competentes no caso de um acidente. Para sua delimitação adota-se a maior das seguintes distâncias: aquela que corresponde a um tempo de chegada da onda de inundação de 30 minutos ou a distância de 10 km. Considerando-se que a distância de Bento Rodrigues até a estrutura de Fundão é de cerca de

8 km, observa-se que toda essa área ao redor do distrito era parte da Zona de Autossalvamento (ZAS). Machado (2017), concluiu, a partir de entrevistas com moradores locais e testemunhas do evento e dos dados disponíveis no relatório da ruptura elaborado por Morgenstern *et al.* (2016), que a onda atingiu Bento Rodrigues em menos de 30 minutos, o que é, portanto, compatível ao resultado encontrado mediante a utilização do HISTAV.

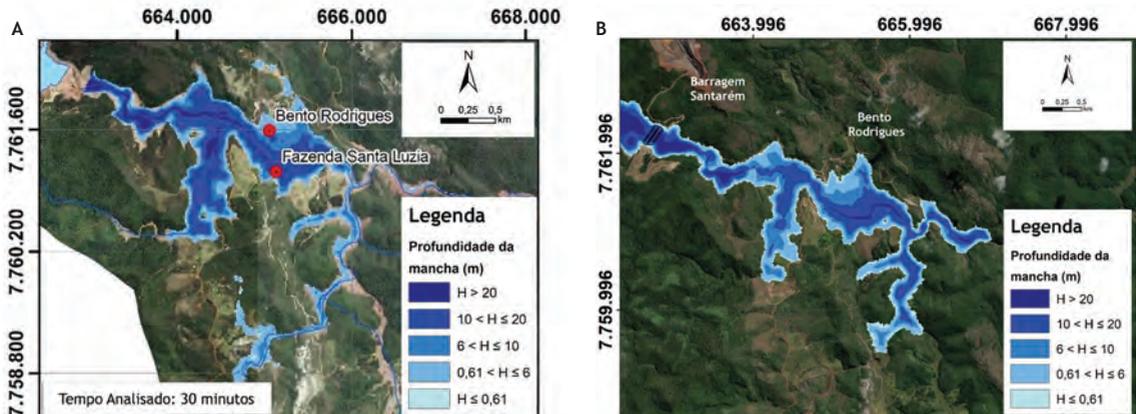


Fig. 5 - Comparação entre os valores de profundidades obtidos por Machado, 2017 (a); e pelo Modelo HISTAV (b).

Fig. 5 - Comparison between depth values obtained by Machado, 2017 (a); and using HISTAV Model (b).

A comparação das profundidades foi realizada através das imagens (fig. 5), que mostra o resultado de Machado (2017) e o mapa elaborado na mesma escala de cores resultante do HISTAV.

Através de uma análise visual é possível perceber que ambos resultados são bastante similares. Observam-se locais com profundidades maiores que 20 metros apenas em alguns pontos ao longo da calha do rio. A maior parte da área possui profundidades variando na faixa de 10 a 20 metros e os valores vão diminuindo à medida que se aproxima das bordas da mancha de inundação, constatando-se os valores mais próximos de zero.

A última comparação no que tange ao parâmetro de profundidade foi em relação às profundidades máximas. Machado (2017) encontrou valores que variaram de 25 a cerca de 45 metros em sua área de análise. Analisando-se os valores destacados (fig. 6), é possível verificar que os valores máximos de profundidade apontados pelo HISTAV variam de cerca de 25 metros (destacado em vermelho) até cerca de 40 metros (destacado em azul). Tais dados são consistentes pois estão localizados no trecho de calha do rio e no trecho percorrido pela mancha de inundação logo após galgar Santarém, respectivamente, e, portanto, representam os pontos para os quais esperava-se uma maior profundidade

Logo, a partir dos dados aqui apresentados e discutidos, é possível constatar que tanto os dados referentes ao tempo de chegada da onda, quanto os dados referentes à profundidade, foram bastante análogos com a utilização dos diferentes modelos hidráulicos.

O último componente a ser avaliado foi a vazão, que é apresentada de forma geral (fig. 4). Com intuito de comparar as vazões obtidas partiu-se de um dos quatro hidrogramas elaborados por Machado (2017) ao considerar diferentes seções à jusante da Barragem de Santarém. Utilizou-se a seção cuja localização era a mais próxima de Santarém e, conseqüentemente, representava o hidrograma com os maiores valores de vazões de pico. A seção do hidrograma escolhido está localizada a 0,46 km de uma seção chamada pela autora de ST-1 e apresentava uma vazão de pico de 22.000 m<sup>3</sup>/s.

Como o resultado de Machado (2017) foi medido em um ponto a 0,46 km da sua seção ST-1, que estava um pouco à jusante de Santarém, não foi possível determinar o local exato no qual ela retirou seus dados. Em função disso, aproximou-se o ponto pela distância de 0,50 km do eixo da Barragem de Santarém (Seção S2) e mediu-se também 50 m antes (Seção S1) e 50 m depois (Seção S3), totalizando 3 seções.

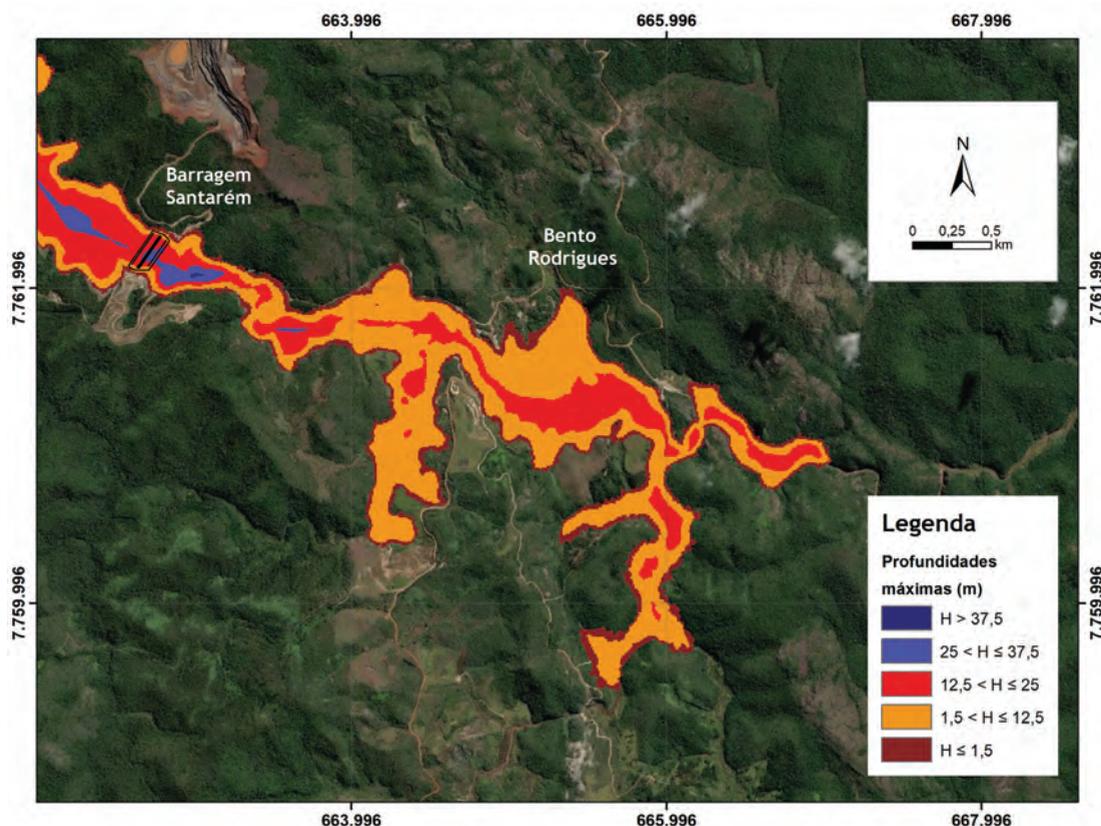


Fig. 6 - Profundidades máximas encontradas pelo Modelo HISTAV.

Fig. 6 - Maximum depths found using HISTAV Model.

Os resultados obtidos foram: para S1 um valor de 2.062 m<sup>3</sup>/s, para a seção S2 um valor de 1.934 m<sup>3</sup>/s e para a seção S3 um valor de 1.752 m<sup>3</sup>/s. Observa-se que esses valores estão muito diferentes dos obtidos por Machado (2017) que, como citado, estavam na faixa de 22.000 m<sup>3</sup>/s. Uma das possíveis causas dessa divergência pode ter relação com o tamanho da brecha de ruptura adotada, pois este é um parâmetro determinante para os valores de vazão calculados pelo modelo correspondente. Diferentes valores adotados podem ocasionar erros de ordens de grandeza nos valores de vazões encontrados, como foi o caso presente que apresentou uma diferença de 10 vezes. Na análise realizada com o HISTAV adotou-se uma brecha de 220 m de largura total na crista, enquanto Machado (2017) admitiu uma brecha com cerca de 700 m na crista. Este resultado evidencia a importância do estudo prévio acerca da geometria e parâmetros de formação da brecha, e sua influência nos resultados obtidos em estudos de ruptura. Este é um tema de pesquisa corrente dos autores (Saliba, 2009; Campos *et. al.*, 2018; Almeida, 2019).

A análise da mancha gerada pelo modelo numérico estudado com a mancha real foi a próxima análise do estudo. Com a utilização de uma imagem disponível no

Google Earth, de 09 de novembro de 2015 (data mais próxima ao acidente na qual é nítida a visualização da mancha de inundação ocasionada pela ruptura), elaborou-se o seguinte mapa que compara a mancha real do evento com aquela que foi obtida através da simulação numérica. O mapa elaborado mostra que o resultado encontrado mediante a utilização do HISTAV foi bastante consistente e fidedigno a mancha real (fig. 7).

Por fim, elaborou-se um mapa contendo as manchas obtidas pelo HISTAV e pelo HEC-RAS, com objetivo de avaliar a proximidade dos resultados de forma mais apropriada (fig. 8).

Observa-se que, embora os contornos tenham se mostrados bem próximos, nas áreas correspondentes às pontas da mancha os resultados obtidos pelo HEC-RAS estenderam a mancha bem mais a jusante que as obtidas através do HISTAV. Também na região do distrito de Bento Rodrigues a abrangência através dos cenários simulados pelo HEC-RAS foi mais ampla em termos de área do que aquela encontrada pelo HISTAV. Essa diferença provavelmente também é um resultado das diferentes vazões encontradas em função dos diferentes valores de brecha de ruptura adotados e evidencia a importância do parâmetro.

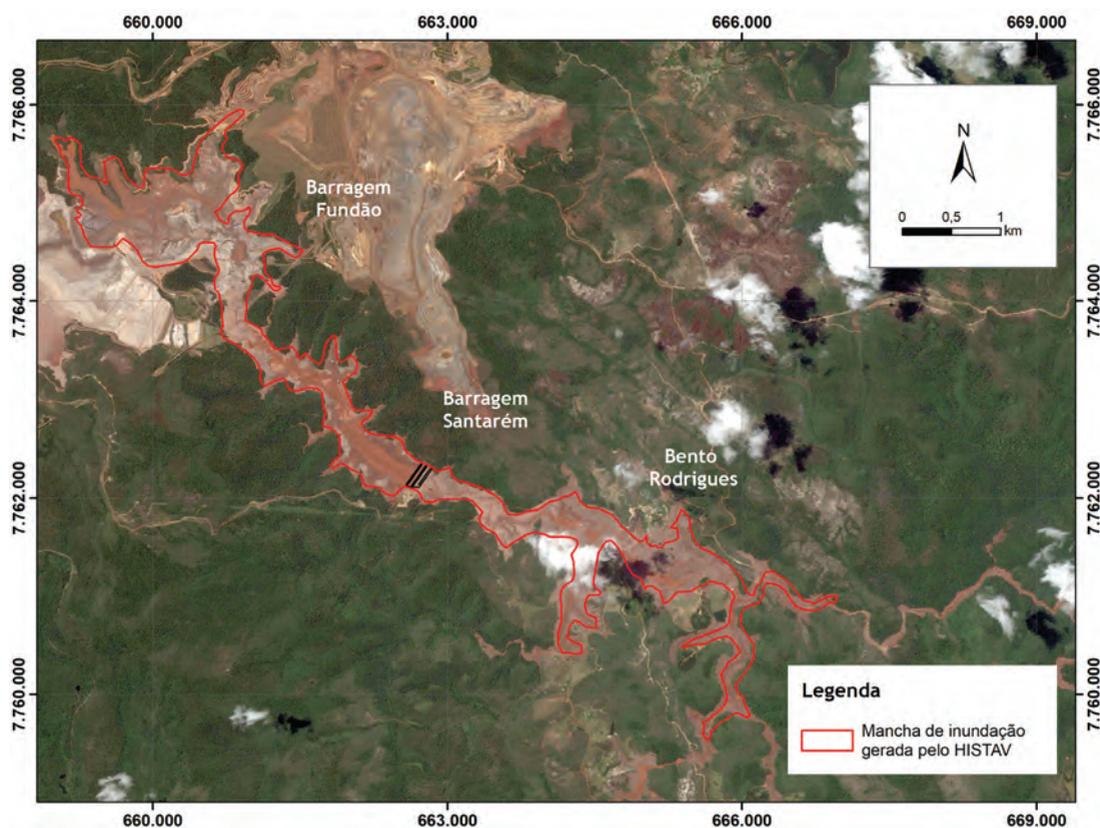


Fig. 7 - Comparação entre a mancha real do evento e o resultado gerado pelo HISTAV.

Fig. 7 - Comparison between the actual site of the event and the result generated using HISTAV.

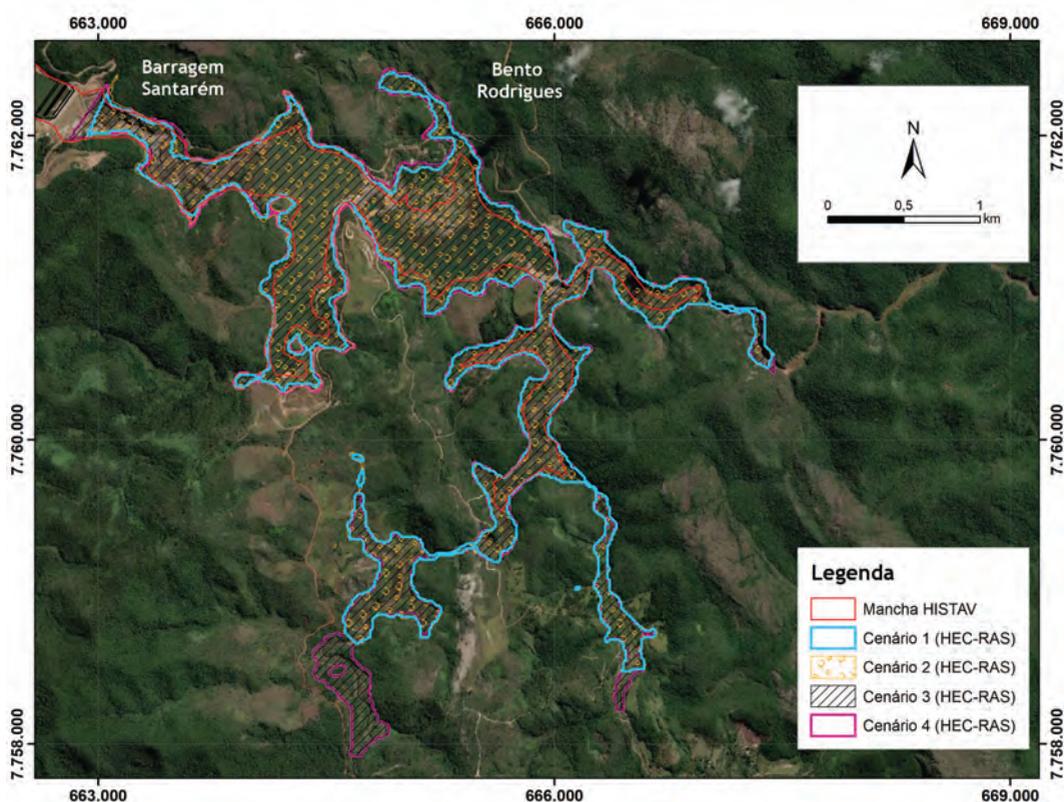


Fig. 8 - Mapa contendo as manchas resultantes do HISTAV e dos 4 cenários simulados por Machado (2017) no HEC-RAS.

Fig. 8 - Map containing the sites resulting from HISTAV and the 4 scenarios simulated by Machado (2017) in HEC-RAS.

## Conclusão

O objetivo da realização desse trabalho era avaliar um modelo numérico não muito difundido no Brasil para o estudo de uma ruptura hipotética de barragens (ou estudo de *Dam Break*). Como foi enfatizado por Machado (2017), a elaboração de estudos de retroanálise constituem uma ferramenta importante de análise e avaliação dos fenômenos por permitirem ponderar e analisar a respeito dos parâmetros adotados e aperfeiçoar metodologias. A autora destaca, no entanto, a importância de que os dados empregados no estudo sejam os mais precisos possíveis, o que muitas vezes se torna um desafio face à sua difícil obtenção.

Observa-se que a composição de uma base topográfica que represente as características do terreno é uma etapa determinante. A utilização de um MDT, que seria a opção mais indicada, não foi possível em função da indisponibilidade desse dado. Utilizou-se, por conseguinte, uma base MDE que é disponibilizada de forma gratuita e que apresenta, entretanto, problemas como o relativo à elevação considerada não descontar os objetos sobre a superfície terrestre. Ao se comparar a mancha real de inundação e a mancha obtida pelo HISTAV constatou-se, todavia, que eram bastante similares e o dado apresenta, portanto, um nível de resolução aceitável e representativo para o problema estudado.

A opção pela utilização da mesma base topográfica usada por Machado (2017), complementada com a de Matos (2018) para se avaliar uma área de estudo um pouco maior, mostrou-se uma solução interessante ao permitir que a comparação entre os resultados obtidos pelos diferentes modelos numéricos não fossem influenciados diretamente por esse aspecto.

Outras variáveis de destaque correspondem aos dados geotécnicos e reológicos. A determinação dessas características é fundamental para que se simule o comportamento dos rejeitos em sua propagação pelo vale a jusante. Devido ao fato do tempo disponível para a realização do estudo não permitir que fossem realizados os ensaios necessários para a obtenção dos parâmetros citados, utilizar um valor médio entre os encontrados por Machado (2017) se mostrou uma simplificação aceitável.

Um ponto de atenção é a diferente abordagem adotada na determinação da largura da brecha de ruptura e a posterior dificuldade em relação à determinação da vazão de pico. A diferença de brechas adotadas em estudos pode originar erros de ordens de grandeza nos resultados de vazão. Nesse caso, uma alternativa mais razoável seria a utilização do mesmo valor encontrado por Machado (2017), o que limitaria a possibilidade de divergências apenas em função do tamanho de brecha adotado.

Levando em consideração que a simulação através do HISTAV não impõe a porcentagem do volume que vai desprender da barragem e modela uma massa de água que vai escoar através da barragem em um cenário de ruptura, observa-se que esta é uma vantagem da simulação. Uma das maiores dificuldades de estudos dessa natureza reside na determinação dessa porcentagem do volume total do reservatório e, embora a média na literatura convirja para cerca de 30%, esse número pode variar consideravelmente, chegando inclusive a 100% de volume despreendido.

O uso do HISTAV, para um utilizador não perito em sistemas de informação geográfica, é substancialmente mais difícil que o uso do HEC-RAS, dado que este último é dotado de uma interface gráfica intuitiva e é acompanhado por um leque abrangente de tutoriais. No HISTAV, a manipulação da informação topográfica baseia-se no QGIS, um software de livre acesso. Podem ser introduzidas alterações ao código fonte do HISTAV, mas é necessário que os utilizadores detenham conhecimentos de C++. Os responsáveis pela elaboração e continuidade do modelo estão desenvolvendo uma interface gráfico que deverá ficar disponível em 2020.

Por fim, conclui-se, a partir de tudo o que foi exposto, que o modelo numérico HISTAV é uma opção viável para a elaboração de estudos de ruptura hipotética de barragens (*Dam Break*). Os resultados obtidos através do programa mostram-se coerentes aos observados no evento real de ruptura e aos simulados por Machado (2017), como foi destacado nos casos do tempo de propagação da onda de ruptura e das profundidades atingidas. Em relação às divergências observadas em relação à vazão de pico atribui-se a variação às diferentes larguras de brecha adotadas em cada caso.

#### Agradecimentos

*RiverCure* - This research was partially supported by Portuguese and European funds, within the COMPETE 2020 and PORK-FEDER programs, through project PTDC/CTA-OHR/29360/2017.

#### Referências bibliográficas

Albuquerque Filho, L. H. (2004) *Avaliação do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de Piezocone (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada ao curso de Engenharia Civil - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 194 f.

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2019). Nota explicativa - 15/02/2019: segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes.

Disponível em: <http://www.anm.gov.br/noticias/nota-explicativa-sobre-tema-de-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou-alteadas-pelo-metodo-a-montante-alem-de-outras-especificidades-referentes>. Acesso em: 04 de abril de 2019.

Chammas, R. (1989). *Barragens de Contenção de Rejeitos*. Curso de Especialização em Engenharia de Barragens (CEEb), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 29 p.

Conde, D., Baptista, M. A. V., Oliveira, C. S., Ferreira, R. M. L. (2013). A shallow-flow model for the propagation of tsunamis over complex geometries and mobile beds. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, v. 13, Out, 2533-2542.

Conde, D., Canelas, R., Baptista, M. A., Telhado, M. J., Ferreira, R. M. L. (2014). Severity and exposure associated to tsunami actions in urban waterfronts. The case of Lisbon, Portugal. *Geophysical Research Abstract*, v. 16.

Machado, N. C. (2017). *Retroanálise da Propagação Decorrente da Ruptura da Barragem do Fundão com Diferentes Modelos Numéricos e Hipóteses de Simulação (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Out, 159 f.

Matos, A. C. S. (2018). *Modelagem Hidrodinâmica de perdas de vidas humanas associadas à ruptura da Barragem de Fundão, para o subdistrito de Bento Rodrigues, Mariana (MG) TCC (Tese de Graduação)*. Apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 63 f.

Morgenstern, N. R., Vick, S. G., Viotti, C. B., Watts, B. D. (2016). *Fundão Tailings Dam Review Panel. Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundão Dam, 88 p.* Disponível em: <http://fundaoinvestigation.com>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

SAMARCO. Rompimento da Barragem de Fundão. Disponível em: <https://www.samarco.com/rompimento-da-barragem-de-fundao/>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

Toombes, L. (2014). How Far Can You Push a HEC-RAS Model and Other Conundrums - A Nam Theun 2 Case Study. *5<sup>th</sup> International Symposium on Hydraulic Structures*, Jun. DOI: <https://doi.org/10.14264/uql.2014.46>

Vianna, L. F. V. (2015). *Metodologias de análise de risco aplicadas em planos de ação de emergência de barragens: auxílio ao processo de tomada de decisão (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada ao curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 118 f.

A INTELIGÊNCIA OPERACIONAL APLICADA AOS RESGATES EM DESASTRES:  
A ATUAÇÃO DOS BOMBEIROS NO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO EM BRUMADINHO/MG - BRASIL\*

35

THE OPERATIONAL INTELLIGENCE APPLIED TO DISASTER RESCUE EFFORTS:  
THE PERFORMANCE OF THE FIREFIGHTERS AFTER THE FAILURE OF THE MINING DAM IN BRUMADINHO/MG - BRAZIL

Anderson Passos de Souza

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (Brasil)

ORCID 0000-0002-6717-5900 [anderson.passos@bombeiros.mg.gov.br](mailto:anderson.passos@bombeiros.mg.gov.br)

Josias Soares de Freitas Júnior

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (Brasil)

ORCID 0000-0001-8229-7431 [josias.junior@bombeiros.mg.gov.br](mailto:josias.junior@bombeiros.mg.gov.br)

### RESUMO

Este artigo descreve alguns aspectos relevantes da inteligência operacional aplicada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais na operação de busca e resgate em Brumadinho, Minas Gerais-Brasil, na sequência do desastre decorrente da ruptura da barragem de mineração B1. Buscando uma cronologia, cita estratégias, dados e resultados obtidos nos primeiros 365 dias da mais longa operação de busca no país. Os 95,9% das vítimas fatais identificadas através da recuperação de seus corpos/segmentos corporais indica o grau de efetividade da operação, embora não alcance os aspectos humanos envolvidos. O resultado deve-se a uma soma de fatores, que inclui o registro e análise de dados, definição de estratégias claras, táticas e técnicas aplicadas pelos envolvidos na missão e a experiência adquirida pela Corporação em eventos anteriores em Minas Gerais.

**Palavras-chave:** Brumadinho, inteligência operacional, salvamento, barragem, Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.

### ABSTRACT

This article describes some relevant aspects of operational intelligence applied by the Minas Gerais Military Fire Department in the rescue operation in Brumadinho/Minas Gerais-Brazil, a disaster resulting from the breach of the B1 mining dam. Searching for a chronological report, it mentions actions, resources, difficulties, and results obtained in the first 365 days of the longest search operation ever recorded in the country. The 95.9% of fatal victims who were identified through the recovery of their bodies/body parts indicates a high degree of effectiveness, although it does not reach the human aspects involved. The result is due to a number of factors, including data recording and analysis, definition of clear strategies, tactics, and techniques applied by those involved in the mission and the experience acquired by the Department in previous events in Minas Gerais.

**Keywords:** Brumadinho, operational intelligence, rescue, dam, Minas Gerais Fire Department.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 20-03-2020, sujeito a revisão por pares a 24-03-2020 e aceite para publicação em 29-04-2020.

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

## Introdução

Às 12h28m20s, do dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem B1, situada em Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil (fig. 1). A estrutura continha 12,7 milhões de metros cúbicos de rejeito proveniente do beneficiamento de minério de ferro da Mina Córrego do Feijão, de propriedade da empresa Vale S.A.

Havia várias edificações administrativas e áreas operacionais da Vale S.A., que abrigavam centenas de funcionários no caminho da onda de lama, por

exemplo: escritórios, restaurante, oficinas mecânicas, instalação de tratamento de minério, galpões diversos, pãra ferroviária, centro de materiais descartados, estacionamento, portaria, dentre outras. Na área externa da empresa havia também várias edificações e estruturas particulares que também foram atingidas, tais como uma pousada, residências, uma rodovia, vias de acesso, 2 outras barragens, plantações e ponte férrea.

O objetivo deste artigo consiste em descrever a complexa operação de busca e salvamento que foi montada para socorrer a população atingida pelo

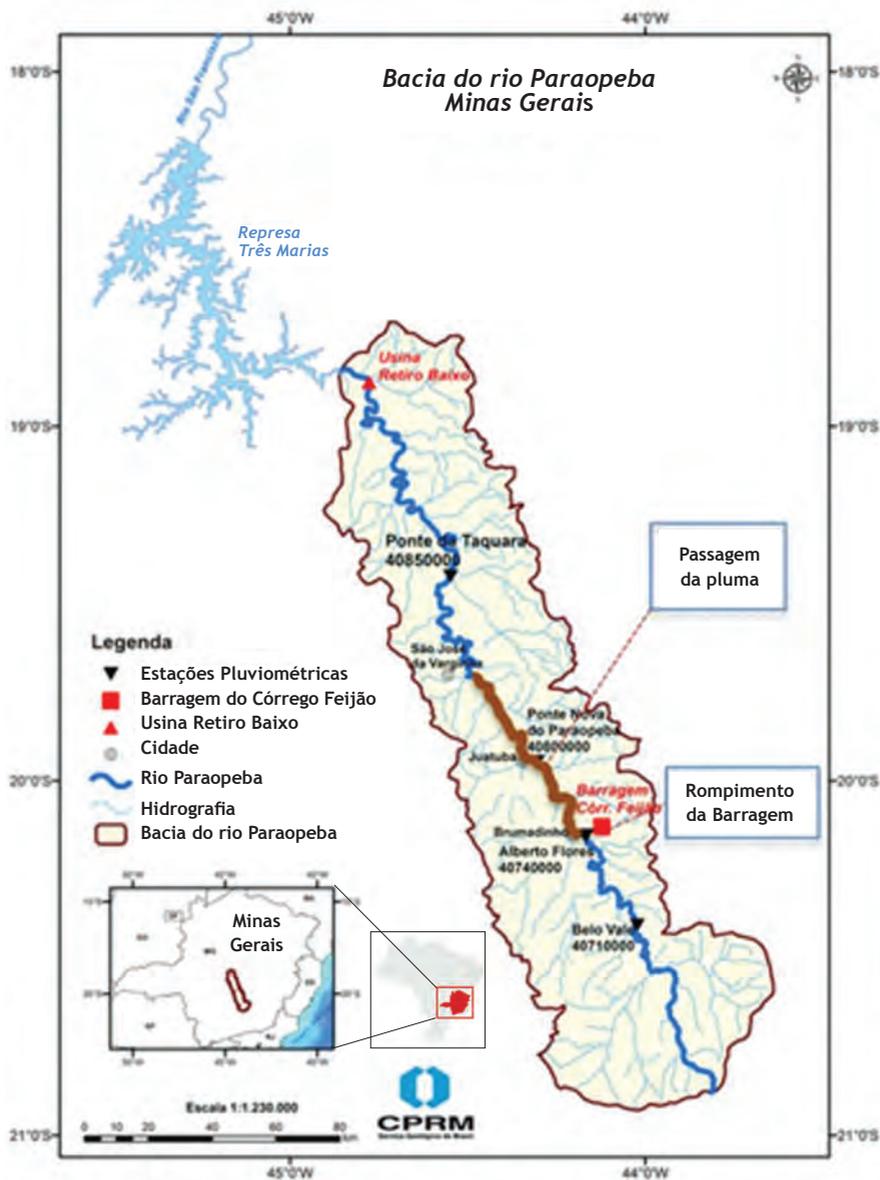


Fig. 1 - Localização do rompimento da barragem B1, situada em Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil (Fonte: Adaptado de <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/31/brumadinho-agua-do-rio-paraopeba-apresenta-riscos-a-saude-humana-e-animal-dizem-secretarias.ghtml>).

Fig. 1 - Site of the breach of the B1 dam, in Brumadinho, state of Minas Gerais, Brazil (Source: Adapted from <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/31/brumadinho-agua-do-rio-paraopeba-apresenta-riscos-a-saude-humana-e-animal-dizem-secretarias.ghtml>).

rompimento da barragem de Brumadinho e dela tirar lições para aplicar em futuros eventos desta natureza.

A metodologia usada para o salvamento das vítimas passou por mobilizar uma robusta estrutura, sob a coordenação do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG). A primeira equipe do CBMMG a acessar a área e confirmar oficialmente o desastre foi o helicóptero Arcanjo 3, às 12h56min. Nos minutos seguintes, chegaram uma série de viaturas terrestres e os recursos foram aplicados conforme a necessidade de cada local. Havia cobertura de sinal da rede de rádios do CBMMG em quase todo o perímetro, ainda que em uma rede congestionada pelas grandes demandas, houve efetividade no fluxo de informações.

O Sistema de Comando de Operações - SCO foi instalado de imediato pelo Tenente Coronel Eduardo Ângelo Gomes da Silva, militar mais antigo naquela área, que informou pela rede de rádio estar no comando da operação e que o Posto de Comando - PC fora estabelecido na Igreja de Nossa Senhora das Dores, situada no distrito de Córrego do Feijão. As demais estruturas, tais como a Área de Concentração de Vítimas - ACV, o heliponto e a Área de Espera foram estabelecidos nas adjacências do PC. Para o PC foram então direcionadas as informações que subsidiaram as decisões que eram emanadas no local. Em poucas horas o Comandante-Geral do CBMMG assumiu o comando das operações juntamente ao governador do estado Romeu Zema Neto.

Muitas outras autoridades do primeiro escalão dos governos federal, estadual e municipal chegaram à sede do município de Brumadinho e o PC foi transferido para a Faculdade ASA, localizada na área urbana, com acesso

terrestre fácil a veículos pequenos, controle de acesso de pessoas, meios de comunicação eficientes, salas para reuniões e locais de pouso de helicópteros. A Igreja de Nossa Senhora das Dores passou a ser denominada Posto Avançado Feijão - PA Feijão, sendo de uso exclusivo das equipes operacionais voltadas à busca e salvamento.

Para facilitar as comunicações entre equipes operacionais e outras de diversas origens, algumas padronizações foram estabelecidas, por exemplo, o dia 25 de janeiro de 2019 foi denominado de D1 (dia um), o dia seguinte foi denominado D2 e assim, sucessivamente. A área afetada diretamente passou a ser chamada de zona quente e foi dividida em quadrículas (fig. 2) identificadas por prefixos alfanuméricos de planos cartesianos de localização, tais como A1, A2, etc.

Grande parte das informações aqui citadas foram produzidas a partir do banco de dados da operação, cujo acesso é restrito em razão da preservação da privacidade das vítimas e dos seus familiares. Alguns dados foram estimados para permitir a tomada de decisões em uma emergência, sendo determinantes e de grande relevância em momentos de crise.

#### Números do desastre e outras informações relevantes

Em 25 de Janeiro de 2020 a Operação Brumadinho completou um ano e seguiu sem previsão de encerramento com 11 pessoas desaparecidas e 259 óbitos identificados, o que representa 95,9% das vítimas fatais. Este número dimensiona-a em relação a outras que também tiveram repercussão mundial, tal como o atentado terrorista ao World

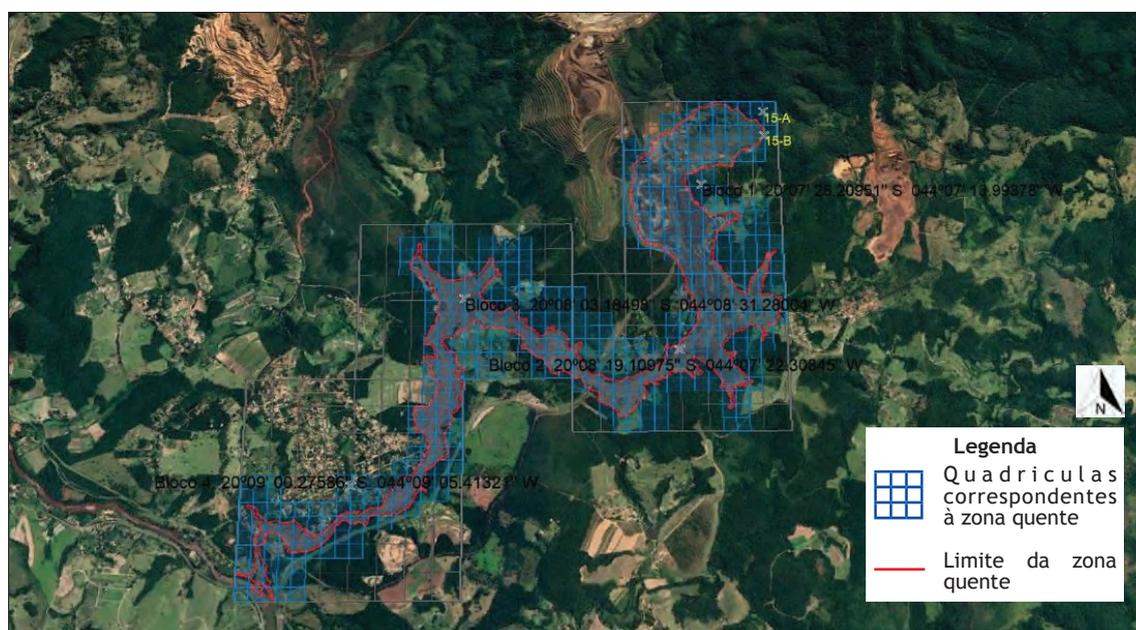


Fig. 2 - Croqui da zona quente (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 2 - Rough layout of the hot zone (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

Trade Center nos Estados Unidos (60% das vítimas fatais recuperadas) (Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/12/30/interna\\_gerais,1111183/resgates-e-identificacao-de-brumadinho-superam-indices-do-atentado-as.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/12/30/interna_gerais,1111183/resgates-e-identificacao-de-brumadinho-superam-indices-do-atentado-as.shtml), acesso em 11fev.2020).

Estima-se que extravasaram 10 milhões de metros cúbicos do material contido na barragem B1 e sua densidade seria de 2,8 ton/m<sup>3</sup>. Os 2,7 milhões de metros cúbicos remanescentes, equivalentes a 21,3% do conteúdo original, submetidos a fatores climáticos e erosivos sofreram pequenas movimentações. A área plana atingida foi estimada em 3,5 milhões de m<sup>2</sup>, com espessura irregular da camada de rejeitos formando deposições de até 16 metros. A distância linear entre o barramento rompido e o Rio Paraopeba é de aproximadamente 10 km, esse foi alcançado pela lama em menos de 10 minutos.

Os distritos atingidos diretamente pela lama foram o Córrego do Feijão e Parque das Cachoeiras. A estrada entre o centro da cidade de Brumadinho e o distrito de Alberto Flores foi submersa pela lama e o acesso foi restabelecido em 10 de abril de 2019, através de uma ponte construída pela empresa Vale.

O CBMMG resgatou 192 pessoas vivas à superfície da lama de rejeitos, com variadas lesões nas primeiras 24 horas após o rompimento, assim como diversos animais salvos pelas equipes. A qualidade de dados coletados a respeito dos resgates realizados nas primeiras 24 horas foi impactada pela emergência generalizada, tal qual toda resposta a desastres durante as primeiras horas quando as informações fluem de forma conturbada, intensa e com grande imprecisão de dados. Informações sobre a amplitude da área atingida, a quantidade de vítimas e seu estado de saúde, os riscos da área de buscas, a toxicidade do rejeito podem ser imprecisas, o que gera desencontros, sobreposições de esforços e também lacunas que afetam a efetividade das decisões tomadas pelos gestores. O clareamento desses dados e o estabelecimento das prioridades ocorre após a fase de primeira resposta, emergencial.

Assim, várias ações foram realizadas simultaneamente, tais como o salvamento de sobreviventes, recuperação de corpos e segmentos, de equipamentos e itens que pudessem trazer informações relevantes ao planejamento da operação, identificação de riscos, para intervenção nas buscas. Foram georreferenciadas as recuperações e descrições que pudessem colaborar com a inteligência nas buscas. Ao longo dos primeiros dias a operação foi estruturada, permitindo que a qualidade dos dados fosse incrementada com a inserção de fotografias e demais circunstâncias em que tudo foi sendo localizado.

Nos primeiros momentos, foram somados a esse esforço centenas de profissionais, oriundos de dezenas de agências, bem como voluntários e empresa Vale.

Percebeu-se que cada agência possuía um formato próprio para registro de coordenadas geográficas e temporais. Por isso, foi necessário convertê-las para o formato GGMMSS.S, *Datum WGS 84* e as datas para o formato DDMMAAAA, que são os padrões operacionais do CBMMG. Para a delimitação espacial, foram observadas apenas as áreas da Zona Quente, ou seja, a área onde se produzem mais intensamente os efeitos do fenômeno causador da emergência ou situação crítica. Foi nessa área e nas suas imediações, até 50 metros, que se desenvolveram as operações de maior risco e complexidade (Santa Catarina, 2010). Os dados foram inicialmente transmitidos ao Posto de Comando (PC) via rede de rádio, registrados em papel e posteriormente transcritos em planilhas eletrônicas.

Ainda durante a primeira semana foi elaborado um sítio eletrônico para que as equipes de busca pudessem enviar, de forma *online*, informações ao Posto de Comando. A construção do sítio eletrônico foi feita por bombeiros militares com experiência em emergências dessa natureza. A ferramenta digital possui rotinas de supervisão, filtros, importação e exportação de dados e fotografias, etc. (fig. 3 e 4).

Ressalte-se que, considerando as frequentes atualizações das informações decorrentes do progresso das buscas, os mapas e imagens utilizados neste trabalho referem-se a momentos distintos das buscas.

Por conta de alguns dados haverem sido retirados de documentos internos da empresa, que nos foram fornecidos para suporte às buscas, algumas informações não foram referenciadas às suas fontes em respeito às normas de sigilo da informação e da classificação das informações das diversas investigações em curso.

### Hipótese

A hipótese que norteou a atuação do CBMMG neste desastre foi que, uma vez identificados o ponto inicial e final de uma vítima atingida pela onda de lama, as demais pessoas atingidas na sua proximidade também teriam o mesmo ponto final. Ou seja, o deslocamento do corpo das vítimas seria coincidente.

Essa hipótese surgiu das lições aprendidas no atendimento ao desastre do rompimento da barragem de Fundão na cidade de Mariana-MG, em 2015, onde os deslocamentos ocorreram exatamente em grupos, permitindo a localização de todas elas, exceto uma cujo corpo segue desaparecido. Naquela ocasião, foi possível reunir as vítimas em 3 grupos ao considerar-se seus pontos iniciais: no topo da barragem, na base da barragem e no distrito de Bento Rodrigues. As recuperações ocorreram também em regiões, consoante os grupos formados.

Formulários / Formulário 1783284
<p>O que foi encontrado?*</p> <p><input type="radio"/> Corpo</p> <p><input type="radio"/> Segmento</p> <p><input type="radio"/> Veículo</p> <p><input type="radio"/> Estrutura</p> <p><input type="radio"/> Máquina Pesada</p> <p><input type="radio"/> Animal</p> <p><input type="radio"/> Objeto</p> <p>Profundidade*</p> <p><input type="radio"/> Superfície</p> <p><input type="radio"/> 1m</p> <p><input type="radio"/> 2m</p> <p><input type="radio"/> 3m</p> <p><input type="radio"/> 4m</p> <p><input type="radio"/> 5m</p> <p><input type="radio"/> 6m</p> <p><input type="radio"/> 7m</p> <p><input type="radio"/> Mais de 7m</p> <p><input type="radio"/> Não informada</p> <p><input type="checkbox"/> Informar grau, minuto e segundo</p> <p>Converter (pressione atualizar)</p>

Fig. 3 - Exemplo de tela do sítio eletrônico para transmissão de dados *online* entre o que foi encontrado pelas equipes de busca e o Posto de Comando (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho).

*Fig. 3 - Example of website screen for online data transmission between what was found by the search teams and the Command Post (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).*

## Fontes de dados

### Sinais de rádio portáteis

Obtivemos da Vale S. A. os dados georreferenciados dos rádios portáteis em uso na área atingida, bem como seus usuários e horários em que a repetidora captou o último sinal de cada um. A este croqui de sinais de rádio foram incluídas as posições dos aparelhos localizados durante as buscas, através de pontos amarelos, que representam os sinais de rádio e o horário do último sinal emitido, e de pontos azuis, que indicam as posições dos aparelhos recuperados (fig. 5). Nota-se que houve emissão de sinais até 3h55min após o rompimento.

Embora os aparelhos possam ter se deslocado de forma distinta dos corpos das vítimas, suas posições iniciais são próximas ou coincidentes.

### Sinais de telefones celulares

Em Brumadinho há 27 (vinte e sete) Estações Rádio-Base-ERB (fig. 6) e apenas uma ERB está nas imediações da Mina Córrego do Feijão (fig. 7), o que fragiliza a precisão da geolocalização dos sinais.

Formulários / Formulário 1783284 (cont.)
<p>Localização</p> <p>Foto 1 (opcional)</p> <p><input type="button" value="Escolher arquivo"/> Nenhum arquivo selecionado</p> <p><input type="button" value="Enviar"/></p> <p>Foto 2 (opcional)</p> <p><input type="button" value="Escolher arquivo"/> Nenhum arquivo selecionado</p> <p><input type="button" value="Enviar"/></p> <p>Foto 3 (opcional)</p> <p><input type="button" value="Escolher arquivo"/> Nenhum arquivo selecionado</p> <p><input type="button" value="Enviar"/></p> <p>Foto 4 (opcional)</p> <p><input type="button" value="Escolher arquivo"/> Nenhum arquivo selecionado</p> <p><input type="button" value="Enviar"/></p> <p>Observação Curta (opcional)</p> <p>Descrição (opcional)</p>

Fig. 4 - Exemplo de tela do sítio eletrônico para transmissão de fotografias *online* entre as equipes de busca e o Posto de Comando (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho).

*Fig. 4 - Example of website screen for online photo transmission between search teams and the Command Post (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).*

Tal qual aos rádios portáteis, foram levantadas as informações relativas aos sinais registrados de aparelhos telefônicos celulares na região afetada, na data do rompimento.

Com as informações da ERB situada nas imediações da Mina Córrego do Feijão foi produzido um croqui com os sinais registrados dentro da Zona Quente (fig. 8). Foram registrados sinais por quase 11 horas após o rompimento.

Uma constatação importante foi identificar que o ponto inicial da vítima desaparecida estava no mesmo ponto do aparelho recuperado ou do sinal identificado ou, pelo menos, à montante deste ponto.

### Equipamentos e objetos recuperados

Dentre os diversos itens localizados durante as buscas, foram registrados aqueles que pudessem indicar seu ponto inicial e contribuir para a compreensão da dinâmica do deslocamento da onda de rejeitos. Bolsas com documentos pessoais, papéis, peças de roupas, cilindros de gás, ferramentas e equipamentos usados em edificações ou áreas específicas foram localizados aos milhares (fot. 1 e 2). Quando possível ou necessário, foram recuperados



Fig. 5 - RRecovered portable radios, signals, and final transmission times on 25/1/2019 (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 5 - Recovered portable radios, signals and final transmission times on 1/25/2019 (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

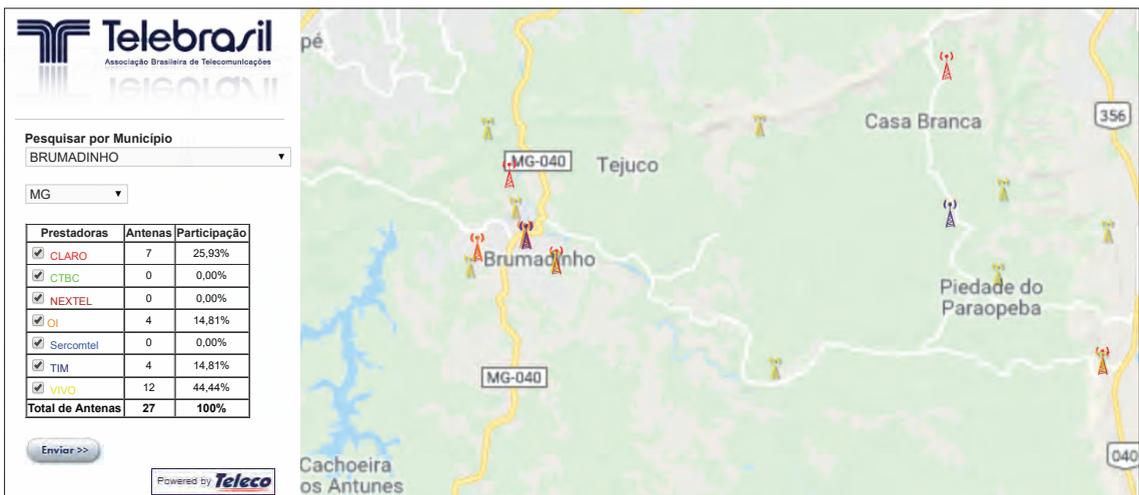


Fig. 6 - Croqui da localização das ERB de Brumadinho

(Fonte: Telebrasil, adaptado de Google Maps: <http://www.telecocare.com.br/telebrasil/erbs/>, acessado em 2 de Maio de 2019, às 2h32min).

Fig. 6 - Rough layout of the location of the Brumadinho base stations (ERBs)

(Source: Telebrasil, adapted from Google Maps: <http://www.telecocare.com.br/telebrasil/erbs/>, accessed on May 2, 2019, at 2:32am).

e a destinação de cada um deu-se conforme o risco ou relevância para as buscas e investigações.

O georreferenciamento, a descrição dos detalhes, o registro de fotos e a marcação com tinta cor laranja foram algumas das técnicas aplicadas aos itens

localizados. Neste rol de itens estão, desde um pequeno crachá até uma enorme locomotiva.

Dentre tantos equipamentos peculiares de uma edificação ou outra, os piezômetros foram especialmente relevantes por estarem instalados no corpo do

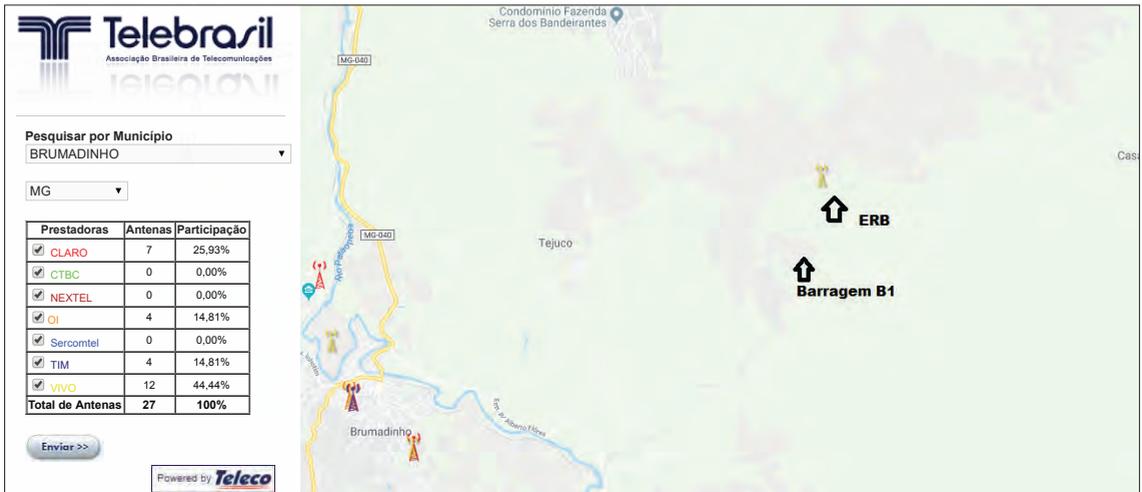


Fig. 7 - Croqui da localização da ERB e da Barragem B1

(Fonte: Telebrasil, adaptado de Google Maps: <http://www.telecocare.com.br/telebrasil/erbs/>), acessado em 2 de maio de 2019, às 2h32min).

Fig. 7 - Rough layout of the positions and times of mobile phone signals recorded in the Hot Zone

(Source: Telebrasil, adapted from Google Maps: <http://www.telecocare.com.br/telebrasil/erbs/>), accessed on May 2, 2019, at 2:32am).

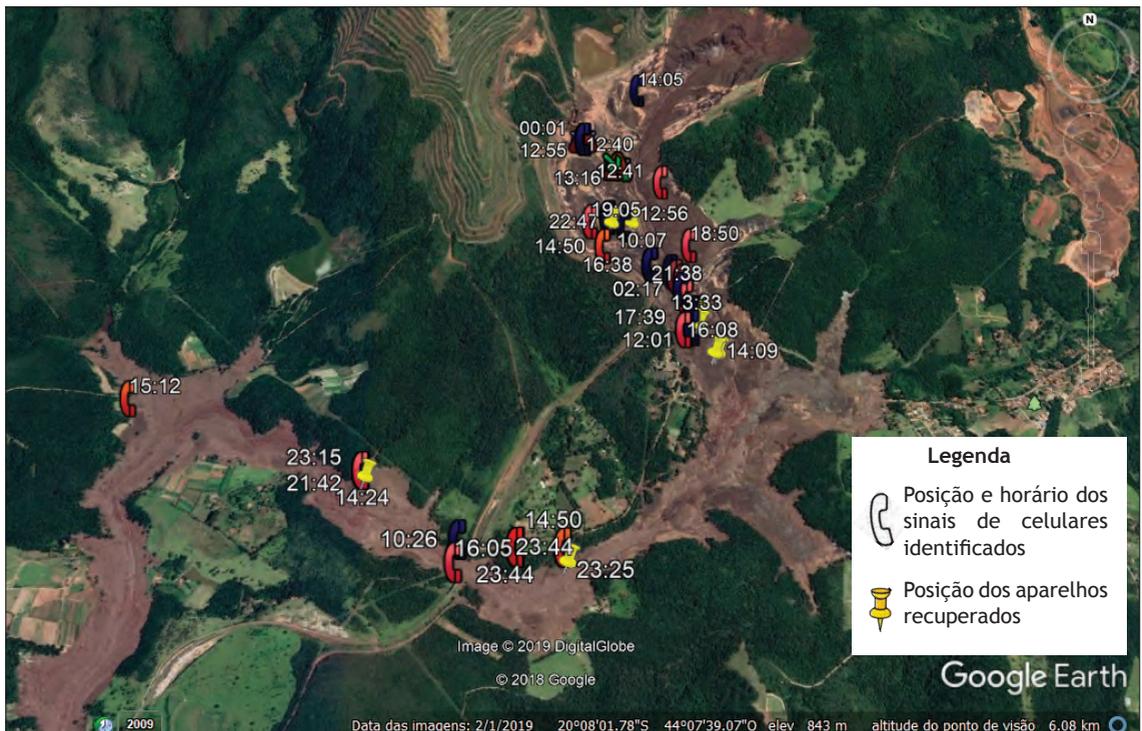


Fig. 8 - Croqui das posições e horários de sinais de celulares registrados na Zona Quente (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 8 - Sketch of the positions and times of cell phone signals registered in the Hot Zone (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

barramento e trazerem na sua carcaça uma numeração única, o que permitiu identificar seu ponto inicial no corpo da barragem, a partir do qual foi traçada em amarelo uma rota estimada do deslocamento de cada piezômetro (fig. 9).

O deslocamento dos piezômetros foi usado como referência para a definição das buscas aos corpos do grupo de vítimas que estava no topo da barragem, o que sugeriu o trabalho nas áreas denominadas perra ferroviária e Izapita. Fortalecendo essa percepção, a



**Fot. 1** - Vagão recuperado na Zona Quente  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho).

*Photo 1* - Wagon recovered in the hot zone  
(Source: CBMMG, Operation Brumadinho database)



**Fot. 2** - Peça de concreto recuperada na Zona Quente  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho).

*Photo 2* - Concrete element retrieved in the hot zone  
(Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).



**Fig. 9** - Croqui de deslocamento estimado dos piezômetros recuperados  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

*Fig. 9* - Rough layout of estimated displacement of recovered piezometers  
(Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

posição final de uma pessoa resgatada com vida, e que trabalhava no topo da barragem com outras 3 pessoas que faleceram, coincide com o padrão de deslocamento dos piezômetros.

#### Registro dos sistemas computacionais

Conforme os registros dos sistemas informatizados da empresa Vale S. A., os acessos de vítimas desaparecidas

foram identificados em termos de horário e local de acesso.

Por exemplo, um determinado funcionário utilizou a impressora do seu local de trabalho 57 segundos antes do rompimento (fig. 10), o que permitiu estabelecer o seu ponto inicial e agrupar este funcionário a outros nessa área e, posteriormente, analisar a dispersão das posições finais dos corpos das vítimas desse grupo.

#### *Dispersão de corpos e segmentos corporais das vítimas*

Até o dia 25 de Janeiro de 2020, quando a operação completou um ano, foram recuperados 132 corpos e 753 segmentos corporais (fig.s 11 e 12), tendo havido recuperações de corpos e segmentos corporais ao longo de toda a Zona Quente e além dela, a cerca de 10 km a jusante do encontro do córrego ferro-carvão com o Rio Paraopeba.

Assim, com a gradual identificação através dos corpos e segmentos corporais, as informações de geolocalização foram filtradas de forma qualitativa, sendo acrescidos os

nomes das vítimas falecidas. Isso permitiu acrescentar ao croqui as posições iniciais das vítimas falecidas (conhecidas ou estimadas) e as suas posições finais.

Ao ser reanalisado o croqui com mais estas informações, percebeu-se que as posições finais dos corpos não traziam relação com as posições iniciais dos grupos de vítimas, o que representou um grande avanço na compreensão da dinâmica do desastre. Diferentemente da hipótese estabelecida nos primeiros dias de busca, constatou-se que as posições finais dos corpos foram recorrentes em algumas áreas, independentemente das posições iniciais das vítimas (fig.s 13, 14 e 15).

A definição de cada grupo decorreu de entrevistas realizadas com parentes, sobreviventes, informações de sinais de aparelhos celulares, rádios portáteis, registros de sistemas, câmeras de circuito interno de TV, etc.

Os pontos numerados indicam a posição inicial de grupos de pessoas, enquanto as quadrículas coloridas indicam as posições finais dos corpos recuperados desse grupo.

RELEASEMODEL	FINALDATE	SUBMITIP	SUBMITDATE		SERIALNUMBER	SITE	LOCAL
Lexmark CS725	2019-01-05 09:29:30.820	172.21.224.87	2019-01-25 09:29:30.820	1483006	50287120112BR	MG - Córrego do Feijão	VESTIARIO
Lexmark CS725	2019-01-25 11:18:00.017	172.21.224.87	2019-01-25 11:49:00.017	1483006	50287120112BR	MG - Córrego do Feijão	VESTIARIO
Lexmark CS725	2019-01-25 12:11:23.197	172.21.224.87	2019-01-25 12:11:23.197	1483006	50287120112BR	MG - Córrego do Feijão	VESTIARIO
Lxmark CS725	2019-01-25 07:46:34.967	172.21.224.87	2019-01-25 07:46:34.967	1487581	75287180114V5	MG - Córrego do Feijão	OFICINA CENTRAL
Lexmark CS725	2019-01-25 09:56:05.200	172.21.224.87	2019-01-25 09:56:05.200	1495434	75287180114V5	MG - Córrego do Feijão	OFICINA CENTRAL
Lexmark MX511de	2019-01-25 00:20:15.543	BR1109037	2019-01-25 00:20:15.543	1495484	70157PHH1FKN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark CS725	2019-01-25 11:32:11.170	172.21.224.87	2019-01-25 11:32:11.170	1499156	5028715011216	MG - Córrego do Feijão	GEOLOGIA
Lexmark CS725	2019-01-25 08:38:03.613	172.21.224.87	2019-01-25 08:38:03.613	1501641	75287180114TG	MG - Córrego do Feijão	ITM
Lexmark CS725	2019-01-25 13:43.900	172.21.224.87	2019-01-25 11:13:45.900	1501641	75287180114TG	MG - Córrego do Feijão	ITM
Lexmark CS725	2019-01-25 12:11:23.197	172.21.224.87	2019-01-25 12:11:23.197	1483006	50287120112BR	MG - Córrego do Feijão	VESTIARIO
Lexmark MX511de	2019-01-25 11:53:51.370	BR1109028	2019-01-25 11:53:51.370	1513058	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:03:19.007	BR1109028	2019-01-25 12:03:19.007	1513058	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:06:10.407	BR1109037	2019-01-25 12:06:10.407	1513393	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:16:16.047	BR1109037	2019-01-25 12:16:16.047	1513393	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:19:51.473	BR1109037	2019-01-25 12:19:51.473	1513393	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:23:03.427	BR1109037	2019-01-25 12:27:23.423		70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:27:23.423	BR1109037	2019-01-25 12:27:23.423	1513393	70157PHH1FKWN	MG - Córrego do Feijão	Armazem
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:15:20.510	172.21.224.87	2019-01-25 12:15:20.510	1543487	70157PHH1GD2N	MG - Córrego do Feijão	SEGURANÇA DO TRABALHO
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:15:23.013	172.21.224.87	2019-01-25 12:15:23.013	1543487	70157PHH1GD2N	MG - Córrego do Feijão	SEGURANÇA DO TRABALHO
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:15:21.627	172.21.224.87	2019-01-25 12:15:21.627	1543487	70157PHH1GD2N	MG - Córrego do Feijão	SEGURANÇA DO TRABALHO
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:18:59.410	172.21.224.87	2019-01-25 12:18:59.410	1543487	70157PHH1GD2N	MG - Córrego do Feijão	SEGURANÇA DO TRABALHO
Lexmark CX725	2019-01-25 12:11:04.730	172.21.224.87	2019-01-25 12:11:04.730	1871749	75287180114V5	MG - Córrego do Feijão	OFICINA CENTRAL
Lexmark MX511de	2019-01-25 11:51:15.503	172.21.224.87	2019-01-25 11:51:15.503	c0015370	70157PHH1GD45	MG - Córrego do Feijão	ADMINISTRATIVO
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:06:01.753	172.21.224.87	2019-01-25 12:06:01.753	c0015370	70157PHH1GD45	MG - Córrego do Feijão	ADMINISTRATIVO
Lexmark MX511de	2019-01-25 12:17:47.843	172.21.224.87	2019-01-25 12:17:47.843	c0015370	70157PHH1GD45	MG - Córrego do Feijão	ADMINISTRATIVO

Fig. 10 - Registro dos sistemas computacionais antes do rompimento (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho).

*Fig. 10 - Registration of computer systems before dam breach (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).*

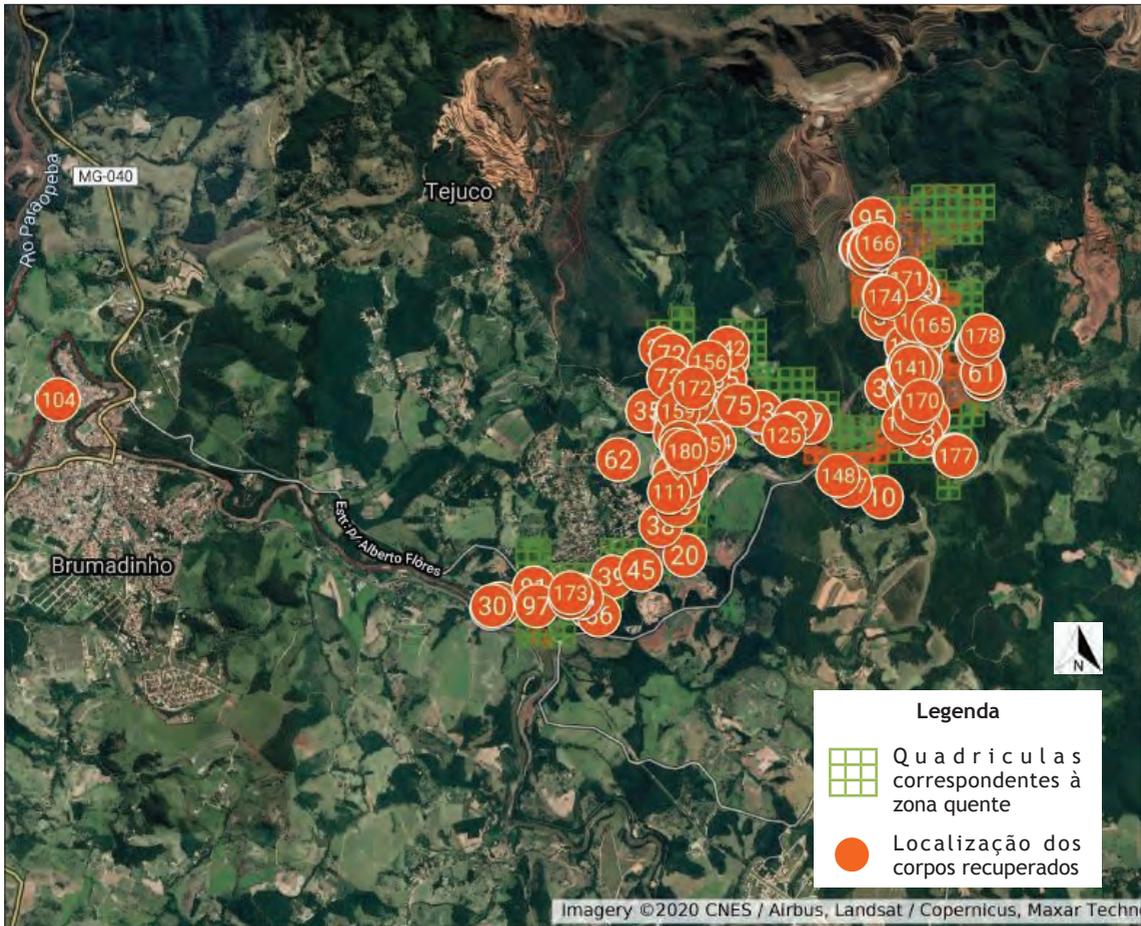


Fig. 11 - Croqui de corpos recuperados (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 11 - Rough layout of sites where bodies were recovered (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).



Fig. 12 - Croqui de segmentos corporais resgatados (Fonte: CBMMG, Banco de dados da Operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 12 - Rough layout of sites where body parts were recovered (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

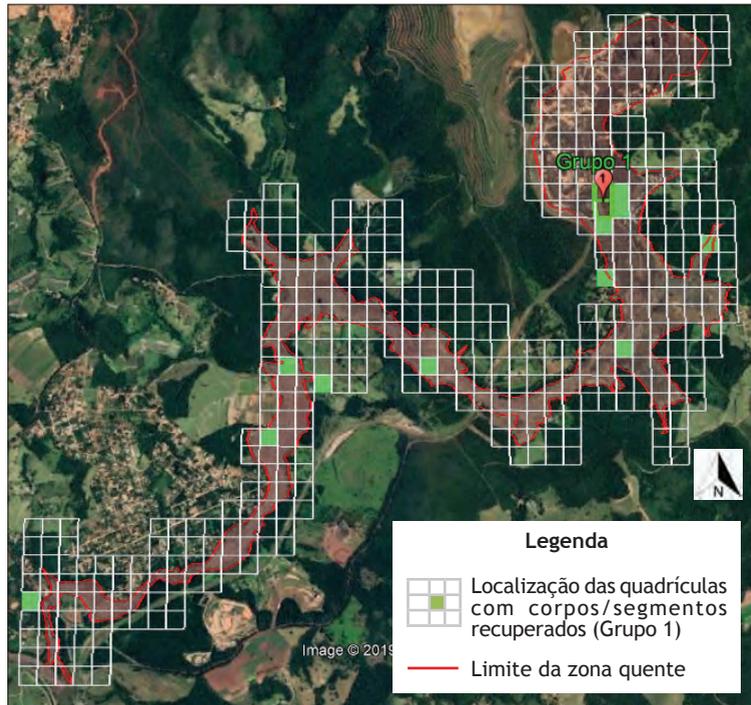


Fig. 13 - Croqui de dispersão de corpos/segmentos recuperados de vítimas do grupo 1 (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 13 - Rough layout of area where bodies/body parts were recovered (group 1 victims) (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

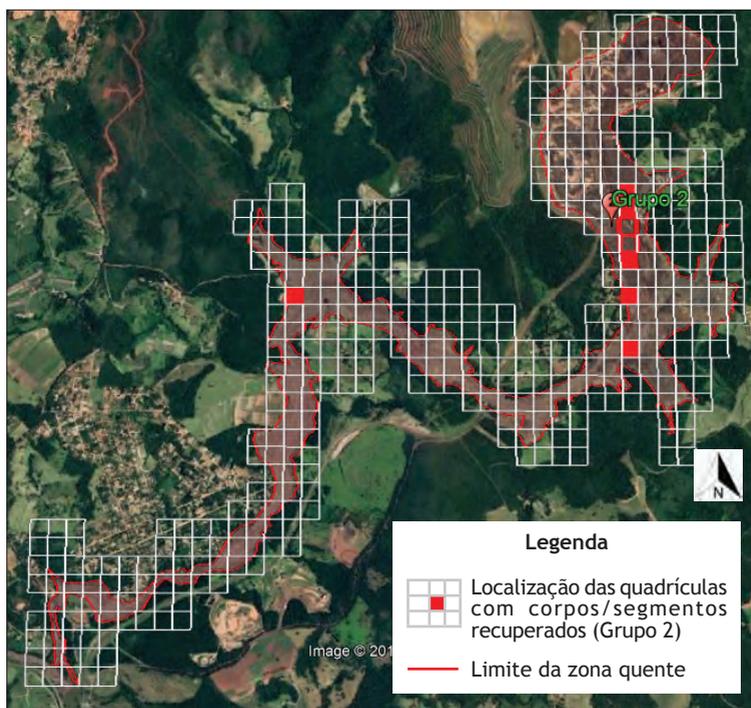
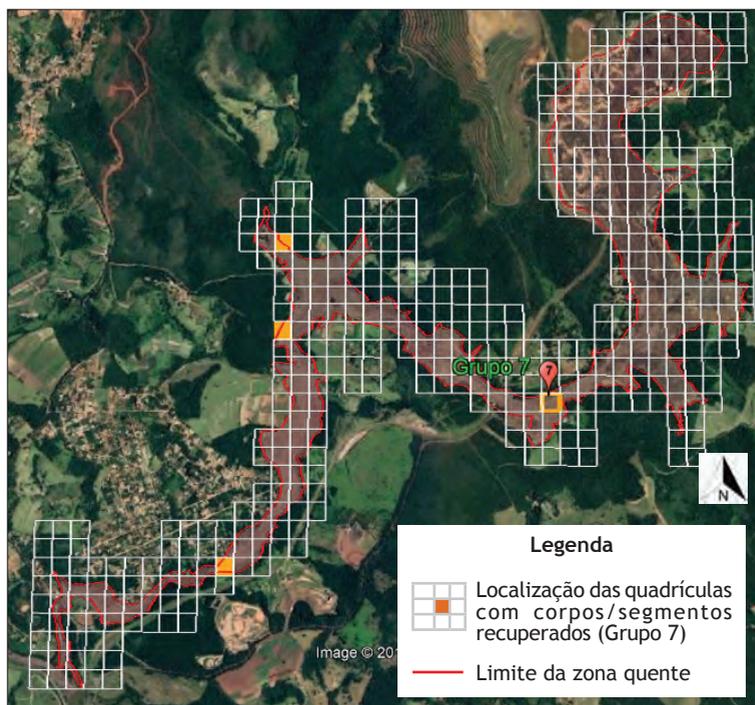


Fig. 14 - Croqui de dispersão de corpos/segmentos recuperados de vítimas do grupo 2 (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 14 - Rough layout of area where bodies/body parts were recovered (group 2 victims) (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).



**Fig. 15** - Croqui de dispersão de corpos/segmentos recuperados de vítimas do grupo 7 (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

**Fig. 15** - Rough layout of area where bodies/body parts were recovered (group 7 victims) (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

A posição inicial dos grupos de vítimas foi obtida a partir da verificação cruzada de uma série de fontes de dados, tais como o relato de sobreviventes, relatos de familiares, sinais de rádios portáteis e aparelhos telefônicos celulares, dentre outros, enquanto a posição final dos corpos foi obtida através do registro das coordenadas geográficas no momento da recuperação somada aos nomes fornecidos pelo IML-Instituto Médico Legal.

A análise da dispersão contrariou a hipótese de deslocamento em grupos e não se mostrou suficiente para o planejamento das buscas, que, por volta do D22 passaram a ser feitas cada vez mais, através de escavações.

A partir desta constatação e através de modelos matemáticos cada vez mais elaborados, foram estabelecidas áreas prioritárias para buscas.

Analisando a dispersão dos corpos recuperados das vítimas dos grupos identificados, notou-se a recorrência de corpos em algumas quadrículas. Essas quadrículas foram, então, agrupadas em áreas, por proximidade (fig. 16), e essas áreas passaram a ser a base para a terceira estratégia: concentrar as buscas nos pontos de maior incidência de recuperação.

Observou-se, pelas posições finais, que o deslocamento dos corpos/segmentos não ocorreu em grupo, conforme propunha a hipótese inicial, que, portanto, as posições

finais guardavam pouca relação com os pontos iniciais e sim que estavam mais associadas à dinâmica do deslocamento da massa de rejeitos.

Essa estratégia foi aplicada por volta do D40, através do reposicionamento das frentes de trabalho e da readequação dos recursos em cada local. Embora tenha havido variações, foi mantida uma média de 20 frentes de trabalho (110 bombeiros militares, 120 máquinas).

A alocação das frentes de trabalho (fig. 17), de acordo com a 3ª estratégia, também absorveu o acompanhamento pelos bombeiros de algumas obras dentro da Zona Quente, para a construção de acesso e mitigação de riscos da Zona Quente.

#### *Intervenção pluviométrica nas buscas*

O impacto das chuvas sobre as buscas foi negativo, sobretudo entre o D1 e D122 (fig. 18). Mesmo observando a previsão e os fatos meteorológicos, ajuste de táticas e realocação de frentes de trabalho, houve redução quantitativa de recuperações, haja vista o terreno úmido ser desfavorável à segurança das equipes terrestres, aéreas e aquáticas, comprometendo também a efetividade das buscas com cães, inspeção visual do rejeito por parte das equipes, deslocamento de pessoas, máquinas e veículos.

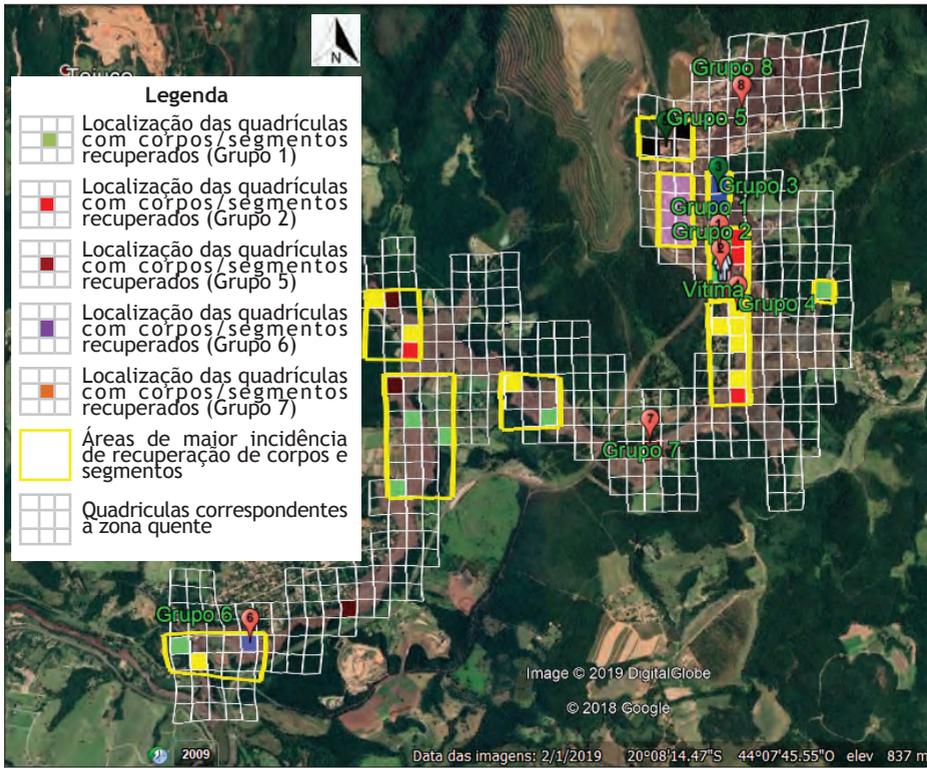


Fig. 16 - Croqui de áreas de reincidência de recuperação de corpos e segmentos corporais (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 16 - Rough layout of áreas of recurrence of recovery of bodies and body parts (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

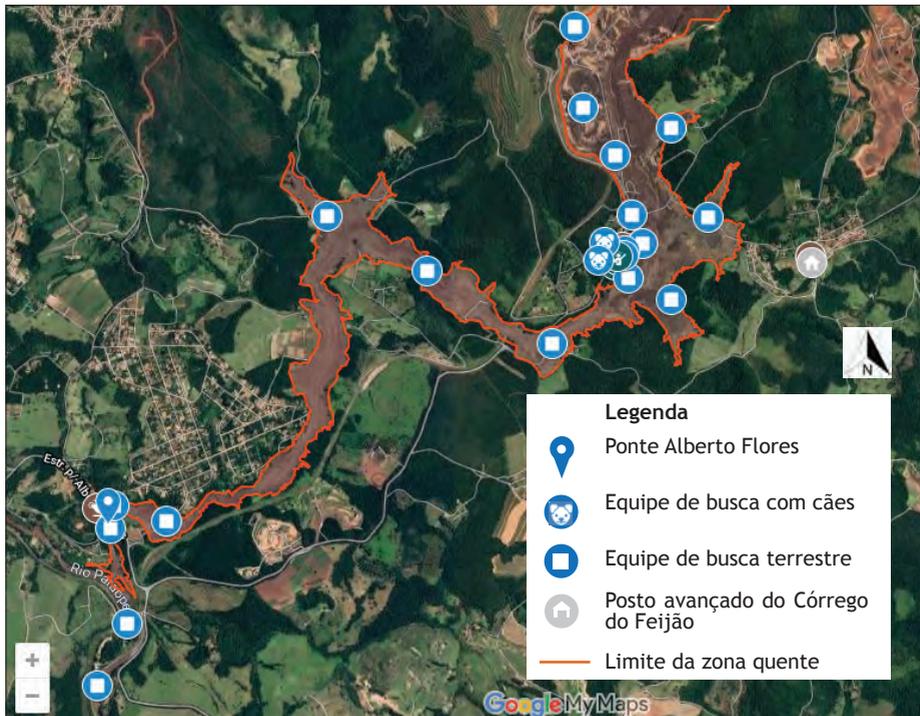


Fig. 17 - Croqui da disposição das frentes de trabalho (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 17 - Rough layout of the work fronts (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).



Fig. 18 - Quantidade diária de recuperações x índice pluviométrico (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho).

*Fig. 18 - Daily amount of recoveries x rainfall index (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).*

### Estratégias

Ao longo do primeiro ano da operação de buscas foram desenvolvidas as seguintes estratégias:

A primeira estratégia foi a resposta rápida e robusta à emergência, com prioridade para o salvamento de vidas humanas. Isto foi feito com a mobilização de boa parte dos recursos humanos e logísticos do CBMMG existentes nas cidades vizinhas. Esta estratégia pode ser resumida como “saturação”, tendo predominado do D1 ao D21, e consistiu em aplicar a maior quantidade possível de bombeiros militares e binômios fazendo buscas superficiais ao longo da Zona Quente, bem como sinais de vítimas soterradas. Esta primeira estratégia mostrou-se bastante eficiente para identificar sinais de vítimas vivas sob a lama ou recuperar os corpos e segmentos espalhados abundantemente por toda a Zona Quente. Havia grande emergência nas ações em face da possibilidade de vítimas vivas sob a lama. A quantidade incerta e os pontos iniciais das vítimas foi um elemento complicador.

A segunda estratégia foi desenvolvida entre D22 e D44, tendo consistido na busca de corpos e segmentos em áreas reincidentes e na construção de acessos e demolições de algumas estruturas atingidas.

Depois, entre o D45 e D60, foi aplicada a terceira estratégia, que ampliou as buscas através da inspeção visual em áreas secas e em profundidade.

No quarto momento da operação, a partir do D61, as escavações ocorreram em locais pontuais conforme as “manchas de calor” indicadas pelo serviço de inteligência.

A quinta estratégia foi adotada a partir do D 270 e tomou como base estudos realizados na curva de eficiência da maior parte dos maquinários e de um modelo matemático que demonstrou em que profundidade ocorreu o maior número de recuperações. Com base nesses dados e, ainda, no longo período de quase 3 meses sem nenhuma

nova identificação, as escavações foram paralisadas em profundidade e as buscas foram concentradas em uma camada de até 3 metros de profundidade, direcionadas para áreas “virgens” não investigadas em camadas, somente busca superficial até aquele momento.

### A relação entre a densidade do rejeito de minério de ferro e a profundidade das buscas

Após o rompimento, a lama de rejeitos foi destruindo e absorvendo uma série de outros componentes no seu trajeto, tornando-se uma mistura ainda mais heterogênea. Ao longo das buscas notou-se que, quando cessaram os movimentos da onda de rejeitos, a lama se decantou e, devido à sua densidade de 2,8 ton/m<sup>3</sup>, o rejeito de minério de ferro migrou para as porções mais profundas e impeliu diversos materiais em direção à superfície e regiões mais rasas. Uma série de itens muito pesados foram localizados à superfície ou a menos que 1m de profundidade, tais como locomotivas (fot. 3), tratores, grandes pedaços de alvenaria, grandes blocos de pedra, etc., alguns deles deslocados por alguns quilômetros.



Fot. 3 - Eixo de locomotiva encontrado à 1 m de profundidade (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho).

*Photo 3 - Locomotive axle found at 1 m depth (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).*

Nota-se que, na quantidade de recuperações de corpos e segmentos corporais a partir da superfície, predominaram as recuperações mais rasas e que no levantamento efetuado em 3/10/2019, 92,1% das recuperações ocorreram a 3m de profundidade ou menos (fig. 19). Esta constatação foi decisiva para a adoção de novas estratégias.

Um croqui multiparâmetro, com acúmulo de rejeitos e representação gráfica de altitudes através de mapa hipsométrico (fig. 20), permitiu exibir áreas ainda não exploradas, a 3m de profundidade e adjacentes a áreas recorrentes. Foi uma tentativa de direcionar as escavações e buscas para aquelas áreas com maior potencial para recuperações.

A espessura dos rejeitos depositados ao longo da área afetada, na data do rompimento, variou de zero a 16m (fig. 21), representada numa graduação de cores, da cor amarela até a cor marrom. Serviu para referenciar o planejamento das equipes de trabalho em diversas frentes ao longo da operação. A variação de cores auxilia também na compreensão da energia e velocidade, durante a trajetória da onda de rejeitos ao longo da zona quente, aspecto que foi considerado para o planejamento das ações e cálculo dos primeiros modelos matemáticos após o desastre (fig. 22).

A posição inicial das vítimas desaparecidas constitui um dado relevante para o planejamento e alocação das frentes de trabalho na mancha. Com a progressiva identificação dos corpos e segmentos, as frentes de trabalho à montante



Fig. 19 - Quantidade de corpos e segmentos corporais x profundidade em que foram recuperados (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho).

Fig. 19 - Number of bodies and body parts x depth at which they were recovered (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database).

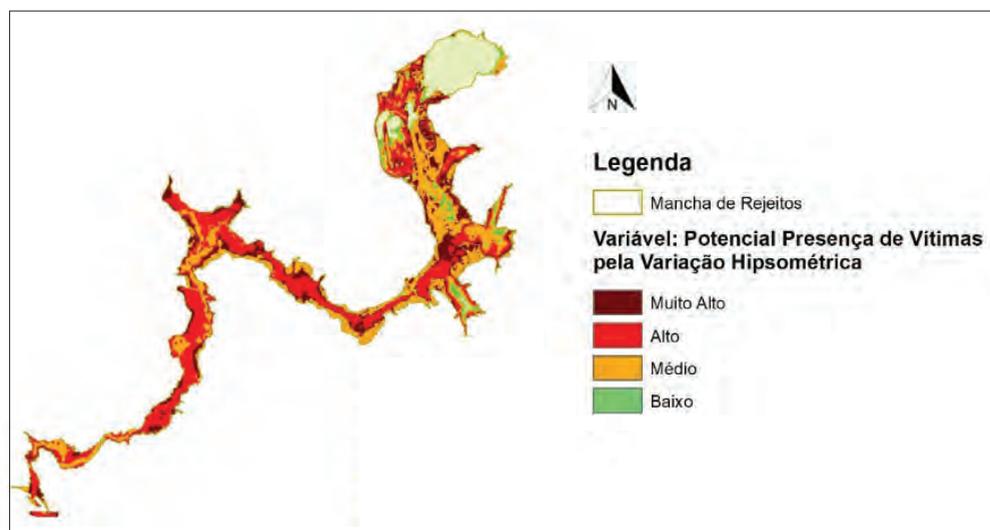


Fig. 20 - Croqui multiparâmetro (Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 20 - Multiparameter sketch (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

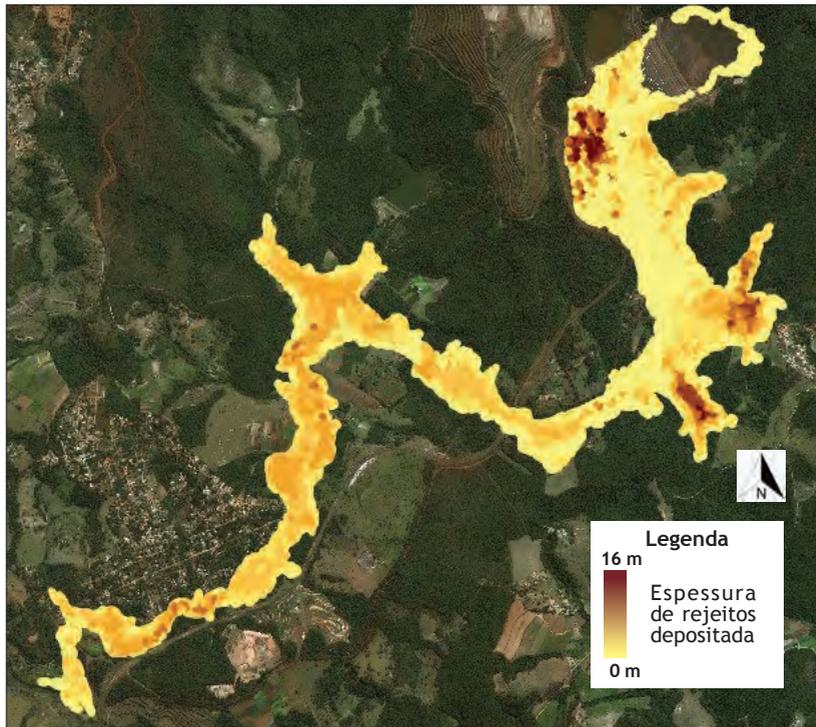


Fig. 21 - Deposição da camada de rejeitos ao longo da zona quente  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 21 - Deposition of the tailings layer along the hot zone (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

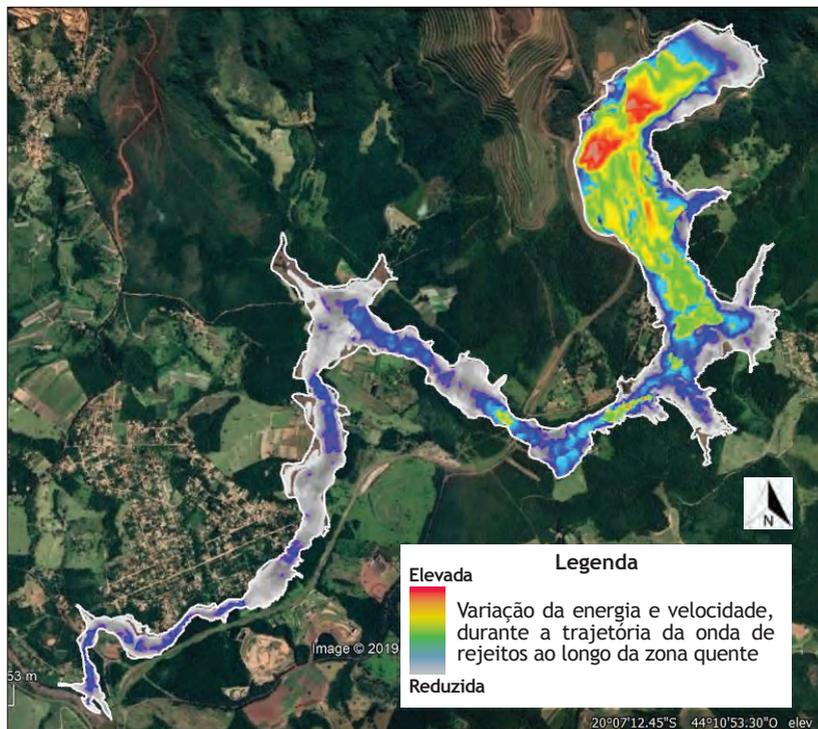


Fig. 22 - Velocidade estimada da onda de rejeitos extravasada  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

Fig. 22 - Estimated speed of the overflow tailings wave (Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).

eram realocadas conforme apontamentos de modelos matemáticos. Os pontos iniciais foram definidos através do cruzamento de diversos dados, incluindo entrevistas,

sinais de rádios portáteis, sinais de aparelhos telefônicos celulares, imagens de câmeras de circuito interno de TV, dentre outros (fig. 23).



Fig. 23 - Croqui negativo das vítimas desaparecidas - referente a 07/06/2019  
(Fonte: CBMMG, Banco de dados da operação Brumadinho, adaptado de Google Earth).

*Fig. 23 - Negative sketch of the missing victims - referring to 07/06/2019  
(Source: CBMMG, Operation Brumadinho database, adapted from Google Earth).*

## Conclusão

O tratamento científico dos dados para a produção de informações e a sua detida análise qualitativa foram determinantes para o assessoramento e tomada de decisões dos comandantes. Estas decisões surgiram, várias vezes, após reuniões técnicas entre os bombeiros militares mais ambientados às minúcias da operação em determinado momento ou fase dos trabalhos desenvolvidos.

A operação apresentou grandes obstáculos que foram trabalhados com equipe multidisciplinar de bombeiros militares, que com suas expertises em atividades de campo, um robusto banco de dados e boa gestão envidaram esforços para alcançar um resultado expressivo no número de recuperações. Os recursos humanos associados a logística e ao planejamento serviram como tripé e base da operação.

Os 95,9% de vítimas recuperadas e identificadas, traduzem em número percentual a efetividade da Operação Brumadinho, fruto da aplicação da inteligência operacional, da qualidade da gestão dos recursos e da assertividade na tomada de decisões nos vários níveis da estrutura de comando da

operação. Contudo, são imensuráveis os impactos humano e socioambiental do desastre no ambiente e comunidade afetados.

O registro do conhecimento produzido será relevante para futuras operações semelhantes e poderá impactar na sua efetividade, em termos de assertividade e agilidade. Também permitirá analisar aspectos ligados à capacitação profissional dos bombeiros militares, criação de procedimentos operacionais e protocolos interagências, contribuindo para a produção de importantes informações para o planejamento da operação de busca e salvamento. O tipo de conhecimento específico gerado poderá ser útil para a gestão de novos desastres envolvendo rompimento de barragens de mineração.

## Referências bibliográficas

- CBMMG - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (2019). *Banco de dados da operação Brumadinho* (inédito).
- SANTA CATARINA (2010). *Sistema de Comando de Operações*. Florianópolis: Secretaria Nacional de Defesa Civil, UFSC, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010, 82 p.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO: EVOLUÇÃO, CONCEITO E DISCUSSÕES\*

EMERGENCY ACTION PLAN FOR MINING DAMS: EVOLUTION, CONCEPT AND DISCUSSIONS

53

Flávio Godinho Pereira

Polícia Militar de Minas Gerais  
Defesa Civil de Minas Gerais (Brasil)

ORCID 0000-0001-9499-6096 [majorgodinho@yahoo.com.br](mailto:majorgodinho@yahoo.com.br)

Paulo Henrique Camargos Firme

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais  
Diretoria de Redução do Risco de Desastres da Coordenaria Estadual de Defesa Civil de Minas (Brasil)

ORCID 0000-0003-4147-4360 [paulo.firme@gmail.com](mailto:paulo.firme@gmail.com)

João Paulo Vieira Cotta

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais  
Diretoria de Redução do Risco de Desastres da Coordenaria Estadual de Defesa Civil de Minas (Brasil)

ORCID 0000-0002-6386-2017 [jpcotta@gmail.com](mailto:jpcotta@gmail.com)

RESUMO

A incidência de desastres relacionados à barragens de mineração tem provocado a revisão e a publicação de novas normas para a área. Dentre os instrumentos de promoção da segurança de barragens, o Plano de Ação de Emergência tem ganhado grande relevância. A correta compreensão sobre o conceito garante a efetividade em sua aplicação. Com esse objetivo, o presente artigo foi elaborado. Por meio da aplicação do método indutivo e comparativo, buscou-se entender a evolução da atividade no estado de Minas Gerais bem como da evolução das normas e regras relacionadas aliada ao conceito e aplicação em guias e manuais de referência. Dessa forma, foram debatidas questões relacionadas à evolução da política de segurança de barragens no Brasil com destaque para o estado de Minas Gerais além da relação entre proteção e defesa civil, barragens e os planos de ação de emergência. Assim, chegou-se a proposta de um simples conceito de aplicação desse tão importante instrumento voltado para o direcionamento e integração das respostas a emergências por parte dos empreendedores e órgãos públicos de proteção e defesa civil nos eventos envolvendo barragens de mineração.

**Palavras-chave:** Barragens, mineração, Plano de Ação de Emergência.

ABSTRACT

The incidence of disasters related to mining dams has led to the review and publication of new standards for the area. Among the instruments to promote dam safety, the Emergency Action Plan has gained great relevance. The correct understanding of the concept ensures such a Plan is applied effectively. This article was prepared with this in mind. Using an inductive and comparative method, we sought to understand the evolution of the activity in the state of Minas Gerais as well as the development of related norms and rules combined with the concept and application in guides and reference manuals. Issues related to advancing dam safety policy in Brazil were therefore discussed, with emphasis on the state of Minas Gerais, along with the relationship between protection and civil defence, dams and emergency action plans. Thus, the proposal for a simple concept for the application of this very important instrument aimed at directing and integrating emergency responses by entrepreneurs and public protection and civil defence agencies in events involving mining dams was achieved.

**Keywords:** Dams, mining, Emergency Action Plans.

\* O texto deste artigo foi submetido em 16-11-2020, sujeito a revisão por pares a 16-11-2020 e aceite para publicação em 27-11-2020.

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

## Introdução

A mineração é atividade que se mistura com a história de Minas Gerais. A construção das primeiras vilas e o desenvolvimento do estado está atrelada à busca e exploração dos recursos minerais.

54

No início, a exploração era feita por método de buscas superficiais, mas teve suas técnicas aprimoradas com o tempo. Com a presença inglesa e depois com a inauguração da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto em 1876 por D. Pedro II, começaram a formar os primeiros especialistas na área (Silva, 1995).

As primeiras barragens foram construídas na década de 30 do século passado devido a conflitos com agricultores em razão da contaminação dos cursos d'água (Carvalho, 2018; Souza Junior *et al.*, 2018). A partir de meados do século XX, houve o aumento da demanda por recursos minerais e, conseqüentemente, o aumento da produção de rejeitos, o que resultou na construção de cerca de 400 barragens destinadas à acumulação desses materiais economicamente não aproveitáveis.

No processo de mineração, a incidência de acidentes e desastres envolvendo barragens de mineração trouxe a temática sobre a segurança dessas estruturas para a área de proteção e defesa civil, uma vez que importantes danos humanos foram registrados. Dentre os principais e mais recentes ocorridos em Minas Gerais destacam-se os rompimentos de barragens nos municípios de Miraf (2007), Itabirito (2014), Mariana (2015) e Brumadinho (2019) os quais ocasionaram a morte de 281 pessoas e provocaram impactos ambientais, com destaque para a bacia do Rio Doce.

Em razão da falta de uma legislação unificadora no tocante as barragens no Brasil, a lei federal 12.334/10 e outras portarias de regulamentação foram sancionadas para aprimorar procedimentos, processos e metodologias a partir da instituição obrigatória do Plano de Segurança de Barragem (PSB) para determinadas estruturas. Dentro desse contexto, é destacado o Plano de Ação de Emergência (PAE) como um dos instrumentos do PSB. Inicialmente interpretado como documento formal para apresentação, o PAE tornou-se alvo de muitas críticas e debates em razão de sua baixa eficiência operacional e da falta de demarcação mais precisa no tocante ao seu escopo de atuação.

A clara conceituação do PAE é de extrema importância para seu aprimoramento na medida em que permite delimitar sua necessária abrangência. Uma vez que ele é um instrumento intimamente relacionado com a atividade de proteção e defesa civil, o PAE deve ser compreendido e ter seu escopo delimitado para que os planos de ações não tragam responsabilidades que extrapolem seus objetivos. O presente artigo se propõe

a debater, portanto, questões que irão permitir um entendimento mais claro do alcance das competências ações do PAE.

Como instrumento que visa direcionar a resposta a emergências, o PAE por vezes é confundido com o Plano de Contingência Municipal (Plancon), que é um plano previamente elaborado para orientar as ações de preparação e resposta a um determinado cenário de risco, caso o evento adverso venha a se concretizar, e, com isso, os limites e a abrangência do PAE e do Plancon são alvos constantes de debate. Outras vezes o PAE tem sido compreendido como instrumento voltado também para a mitigação dos possíveis impactos de acidentes e desastres. Para tanto, a compreensão sobre o conceito e aplicação é fundamental antes mesmo de se questionar sua eficiência e efetividade.

Nesse sentido, o presente artigo foi elaborado por meio de uma revisão bibliográfica sobre o tema, tendo como base estudos e manuais sobre mineração, barragens, planos de emergência e proteção e defesa civil. Logo após, são discutidos pontos principais da temática e de sua aplicação. Por fim, apresenta conclusões e proposições de novos estudos para aprimoramento contínuo da área.

## Metodologia

Foi utilizada a revisão bibliográfica para tratar sobre o tema estudado, uma vez que o artigo tem como objetivo a compreensão clara do conceito de plano de ação de emergência, bem como propõe trazer alguns pontos de debate para aprimoramento da temática.

Por meio da aplicação de método indutivo e comparativo foram estudadas legislações, artigos, manuais e guias relacionados à área de mineração, barragens, planos de emergência e proteção e defesa civil, a fim de possibilitar a formação do conhecimento sobre o tema.

Após a revisão foram trazidas questões e inferências para auxílio e incentivo à produção de outros artigos, monografias e teses que poderão auxiliar o desenvolvimento e aprimoramento da gestão do risco de barragens de mineração.

## Breve histórico e evolução das políticas de segurança de barragens

A história da mineração de Minas Gerais se confunde com a própria criação e desenvolvimento do estado. Diante do interesse de exploração dos recursos encontrados, o estado não seguiu a lógica de ocupação da periferia para o centro, como visto no litoral brasileiro, mas sim de desenvolvimento a partir de focos centrais de ocupação onde era estabelecida certa estrutura para a obtenção de ouro e pedras preciosas (Ibram, 2015).

A mineração, inicialmente voltada a uma exploração superficial de ouro e pedras preciosas, gerou o desenvolvimento rápido das vilas mineiras. Em 1709 foi criada a capitania de São Paulo e Minas de Ouro, e em 1720 Minas Gerais foi desvinculada de São Paulo e promovida à capitania autônoma (Minas Gerais, 2020b).

No entanto, a mineração de ouro e diamantes entrou em declínio ao final do século XVIII. Em 1808, a transferência da Corte Portuguesa para o Rio de Janeiro permitiu que D. João VI soubesse da decadência da mineração do ouro e diamantes. Com isso, o Barão Wilhelm Ludwig von Eschwege foi contratado pela Coroa para diagnosticar o estado da mineração brasileira e propor soluções para recuperação da área. Uma das ações realizadas por ele foi a criação da primeira empresa de mineração: a Sociedade Mineralógica da Passagem em Mariana (Silva, 1995).

Entre os anos de 1820 e 1830 foram criadas seis empresas inglesas para explorar o ouro no estado, dentre elas a St. John D'el Rey Mining Company que posteriormente tornou-se a Mineração Morro Velho. Em 1814 e 1825, respectivamente, foram instalados os primeiros altos-fornos de ferro-gusa na fábrica Morro do Pilar e instalação de uma empresa de mineração pelo francês Jean-Antoine Félix Dissandes de Monlevade na cidade de São Miguel do Piracicaba, que posteriormente receberia o nome de João Monlevade. Outro fato marcante foi a criação da Escola de Minas de Ouro Preto por D. Pedro II, a qual se destinava à formação dos primeiros especialistas brasileiros e pela modernização da área no país (Alves, 2008).

Com o passar dos anos, as técnicas de extração mineral foram desenvolvidas com a chegada de empresas inglesas voltadas para exploração mineral no Brasil. No entanto, Silva (1995) indica que somente durante a Primeira República que as informações sobre as grandes reservas de minério de ferro existentes no estado de Minas Gerais foram divulgadas.

No início do século XX a empresa inglesa Itabira Iron One Corporation foi criada e adquiriu os direitos de exploração das minas de ferro localizadas na cidade de Itabira e também de participação na estrada de ferro Vitória-Minas. Na década de 1920, o presidente Arthur Bernardes lançou incentivos para o desenvolvimento da indústria siderúrgica nacional, e a Companhia Siderúrgica Mineira foi transformada na Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (Alves, 2008).

Em 1907 foi criado o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil vinculado ao Ministério de Estado da Indústria, Viação e Obras Públicas. O ano de 1934 foi um marco para a mineração no país, em razão da criação do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a publicação do Código de Minas. Tais fatos demonstram o início do interesse e do controle do Estado sobre a

exploração dos recursos minerais em solo brasileiro (Silva, 1995). Em 1940, os direitos de exploração das minas de Itabira foram transferidos para o governo brasileiro, sendo constituída em 1942 a Companhia Vale do Rio Doce (Alves, 2008).

Antes da criação do DNPM, como citado por Silva (1995), a mineração não era controlada e nem normatizada por órgão específico. O tema era tratado por outros órgãos com finalidade distinta, como o Museu Nacional, Secretarias e Ministérios de Negócios e Obras Públicas.

No entanto, como destacado por Silva (1995), a mineração no país deu um grande salto a partir da assinatura do Acordo de Washington. Nele, o país recebeu o apoio financeiro para a construção de um terminal marítimo, modernização de ferrovia, abertura de uma mina na Bacia do Rio Doce e construção de uma indústria siderúrgica integrada. A partir daí, conforme destacado por Alves (2008), foi motivada a criação da Companhia Vale do Rio Doce e Companhia Siderúrgica Nacional.

Considerando a evolução da atividade no Brasil, em 1934 surge o primeiro Código de Minas que traça diretrizes para o setor de mineração e é voltado ao desenvolvimento econômico do país. Em 1940 há a publicação de um novo Código de Minas. Em comum entre eles, é que a questão de barragens nem sequer é mencionada. A temática de segurança de barragens apenas teve um direcionamento a partir da publicação da Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Anteriormente a 2010 as legislações, quando existiam, eram difusas e muitas vezes com abrangência apenas em âmbito estadual.

Anteriormente, como pode ser visto em Carvalho (2018) e Souza Junior, Moreira & Heineck (2018), as barragens foram estruturas que começaram a ser utilizadas na mineração, para evitar que o material não aproveitado durante o processo fosse jogado diretamente nos cursos d'água. Nesse ponto, surgem os primeiros conflitos da mineração, pois os agricultores, que necessitavam dos cursos d'água, começaram a sofrer os efeitos da contaminação ou obstrução daqueles cursos.

Conforme abordado por Mello e Piasentin (2011), as primeiras barragens de contenção de rejeitos foram construídas na década de 30. Inicialmente eram construídas transversalmente aos cursos d'água a partir de um pequeno dique com o incremento de bermas e com os equipamentos de lavra. Com o passar dos anos, o aumento da demanda por recursos minerais provocou o aumento do volume das barragens e, por conseguinte, seu risco.

Nesse contexto, as barragens têm representado um grande risco para as comunidades que estão próximas a elas. Da necessidade de evitar impactos ambientais provocados pelos rejeitos que eram lançados diretamente nos cursos d'água, as barragens de mineração tornaram-se estruturas

que reservam grande volume de resíduos que, por situações adversas, podem se romper, liberando todo esse volume nas áreas localizadas a jusante delas. Os principais desastres envolvendo ruptura de barragens de mineração relatados no estado de Minas Gerais têm-se repetido nas últimas duas décadas (QUADRO I) com aumento dos danos humanos, ambientais, materiais e dos prejuízos econômicos e sociais.

Por essa razão, tornaram-se também alvo de monitoramento e acompanhamento por parte do sistema de proteção e defesa civil.

Retornando ao debate sobre a preparação para as emergências, percebe-se que a temática de segurança de barragens e preparação para emergências por parte dos empreendedores é recente e nesse sentido serão abordadas neste artigo apenas as legislações relativas ao tema central do estudo, ou seja, os planos de emergência dentro do contexto de segurança de barragens de mineração.

As principais leis, normas e regulamentos sobre a área vigentes no Brasil e mais especificamente no estado de Minas Gerais são os seguintes:

- *Lei n. 12.334 de 20 de setembro de 2010*: Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o sistema nacional de informações sobre segurança de barragens e altera a redação do artigo 35 da Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e do artigo 4 da Lei 9.984, de 17 de julho de 2000.
- *Resolução n. 143 de 10 de julho de 2012*: Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010. (Ministério do Meio Ambiente/ Conselho Nacional de Recursos Hídricos).
- *Resolução n. 144 de 10 de julho de 2012*: Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. (Ministério do Meio Ambiente/ Conselho Nacional de Recursos Hídricos).
- *Lei n. 12.608 de 10 de abril de 2012*: Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n.º 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.
- *Portaria n. 187 de 26 de outubro de 2016*: caderno de orientações para apoio a elaboração de planos de contingência municipais para barragens. (Ministério da Integração Nacional/ Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil).

QUADRO I - Histórico de barragens relatados no estado de Minas Gerais.

TABLE I - History of dams reported in the state of Minas Gerais.

ANO	MUNICÍPIO	DESCRIÇÃO SINTÉTICA
1986	Itabirito	Rompimento da barragem da Mina de Fernandinho. O acidente provocou sete mortes.
1997	Rio Acima	Rompimento da barragem Rio das Pedras provocando danos ambientais e o desalojamento de diversas famílias. Não foram relatadas mortes.
2001	Nova Lima	Rompimento da Barragem da mineração Rio Verde, no distrito de São Sebastião das Águas Claras conhecido como "Macacos", provocando a morte de cinco pessoas e danos ambientais.
2003	Cataguases	Rompimento da barragem da indústria de Cataguases. O acidente provocou a interrupção do abastecimento de água em diversos municípios, além de prejuízos econômicos e danos ambientais.
2007	Mirai	Rompimento da barragem da mineradora Rio Pomba Cataguases, provocando o desalojamento de milhares de pessoas e danos ambientais.
2014	Itabirito	Rompimento da Herculano Mineração, provocando a morte de três funcionários da empresa.
2015	Mariana	Rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, deixando devastadas diversas comunidades próximas à barragem, bem como provocando danos ambientais e a morte de dezenove pessoas.
2019	Brumadinho	Rompimento da barragem B1, da empresa Vale. A operação de busca e salvamento ainda está em curso. A apuração de danos e prejuízos ainda não foi concluída pelas autoridades. Houveram danos ambientais e a morte de 270 pessoas.

- *Portaria n. 70.389 de 17 de maio de 2017*: Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei n.º 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. (Agência Nacional de Mineração).
- *Lei n. 23.291 de 25 de fevereiro de 2019*: Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens. (Estado de Minas Gerais).
- *Lei n. 14.066 de 30 de setembro de 2020*: Altera a Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei n.º 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).
- *Decreto estadual n. 48.078 de 5 de novembro de 2020*: Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência - PAE, estabelecido no art. 9º da Lei n.º 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens. (Estado de Minas Gerais).

A Lei 12.334/10 foi a primeira legislação que trouxe a necessidade da elaboração de planos de ação de emergência para as barragens o que foi reforçado para o setor de mineração a partir da Portaria 70.389 de 17 de maio de 2017.

Diante desse fato e dos acidentes relatados, percebe-se que as barragens de mineração antigamente não eram vistas como ameaça às pessoas, fato demonstrado pela evolução da própria legislação uma vez que antes elas não careciam de estruturas e planos para resposta a eventos de emergência. A preocupação e as exigências estavam focalizadas na mitigação e prevenção dos impactos ambientais provocados pelas estruturas.

Após o desastre provocado pelo rompimento da barragem no município Brumadinho, houve a revisão e a publicação de normativas referentes à área conforme mencionado anteriormente. A necessidade imediata em normatizar ações para proteção da população presente nas áreas de risco provocou a publicação na data de 25 de fevereiro de 2019, um mês após o desastre, da Lei 23.291 que institui a Política Estadual da Segurança de Barragens.

Alinhada com a legislação publicada em Minas Gerais, foi elaborada a Lei 14.066 em 30 de setembro de 2020, que alterou a Lei 12.334/10, modificando a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. Percebe-se que as alterações foram importantes para a proteção da vida e bens com base nas experiências vivenciadas.

No artigo 4º da Lei 14.066/20, que dispõe sobre os fundamentos da PNSB, foram ampliadas as responsabilidades do empreendedor, com destaque para a reparação de danos em caso de comprometimento da estrutura. Outro ponto interessante acrescido foi a necessidade do estímulo da participação direta e indireta da população nas ações preventivas e emergenciais, portanto foram incluídos a elaboração e implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE), bem como da transparência no processo e acesso às informações.

No artigo 5º, que dispõe sobre a fiscalização da segurança das barragens. Foi trazida a necessidade de os órgãos fiscalizadores compartilhem as informações com os órgãos de proteção e defesa civil quando identificada a necessidade de adoção de ações emergenciais.

Na nova redação do artigo 6º, que dispõe sobre os instrumentos da PNSB, o PAE foi destacado dentro do Plano de Segurança da Barragem. Ainda relacionada à temática de proteção e defesa civil, no parágrafo único do artigo 11º é definida a obrigatoriedade de elaboração do PAE para todas as barragens destinadas à acumulação ou disposição de rejeitos de mineração.

Para os demais tipos de barragem, o PAE deve ser elaborado para estruturas classificadas com médio ou alto dano potencial associado ou alto risco, a critério do órgão fiscalizador. Diante da necessidade de classificação das barragens para a identificação dos aspectos obrigatórios de segurança da estrutura, a Lei destaca que as barragens devem ser direcionadas pelos órgãos fiscalizadores conforme definição do artigo 5º devendo ser consideradas as seguintes características: categoria de risco, dano potencial associado ou volume e demais critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

A Lei 12.334/10 abarca todos os tipos de barragens existentes no território nacional incluindo as relacionadas à mineração, produção energética e acumulação de água. A partir dela, as agências fiscalizadoras e reguladoras definidas em seu artigo 5º deveriam publicar normatizações adicionais/ regulamentando a segurança de barragens para cada uso específico.

Dois conceitos importantes estabelecidos pela Lei 12.334/10 e atualizados pela Lei 14.066/20 são: categoria de risco e dano potencial associado. Brasil (2020) traz as seguintes definições:

*“VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais;*

*VIII - categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre” (Brasil, 2020).*

Considerando as barragens de mineração, o regulamento complementar é a Portaria 70.389 de 17 de maio de 2017 da Agência Nacional de Mineração (ANM). Como citado anteriormente, após a publicação da Lei 14.066/20 toda barragem de mineração deve possuir um PAE para nortear a resposta a uma possível situação de emergência.

A Portaria 70.389/17 da ANM converge com as definições apresentadas anteriormente. Os dispositivos desta portaria vinculam o risco com as características que influenciam a probabilidade de ocorrência de uma situação que provoque o rompimento daquela estrutura. E já ao dano potencial associado é vinculado a mensuração das consequências que serão provocadas em caso de rompimento relacionados a possibilidade de perdas de vidas, impactos sociais, econômicos e ambientais.

Há que se destacar que a Portaria 70.389/17 foi publicada em momento posterior a ocorrência do rompimento da barragem de Fundão em Mariana. Portanto, tal dispositivo traz diversos pontos de melhoria identificados a partir da experiência de resposta ao desastre.

Como pontos de melhoria destacam-se os seguintes:

- Delimitação objetiva de uma área que em razão da proximidade da barragem deve ser compreendida como Zona de Autossalvamento (ZAS) (Região do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km (Brasil, 2017a);
- Imposição de obrigatoriedade ao empreendedor de instalação de sirenes e demais mecanismos de sistema de alerta e alarme na ZAS;
- Imposição de obrigatoriedade ao empreendedor de notificar a defesa civil em caso de situação de emergência;
- Imposição ao empreendedor da obrigatoriedade de possuir equipe de segurança da barragem capaz de responder a emergências internas;

- Imposição ao empreendedor da obrigatoriedade da realização de exercícios simulados internos e externos para teste dos procedimentos de emergência estabelecidos no PAE.

De forma complementar ao arcabouço já existente e a experiência com o desastre provocado pelo rompimento da barragem de Brumadinho, no dia 25 de fevereiro de 2019, foi publicada a Lei 23.291, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens. Esse dispositivo aplica-se não somente às barragens de mineração, mas também a todas as barragens destinadas à acumulação ou disposição final ou temporária de rejeitos industriais ou a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração que se enquadrarem nos seguintes critérios:

*“I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 10m (dez metros);*

*II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000m<sup>3</sup> (um milhão de metros cúbicos);*

*III - reservatório com resíduos perigosos;*

*IV - potencial de dano ambiental médio ou alto, conforme regulamento” (Minas Gerais, 2019).*

Tal dispositivo trata de diversos temas como licenciamento ambiental e fiscalização de barragens que não estão relacionados diretamente com as competências do sistema de proteção e defesa civil, e sim aos órgãos e entidades que constituem o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), conforme expresso no artigo 4.

Considerando as competências do sistema de proteção e defesa civil, a grande inovação proposta pela legislação está no artigo 9º, quando estabelece que o Plano de Ação de Emergência (PAE) deverá ser submetido à análise e aprovação por órgão ou entidade estadual competente. Vale ressaltar que as legislações anteriores apenas faziam a previsão legal da entrega do documento nos órgãos, e não a obrigatoriedade de aprovação dele. Ainda no artigo 9º são definidas novas atribuições ao PAE que serão debatidas no item posterior destinado especificamente ao tema.

#### **Proteção e Defesa Civil e barragens de mineração**

Depois de conhecer o contexto de surgimento e posterior fortalecimento das legislações pertinentes à barragem de mineração, é importante explanar sobre a temática de proteção e defesa civil, pois ambas têm um ponto em comum que é a preocupação de manter seguras as zonas de autossalvamento, especialmente àquelas onde existe ocupação humana.

Por defesa civil UFSC (2012, p. 20) entende como o “[...] conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e

*minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social”.*

No Brasil, através da Lei 12.608/12, foi estabelecido a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que tem seu funcionamento fundamentado na articulação entre a União, os Estados e os Municípios, com atribuições e competências específicas. A atuação do sistema é direcionada pelos seguintes objetivos:

- I - reduzir os riscos de desastres;*
- II - prestar socorro e assistência às populações atingidas por desastres;*
- III - recuperar as áreas afetadas por desastres;*
- IV - incorporar a redução do risco de desastre e as ações de proteção e defesa civil entre os elementos da gestão territorial e do planejamento das políticas setoriais;*
- V - promover a continuidade das ações de proteção e defesa civil;*
- VI - estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização;*
- VII - promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência;*
- VIII - monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres;*
- IX - produzir alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais;*
- X - estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana;*
- XI - combater a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e promover a realocação da população residente nessas áreas;*
- XII - estimular iniciativas que resultem na destinação de moradia em local seguro;*
- XIII - desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre;*
- XIV - orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a autoproteção; e*
- XV - integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente (BRASIL,2012).*

Com base nos objetivos apresentados, percebe-se um grande enfoque da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil no incentivo e fomento às ações que visam a redução dos desastres, no sentido de trabalhar o lado preventivo. Além de ter um custo menor que a resposta, a prevenção evita desastres e minimiza os danos. Nesse ponto, a compreensão sobre o que vem a ser um desastre é fundamental. Por desastre, Brasil (2017b, p. 22) traz a seguinte definição “[...] é o resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais”.

Em complementação aos dois conceitos expostos, Brasil (2017b, p. 22) define ameaça como “[...] *um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação do meio ambiente*”.

Como debatido no item anterior e com base nos conceitos apresentados, apenas com o passar dos anos e ocorrência de acidentes e desastres relacionados às barragens que elas se tornaram alvo de monitoramento e foco das ações de proteção e defesa civil.

De pequenas estruturas destinadas apenas a evitar a contaminação dos cursos d’água e reter os rejeitos produzidos no processo de beneficiamento mineral, com a ininterrupta e crescente demanda pelos recursos naturais, as barragens tornaram-se grandes estruturas de acumulação de resíduos com potencial de afetar direta e indiretamente todo o sistema social, econômico e ambiental.

Dentro desse contexto, ao serem tratadas como alvo do sistema de proteção e defesa civil, as ações a ela relacionadas devem estar alinhadas ao ciclo de proteção e defesa civil (fig. 1).

Com base no ciclo de ações que devem ser realizadas, é importante entender em quais delas está inserido o PAE. A segurança de barragem, conforme preconizada no artigo 4º da Lei 14.066/20 possui um ciclo de vida compreendido pelas seguintes fases: planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e descaracterização.

Conforme exposto pelo Ministério Público de Minas Gerais (MPMG, 2012), para que uma barragem entre em operação ela deve possuir as seguintes licenças: licença prévia, licença de instalação e licença de operação. A licença prévia deve ser apresentada para elaboração do planejamento e projeto para posterior instalação da mina. Uma vez obtida, passa-se para o processo de obtenção da licença de instalação, que autoriza o empreendedor a construir a estrutura necessária para operação da estrutura. Logo após, é solicitada a licença de operação

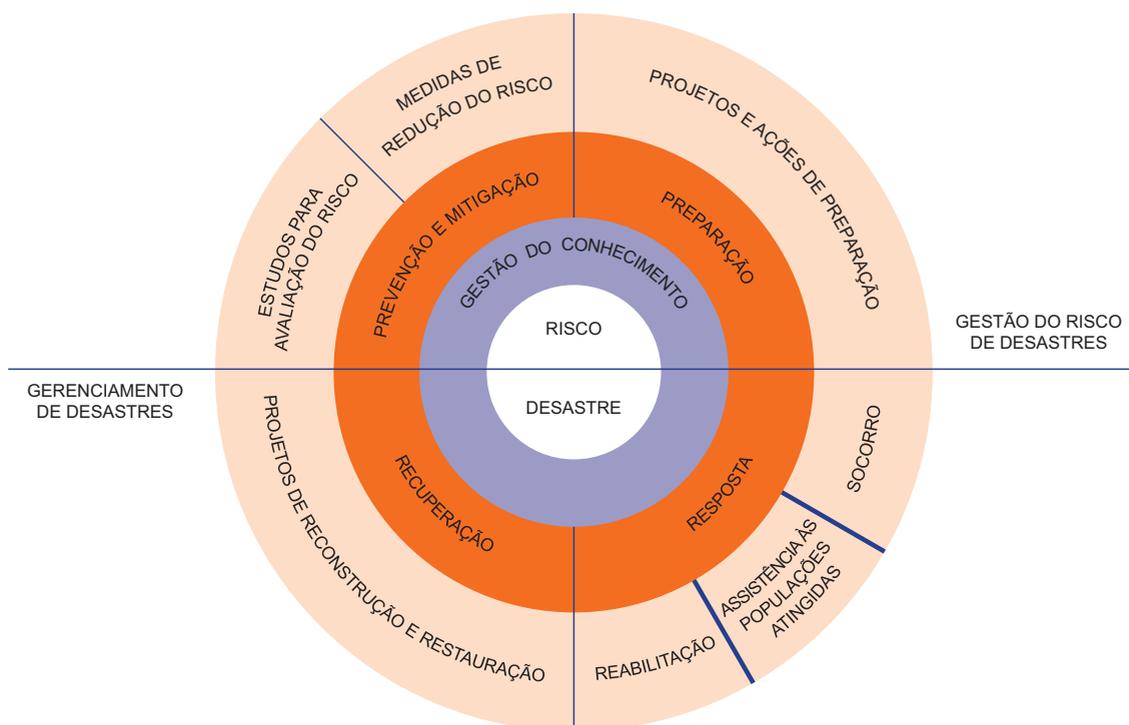


Fig. 1 - Ciclo de Proteção e Defesa Civil (Fonte: UFSC, 2014, p. 17).

Fig. 1 - Civil Protection and Defence Cycle (Source: UFSC, 2014, p. 17).

ao órgão ambiental, para que o empreendedor consiga autorização para início das atividades.

Alinhando o ciclo de proteção e defesa civil com o ciclo de vida da barragem preconizada na Lei Federal, chega-se a uma proposta concreta de comparação e alinhamento (QUADRO II).

Para melhor entendimento da comparação feita entre o ciclo de proteção e defesa civil e o ciclo de vida das barragens de mineração, é necessária a compreensão sobre o que vem a ser cada um deles. Para tanto, a prevenção deve ser entendida como a série de ações que devem ser realizadas para evitar que o desastre ocorra (UFSC, 2014). As ações realizadas nessa fase tem o objetivo de neutralizar as ameaças e reduzir os riscos.

Para o caso da barragem, sob a visão da proteção e defesa civil, somente será possível retirar o risco, quando ela for desativada e descaracterizada ou não existir. Já no aspecto ambiental, a ação de desativação e descaracterização pode ser entendida como recuperação do ambiental natural.

A mitigação deve ser entendida como as ações destinadas a minimizar os possíveis impactos que podem ser provocados pelo evento (UFSC, 2014). Uma vez aceito o risco pela existência da barragem, as ações de mitigação devem ser feitas para a redução dos danos e prejuízos que podem ser causados. Seu início não deve ser condicionado à ocorrência de um rompimento da estrutura ou à fase subsequente de resposta.

QUADRO II - Relação entre o ciclo de proteção e defesa civil e o ciclo de vida de uma barragem.

TABLE II - Relationship between the protection and civil defense cycle and the life cycle of a dam.

Ciclo de proteção e defesa civil	Ciclo de vida da barragem
Prevenção	Planejamento e projeto, desativação e descaracterização
Mitigação	Planejamento e projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação
Preparo	Operação
Resposta	Operação
Recuperação	Não há correspondência

A fase de preparo já está relacionada com as ações de treinamento e capacitação de todos os envolvidos na resposta ao evento, bem como aqueles que podem ser afetados de alguma forma. Também está ligada à obtenção e operacionalização de todos os recursos que devem ser empregados no momento do possível evento (UFSC, 2014). Nesta fase, é de extrema importância que os planos de ação de emergência já existam. Mesmo que os planos de ação também elaborados no momento de projeto da estrutura, apenas serão testados e avaliados de forma prática nessa etapa.

A fase de resposta é iniciada a partir da concretização da ocorrência da ameaça e do evento causador do desastre conforme preconizado por Amaro e Almeida (2018). Ela é a transição da situação de risco para a situação de perigo. Nela, devem ser executadas todas as ações já estabelecidas nos planos de emergência, bem como as demais ações necessárias para o salvamento das pessoas, dos animais e do patrimônio histórico e cultural, restabelecimento dos serviços essenciais e assistência às vítimas e aos afetados.

Já as ações de recuperação devem ser entendidas como aquelas realizadas após o acontecimento de um desastre, destinadas a recuperar a infraestrutura e o patrimônio afetado, restabelecer os serviços essenciais e públicos e demais áreas para retorno à normalidade (UFSC, 2014).

Pela leitura da Lei Estadual n.º 23.291/19, percebe-se que a elaboração do PAE já é exigida no processo para obtenção da licença prévia. No entanto, dentro do processo de licenciamento, a única etapa que está condicionada à aprovação do PAE é a obtenção da licença de operação, conforme exposto no § 5 do artigo 7 da Lei Estadual do mesmo regulamento.

### Plano de Ação de Emergência

Ao se pensar em resposta a uma possível emergência envolvendo uma barragem de mineração, devem ser considerados dois planos básicos que devem ser integrados: o Plano de Ação de Emergência e o Plano de Contingência Municipal (Plancon).

FEMA - *Federal Emergency Management Agency* (2013), Agência do governo dos Estados Unidos responsável por coordenar respostas a desastres que superem a capacidades de resposta local, que em 2013 publicou um guia de orientações para a elaboração de plano de ação de emergência para barragens, argumenta que os planos de ação de emergência devem ser feitos para proteger as pessoas e reduzir os possíveis danos provocados por eventos ocasionados por alguma ameaça, que no caso são as barragens de mineração.

*“Documento formal que identifica potenciais emergências em uma barragem e especifica as*

*ações que devem ser realizadas para minimizar os danos às propriedades e as perdas de vidas”* (FEMA, 2013, p. III-I).

Nesse mesmo sentido, a Portaria n. 70.389/2017, da Agência Nacional de Mineração, traz a seguinte definição sobre o plano de ação de emergência para barragens de mineração:

*“Documento técnico e de fácil entendimento elaborado pelo empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida”* (Brasil, 2017a, p. 6).

A definição apresentada na Portaria n. 70.389/2017, da Agência Nacional de Mineração, agrega três pontos focais complementares para o entendimento do conceito. Primeiro referente à forma como do documento técnico e de fácil entendimento. Segundo sobre a responsabilidade pela elaboração que compete ao empreendedor. E por fim, sobre a finalidade sendo ela a definição do que deve ser feito em uma situação identificada como emergência.

De forma geral, FEMA (2013) define que um PAE deve conter as seguintes informações:

- Ações que devem ser realizadas pelo empreendedor para consertar um problema na barragem;
- Ações que devem ser feitas pelo empreendedor em coordenação com as autoridades em defesa civil, para resposta a uma emergência relatada na barragem;
- Ações de aviso, alerta e alarme que devem ser realizadas pelo empreendedor para comunicar o risco às populações residentes a jusante da barragem;
- Mapas de inundação para auxílio nas ações de resposta;
- Definição das atribuições e responsabilidades dos envolvidos na resposta ao evento.

A Lei n. 14.066/20 em seu artigo 12 define como obrigatório o seguinte conteúdo ao PAE:

*“I - descrição das instalações da barragem e das possíveis situações de emergência;*

*II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais;*

*III - procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais;*

*IV - programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos;*

*V - atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento;*

- VI - medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o património cultural;
- VII - dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta ao pior cenário identificado;
- VIII - delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS), a partir do mapa de inundação referido no inciso XI do caput do art. 8º desta Lei;
- IX - levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais;
- X - sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais;
- XI - plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas;
- XII - previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador;
- XIII - planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização” (BRASIL, 2020)

De forma complementar e com maior rigor, a Portaria n. 70.389/2017, da Agência Nacional de Mineração, define como conteúdo mínimo do PAE os seguintes tópicos:

- “1. Apresentação e objetivo do PAEBM;
- 2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações;
- 3. Descrição geral da barragem e estruturas associadas;
- 4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3;
- 5. Ações esperadas para cada nível de emergência.
- 6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos;
- 7. Recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência;
- 8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta;
- 9. Responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil);
- 10. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados;
- 11. Declaração de Encerramento de Emergência, quando for o caso;
- 12. Plano de Treinamento do PAE;

- 13. Descrição do sistema de monitoramento utilizado na Barragem de Mineração;
- 14. Registros dos treinamentos do PAEBM;
- 15. Relação das autoridades competentes que receberam o PAEBM e os respectivos protocolos;
- 16. Relatório de Causas e Consequências do Evento em Emergência Nível 3, contendo, no mínimo:
  - a) Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
  - b) Relatório fotográfico;
  - c) Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados, conforme o caso;
  - d) Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas;
  - e) Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade;
  - f) Proposições de melhorias para revisão do PAEBM;
  - g) Conclusões do evento;
  - h) Ciência do responsável legal pelo empreendimento” (Brasil, 2017).

A partir do conteúdo apresentado, FEMA (2013, p. 1-4) propõe que as informações necessárias sejam sintetizadas em seis pontos básicos dentro do PAE:

- 1. Fluxograma de informações e contatos;
- 2. Processo de resposta ao evento;
- 3. Atribuições e responsabilidade de cada envolvido;
- 4. Descrição das ações de preparação;
- 5. Mapas de inundação;
- 6. Informações adicionais em anexos.

FEMA (2013) descreve de forma pormenorizada os passos para a descrição do processo de resposta a uma emergência que deve ser descrito no PAE sendo eles: detecção, avaliação e definição do nível da emergência, notificação e comunicação, ações de emergência, conclusão e acompanhamento.

Sobre o limite das responsabilidades do empreendedor, FEMA (2013) indica que são as seguintes: detecção, avaliação e definição do nível de emergência, notificação e comunicação com as autoridades. A partir desse ponto, a responsabilidade por coordenar e direcionar a resposta ao incidente caberia aos órgãos públicos.

Para a doutrina brasileira, o documento que deve estar em consonância e deve complementar o PAE é o Plano de Contingência, sendo a elaboração de responsabilidade do município. Para entendimento sobre o conceito é indicada a seguinte concepção:

“Documento que registra o planejamento elaborado a partir da percepção e análise de um ou mais cenários de risco de desastres e estabelece os procedimentos para as ações de

*monitoramento (acompanhamento das ameaças), alerta, alarme, fuga, socorro, assistência às vítimas e restabelecimento dos serviços essenciais” (Brasil, 2017c, p. 22).*

Dentro da própria conceituação são destacadas as ações que devem ser descritas dentro do Plancon, sendo elas: o monitoramento, alerta e alarme, fuga e evacuação das áreas de risco, socorro e salvamento das vítimas, assistência a elas e restabelecimento dos serviços essenciais.

Considerando os limites que FEMA (2013) apresentou para o PAE, identificou-se os seguintes pontos de convergência entre as legislações e conceitos desses dois instrumentos de segurança: monitoramento da ameaça e dos riscos, a indicação dos sistemas de alerta e alarme que devem ser utilizados e os mecanismos de comunicação com os envolvidos na resposta. Desta forma, pela doutrina americana, percebe-se que o empreendedor, após notificar as autoridades e emitir o alerta e alarme deve auxiliar e apoiar os órgãos públicos nas ações, conforme descrito no plano de ação de resposta.

Já no caso brasileiro, com o advento da Portaria 70.389/17 da ANM, da Lei 23.291/19 no estado de Minas Gerais e a Lei 14.066/20, a responsabilidade do empreendedor aumentou com a criação de ZAS. Indicada como área que, em razão da proximidade da estrutura, é impossibilitada a reação imediata dos órgãos públicos para a evacuação e socorro das pessoas e animais, dentro dessa área tais ações tornaram-se atribuição do empreendedor e pelo conceito de autossalvamento, necessitam da participação direta da própria comunidade que está a jusante da barragem.

Após o rompimento da barragem de Brumadinho, a Lei Estadual 23.291/19 trouxe outras definições que esclarecem as dúvidas sobre as ações de responsabilidade direta do empreendedor que devem ser descritas no PAE e seu ponto de ligação com os planos de contingência municipais.

Portanto, com a publicação da Lei 23.291/19 no território mineiro ficou como escopo do PAE, além dos itens já delimitados pelas demais legislações, os seguintes tópicos:

- Previsão de sistema de alerta e alarme capaz de avisar as populações passíveis de serem atingidas;
- Resgate das pessoas e animais passíveis de serem atingidos;
- Abastecimento de água potável às comunidades afetadas;
- Mitigação dos impactos ambientais que podem ser causados;
- Resgate e salvaguarda do patrimônio cultural que pode ser afetado.

Ainda segundo o mesmo dispositivo, a ZAS pode ser majorada para 25 km levando em consideração a densidade e a localização das áreas habitadas e os dados sobre patrimônio cultural e natural da região.

## Resultados e discussão

Considerando o contexto histórico que marcou o início da exploração dos recursos minerais no Brasil até o surgimento das agências reguladoras do setor e suas respectivas normas, percebe-se que somente no ano de 2010 a temática de segurança de barragens ganhou notoriedade no tocante ao interesse público por meio da publicação da Lei 12.334 no ano de 2010, a qual passou a exigir planos específicos (PAE) para lidar com determinadas categorias de barragens.

Como observado em FEMA (2013), o PAE é um documento que deve direcionar todas as ações de resposta a emergências que envolvam, no caso, às barragens. No entanto, conforme visto a partir da leitura dos dispositivos normativos no estado, o PAE tem reunido o anseio do cumprimento de diversas outras ações, que têm grande importância, mas que não estão relacionadas à fase de resposta em si. Ações de mitigação como indicadas em alguns dispositivos devem ser realizadas de forma imediata e não devem aguardar o acionamento do PAE. Apesar de estar positivado em normas específicas que a mitigação integra o PAE, entende-se pela característica de emergência que o PAE se destina, que ele deva conter apenas ações de resposta.

Reforçando o entendimento exposto, há uma diferença conceitual entre mitigação e resposta. Para o caso de possibilidade de rompimento de barragem, exemplos de ações de mitigação seriam: a construção de muros de contenção para evitar ou retardar a chegada do rejeito às áreas povoadas e a construção de acessos viários alternativos em áreas seguras para que não sejam utilizadas vias existentes em áreas suscetíveis a atingimento em caso de rompimento de barragem. Já ações de resposta são iniciadas quando identificada a situação de risco e sua transformação em perigo. Um ponto de debate seria se a realização de obras na estrutura depois de identificado algum risco poderia ser compreendida como ação de mitigação. Pelo entendimento, a resposta é que não. Isso porque o conceito de mitigação está ligado à minimização dos danos e não ao controle de uma situação que pode se tornar perigosa.

Como visto no quadro 2, as barragens possuem um ciclo de vida, e o PAE está ligado diretamente à fase de emergência na operação da barragem. A prevenção e a mitigação estão relacionadas a fases anteriores.

Dentre as licenças necessárias para viabilizar o empreendimento (licença prévia - LP, Licença de instalação - LI e licença de operação - LO), a única licença condicionada à aprovação do PAE é a licença de operação. Posto tal fato, é importante ressaltar que a licença de operação condiciona apenas a operação da barragem e toda estrutura necessária da mina. Em momentos anteriores, o empreendedor já obteve a licença prévia bem como a licença de instalação.

A partir do momento em que é concedida a licença prévia e em sequência a licença de instalação, o risco da estrutura foi aceito e já é fato. Nas fases posteriores de operação da barragem, apenas poderão ser adotadas medidas para correção estruturais ou para resposta a um evento identificado como emergência, dentre eles o rompimento.

Portanto, tanto a barragem quanto a mina já existem, e o PAE somente será um instrumento de segurança que norteará as medidas de reação frente a uma possível emergência. E por isso, ele será utilizado para auxílio no processo de tomada de decisão, direcionamento das ações de resposta e proteção das populações, animais e bens presentes nas áreas a jusante da barragem.

Diante do escopo apresentado, ponto de extrema importância que irá variar conforme os dispositivos normativos vigentes, onde termina a obrigação de agir do PAE e começa as responsabilidades dos órgãos públicos indicadas no Plano de Contingência Municipal. Um documento deve ser complementar ao outro, por isso a importância da comunicação e integração entre o empreendedor e as estruturas locais de proteção e defesa civil.

Enquanto o PAE deve descrever as responsabilidades do empreendedor, o Plano de Contingência, conforme preconiza a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, deve contemplar todos os riscos do município, incluindo as barragens e, ainda, conter todas as ações necessárias para proteger e salvaguardar a população suscetível ao risco o que inclui alerta e alarme e evacuação, restabelecimento dos serviços essenciais e assistência às vítimas e afetados.

O limite e a interseção entre PAE e Plancon irão variar conforme a legislação de cada localidade. No entanto, entende-se que o Plano de Contingência é o mais abrangente e completo, devendo contemplar todas as lacunas não previstas no PAE.

Outro ponto de discussão é a necessidade de metodologia e forma adequada para elaboração do PAE. Quanto à metodologia, a preocupação condiz com a clareza, objetividade e amplitude do documento. Nesse ponto, com a publicação do Decreto 48.078 em 05 de novembro de 2020, o estado de Minas Gerais foi pioneiro para a promoção da segurança da população bem como na criação de um ambiente de segurança jurídica. A partir desse dispositivo, o PAE será um documento que deve ser aprovado pelos órgãos públicos nele indicados, com base em instruções técnicas que devem ser publicadas por eles com a definição de critérios e procedimentos.

Quanto à forma, a publicação do decreto promoverá benefícios importantes, pois é esperado que por meio das instruções técnicas elaboradas pelos órgãos públicos responsáveis pela aprovação seja proposta a forma e o conteúdo do documento.

Por ser um documento que será utilizado em situações de emergência, encontra-se a necessidade do PAE ser um documento objetivo, de rápida leitura e fácil compreensão.

Outro fato que pode provocar grande melhoria no processo de elaboração dos PAE é a de que os empreendedores e sua equipe de assessoramento devem entender que ele é uma ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão. O PAE que deve nortear os procedimentos e que responderá às principais perguntas que colocam os gestores em situações de dúvida nos momentos de crise, envolvendo emergências. Exemplos das principais dúvidas que devem ser sanadas por ele são as seguintes: Quando é identificada uma situação de emergência? O que deve ser desencadeado a partir daí? Como vou avisar aos possíveis afetados a necessidade de evacuação? Quem é responsável pela execução de cada uma das ações? Quem deve acionar para a resposta? Assim, ele ganhará seu devido valor dentro do empreendimento.

Um novo marco para a gestão do risco de barragens no estado de Minas Gerais será a publicação das instruções técnicas que trarão os critérios e procedimentos para aprovação desses documentos.

## Conclusão

Por meio da revisão bibliográfica realizada e dos tópicos acima debatidos, pode ser visto que a segurança de barragens e, especificamente, o Plano de Ação de Emergência é fato recente. As temáticas antes normatizadas e debatidas se restringiam ao controle da produção, ao direito de exploração e, posteriormente, às questões de construção e engenharia.

Os desastres ocorridos trouxeram para a temática os órgãos de proteção e defesa civil, bem como demais profissionais especializados na gestão de crises e emergências. Por conseguinte, trouxeram também o PAE para o centro das atenções.

Dado a expressividade obtida, o PAE trouxe para si ações tão importantes quanto aquelas relacionadas à emergências, mas não ligadas diretamente a fase de resposta. Dessa forma, é importante que seu conceito seja compreendido por todos os envolvidos, para que ele seja elaborado com base no seu escopo, a emergência. Isso é importante, pois, caso ele traga assuntos diferentes da resposta e emergência, ele perde seu caráter prático e objetivo. Características cruciais para que ele seja utilizado como ferramenta para auxílio ao processo de tomada de decisões tanto para o empreendedor quanto para os órgãos de proteção e defesa civil.

Também pode ser vista evolução na legislação referente à segurança de barragens, em específico a vigente no estado de Minas Gerais. As maiores exigências impostas trazem grandes pontos de melhoria que propiciam maior segurança à população residente nas áreas próximas a

barragem, bem como criam um ambiente transparente e impessoal para que as empresas possam operar.

Tais mudanças eram necessárias, tendo em vista a realidade única do estado, na qual cidades, patrimônios históricos e culturais estão muito próximos às barragens. Nesse sentido, pode ser percebida toda a contribuição histórica para a construção do risco a esse tipo de desastre no estado.

Tendo em vista, todos os aspectos e conceitos debatidos, chegou-se a seguinte definição sobre o que vem a ser o plano de ação de emergência de barragem de mineração: documento técnico de responsabilidade do empreendedor que visa orientar e integrar as ações dos envolvidos na resposta a situações de desastre e emergências, que tem como objetivo a proteção e salvaguarda da população e do patrimônio presente nas áreas suscetíveis ao risco.

De forma complementar, sugere-se que os Planos de Ação de Emergência de Barragem de Mineração, sob o viés da proteção e defesa civil, sigam a seguinte estrutura:

- Dados básicos da barragem para contextualização do leitor e compreensão do cenário;
- Lista de contatos das pessoas e órgãos que devem ser acionados em situações de emergência;
- Identificação dos critérios e dos fatos que podem ser caracterizados como riscos;
- Definição dos critérios e identificação dos níveis de emergência;
- Protocolos de ação por nível de emergência;
- Anexos: mapas de inundação; relação de residentes nas áreas de risco, principalmente das pessoas senis, com mobilidade de locomoção e com comorbidades; relação da infraestrutura que podem ser afetadas; lista de assinatura de validação pelos atores envolvidos na resposta; memórias de cálculo para estimativa do tempo previsto para evacuação das áreas e dimensionamento da capacidade dos pontos de encontro.

Dentro dos protocolos de ação por nível de emergência, devem ser descritas todas as ações necessárias para a resposta ao evento, sendo imprescindíveis as seguintes:

- Definição objetiva de quem, quando e como deve ser acionado cada nível de emergência;
- Definição objetiva de quando, quem e como deve acionar os sistemas de alerta e alarme (utilizar sempre a redundância para os sistemas de alerta e alarme com pelos menos dois dispositivos: o principal e o de segurança);
- Definição objetiva de como será realizada a evacuação de toda a população presente nas áreas suscetíveis ao risco com a definição dos responsáveis e recursos necessários;

- Definição objetiva de como quem, como, quando e quais os órgãos públicos deverão ser acionados em cada nível de emergência.

Apesar de ser recente, a política de segurança de barragens de mineração tem sido aprimorada ao longo do tempo e hoje possui diversos pontos de destaque para a promoção da proteção da população residente a jusante das estruturas, como: delimitação e possibilidade de majoração das zonas de autossalvamento, exigência pela instalação de sistemas de alerta e alarme, necessidade de aprovação dos Planos de Ação de Emergência pelos órgãos públicos competentes e obrigatoriedade de realização de exercícios simulados nas áreas de risco

Por fim, fica claro que este assunto não está esgotado. Muitas pesquisas e estudos podem ser feitos na área, com vistas a aprimorar cada vez mais os procedimentos, critérios e planos.

### Referências bibliográficas

- Alves, A.N. (2008). Histórico e importância da mineração no Estado. *Revista do legislativo, Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais*, n. 41, jan./dez., 27-32. Disponível em <https://dspace.almg.gov.br/xmlui/bitstream/handle/11037/1589/1589.pdf?sequence=1>. Acesso: 04 de novembro de 2020
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Portaria 70.389 de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. 2017a.
- Brasil. Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.
- Brasil. Lei 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa

Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n.º 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

Brasil. Lei 14.066 de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei n.º 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. Portaria n. SECEC n. 187 de 26 de outubro de 2016: caderno de orientações para apoio a elaboração de planos de contingência municipais para barragens.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. DEPARTAMENTO DE PREVENÇÃO E PREPARAÇÃO (2017b). Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. DEPARTAMENTO DE MINIMIZAÇÃO DE DESASTRES (2017c). Módulo de formação: elaboração de plano de contingência: livro base. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília.

Brasil. Resolução n. 143 de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Brasil. Resolução n. 144 de 10 de julho de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Carvalho, G. B. de (2018). *Incidências de impactos decorrentes de acidentes com barragens de rejeito*. Orientadora: Prof. Dra. Rosyelle Cristina Corteletti. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia. Ouro Preto, 2018.

FEMA - FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (2013). Federal Guidelines for Dam Safety: Emergency Action Planning for Dams. FEMA 64. July

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (2015). *Panorama da Mineração em Minas Gerais*. Instituto Brasileiro de Mineração, Sindicato Nacional da Indústria da Extração do Ferro de Metais - Brasília: IBRAM.

Mello, F. M. de., Piasentin, C. (2011). *A História das Barragens no Brasil, Séculos XIX, XX, XXI: Cinquenta anos do Comitê de Barragens*. Rio de Janeiro, RJ: CBDB, 524 p.

MINAS GERAIS (2019a). Lei 23.291 de 25 de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens.

MINAS GERAIS. GABINETE MILITAR DO GOVERNADOR (2019b). Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Plano de Segurança para as comunidades próximas a barragens de mineração-CEDEC - Minas Gerais: GMG.

MINAS GERAIS (2020a). Decreto n. 48.078 de 05 de novembro de 2020. Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência - PAE -, estabelecido no art.9 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens.

MINAS GERAIS (2020b). História. mg.gov.br. 2020. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conheca-minas/historia>. Acesso em 05 de novembro de 2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (2012). Guia técnico para atuação do Ministério Público no licenciamento ambiental das atividades de mineração. MPMG Jurídico: revista do Ministério Público de Minas Gerais. Edição Especial Guia Técnico de Mineração. Belo Horizonte.

NEW ZEALAND. MINISTRY OF CIVIL DEFENSE & EMERGENCY MANAGEMENT (2009). Public Alerting: Options Assessment Information for the CDEM sector [IS10/09]. Civil Defense.

Silva, O. P. da (1995). A mineração em Minas Gerais: passado, presente e futuro. *Genomos*. Belo Horizonte, v.3, n.1, 77- 86. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11523>. Acesso em 05 de novembro de 2020.

Souza Junior, T. F. S., Moreira, E., Heineck, K. S. (2018). Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. *Holos*, v. 05, n.º 34.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PESQUISA E ESTUDOS SOBRE DESASTRES (2012). Capacitação básica em Defesa Civil [Textos: Janaina Furtado; Marcos de Oliveira; Maria Cristina Dantas; Pedro Paulo Souza; Regina Panceri]. - Florianópolis: CAD UFSC.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PESQUISA E ESTUDOS SOBRE DESASTRES (2014). *Gestão de desastres e ações de recuperação*. Florianópolis.



RISCOS



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)\*

67

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](mailto: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 lazeres, 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 interditas, 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	Itapeçerica-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. Aí 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”. Aí, 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 conseqüências, 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 conseqüências 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 conseqüências 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 conseqüências, 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

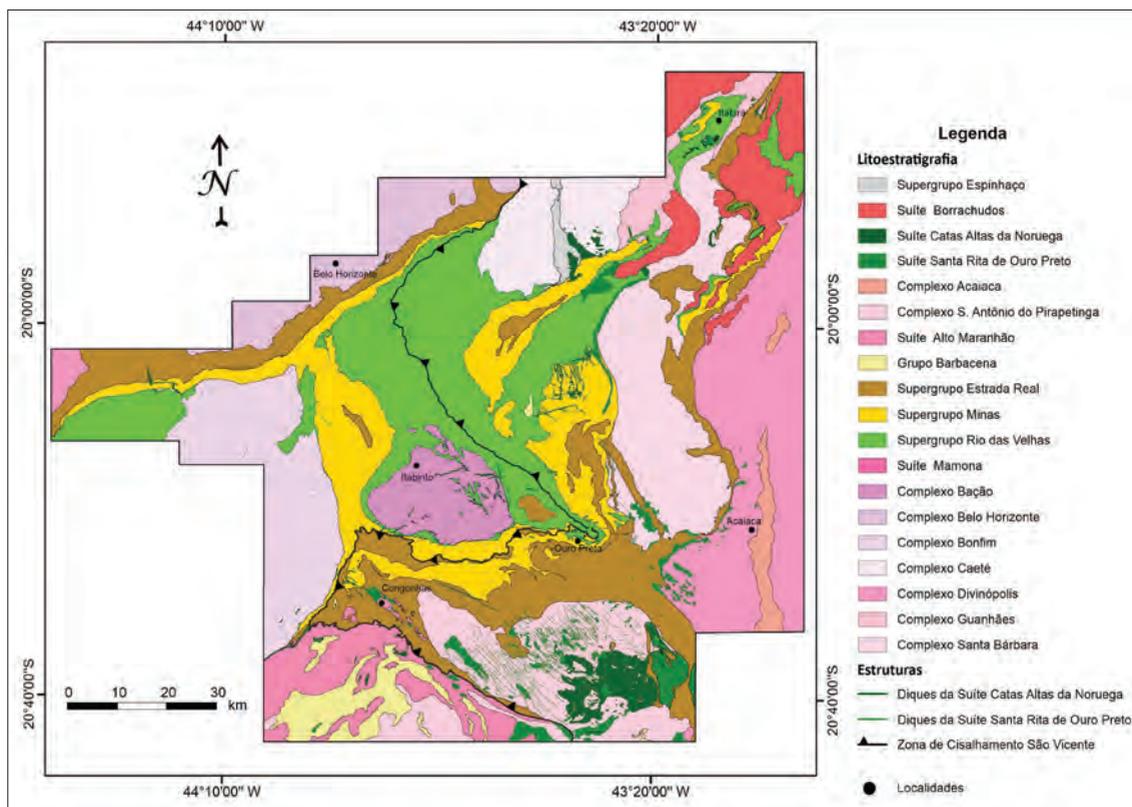


Fig. 1 - Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero (Fonte: Endo et al., 2020).

Fig. 1 - Simplified geological map of the Iron Quadrangle (Source: Endo et al., 2020).

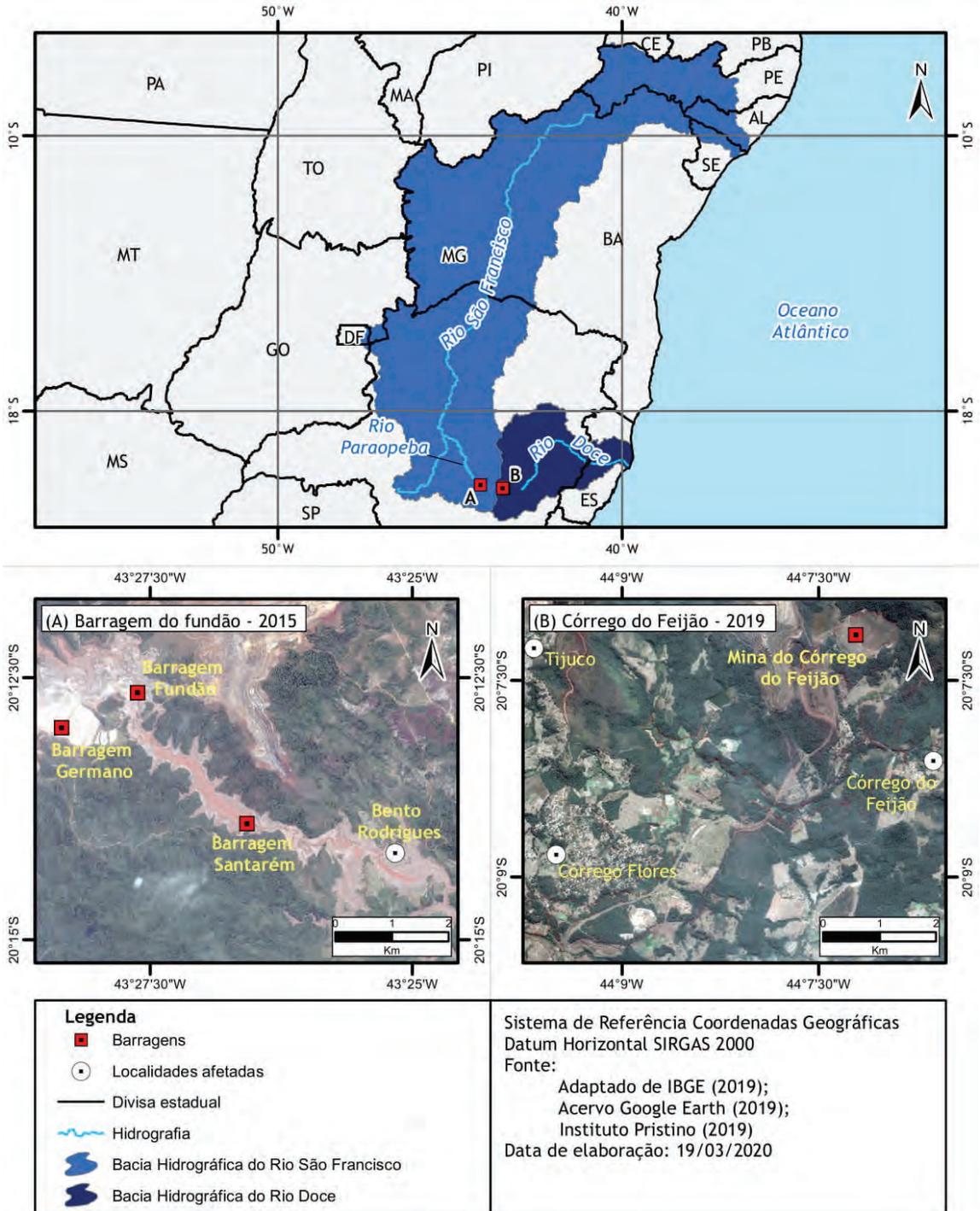


Fig. 2 - Localização das Barragens do Complexo Industrial da Samarco e da Barragem da Mina do Córrego do Feijão da VALE S.A., no Contexto Regional - MG/Brasil (Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019); Acervo Google Earth (2019), disponível em: <https://www.institutopristino.org.br/atlas/municipios-de-minas-gerais/baixar-os-arquivos-shp-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 25<sup>th</sup>, 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 inovadoras 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/UFMG.
- 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](http://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](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros_publicados). DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_24\\_1](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, Sylvania 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 PARAOPEBA (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 Pristino, 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](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.
- SEDRO - 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 Lívia 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](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].



RISCOS



IMPOSIÇÃO DE RISCOS E ESTADO DO LICENCIAMENTO DAS MINAS GERAIS\*

RISK IMPOSITION AND LICENSING STATUS OF MINAS GERAIS

93

Gustavo Tostes Gazzinelli

Gabinete de Crise da Sociedade Civil - Plataforma de Informação e Justiça Socioambiental (Brasil)

ORCID 0000-0002-0903-5969 [gt.gazzinelli@gmail.com](mailto:gt.gazzinelli@gmail.com)

RESUMO

A mineração de ferro no estado de Minas Gerais (Brasil) é tema central do presente artigo, na perspectiva do neoextrativismo e de decisões de órgãos públicos e instâncias colegiadas com deliberado desequilíbrio de interesses. Apresentamos sucintamente as condições da ocupação territorial do Quadrilátero Ferrífero (e Aquífero) e sua estruturação contemporânea para a exportação de minério de ferro. Expomos como a integração e ampliação de estruturas de extração e beneficiamento do minério de ferro resultam, cada vez mais, na utilização de grandes barragens/reservatórios de rejeitos.

Casos destacados das mineradoras Samarco, Vale e Anglo American ilustram as formas tendenciosas da gestão e autorização de intervenções territoriais pelo Estado e conselhos de meio ambiente. Neste contexto, manobras de interpretação de dispositivos legais conduzem à suspensão e protelação da realização de direitos. Como consequência, sob a pressão de megaprojetos minerários e interesses corporativos a estes associados, riscos são impostos, pelas autoridades do Estado, às condições de vida quotidiana de comunidades, que passam a viver situações de desastres sem que estes tenham necessariamente ocorrido.

**Palavras-chave:** Atingidos, desastres, mineração, poder, território.

ABSTRACT

Iron mining in Minas Gerais (Brazil) state is a central theme of this paper, from the perspective of neo-extractivism and decision making by public and collegiate bodies with a deliberate imbalance of interests. We briefly set out the territorial occupation conditions of the *Quadrilátero Ferrífero* [Iron Quadrangle] (and Aquifer) and its contemporary iron ore export structure. We show how the integration and expansion of iron ore extraction and processing facilities has led to the increasing use of large dams/tailings reservoirs.

The Samarco, Vale and Anglo American mining companies illustrate the biased forms of State and environmental councils authorization for territorial interventions. In this context, the manoeuvres of involved in interpreting legal provisions lead to suspension and procrastination when it comes to achieving rights. As a consequence, under pressure from mining megaprojects and associated corporate interests risks are imposed on the day-to-day life of communities, which end up living through disaster situations without them necessarily having occurred.

**Keywords:** Affected, disaster, mining, power, territory.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 07-07-2020, sujeito a revisão por pares a 13-07-2020 e aceite para publicação em 20-11-2020.

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

## Introdução

Este artigo trata das condições super-estruturais e infraestruturais que determinam a imposição, a gestão e o tratamento burocrático e normativo de riscos prévios e condicionantes da realização trágica, aguda, apoteótica de desastres. Desastres, na situação aqui analisada, são *sociotécnicos*, “*processo[s] deflagrado[s] para além de uma avaria ou erro meramente técnico, remetendo-nos, assim, às falhas da governança ambiental, produtoras de novos padrões de vulnerabilidade que expuseram, de fato, a população ao risco*”, isto é:

“[...] para além dos parâmetros físicos e dos problemas de predição e quantificação das consequências, a questão central não repousa na confiabilidade técnica do sistema, mas na localização geográfica das instalações perigosas, no montante de investimento em segurança e prevenção, nas decisões políticas relativas ao licenciamento dessas estruturas e na escolha técnica das barragens como forma de disposição de rejeitos, fatores que engendraram a produção e reprodução de injustiças ambientais. [...] Essas condições foram [são] assumidas pelas empresas e pelo estado brasileiro através dos órgãos ambientais e agentes de fiscalização sob o status de normalidade [...]” (Zhou et al., 2018, p. 41-42)

O artigo ilustrará como algumas destas situações ocorrem, nos casos do rompimento da barragem Fundão (complexo Germano/Samarco), da gestão ambiental e jurídica envolvendo a barragem Sul Superior (mina de Gongo Soco/Vale), declarada em situação de emergência ou iminência de ruptura desde fevereiro de 2019, e da barragem de rejeitos do projeto Minas-Rio (Anglo American), com comunidades situadas no vale a jusante dela.

A partir dos casos ilustrados será possível observar que as “*falhas de governança*” são acordadas em instâncias ou gabinetes de governança superiores, reforçadas por pareceres técnicos e jurídicos de órgãos de Estado, por deliberações colegiadas (conselhos e câmaras *técnicas* ou *especializadas*) compostas em considerável desequilíbrio a favor do setor da mineração. O *sistema* decisório-sancionador-normativo compõe o ambiente de incubação e condicionamento (ou preparação) dos desastres e das situações equivalentes a desastres do ponto de vista das pessoas e ambientes atingidos.

Também se observará que estas falhas resultam de uma cultura compartilhada por corporações técnicas, afinadas com a suposta responsabilidade social e ambiental de grandes empresas do setor e de órgãos do poder público no Brasil, o que tem resultado na imposição das alternativas tecnológicas e de localização das estruturas de disposição de rejeitos, entre outras,

em interseção com a formulação, regulamentação e aplicação de definições conceituais, e de táticas e estratégias administrativas e jurídicas para desobrigar maior “*montante de investimento em segurança e prevenção*” dos projetos.

Esta cultura (técnico-jurídica) vai ao encontro do consenso global sobre o lugar ou papel dos países e regiões produtoras de *commodities* na divisão internacional do trabalho, cujo subproduto mais recente é a proposta do Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM) e do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (Unep) sobre gestão de barragens.

O método de construção argumentativa ou narrativa do presente trabalho baseia-se por um lado em relatos, conclusões e descrições de situações trazidas à luz por pesquisas acadêmicas e por relatórios, reportagens, testemunhos de campo, ou seja, da produção acadêmica que tem sistematizado o conhecimento sobre acontecimentos e processos decisórios que os envolvem, como também do testemunho dos que vivem a realidade dos territórios, com fortes atividades e pressões da mineração, e das instâncias que têm poder para licenciar estas atividades. Estes testemunhos estão registrados em atas de reuniões do Poder Público, sobretudo o da área de meio ambiente do Estado de Minas Gerais, e em notícias divulgadas pela imprensa e organizações da sociedade civil nas redes sociais.

Enquanto participante de instâncias colegiadas, produtor de pareceres de vistas para tais instâncias, de representações para o Ministério Público e documentos de assessoria a comunidades atingidas, entre outras ações de acompanhamento dos problemas da mineração há vários anos, o autor tem também a condição de compreender passos dados nos processos de normalização e decisão percorridos ao longo do período em estudo. Tem a clareza de que, neste contexto, além de ações que promovem danos e instabilidades sociais, ambientais e políticas, o arbítrio sobre o *poder fazer* (e consequentemente sobre o *fazer fazer*) nos territórios extrativistas é o principal alvo de conquista e realização pelas mineradoras. Isso é feito por meio de decisões políticas de instâncias decisórias (caso a caso ou por meio de leis, regulamentos) e por decisões judiciais.

Por princípio do direito administrativo, sabe-se que a tomada de decisões deve ser motivada, baseada em fundamentos, muitas vezes com informações sistematizadas da realidade factual - por exemplo, pelo monitoramento das condições ambientais de uma área, de um curso de água ou das condições socioculturais e econômicas de uma comunidade. A apresentação de dados, projeções, teorias, teses, hipóteses (e sua desejável exposição ao contraditório sobre tais elementos) é utilizada para justificar a suposta racionalidade e possível legitimidade da tomada de decisões.

Os casos aqui relatados tentam ilustrar, com fundamento em documentos de processos administrativos do Estado de Minas Gerais, em manifestações e justificativas oficiais ou trazidas a sessões públicas sob coordenação do Estado, como estas motivações e informações são processadas, se dão ou deixam de ser consideradas nos processos que resultam nas situações apresentadas aos leitores do artigo.

A contextualização dos territórios dos casos e conflitos aqui mostrados será em princípio baseada na presença de uma estrutura - destacadamente, de uma ou mais barragens de rejeitos -, de comunidades alcançadas pela lama real ou pela “invisível”, ou por vir, e também por estruturas minerárias convergentes, na mesma territorialidade, o que aprofunda o cenário de pressão analisado.

Por outro lado, é também objeto do estudo, em um dos casos analisados (o do sinclinal Gandarela), apontar para o cenário contrafactual ou para a perspectiva contra ou não-minerária (ou seja, de conservação ambiental, diversificação econômica e respeito a modos de vida de comunidades tradicionais) em oposição a cenários impostos pelo poder da mineração. Até aqui, o factual tem representado a sistemática vitória da atividade minerária contra outras vontades, perfis ou vocações territoriais. Entenda-se a contrafactualidade no presente caso não como a simulação de um passado possível, mas como uma disputa pelo destino, pela ocupação e uso do espaço físico e em oposição a valores colocados pelos grandes grupos, corporações econômicas e por operadores das decisões técnicas e políticas, como *verdades* estabelecidas.

#### Dos sujeitos e ritos do licenciamento ambiental e minerário

No Brasil boa parte das licenças ambientais e autorizações de uso de água é prerrogativa dos *estados* (o mesmo que *províncias*, *departamentos*, *distritos* ou *regiões* político-administrativas em outros países), ao passo que a competência para legislar sobre recursos minerais e conceder direitos de explorá-los é privativa da União (artigos 20 a 26 e 30 da Constituição Brasileira). Tratar-se-á aqui de situações envolvendo diferentes fases do licenciamento ambiental: a *Licença Prévia* (LP), a *Licença de Instalação* ou implantação (LI) e a *Licença de Operação* (LO). De poucos anos para cá, há forte pressão de grupos econômicos pela simplificação do licenciamento, mediante aprovação concomitante de duas fases (LP+LI) e da LO em um segundo momento, ou pela aprovação simultânea das três licenças. A Licença Prévia é chave, pois em tese atesta a “*viabilidade ambiental*” do empreendimento. Importante registrar que cada licença, especialmente de projetos mais complexos e impactantes, é acompanhada por medidas “*condicionantes*”. As condicionantes são ações e obrigações vinculadas à concessão da licença.

Têm o objetivo de compensar danos, perdas ou prejuízos de ordem ambiental e social que serão causados pela realização de estudos prévios (por exemplo, sondagens), pela instalação e pela operação do empreendimento licenciado. Servem em princípio para ajustar medidas, para prevenir problemas, mitigar impactos ou repará-los.

No presente artigo, os órgãos de licenciamento e fiscalização de questões relacionadas à água e ao meio ambiente serão sobretudo aqueles ligados à *Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável* (Semad), órgão central do *Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais* (Sisema). Mas boa parte das decisões são tomadas pelo *Conselho Estadual de Política Ambiental* (Copam). Até início de 2016 o Copam concentrou as decisões relativas aos casos de mineração aqui analisados nas *Unidades Regionais Colegiadas* (URC Copam) e, entre 2016 e o presente, na *Câmara de Atividades Minerárias* (CMI-Copam ou CMI), que, a exemplo de câmaras técnicas de outras áreas, passa a tomar decisões sobre grandes projetos. Há outras instâncias relevantes do Estado nestes processos, como o *Conselho Estadual de Recursos Hídricos* e câmaras técnicas respectivas. Como *Estado*, com inicial maiúscula, estaremos nos referindo à administração pública.

Quanto à concessão e regulamentação das atividades de extração e à fiscalização das condições de segurança das barragens de mineração, estão elas com mais frequência subordinadas às normas e poder de polícia do *Departamento Nacional da Produção Mineral* (DNPM) e sua sucessora, desde 2019, *Agência Nacional de Mineração* (ANM), entidades vinculadas ao Ministério de Minas e Energia, de âmbito federal.

Importante esclarecer: a obtenção de um direito sobre polígono minerário no Brasil é iniciada pela *requisição de pesquisa* em área livre de requisições e direitos. Uma vez concedida a *autorização de pesquisa*, o requerente deverá concluir esta fase com a apresentação de um *plano de aproveitamento econômico* da jazida, a partir do que fará o *requerimento de lavra*. O alvará de exploração será assegurado pela *concessão de lavra*. Estes “*direitos*” sobre um mesmo polígono não garantem por si a exploração. Esta dependerá de outorgas de direito de uso de água e de licenças ambientais, como também da compatibilidade do projeto com leis municipais, destacadamente as relativas ao *uso* e à *ocupação do solo* - associadas ao zoneamento definido no Plano Diretor municipal.

#### Da região analisada

A região central de Minas Gerais contém a província com maior atividade de mineração no Brasil desde o século XVIII, com a descoberta e a exploração do ouro no período colonial e do império (séculos XVIII e XIX)

e do minério de ferro, desde meados do século XX. O minério de ferro brasileiro adquire relevância no período da 2ª Grande Guerra. No final dos anos 1940, os governos dos Estados Unidos e Brasil acordam a realização de estudos que mapearão as principais jazidas e resultarão em programas de estruturação de investimentos e modernização de infraestrutura para a exportação. Esse projeto adquirirá escala realmente maior dos anos 1970 em diante (Mata-Machado, 2003, faz cronologia bem organizada de todo o processo).

A ampliação da produção e a instalação de novas e grandes barragens de contenção de rejeitos têm se intensificado década a década nos últimos 30 a 40 anos, destacadamente na região do *Quadrilátero Ferrífero e Aquífero* (QFA ou Quadrilátero), assim denominado por movimentos ambientalistas, na primeira década do presente século. Nos anos 1990, estudos ambientais e hidrogeológicos passam a indicar as jazidas de minério de ferro como os mais importantes aquíferos regionais, portanto, vitais para a segurança hídrica dos habitantes da capital Belo Horizonte e da terceira região metropolitana brasileira, com seis milhões de habitantes. A condição aquífera deste Quadrilátero é bem descrita por Rodrigues (2016, p. 55-73). O QFA é a extremidade sul da cadeia do Espinhaço, uma considerável faixa de conjuntos serranos, que atravessa o centro e norte de Minas Gerais e boa parte do estado da Bahia na transição entre os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Na região central de Minas Gerais, que reúne o Quadrilátero e parte do chamado Espinhaço meridional, estabeleceu-se a lavra e mineração, sobretudo de ouro e ferro, nos últimos 300 anos. A região concentra o maior número de barragens de rejeitos no país. Nesta área, a Serra do Espinhaço divide as águas das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, em sentido sul-norte, e Doce, que flui para leste. Em Minas Gerais, a cadeia do Espinhaço é também área de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica (fig. 1). Sua representação geográfica compreende a Chapada Diamantina, no estado da Bahia (Campos *et al.*, 2019).



**Fig. 1** - Localização geográfica da área de estudo (Fonte da imagem: Google Earth, agosto de 2020).

*Fig. 1 - Geographic location of the study area (Image source: Google Earth, August 2020).*

### A mineração de ferro contemporânea: escala e integração de infraestruturas

O boom do preço das commodities e a subsequente expansão e exacerbação neoextrativista (Svampa, 2019, p. 46-54), nas duas primeiras décadas do século XXI, promoveram nova dimensão às plantas minerárias estruturadas na região do Quadrilátero. As minas passaram a compor grandes complexos de mineração. À ampliação do número de cavas e à expansão das existentes são adicionadas e ampliadas pilhas de estéril (PDEs) - a parte do solo e das jazidas *não aproveitadas como minério bruto* (Winge, Sigep/CPRM, 2001) -, instalações de tratamento (ou beneficiamento) de minério (ITMs), estruturas internas e externas de apoio, vias de acesso e instalações para transporte de materiais - por caminhões fora-de-estrada, correias transportadoras, rejeitodutos e tubulações de água - e ferrovias e minerodutos para escoamento da produção.

As pilhas de acumulação de estéril são implantadas em locais próximos às cavas e as barragens e reservatórios de rejeitos são estruturas anexas ou diretamente conectadas às instalações de beneficiamento ou tratamento centralizado dos minérios. Maior concentração das estruturas de beneficiamento e barragens anexas, maior o volume de rejeitos. Menor o teor de pureza dos minérios, maior a proporção de estéril e rejeitos.

Ao sul imediato do centro nervoso da região metropolitana de Belo Horizonte e da região do Alto Rio das Velhas, estão projetos da Minerações Brasileiras Reunidas, hoje controlada pela Vale (MBR/Vale). Estas jazidas fizeram parte dos domínios da antiga St. John d'El Rey Mining Co. (empresa de capital britânico, maior produtora de ouro no Brasil, do século XIX a meados do século XX) e do grupo Sociedade Brasileira de Indústria e Comércio de Minérios de Ferro e Manganês/Companhia Auxiliar de Empresas do Mineração (Icomi/Caemi). O atual complexo Vargem Grande é o principal representante do modo de ocupação territorial e integração de estruturas de mineração nesta área. Formado inicialmente pelas minas Tamanduá, Capitão do Mato e Abóboras, em Nova Lima, o complexo passa a incorporar as cavas de Sapicado, Galinheiro e instalações do ex-complexo Mina do Pico, no município de Itabirito (Vale, Relatório 20F/2019, p. 80, 2020).

No atual Vargem Grande as cavas representam algo como 30-40% das chamadas áreas diretamente afetadas (ADAs) por todas as estruturas do complexo. Somando ainda as minas vizinhas de Mar Azul, Capão Xavier e Mutuca (integrantes do complexo Paraopeba/Vale S.A.), é formado um *continuum* mineralógico de mais de 30 km de extensão, que inclui a totalidade do complexo Vargem Grande atual e da parte do complexo Paraopeba na sua vizinhança (fig. 2).

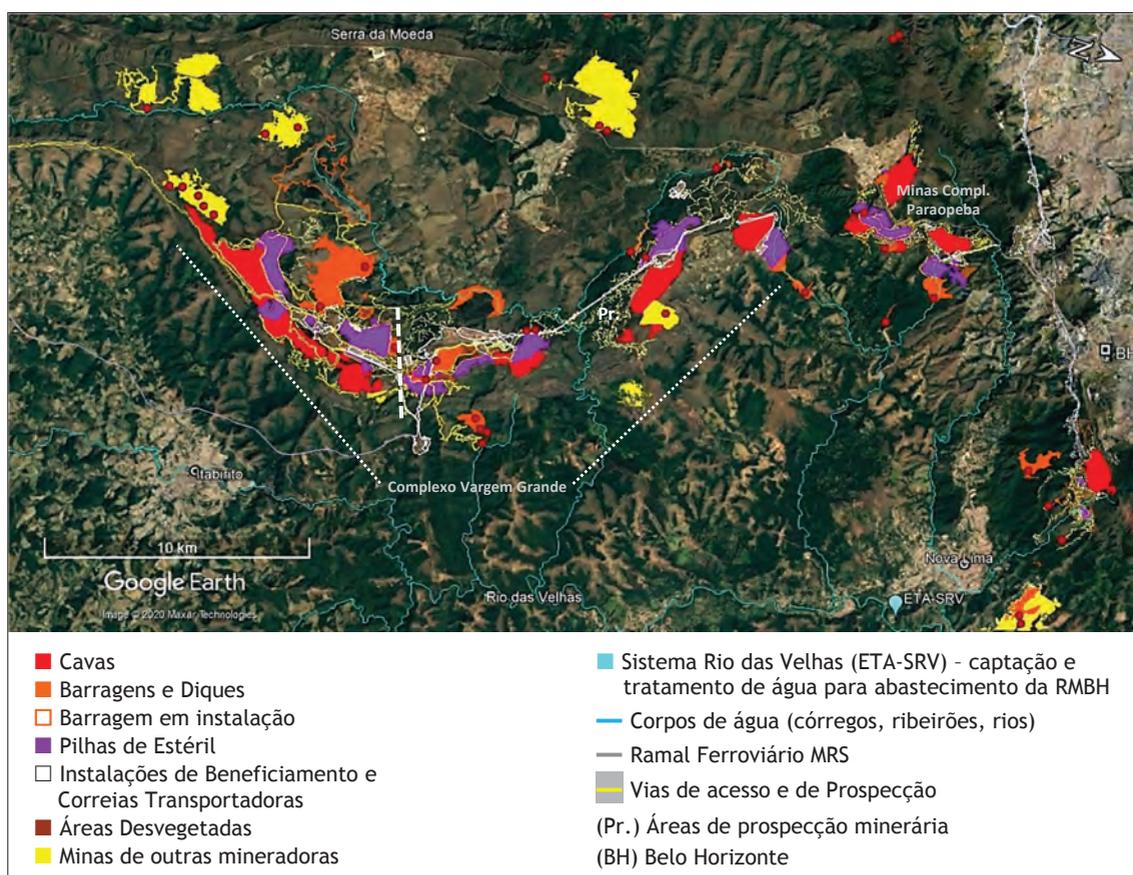


Fig. 2 - Articulação do complexo Vargem Grande com a incorporação do complexo mina do Pico (à esquerda da linha tracejada) estruturas do complexo Paraopeba. Juntas, elas formam o continuum mineralógico entre Itabirito e a mancha conurbada da região metropolitana de Belo Horizonte (Fonte da imagem: Google Earth, agosto de 2020).

Fig. 2 - Layout of the Vargem Grande complex with the incorporation of the Pico mine complex (to the left of the dashed line) and the Capão Xavier / Mar Azul / Mutuca mines (Paraopeba complex), forming the mining continuum between Itabirito and the conurbation area in the metropolitan region of Belo Horizonte (Image source: Google Earth, August 2020).

Percebe-se na área central do complexo Vargem Grande a articulação da estação de embarque ferroviário e as instalações de tratamento de minério (ITM) Pico e Vargem Grande (VG), que também têm em suas proximidades as barragens Maravilhas 2, maior reservatório de rejeitos do alto rio das Velhas (90 milhões de metros cúbicos), a barragem Maravilhas 3 (110 milhões m<sup>3</sup>, em implantação) e a barragem Vargem Grande (alçada a montante - 10 milhões m<sup>3</sup>) (fig. 3).

Condições similares da ocupação mineradora ocorrem em outras continuidades espaciais do Quadrilátero.

#### Cultura, técnicas e concentração de barragens de rejeitos em Minas Gerais

Desde os desastres-crimes da Samarco e da Vale em 2015 e 2019, está colocada em xeque a confiabilidade do sistema de automonitoramento e de fiscalização de barragens de mineração no Brasil e, particularmente,

em Minas Gerais, estado que concentra mais de 50% das barragens e reservatórios de rejeitos do território nacional, a maior parte delas na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e entorno imediato. O QFA é limitado ao norte pela Serra do Curral e a mancha conurbada da RMBH. A região de Itabira, na entrada para a região meridional da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, é descrita como um apêndice da estrutura geológica do Quadrilátero (fig. 4).

Os sistemas de disposição de rejeitos maciçamente adotados pela mineração de ferro em Minas Gerais têm relação direta com tecnologias de beneficiamento a úmido. Grandes volumes de água são empregados em moinhos que recebem o corpo mineral triturado e fazem a separação dos materiais presentes pelo peso relativo deles na água em movimento. São então direcionados como efluentes do processo, para reservatórios de disposição de rejeitos, ou como matéria-prima mineral, para outras etapas do beneficiamento.

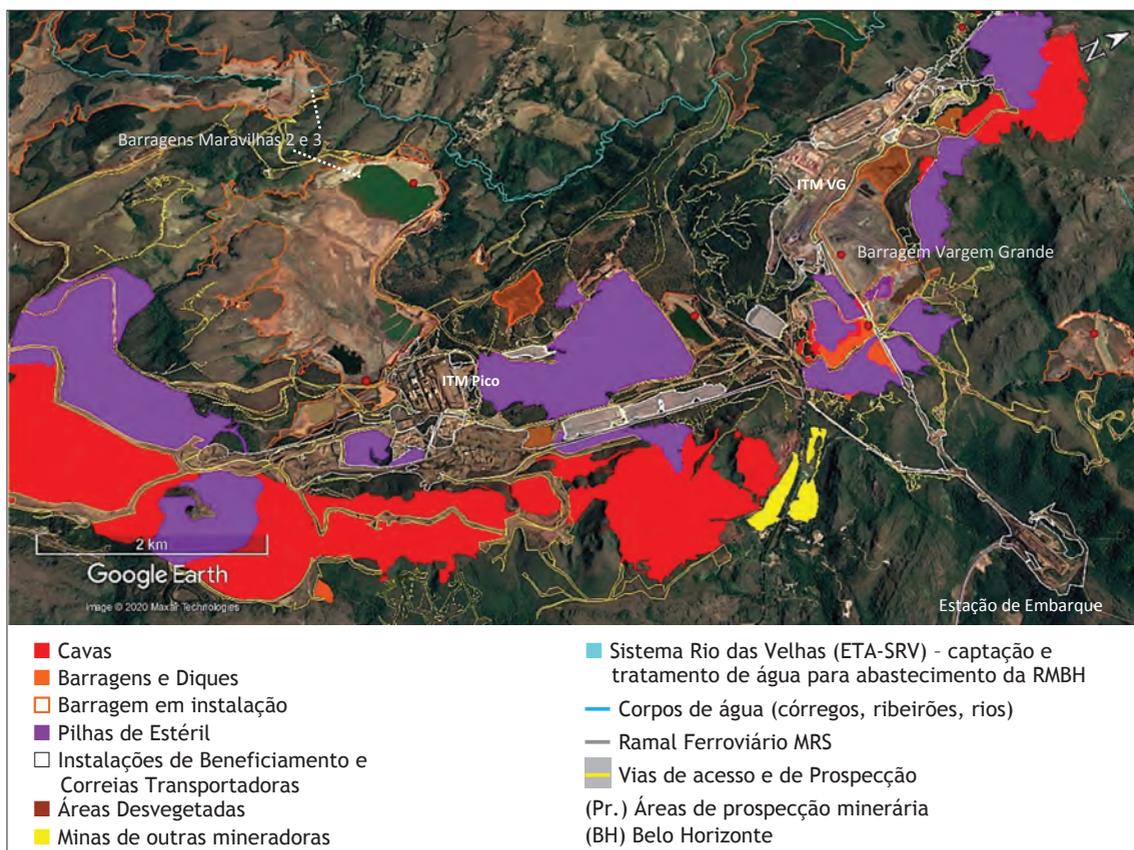


Fig. 3 - Pormenor da área central do complexo VG, com a articulação das ITMs com as barragens e a estação de embarque do minério processado (Fonte da imagem: Google Earth, agosto de 2020).

Fig. 3 - Central structures of the Vargem Grande mining complex, with Pico mine processing facilities in the centre and upstream of Maravilhas II dam, the largest tailings disposal reservoir (90 million m<sup>3</sup>) in the upper Rio das Velhas basin (Image source: Google Earth, August, 2020).

Poucos anos antes dos grandes desastres, Gomes analisa alternativas construtivas e tecnológicas de disposição e processamento de rejeitos de duas barragens da Vale. O autor demonstra que a economia do processo é ganha na disposição hidráulica ou convencional dos rejeitos, sem a operação de maquinário e sistemas mais eficientes de filtração ou adensamento. Na composição dos custos operacionais analisados, pesa o fator mão-de-obra necessário à operação dos sistemas de filtração e adensamento (Gomes, 2009, tabelas nas p. 127 e 145 e apêndice A, p.159-178).

As técnicas de construção e alteamento de barragens podem ser resumidas a quatro tipos: (a) em etapa única (geralmente usada em barragens de menor porte e em diques); e em sucessivas etapas, com a implantação de uma barragem de partida, sobre a qual serão feitos alteamentos (b) a montante, (c) a jusante ou (d) por linha de centro. Há casos de sistemas híbridos, com adoção de mais de uma modalidade de alteamento em sucessivas etapas de ampliação de uma barragem. O alteamento em diferentes etapas dilui o custo do investimento ao longo da vida útil do projeto.

A conexão direta entre mais de uma barragem em um mesmo complexo de disposição de rejeitos também ocorre. É notadamente o caso das barragens Germano, Fundão e Santarém (Samarco) antes do desastre de 2015, assim como de parte das barragens Forquilhas (Vale), em Ouro Preto, e do complexo de disposição de rejeitos da mina Casa de Pedra (CSN), em Congonhas. As barragens B4 e Casa de Pedra (fig. 6) são estruturas contíguas da CSN, alteadas por diferentes métodos. A B4 (13 milhões de m<sup>3</sup>) é cadastrada pela Agência Nacional de Mineração como alteada por método *a montante ou desconhecido*. Figueiredo (2007, p. 58) a registra como alteada para montante. Eventual rompimento da B4 poderá causar a liquefação da barragem Casa de Pedra (alteada a jusante), com mais de 65 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos acumulados (volumes obtidos em ANM-SIGBM público, maio/2020) acima de bairros residenciais de Congonhas e com mancha de inundação sobre cerca de 5000 moradores da cidade e localidades próximas. Interessante observar os dois braços das instalações de beneficiamento (área delineada pela linha branca), um direcionado para as barragens e outro para a estação de embarque ferroviário. Parte dos bairros de Congonhas situam-se em altitudes inferiores às barragens.

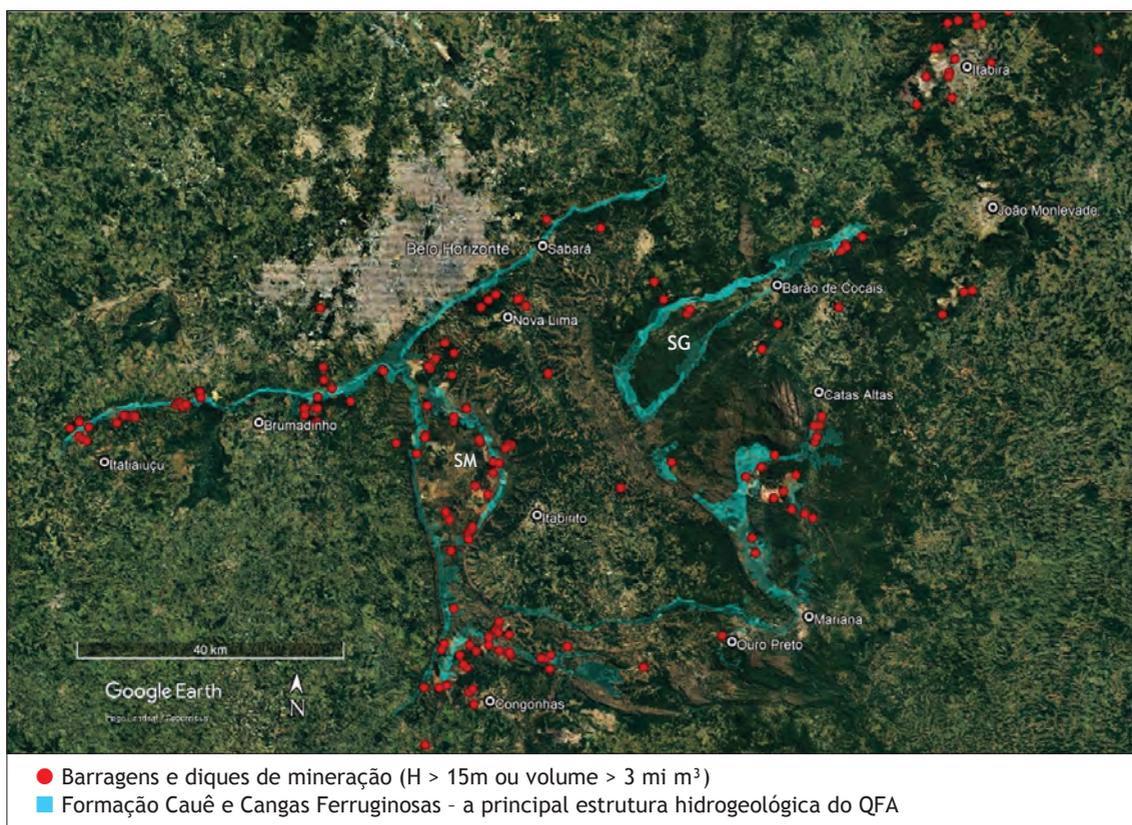


Fig. 4 - Barragens de Rejeitos e a estrutura hidrogeológica (formação Cauê) do Quadrilátero Ferrífero e Aquífero/QFA. Os maiores sinclinais do QFA, Gandarela e Moeda, estão indicados com as siglas SG e SM (Fontes: da imagem: Google Earth; dos dados: Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (ANM) e Atlas Digital Geoambiental do Instituto Pristino).

Fig. 4 - Tailings dams and the ferruginous structure (Cauê formation) of the Quadrilátero Ferrífero and Aquífero/QFA. The biggest synclines of the QFA Gandarela and Moeda, are indicated with the acronyms SG and SM (Sources: image: Google Earth; data: National Registry of Mining Dams (ANM) and Atlas Digital Geoambiental do Instituto Pristino).

O Boletim 121 *Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences* (Icold, 2001, com chancela da Unep) contabiliza informações enviadas por 20 organizações de um total de 52 consultadas de 18 países. Embora seja um dos principais levantamentos disponíveis, a base dele espelha uma parcela da realidade mundial dos desastres. O Brasil é exemplo de país sub-representado no estudo, o que mostra ser a cultura do monitoramento de barragens incipiente no país em 2001 e até, pelo menos, o evento ocorrido em Mariana (2015).

O levantamento Icold/Unep, reporta 221 casos de grandes desastres a acidentes de menor escala registrados ao longo do século passado. Observa-se a maior proporção dos desastres com barragens a montante (*upstream*), sendo aquelas com barragens de linha de centro em menor quantidade (Icold, 2001, p. 71). O relatório observa contudo que o número de barragens a montante, neste estudo, é bem maior do que as alteadas com outros métodos (Icold, 2001, p. 20). Ou seja, barragens alteadas a jusante ou por linha de centro estão também sujeitas a grandes ou pequenos desastres.

“As principais causas dos casos de desastres e incidentes relatados foram diagnosticadas como sendo a falta de controle dos balanços hídricos, da construção e dos aspectos que controlam a segurança das operações” (Icold/Unep, p.6, 2001, nossa tradução).

Outro fator que incide sobre a probabilidade de ruptura de barragens é a idade, conforme o gráfico de De Cea (fig. 5).

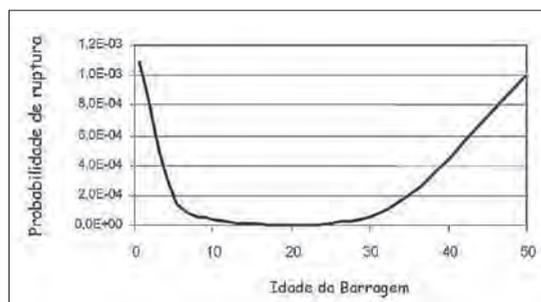


Fig. 5 - Gráfico de De Cea, com a probabilidade de ruptura em relação ao número de anos de barragens (Fonte: Balbi, 2008, p. 68).

Fig. 5 - De Cea graph, with the probability of failure in relation to the number of years of dams (Source: Balbi, 2008, p. 68).

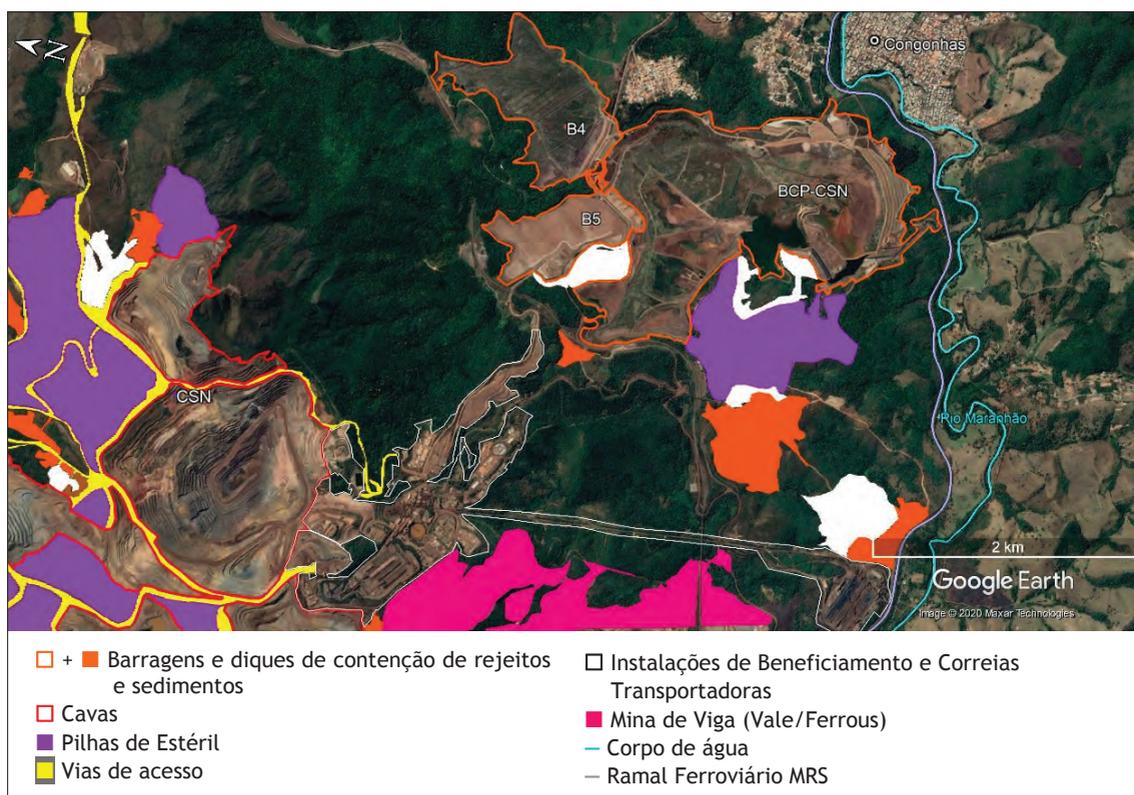


Fig. 6 - Barragens Casa de Pedra (BCP), B4 (altada a montante) e B5, e parte do complexo mineiro da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) (Fonte da imagem: Google Earth, 16 de setembro de 2020).

Fig. 6 - Casa de Pedra (BCP), B4 (upstream) and B5 dams, and part of the mining complex of Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) (Image source: Google Earth, 16<sup>th</sup> September 2020).

As atividades sísmicas (*earthquake*) são a segunda causa de desastres e a primeira as condições de estabilidade dos taludes dos barramentos (*slope stability*), conforme o relatório Icold/Unep (2001, p.73).

Se países como o Chile proibem o método a montante há mais tempo, devido à sismografia dos Andes, sismos de menor grau ocorrem em todo o mundo e são considerados possíveis gatilhos para o rompimento de barragens. A região do QFA tem tido registros de pequenos terremotos nos últimos anos.

A investigação-*denúncia* do Ministério Público Federal (MPF), contextualizando o histórico, decisões da empresa Samarco e do Estado sobre a barragem rompida do Fundão, identifica a realização de estudos prévios que acusavam a existência de falhas geológicas e a probabilidade de ocorrência de eventos sísmicos na região das barragens Germano e Fundão (MPF, out/2016, p.77). Pouco após o rompimento de barragem da mineradora Herculano (setembro/2014), é protocolado ofício no DNPM sobre a existência de movimentação do solo e possíveis novos deslizamentos, em vista da descoberta de vazios ou “canais subterrâneos abertos ao longo de linhas de

*falhamento entre as áreas das barragens B4 e B1”* (Mendo de Souza, 2014, p. 1-2).

Por outro lado, técnicas de beneficiamento a seco de minério de ferro e de processamento de rejeitos em forma de pasta, embora apontadas como alternativas às barragens, são preteridas ao longo das últimas décadas pelas empresas, corporações técnicas e órgãos públicos, a pretexto de custos elevados ou impossibilidade técnica de efetivação. Em seminário realizado dois meses antes do desastre da Samarco, um especialista em rejeitos comenta que “o pessoal de geotecnia no Brasil não assimilou a pasta” - “[...] o pessoal da geotecnia tem aversão à pasta. [...] A tradição é de fazer barragem. O cara sabe fazer barragem a vida inteira. Ele não quer mudar [...]” (CERH, 2015).

O beneficiamento a seco e o adensamento de rejeitos serão incorporados ao discurso das mineradoras após os desastres de 2015 e, sobretudo, 2019, quando as corporações que as representam começam a vender a ideia de que podem minerar de outra forma. Relatórios anuais de sustentabilidade (RAS - 2012, 2013 e 2014) da Samarco não registram investimentos em pesquisa sobre processamento e disposição de rejeitos. As pesquisas

tecnológicas desta como de outras grandes mineradoras visam basicamente ganhos de produtividade.

A deseconomia dos desastres não havia entrado, até aqui, no radar da megamineração ou do que ela expõe publicamente. Os “*custos ocultos, ambientais e sociais, incorporando, por exemplo, o valor econômico da contaminação*” não são contabilizados pelos projetos extrativistas, “*acabam sendo transferidos à sociedade*”. “*Assumir esses custos reduziria a rentabilidade das empresas e evidenciaria os magros benefícios para o Estado e a sociedade*” (Acosta, 2016, p. 63-64).

### Normas sobre licenciamento e barragens

Nos dois meses que sucedem à catástrofe da Samarco (25 de novembro de 2015) sobre os povoados de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo e 680 kms dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até o litoral norte do estado do Espírito Santo, o governo de Minas Gerais lidera e obtém a aprovação da lei 21.972, de 21 de janeiro de 2016, que flexibilizará e agilizará os procedimentos de aprovação de projetos de implantação e ampliação de grandes complexos e estruturas de mineração no estado. Trata-se do maior *efeito derrame* pós-desastre Samarco em Minas Gerais, sob a liderança do então governador Fernando Pimentel, do Partido dos Trabalhadores. Por efeito derrame, no presente caso, entenda-se a produção (e o espalhamento) de procedimentos burocráticos e decisórios de licenciamento (e respectivas consequências sociais e ambientais), modificados e flexibilizados por novas normas ambientais, com a consequente promoção de impactos na qualidade ambiental e nas condições sociais e territoriais que serão atingidas por grandes empreendimentos licenciados sob as novas regras (Gudynas, 2016, p. 28-33).

A lei aprovada concentra a definição das prioridades de licenciamento em conselho de “*desenvolvimento econômico*” diretamente subordinado ao governador do Estado e autoriza a criação de câmaras técnicas especializadas que concentrarão a análise de processos com potencial poluidor elevado. A Câmara de Atividades Minerárias (CMI) do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) será composta majoritariamente por órgãos governamentais e corporações associadas aos interesses das mineradoras.

Estudo produzido pela Controladoria Geral do Estado mostra a mineração como o setor mais priorizado pela máquina administrativa e a governadoria de Minas Gerais, com total de 65% dos projetos encaminhados pela Superintendência de Projetos Prioritários/Semad (Suppri) às câmaras especializadas do Copam. As outras câmaras referem-se à atividades industriais, agrossilvipastoris e de infraestrutura de energia, transporte, saneamento e urbanização (CGE-MG, 2019, p.11).

No final de 2018, as agilidades propiciadas por esta lei de flexibilização ambiental permitem a precipitada aprovação de projeto envolvendo o aproveitamento econômico de finos de minério de uma barragem inativa da mina Córrego do Feijão (Vale S.A.), a barragem B1, que romperá, dois meses depois, matando 270 pessoas.

Os deputados que flexibilizam as regras de licenciamento ambiental manterão engavetado o projeto de lei (PL) *Mar de Lama Nunca Mais*, proposto pela Associação Mineira do Ministério Público com apoio de várias organizações ambientalistas e a subscrição de cerca de 56 mil cidadãos. O PL só será aprovado um mês após a catástrofe da Vale em Brumadinho, como lei n.º 23.291/2019.

### Zona de Autossalvamento e Alto Risco de Morte

Em 2017, ainda sob o impacto do desastre da barragem do Fundão/Samarco, o então DNPM publicará a portaria 70.389, detalhando conceitos e medidas técnicas para a segurança de barragens de mineração - alguns inspirados na redação do PL *Mar de Lama Nunca Mais*.

A *Zona de Autossalvamento* (ZAS) - a porção do vale a jusante da barragem, em que, em situação de emergência, não há “*tempo suficiente para intervenção das autoridades competentes*” - é um dos conceitos chave formulados pela portaria. A partir dessa definição, empresas detentoras de barragens de mineração classificadas como de *danopotencial alto*, sobretudo pela existência de população residente ou frequente na ZAS, são obrigadas a elaborar planos de segurança de barragens (PSB), de ações emergenciais (PAE) e *mapas de inundação*, “*compreendendo a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por uma eventual ruptura da barragem*”. Em 2019, a Lei *Mar de Lama Nunca Mais* reiterará a definição da ZAS como o maior trecho atingido pela lama dentre 30 minutos pós-rompimento ou 10km, e inscreverá a possibilidade de extensão do trecho a 25km, a critério das autoridades competentes. Em 5 de novembro de 2020, data dos cinco anos do desastre Samarco, o governador de Minas Gerais Romeu Zema determina coordenação da definição da extensão até 25 km por seu Gabinete Militar, onde também está a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (Cedec). A participação social na avaliação das medidas, de acordo com o decreto 48.078/2020, é também entregue ao gabinete militar da governadoria.

A portaria 70.389/2017 classificará as barragens a montante com a maior pontuação negativa no quesito métodos construtivos. A lei 23.291/2019 as proibirá e fixará prazos e a necessidade de regulamentos dos órgãos ambientais para a descaracterização destas barragens, isto é, para sua desconstrução (arts. 12 e 13). Em 2020, será promulgada a lei federal 14.066, que trará importantes modificações à lei 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e passará a incorporar a mesma vedação.

### Territórios do medo e *modus cooperandi* Estado-Mineração

O clima de insegurança entre moradores situados a jusante de barragens de rejeitos de mineração em todo o Quadrilátero Ferrífero e Aquífero e em outras localidades de Minas Gerais acentua-se muito desde os desastres da Samarco e da Vale. Após o desastre de 2015, verdadeiro *jogo de empurra* é travado entre entidades de fiscalização e licenciamento ambiental e de mineração e segurança de barragens. É então amplamente noticiado que o DNPM só conta com quatro técnicos para fiscalizar as centenas de barragens de rejeitos em Minas Gerais. Em debate sobre o tema no Copam, o então superintendente de regularização ambiental do Estado, observa que dificilmente o Sisema teria “[...] *um especialista em barragem, [...] porque um especialista desse deve ganhar muito bem e o Sisema não ganha nem o piso da categoria [...]*” (Copam, 2016, ata da 92ª RO/CNR).

No início de 2020, a ANM informa que *“as barragens estão há um ano sem monitoramento e manutenções presenciais, o que piorou progressivamente o estado das estruturas. ‘Se o empreendedor e as consultorias não puderem atuar diretamente nas barragens, elas fatalmente se romperão’”* - declara o gerente de segurança de barragens da agência (Franco, O Tempo, 20fev2020). Em setembro de 2020, a imprensa brasileira também noticia não repasses financeiros e cortes orçamentários na Agência Nacional de Mineração. Segundo as informações veiculadas a ANM continuaria com somente “[...] *quatro fiscais para vistoriar cerca de 360 barragens em Minas Gerais [...]. Outros dois estão afastados por serem grupo de risco para Covid-19*”. A um canal de notícias, a agência informa que *“já solicitou concurso de efetivos e temporários”*, dos quais *“40 pessoas específicas para barragens”* (Pimentel, G1, 24set2020).

Órgãos ambientais e de mineração foram negligentes e encontram-se técnica e operacionalmente despreparados para analisar situações e fiscalizar empreendimentos. Prevalece, além disso, o princípio de que o monitoramento, base de qualquer política de gestão e fiscalização, continuará a ser exercido pelas próprias empresas (*automonitoramento* é a expressão consagrada).

O fracasso dessa conceção é externado em *Nota Pública* da consultoria alemã TÜV SÜD, envolvida no monitoramento e nas avaliações preliminares ao desastre da Vale de 2019. Poucos meses após a tragédia a empresa declara haver “[...] *maior incerteza sobre a confiabilidade do atual sistema de DCEs, Declaração de Condição de Estabilidade de barragem, [...] e se o sistema ainda pode ser considerado apropriado para uma proteção adequada contra riscos graves de barragens de rejeitos*” e que, por isso, a consultoria informa à Vale não estar *“em posição*

*de emitir futuras DCEs e relatórios até que uma revisão completa do sistema seja concluída”* (TÜV SÜD, 2019).

No relatório *Padrão Global de Gestão de Rejeitos pela Indústria*, publicado em agosto de 2020 pelo Conselho Internacional de Mineração e Metais/ICMM, Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas/Unep e grupo de investidores *Princípios para o Investimento Responsável/PRI*, não é proposta, nos seis tópicos e 15 princípios delineados, nenhuma orientação sobre a relação das empresas com governos, órgãos de fiscalização e meio ambiente. O princípio relacionado à divulgação pública e acesso à informação, propõe basicamente a apresentação de versões resumidas de *“avaliações de impacto e da exposição e vulnerabilidade de seres humanos a cenários possíveis de manchas de inundação resultantes de rupturas”*, de monitoramentos realizados e *“planos de preparação e resposta a emergências”* (ICMM, p.7-24). Seriam como os chamados *relatórios de impacto ambiental* (Rima), versão simplificada dos EIA no Brasil, normalmente de caráter superficial, em linguagem publicitária institucional e insuficiente para uma avaliação qualificada e embasada.

Os casos a seguir descritos situam-se em microbacias de três dos principais afluentes do rio Doce (fig. 7) severamente atingido pelo desastre-crime da Samarco. São tragédias socioambientais em curso. O complexo Germano, da Samarco, está situado às margens do alto rio Piracicaba (fig. 7.1), mas os rejeitos das atividades desta mina são dispostos, até aqui, na bacia do rio do Carmo - um dos formadores do rio Doce. As minas Gongo Soco e Brucutu e novas pretensões da Vale e empresas associadas no Sinclinal Gandarela situam-se no alto curso do rio Santa Bárbara, principal afluente do rio Piracicaba (fig. 7.2). O projeto Minas-Rio, da Anglo American, localiza-se na bacia do rio Santo Antônio (fig. 7.3), considerado o principal santuário da ictiofauna de toda a bacia do rio Doce. Nota-se também a inserção de todos no território do bioma Mata Atlântica, representado pela mancha verde mais escura fig. 7).

### ***O caso Samarco - do desastre à licença para a retomada das atividades***

O estudo para a obtenção de *Licença Prévia* (LP) da barragem do Fundão *ad referendum* do Copam foi protocolado pela Samarco no final de 2005, e a licença, concedida em 2007, com seis medidas condicionantes. Duas delas se destacam: a de número 3 - *“apresentar (até a data de requerimento da LI) o projeto das adequações que serão implementadas visando assegurar a estabilidade do depósito [ou pilha] de estéril da Mina da CVRD (Vale), tendo em vista a possível interferência do lago da barragem sobre a mesma”*; e a n.º 4, *“apresentação do projeto executivo da barragem até a data de requerimento da LI”* (MPF, 2016, p.71).

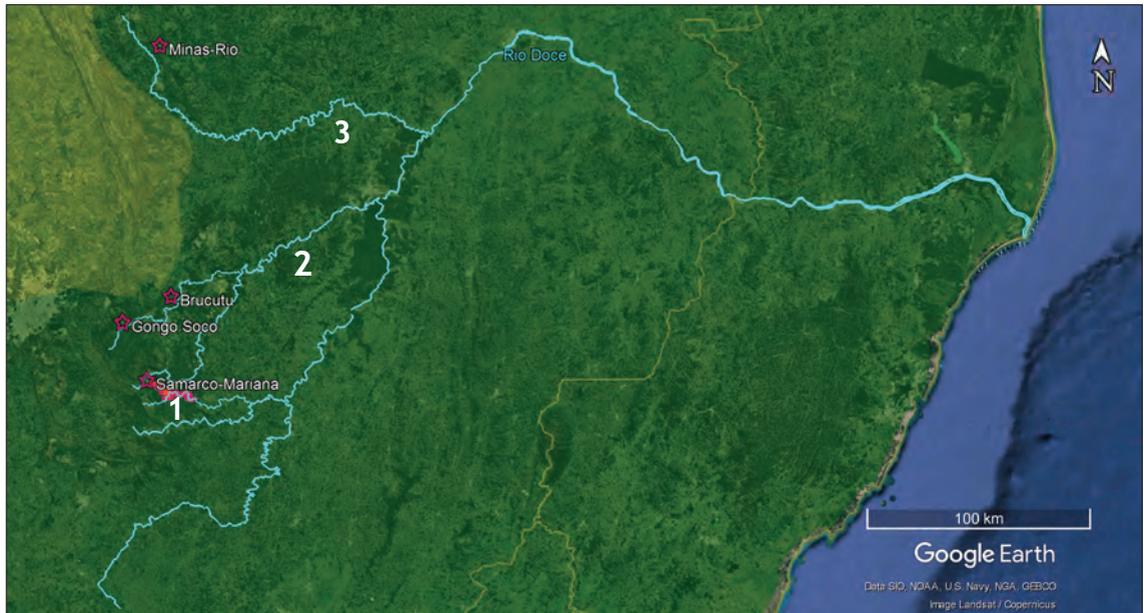


Fig. 7 - Localização dos projetos envolvendo os complexos mineiros situados em importantes afluentes do rio Doce que nascem em vertentes da cadeia do Espinhaço (Fonte da imagem: Google Earth, 16 de setembro de 2020).

Fig. 7 - Location of the projects involving the mining complexes sited on important tributaries of the Doce River that rise from slopes of the Espinhaço chain (Image source: Google Earth, 16<sup>nd</sup> September, 2020).

As investigações apuram que, previamente à emissão da *Licença de Instalação* ou implantação (LI), o gerente de Atividades Minerárias da *Fundação Estadual do Meio Ambiente* (Feam/Sisema) Caio Benício encaminha parecer contrário à concessão da licença ao então secretário adjunto Shelley Carneiro, da Secretaria de Meio Ambiente estadual, tendo em vista a não apresentação pela mineradora dos projetos previstos nas condicionantes 3 e 4. Um dia antes, a Samarco já está informada de que o secretário adjunto emitirá a licença *ad referendum* da instância colegiada competente. E é a mesma assinada desta forma na semana seguinte, desconsiderando o não cumprimento das duas condicionantes e o parecer contrário da Feam (MPF, 2016, p. 112 e nota 93).

*“Em abril de 2008, a Samarco requereu a Licença de Operação [LO] da barragem do Fundão. No entanto, logo no mês seguinte, a empresa solicitou uma Autorização Provisória de Funcionamento com amparo”* em decreto estadual, que permitia *“ao empreendedor iniciar suas atividades antes da expedição”* da LO. *“Todas as licenças - prévia, de instalação e de operação - foram concedidas ad referendum. A licença prévia é dada ad referendum em 22 de março de 2007. Em setembro de 2008, um ano e quatro meses depois, a barragem já estava em operação. Este é um tempo recorde para um empreendimento que normalmente demora três anos para ser licenciado”* (Salinas e promotor de justiça Carlos Eduardo Ferreira Pinto *apud* Salinas, 2016, p. 13-14)

Conversas intercetadas entre gerentes de geotecnia e de meio ambiente da Samarco revelam que a condicionante 3 não está entregue ainda na renovação da licença em 2013 (MPF, 2016, nota 70, p. 71). A apuração do desastre destaca a hipótese da contribuição da instabilidade do depósito ou pilha de estéril (PDE) - objeto da condicionante 3 -, como um dos vetores prováveis para o rompimento (liquefação) da barragem do Fundão (cf. a localização da PDE na fig. 8).

Além da condicionante 3, nos debates sobre a renovação da licença pelo Copam (2013), a representação do MPMG observa que três condicionantes da LO de 2008 não estão cumpridas até então: uma, de *“[...] apresentação de um plano de contingência em caso de riscos ou acidentes, especialmente em relação à comunidade de Bento Rodrigues”*, e outra, com a *“análise de ruptura da barragem”*. A Samarco obtem a revalidação da Licença de Operação da barragem Fundão com o aval da quase totalidade dos conselheiros da Unidade Regional Colegiada/Velhas do Copam (URC Velhas) - apenas duas abstenções, incluída a do MP (Copam-URC Velhas, 2013).

Em junho de 2015, por unanimidade da URC, a empresa obtem as licenças Prévia e de Instalação para alteamento e unificação das barragens contíguas de Germano e Fundão, o que, não ocorresse o desastre, ampliaria a capacidade de armazenamento para 255 milhões de metros cúbicos de rejeitos.

De facto, imagem de julho de 2015 mostra o estado das barragens Germano e Fundão pouco antes do desastre (fig. 8). Nota-se que falta pouco para tornarem-se um só reservatório de rejeitos. As áreas desmatadas na margem superior da barragem do Fundão indicam medida prévia ao aumento de nível do reservatório, com o alteamento licenciado. A pilha de estéril (PDE) no canto superior direito da imagem é aquela constante da condicionante 3, reiteradamente negligenciada pelo Estado desde 2007. Uma ideia da dimensão e profundidade das barragens Germano e Fundão junto do chamado dique de Sela, que as separava, é dada pelos caminhos que se movimentam no acesso a sua base, indicados pelas setas brancas (fig. 9).

Após o rompimento da barragem Fundão, a Samarco começa a ajustar com o governo de Minas Gerais o licenciamento do retorno de suas operações. Em 28 de junho de 2016 é apresentado EIA do novo *sistema de disposição de rejeitos* [SDR] *Alegria Sul*, nome de uma cava quase exaurida do complexo Germano que, conforme propõe a empresa, funcionará como reservatório de rejeitos na retomada das atividades.

Com a formalização e obtenção da licença do novo SDR, a Samarco se antecipa às medidas ambientais reparatórias do desastre. Vincula à retomada o uso da cava, que, pela disponibilidade e proximidade, seria o destino operacionalmente mais adequado para deposição das dezenas de milhões de toneladas de rejeitos lançados pela catástrofe sobre os vales do rio Gualaxo do Norte e afluentes. O Estado de Minas Gerais não opõe obstáculo à operação administrativa (licença ambiental) que prioriza a retomada das operações da mina em relação à recuperação da área mais atingida pelo desastre. Inverte o fluxo do processo: o local da disposição de rejeitos é licenciado antes da apresentação da Licença de Operação Corretiva do conjunto do complexo mineirário da empresa, o complexo Germano.

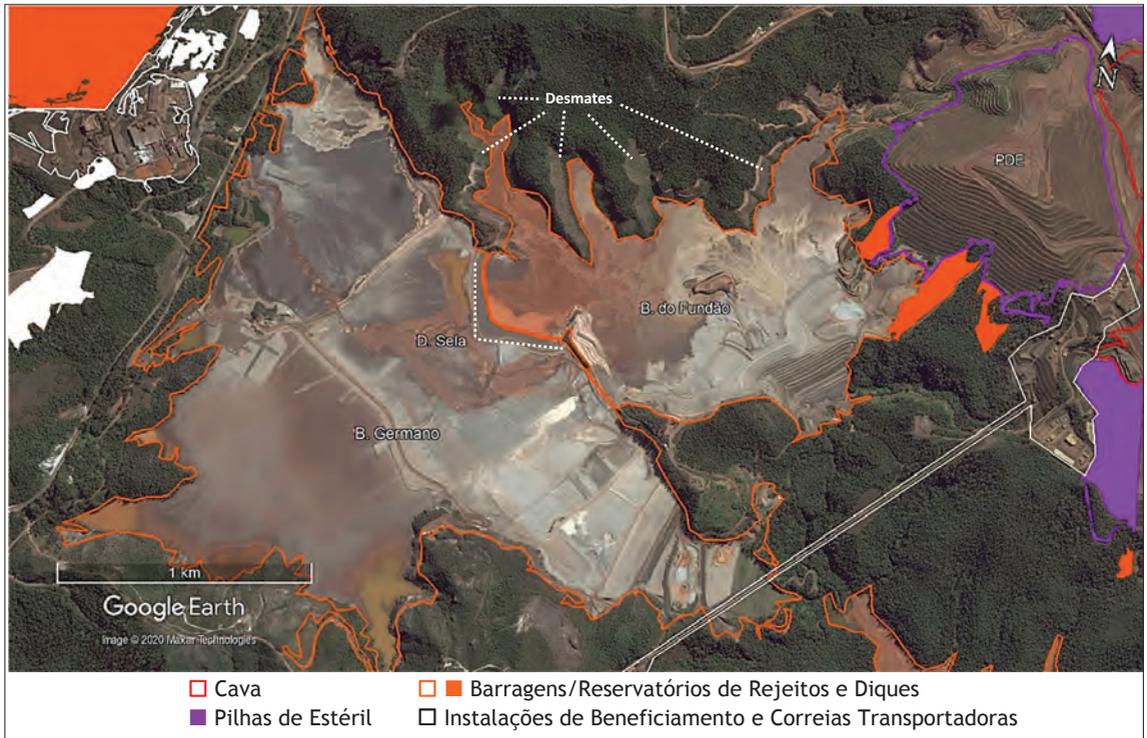
A estratégia da empresa e a convivência do poder público é reforçada por ação da Advocacia Geral da União (AGU), em sintonia com a Advocacia Geral do Estado de Minas Gerais (AGE-MG), junto à Justiça Federal, pela não manifestação ou participação direta dos órgãos de meio ambiente, patrimônio cultural e outras políticas setoriais na ação movida pelo Ministério Público Federal. Em 11 de julho de 2016 é acolhido o pedido da AGU (e AGE-MG), que avocam a si a representação dos governos nos debates judiciais sobre questões e medidas técnicas para a reparação e a compensação relativa aos danos causados pelo desastre.

Eis o contexto: o *Termo de Transação e Ajustamento de Conduta* (TTAC) assinado em 2 de março de 2016 pelos governos federal, os estados de Minas Gerais e Espírito Santo e as empresas réis do desastre de Fundão, Samarco, Vale e BHP Billiton, estabelece como princípios a “*recuperação do meio ambiente ao estado*

*que se encontrava na situação anterior*” ao desastre e a “*utilização de conceitos de proporcionalidade e eficiência, além de critérios técnicos e científicos, quando for o caso, para avaliação e quantificação dos impactos e na implantação dos projetos*” de reparação e compensação (alíneas a e i da cláusula 7 do TTAC). O TTAC fixa porém que estudos realizados por *experts* contratados pela fundação a ser criada pelas empresas - hoje, Fundação Renova - orientarão “*a elaboração e a execução dos projetos, cuja implementação terá o condão de reparar e/ou compensar os impactos, danos e perdas*”; que caberá à fundação “*realizar o manejo*” e a “*disposição dos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão a serem quantificados conforme estudos previstos*” no programa de Gestão de Rejeitos; e que este programa considerará, como possíveis soluções, a “*conformação e estabilização in situ, escavação, dragagem, transporte, tratamento e disposição*” dos rejeitos derramados pelo rompimento (cláusulas 5-XIII, 151 e 152, e 15-I-a, respetivamente).

Evidentemente, a recuperação ambiental com referência na situação anterior ao desastre implicaria na remoção do rejeito lançado sobre os vales a jusante da barragem, considerando inclusive a proporcionalidade maior do dano nas áreas mais próximas dela. É possível que situações de mais difícil solução pudessem implicar na necessidade de conformação e estabilização *in situ* dos rejeitos. O *Relatório Hélios* da Operação Águas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, registra entretanto, na vistoria da área mais atingida pela tragédia (maio e junho de 2016), que “*não foi constatada a remoção de rejeitos*” em 97% de 96 pontos vistoriados: “*nota-se que a estratégia adotada pela empresa tem sido a manutenção do rejeito nas áreas depositadas*”. Da mesma forma, a consultoria *Golder Associates*, *expert* contratada pela Samarco, em resposta da mineradora ao comitê intergovernamental criado para avaliar e sancionar as medidas de reparação ou compensação (Comitê Interfederativo/CIF), propõe intervenções ao longo do rio Gualaxo do Norte com espalhamento do material (rejeito) removido “*na planície de inundação, em área já impactada*” pela “*pós-ruptura. A área de disposição será conformada e revegetada [...]*” Em setembro de 2018, a nota técnica 4 do Ibama questiona a “*ação deliberada*” por parte da Samarco de não apresentar, nos relatórios protocolados, os indicadores sobre manejo, contenção ou tratamento de rejeitos e água a jusante de Fundão (citações *apud* Gazzinelli, 2019, p.260-261 e 272).

A cirurgia institucional alcança seu ápice com a aprovação, em outubro de 2019, da Licença de Operação Corretiva (LOC) do complexo mineirário Germano, pela Câmara de Atividades de Mineração (CMI) do Copam. Nesta LOC, a barragem Germano, com 130 milhões m<sup>3</sup> de rejeitos, a



**Fig. 8** - Estado das barragens Germano e Fundão poucos meses antes do desastre Samarco (Fonte da imagem: Google Earth, julho de 2015).

**Fig. 8** - State of the Germano and Fundão dams shortly before the Samarco disaster (Image source: Google Earth, July 2015).



**Fig. 9** - A profundidade da barragem Germano e da ex-barragem do Fundão pode ser estimada pelos caminhões (cf. setas brancas) que se movimentam no acesso à base do dique de Sela (Fonte da imagem Google Earth, 1 de julho de 2019).

**Fig. 9** - The depth of the dams next to the so-called Sela dike is indicated by the trucks that move to access its base (white arrows (Image source: Google Earth, 1<sup>st</sup> July, 2019).

maior dos complexos Germano/Samarco e Mariana/Vale, e a maior barragem alteada pelo método a montante em Minas Gerais, é excluída do licenciamento da retomada. Da mesma forma, parte significativa das áreas mais atingidas pelo desastre - a exemplo do vale do rio Gualaxo do Norte.

A área da *licença de operação corretiva*, concedida pela CMI-Copam em outubro de 2019, compreende a barragem do Germano (BG) e a área da cava Alegria Sul (AS), assim como o dique S4 construído sobre as áreas do povoado Bento Rodrigues (fig. 10) tomadas pelas lamas do desastre. Juridicamente, segundo entende o Estado, a barragem Germano e o S4 deixam de ser áreas “afetadas” pelo complexo Germano/Samarco. O passivo do desastre provocado pelo empreendimento é terceirizado: para a Fundação Renova, dirigida pela Samarco e controladoras. Cerca de seis meses após a concessão da LOC, a Vale obtêm licença para ampliação da cava da mina Fábrica Nova, que alcança as bordas da povoado Bento Rodrigues, destruído pelo desastre. Esta ampliação não é informada na análise da LOC.

A barragem Germano (BG) é o grande fantasma excluído da LOC e negligenciado pelo Estado, por decisão da mineradora e de uma contingência ou casuísmo legal. Obras “emergenciais” nas suas bases foram todavia

admitidas como pertinentes à LOC. A mina Fábrica Nova compõe a estrutura de produção e beneficiamento da mina Timbopeba (complexo Mariana), com pequeno trecho na área inferior da imagem. A cava Alegria Sul (AS) é a área licenciada precocemente como reservatório de rejeitos na retomada das atividades da Samarco, em prejuízo de seu uso para a deposição dos rejeitos derramados pelo desastre (fig. 10).

As explicações do Estado estão registradas na Ata da 51ª Reunião da CMI-Copam, ocorrida em 25 de outubro de 2019, na qual o superintendente de Projetos Prioritários da Semad Rodrigo Ribas explica que as barragens e a cava de Germano “*não são passíveis de licenciamento*” (p.14). “[...] nós seccionamos o empreendimento, e a seção [...] não foi feita por decisão da Semad [...] houve assinatura de um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta firmado entre os governos federal e estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo, que determinaram que [as áreas impactadas] a partir do Dique S3 [...] do Dique S4 em diante [...] são de responsabilidade de recuperação da Fundação Renova. [...] Por isso que todas as atividades que são tratadas neste parecer dizem respeito ao Complexo Minerário Germano, suas estruturas principais e as atividades de recuperação até o Dique S3 [...] Em relação a Germano, barragem

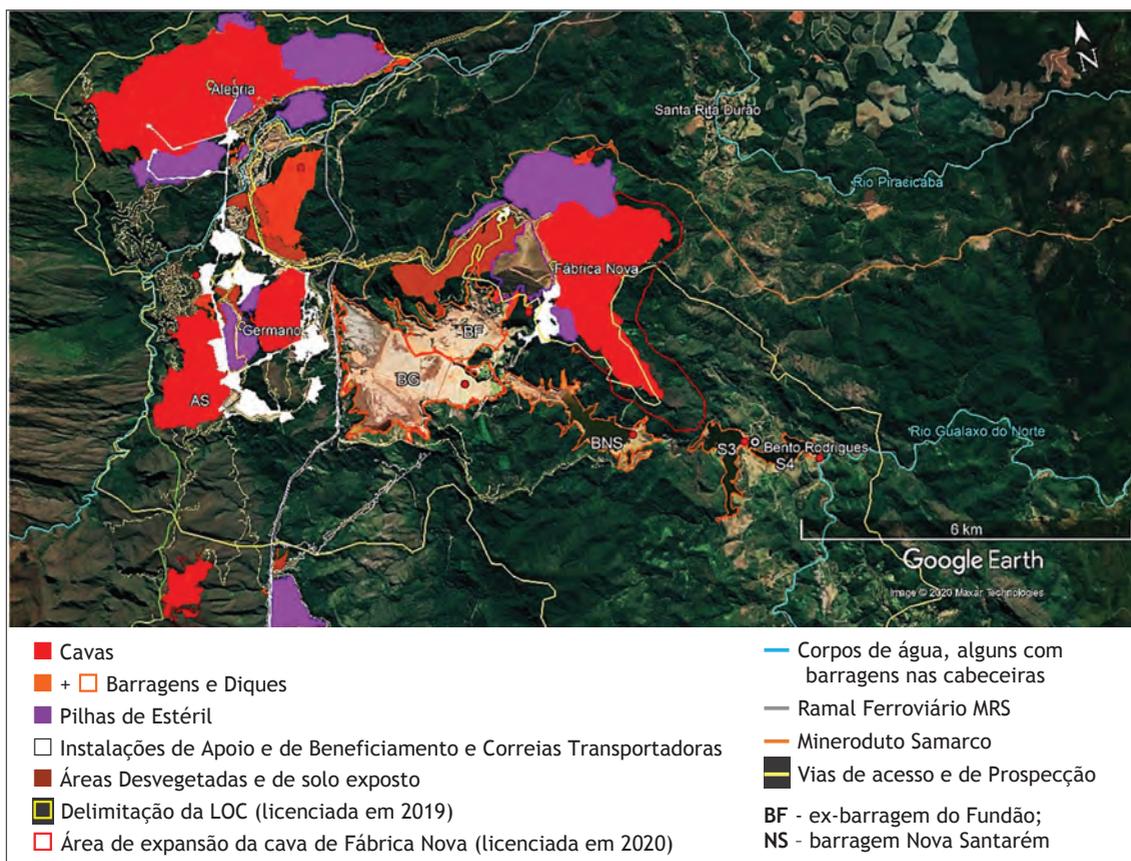


Fig. 10 - Estruturas dos complexos Germano/Samarco e Mariana/Vale (Fonte da imagem: Google Earth).

Fig. 10 - Structures of the Germano/Samarco and Mariana/Vale complexes (Image source: Google Earth).

de Germano e Cava de Germano eram estruturas que seriam incorporadas no processo de licenciamento, porque são estruturas que pertencem ao Complexo Minerário Germano, que pertencem à ADA e ao sistema operacional, mesmo que não houvesse mais disposição de rejeitos. Com a legislação superveniente, sobretudo a Lei 23.291/2019, Mar de Lama Nunca Mais, houve uma separação entre as estruturas que são passíveis de licenciamento. Aí é preciso que se estabeleça o tamanho da ação administrativa que pode ser feita. Eu só posso licenciar estruturas que são passíveis de licenciamento. As barragens e diques de disposição de rejeito desativadas por força de lei e que têm que ser descaracterizadas e descomissionadas, conforme a 23.291, não são passíveis de licenciamento. Eles são passíveis de um outro procedimento administrativo. [...] não posso [...] trazer para uma licença ambiental, não posso dar uma Licença de Operação para uma estrutura que não pode operar. Daí a necessidade de a barragem e da cava de Germano estarem excluídas desse processo” (CMI-Copam, Ata 51ª Reunião, 2019, p. 51-53).

Ribas registra ainda ter deixado “[...] bastante claro que estão sendo licenciadas as atividades de retomada e aquelas atividades que foram emergenciais pós-rompimento de Fundão. [...] as atividades no sopé da barragem de Germano e, por decorrência, ao seu redor foram atividades emergenciais de segurança [...]” (ATA 51ª CMI, p. 68).

Ainda que o arrazoado do superintendente de Projetos Prioritários da Semad possa dar ensejo à desconsideração destas estruturas na Licença de Operação Corretiva, é estranho que o governo de Minas Gerais e os conselheiros da CMI-Copam optem, em 25 de outubro de 2019, por desconhecer os resultados das obrigações estabelecidas na Resolução n.º 13/2019 da Agência Nacional de Mineração, para barragens como Germano. A resolução 13 determina que, até 15 de dezembro de 2019, empreendedores com “barragens alteadas pelo método a montante ou por método declarado como desconhecido” deverão “concluir a elaboração de projeto técnico executivo de descaracterização da estrutura [...]” (art. 8º). Ou seja, o Estado e a maioria dos conselheiros da CMI-Copam dispensam, em sua tomada de decisão, a análise integrada da LOC com as soluções que a Samarco deverá apresentar à ANM em 50 dias. A CMI aprova atividades emergenciais no sopé, mas abre mão de conhecer o tratamento que será dado à gigantesca barragem Germano, como se a empresa já tivesse se redimido do maior crime ambiental da história moderna brasileira.

Desde a publicação da lei 23.291, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado publicou, em março de 2019, a resolução conjunta Semad-Feam n.º 2784/2019 instituindo comitê para definição de “diretrizes, premissas e termos

de referência” para a descaracterização de barragens inativas, a exemplo da barragem de Germano, e adiou por tres vezes a apresentação das conclusões de trabalho, a última das quatro resoluções, n.º 2900, de dezembro de 2019, adiou por 300 dias a conclusão do trabalho do comitê - prazo encerrado no início de outubro de 2020. Não temos notícias ainda desse resultado.

#### *Expansão e exacerbação 1: avanços minerários sobre os ribeirinhos do Socorro e o sinclinal Gandarela*

As ações da Vale no Sinclinal Gandarela revelam o estado da arte das táticas de efetivação de danos e conquistas territoriais, ou seja, do sistema de gestão/imposição de riscos da mineração tradicional. As ações da empresa alcançam a realização de precedentes legais ou jurisprudências perigosas junto a autoridades dos poderes executivo e judiciário do Estado. Da governança conquistada nas negociações entre empresas e governos, nos conselhos ou nos tribunais resultam avanços do ciclo da mineração contemporânea sobre o principal território sobrevivente à gula das mineradoras na região central de Minas Gerais. Entre 2017 e 2019, a Vale e o governo estadual dão novos passos para repetir no sinclinal Gandarela a desintegração territorial e ambiental perpetrados em outros territórios da região metropolitana e entorno, a exemplo do que já vimos sobre o complexo Vargem Grande no sinclinal Moeda (fig. 11).

#### *Contraponto ou repetição da ocupação minerária no QFA - o projeto Apolo e o Parque Nacional da Serra do Gandarela*

Sinclinais são grandes dobras de camadas geológicas sobrepostas, com a concavidade voltada para cima. Os principais aquíferos/jazidas ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero e Aquífero encontram-se nas formações serranas que representam as bordas dos sinclinais. A região do sinclinal Gandarela é a área mais expressiva de biodiversidade e qualidade de águas em todo o arco Oeste-Sul-Leste no entorno de Belo Horizonte.

A Vale tenta licenciar a extração mineral no sinclinal Gandarela, desde 2002. O projeto Apolo é uma tentativa de conclusão do domínio pleno do QFA pela mineradora. Após diversas tentativas de obter autorizações para intervir em áreas aparentemente isoladas na região, a Vale é obrigada a elaborar um EIA, concluído e protocolado em 2009, para o projeto Apolo.

De outro lado, após intensa campanha, uma articulação de movimentos socioambientais consegue inserir a proposta da criação de um parque nacional na mesma localidade na agenda Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão responsável por criar e gerir unidades de conservação federais, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

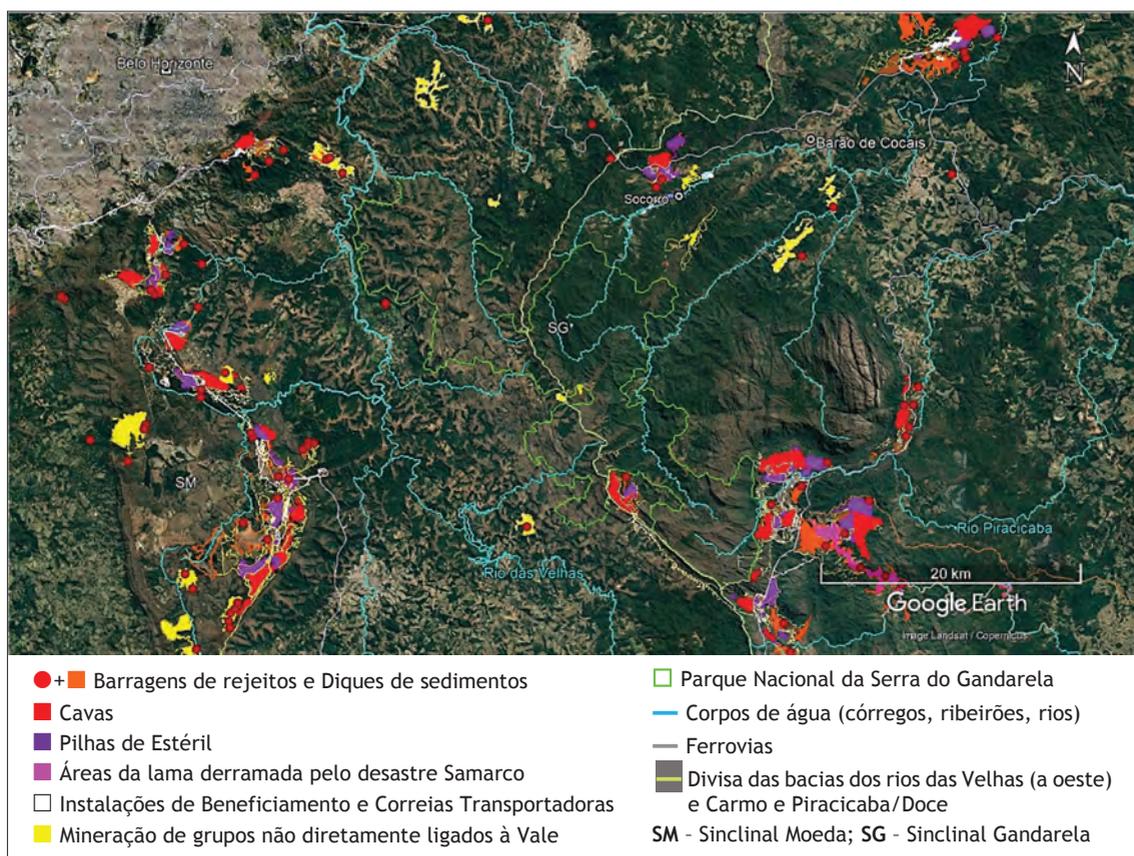


Fig. 11 - Alguns dos maiores complexos e continuidades minerárias no QFA, a exemplo dos complexos Mariana-Germano (Vale-Samarco) e Vargem Grande (Vale), este na borda leste do sinclinal Moeda (SM). Em outra situação está o ainda preservado e cobijado sinclinal Gandarela (SG) (Fonte da imagem: Google Earth).

Fig. 11 - Some of the largest mining complexes and continuities in the QFA, such as the Mariana-Germano (Vale-Samarco) and Vargem Grande (Vale) complexes, the latter in Moeda syncline (SM) east border. In another situation is the still preserved and covered syncline Gandarela (SG) (Image source: Google Earth).

A criação do parque concretizará uma das prioridades “*extremamente altas*” de conservação do bioma Mata Atlântica no *Quadrilátero Ferrífero*, pela “*formação geológica única; endemismos de fauna e flora*” e “*importantes mananciais de abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte*”, e em vista das fortes ameaças da *mineração, urbanização e queimadas* ao que resta de integridade ambiental na região (fichas técnicas das áreas MA 638/2003 e MA 353/2007/MMA).

No espaço de tempo entre a inserção da proposta na agenda oficial do ICMBio e a criação do *Parque Nacional da Serra do Gandarela*, em 2014, as ações de licenciamento do projeto Apolo são suspensas, em atendimento a recomendações dos Ministérios Públicos Estadual e Federal. A forte pressão da Vale alcança contudo eliminar uma das áreas mais relevantes a ser conservada da poligonal do parque, a montante de nascentes de córregos e ribeirões mais preservados da região. O decreto de criação do Parque eliminará a serra do Baú e trecho da serra do Gandarela mais visado pela

Vale do perímetro da unidade de conservação sobre o sinclinal Gandarela.

#### *Expansão da mina Brucutu, táticas e estratégias para a dominação do sinclinal Gandarela*

A exemplo das áreas já expandidas e destruídas pela mineração em Congonhas, Itabira, Itatiaiuçu, Mariana/Ouro Preto-Catas Altas, Itabirito e Nova Lima, a Vale, empresas arrendatárias de seus direitos e terceirizadas trabalham para consolidar um só território extrativo entre a área proposta para o projeto Apolo e as minas de *Gongo Soco* e *Brucutu*. Se alcançado o intento, uma extensão de cerca de 45 kms (com pequenos intervalos) entre as serras do Gandarela e do Tamanduá (extremidades oeste e leste do Sinclinal Gandarela) terá a mesma configuração de outros territórios do Quadrilátero (fig. 12).

A mina de Brucutu está situada na região do baixo rio Santa Bárbara, formado pelo encontro dos rios Conceição e São João. O rio São João nasce no interior do sinclinal

Gandarela e o Conceição recebe águas vertentes das serras de Ouro Fino e Gandarela - de formação ferruginosa - e do Caraça, de formação quartzítica.

Conforme se pode constatar no parecer único 02/2017 da Suppri/Semad, a Vale e o Estado inovaram no processo de licenciamento ambiental para expansão da Mina de Brucutu/Cava da Divisa. O parecer informa que “a área objeto de expansão [...] abrange 22 poligonais de direitos minerários” (Sisema/Suppri, 2017, p.5). Com este conjunto de poligonais, a empresa poderá, como decorrência do derrame promovido pela lei 21.972/2016, tramitar de forma mais célere o licenciamento para ampliações ou instalação de estruturas futuras vinculadas ao mesmo processo administrativo.

Em abril de 2002, como *Companhia Vale do Rio Doce* (CVRD/Vale) já privatizada, a empresa solicita licenças prévias separadas para minerar as jazidas das serras do Baú e Piacó. Em setembro do mesmo ano, comunica estar revisando planos de *Aproveitamento Econômico* e de *Negócios Futuros* e solicita ao Estado a “paralisação temporária” dos processos de licenciamento de

empreendimentos nas serras ou jazidas Piacó, Baú, Dois Irmãos, Congo Velho etc (Vale/CVRD, Of. GAMBS-EXT n.º 117, 118 e 321/2002), todas no sinclinal Gandarela. Poligonais minerárias da atual expansão da mina do Brucutu e do projeto mina do Baú constam do pedido de paralisação de processos de 2002.

*O projeto da mina Baú, a barragem de Gongo Soco e os (des)caminhos da lama invisível sobre águas e pessoas do rio São João*

A Vale é detentora de direitos minerários, principalmente de concessões e requerimentos de lavra, em quase toda a extensão do Quadrilátero - não é diferente no sinclinal Gandarela. Somente nas regiões de Itatiaiuçu e Congonhas, a empresa divide os louros com outras mineradoras. Vale S.A. opera com registros comerciais (cadastro nacional da pessoa jurídica/CNPJ) próprios, mas também por terceiros. No relatório anual 2019, apresentado à Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos, a empresa informa que “os números da produção [de minério de ferro] incluem compras de

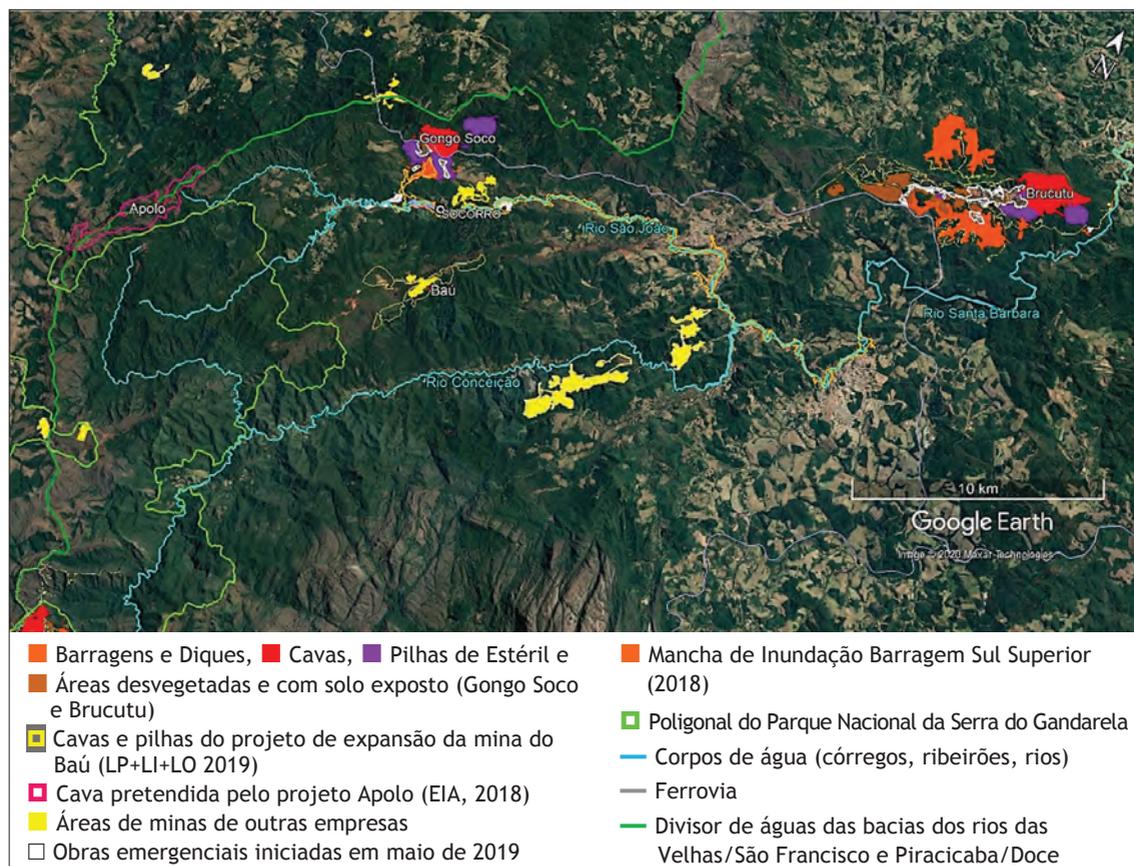


Fig. 12 - Território em disputa do sinclinal Gandarela: novo território extrativo versus preservação (Fontes: da imagem: Google Earth; dos dados: Mancha inundação baseada em mapaPotamos/Tüv Süd/Ample para Vale S/A (2018); Polígono do Parna Gandarela: ICMBIO).

Fig. 12 - Territory of the Gandarela syncline in dispute and attempts to create a new extractive territory as in the rest of the Quadrangle (Sources: image: Google Earth; data: Flood area based on mapPotamos/Tüv Süd/Ample for Vale S/A (2018); Parna Gandarela polygon: ICMBIO).

*minério de terceiros*” (nota 1 à tabela da p. 49, Vale, 2020) - condição que, no Brasil, se encaixa basicamente às plantas de mineração da Vale no QFA.

Em novembro de 2019 a CMI-Copam, fazendo uso da flexibilização produzida pela lei 21.972/2016, concede a licença concomitante *Prévia, de Instalação e Operação* (LP+LI+LO) para a empresa MR Mineração Ltda. minerar a serra do Baú, com uso de direitos minerários arrendados à Vale. De acordo com o EIA apresentado (Lume, 2017, p. 7 e 51) e o contrato firmado com a Vale, a MR extrairá e transportará os minérios até a mina de Gongo Soco que os beneficiará e embarcará em estação ferroviária própria. Nesta exploração, a Vale receberá “[...] *por tonelada métrica natural de Minério lavrado [...] o valor de R\$ 28,64 [vinte e oito reais e sessenta e quatro centavos], preço básico referente ao período de 01/09/2013 a 31/08/2014*”, com apuração das “*quantidades lavradas [...] mediante pesagem*”. Esse resultado será “[...] *confrontado mensalmente com os dados do levantamento topográfico da mina a ser efetuado pela Vale na Área do Contrato, sendo esses prevalecentes em relação àqueles da medição por balança*” (Vale-MR, 2014, tópico 3.1, p.4-5).

A licença da mina Baú poderia ser entendida como algo corriqueiro no processo de licenciamento em Minas Gerais, não fossem os benefícios da flexibilização e licenciamento concomitante e o fato de que logo após a tragédia de 2019 mais de uma dezena de barragens na região do Quadrilátero passam a estar oficialmente em situação emergencial - crítica ou de rompimento iminente. É o caso da barragem Sul-Superior, da mina de Gongo Soco, que flui para o rio São João e, desde fevereiro de 2019, é classificada com o nível 3, o mais grave, que indica *ruptura iminente* ou já *ocorrendo*. O *uivo de sirenes* na madrugada de 8 de fevereiro de 2019 é sucedido pela imediata evacuação de 487 pessoas das comunidades Socorro, Tabuleiro, Piteiras e Vila do Congo, ribeirinhas e na Zona de Autossalvamento (ZAS) do rio São João (Mansur *apud* Laschefski, 2020, p. 128).

Em abril de 2019, a Vale comunica ao Estado (Vale, Licenciamento Ambiental Ferrosos, of. 081/2019) que iniciará “*obras emergenciais para a construção da estrutura de contenção*” (um grande “*muro*”) “*que será implantada a cerca de 6 km a jusante da barragem*”, para garantir “*maior segurança para as obras de descaracterização*” - conforme determinação da lei 23.291 para todas as barragens a montante em Minas Gerais. Além do “*muro*”, cuja localização é escolhida unilateralmente pela empresa, a escavação de um grande canal, ou “*canion*”, numa montanha próxima à Sul Superior, terá seu esboço também apresentado, para desviar o fluxo dos rejeitos para montante do rio São João, em cujas margens a Vale começa a escavar um reservatório para conter parte dos rejeitos e reduzir a pressão a jusante, no caso do rompimento.

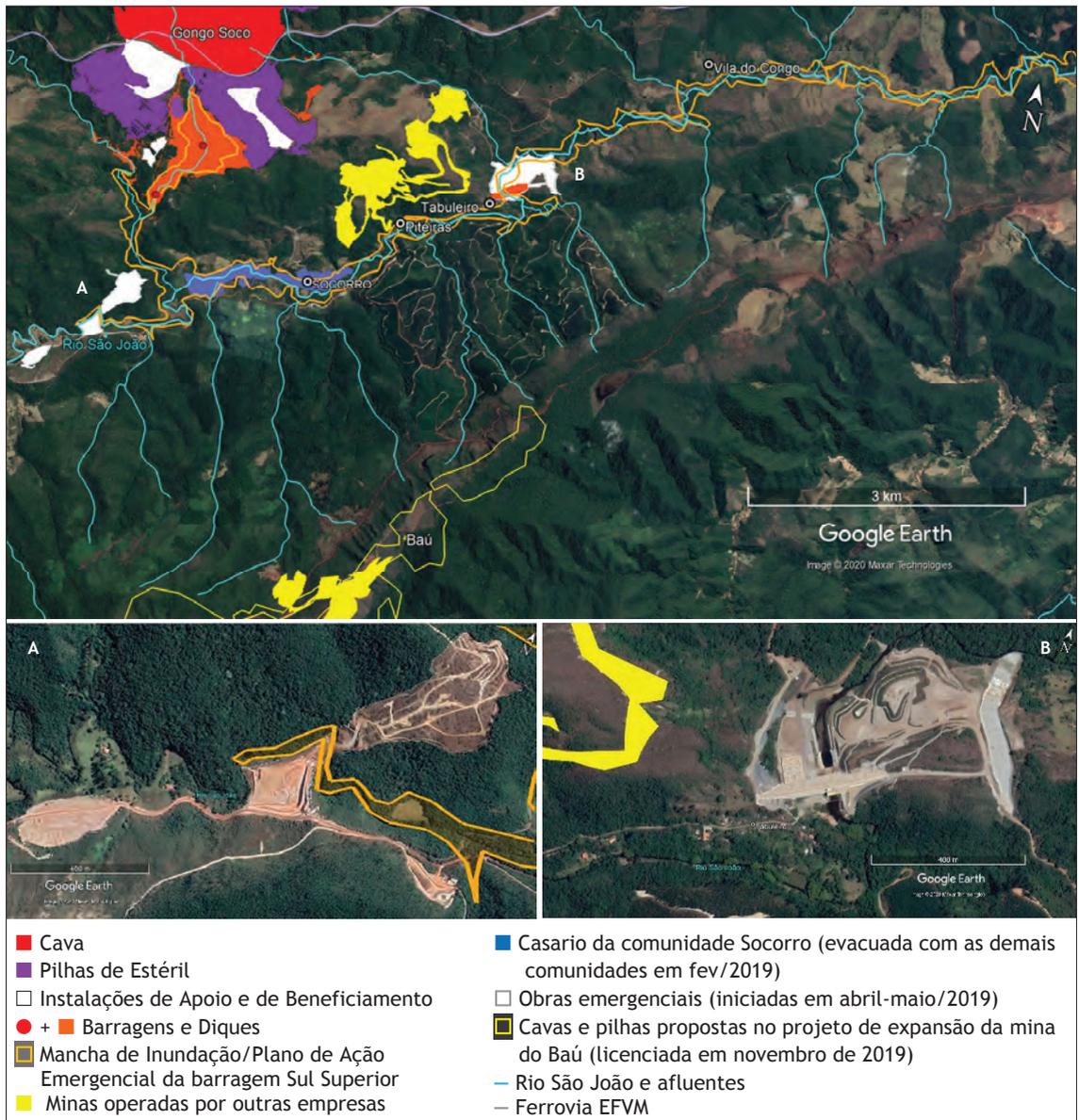
O muro é construído abaixo das comunidades de Piteiras, Tabuleiro e Socorro - esta, mais antiga que a cidade de Barão de Cocais e com cerca de 300 habitantes. Portanto, as três comunidades situam-se numa *zona de sacrifício* entre a estrutura de contenção (muro), hoje já concluída, e a barragem ameaçada de romper.

Provocada por pedido de *Tutela Antecipada Antecedente “com o único intuito de remediar as consequências de eventual rompimento”* (Vale/PMRA, maio/2019, p. 2), a Justiça, por *medida de precaução*, autoriza as obras emergenciais (muro e cânion) e reforça a evacuação da população local, determinando o cumprimento da decisão pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado, acompanhado da Polícia Militar e da Defesa Civil estadual em toda a operação (Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais, 2019, p. 4-5). A obra do cânion, depois de desmatar vários hectares de floresta nativa (fig. 13), é paralisada por erros de projeto e os córregos que fluem da vertente da serra do Baú são usados para o abastecimento das comunidades despejadas do território desde fevereiro de 2019.

Em 12 de novembro de 2019, a mina do Baú, na margem oposta à localização da mina de Gongo Soco na bacia hidrográfica do rio São João, é licenciada para a MR Mineração, na serra do Baú (fig. 13).

Devido ao isolamento do território e à evacuação provocada pelo risco iminente da barragem Sul Superior, as comunidades do Socorro, Piteiras, Tabuleiro e Congo Velho vivem provisoriamente e em condições de insegurança, quando não de desespero, em Barão de Cocais. Não se veem, na relação conflituosa com empresa tão poderosa e influente junto à Justiça e ao poder executivo do Estado, em condições psicológicas e de segurança jurídica para enfrentar a gravidade da situação a que seu território está lançado. A instalação e operação da mina Baú intervirá nele de forma irreversível, com a implantação de estruturas sobre terras, nascentes e córregos que garantem o abastecimento de água destas famílias, dos povoados a que pertencem e das atividades rurais que praticam (Lume, 2017, cf. tópico 3.1.7.2. *Resultados*, especialmente o subitem *Hidrografia Local*, p. 88-101). Têm assim destituídas ou violentadas as condições de exercer a legítima e necessária participação e defesa de direitos.

A expulsão dos moradores e o licenciamento ambiental fragmentado de projetos da Vale ou de terceiros articulados a suas operações, com endosso da Justiça e órgãos ambientais, com o emprego da Defesa Civil e corporações militares do Estado, além das equipes de segurança e relacionamento institucional das empresas em questão e subcontratadas, promovem o isolamento do território. Neste mesmo passo, assistimos ao avanço dos interesses da mineradora Vale e consorciadas, com a população em estado de suspensão e assédio de intermediários da empresa, ou de terceiros, para a venda de imóveis e a desocupação definitiva de seu espaço de



**Fig. 13** - Médio e baixo Rio São João: A - Trecho da Zona de Autossalvamento da simulação de rompimento da barragem Sul Superior e as áreas de desmate, para escavação de cânion, e de terraplanagem, para escavação de bacia para contenção de rejeitos no vale do rio São João; B - O “muro” construído imediatamente a jusante da comunidade de Tabuleiro (Fonte da imagem: Google Earth, 10 de agosto de 2019).

*Fig. 13* - Mining in middle and lower São João River Valley - a section of the Self-Rescue Zone started at the Sul Superior dam, with Gongo Soco Mine' pit above. The highlights below are: A - the deforestation for a canyon excavation and earthworks areas for containing tailings in the river valley; B - the “wall”, built immediately downstream of the Tabuleiro community (Image source: Google Earth, 10<sup>th</sup> August, 2019).

vida. Laschefski (2020, p.129) anota que, em estudo de campo em novembro de 2019, moradores evacuados informaram estar “sob pressão crescente para vender suas terras”. O mesmo relato é também comunicado por moradores locais e representantes de atingidos nas redes sociais e em reuniões com o ministério público estadual.

Durante as discussões sobre o licenciamento do projeto Mina do Baú (processo n.º 0395/1998/031/2015), verificou-se que a documentação dos processos (n.º 395/1998/015 a 021/2002), todos referentes à mina do

Baú, não consta dos autos. Entretanto, a pessoa que assinava, em 2002, o encaminhamento dos documentos das pretendidas minas Baú e Piacó, pela então CVRD/Vale, é a mesma que irá assinar, o EIA do projeto Apolo/Vale em 2009. A pessoa que tem procuração para representar a MR Mineração Ltda. no atual licenciamento da mina Baú é identificada no EIA, com endereço eletrônico vinculado à empresa Socoimex (Lume, 2017, p. 6), da mesma família detentora de parte da mina Gongo Soco à época da venda dela à CVRD/Vale.

Outras mineradoras de menor porte anunciam, entre 2015 e 2019, a intenção de explorar bauxita e minério de ferro na serra Dois Irmãos - um dos maiores complexos de cavidades ferruginosas, a meio caminho entre Gongo Soco e Brucutu. Os direitos minerários em Dois Irmãos são da Vale, que poderá, com seu poder financeiro e contratual, adquirir a operação das arrendatárias ou terceirizadas no futuro. Poderá também, como no caso da MR Mineração, se valer da extração por elas operada, que provavelmente fluirá para ser beneficiada em Gongo Soco ou Brucutu e, na falta de alternativas logísticas, transportada pela ferrovia de exportação de minério de ferro operada pela Vale, por intermédio da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) ou por suas subsidiárias MRS Logística e Ferrovia Centro Atlântica/FCA.

Em agosto de 2020, surge a notícia de iniciativa do prefeito de Barão de Cocais para mudar o Plano Diretor do município e permitir a mineração de ferro sobre área de expansão urbana e quatro bairros locais (Patrício, EM, 27/08/2020).

Quase todos os ribeiros (córregos e ribeirões) nas microbacias hidrográficas afluentes dos rios São João e Conceição no interior e entorno do sinclinal Gandarela, têm suas águas enquadradas nas classes Especial e 1, ambas na escala superior de qualidade das águas doces no Brasil (Rodrigues, 2016, p. 55-73 e Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente/Conama).

A suspensão do uso e ocupação das terras (propriedades e posses) aos seus detentores, o assédio, jogo bruto do poder pela Vale, políticos locais e eventuais interessados nas parcerias ou promessas da empresa, estabelece condições de sofrimento continuado que propiciarão o afastamento das famílias e tradicionais moradores de seu território de pertencimento. A demora em resolver os problemas de pequenos proprietários amplia os danos sociais e favorece o poder da empresa negociar a aquisição e apropriação de terras das comunidades afastadas por força judicial e policial.

A deterioração dos principais atributos ou ativos de alta qualidade ambiental, a exemplo dos aquíferos, córregos e ribeirões de águas límpidas, das matas, serras e geossistemas ferruginosos que protegem e acumulam as águas subterrâneas e superficiais, enfim, do patrimônio natural impar representado pelo sinclinal Gandarela, são alvos de esforço continuado que objetiva a depreciação da qualidade ambiental do território. Este derrame ou espalhamento regional de impactos negativos, tentativa de produzir fatos consumados ou política de terras e águas arrasadas, se bem sucedido, transformará em breve uma região com atributos de conservação de alto nível, em território extrativista, com absoluto domínio e poder territorial sob comando das mineradoras e com indicadores de qualidade ambiental similares aos das regiões irreversivelmente atingidas pela mineração de ferro no Quadrilátero.

### *Expansão e exacerbação 2: imoralidade pública e o desastre prolongado do projeto Minas-Rio*

O projeto Minas-Rio foi concebido pelo empresário brasileiro Eike Batista e sua empresa MMX. Engloba, desde a origem, “a implantação de um corredor logístico composto por minas de minério de ferro [dos municípios de Conceição do Mato Dentro, Alvorada de Minas e Serro], instalações de beneficiamento, mineroduto e um porto marítimo no norte fluminense [estado do Rio de Janeiro], na região de Barra do Açu, no município de São João da Barra” (Estado de Minas Gerais, 2008, Cláusula 1ª).

O Estudo de Impacto Ambiental da mina do projeto Minas-Rio propõe uma cava longitudinal de 12,3 kms na serra chamada *do Sapo* ou *da Ferrugem*. De acordo com a proposta, haverá uma pilha de estéril externa à cava e, a partir dos cinco primeiros anos de extração, “o estéril gerado será depositado no interior da cava, promovendo desta forma a recuperação da área minerada”. Desde o início, o projeto prevê um reservatório com capacidade de 370 milhões de metros cúbicos de rejeitos e barragem alteada em três etapas (Sisema, PU 01/2008, p.10 e 15). O minério será transportado para o complexo portuário da empresa em Açu, por mineroduto com outorga de uso de 2500 m<sup>3</sup>/hora de água do rio do Peixe (bacia do rio Santo Antônio/R. Doce). O volume é suficiente para abastecer cidade de 387 mil habitantes com consumo *per capita* de 155 litros/dia, valor equivalente à média de consumo brasileira (cf. SNIS-2018).

Este mineroduto tem a capacidade para transportar cerca de 26,5 milhões de toneladas/ano de minério. A proposta do Minas-Rio é alcançar no seu pico o dobro dessa produção. Paradoxalmente, nos últimos anos, a população da cidade de Conceição do Mato Dentro e região vive crises recorrentes de abastecimento de água.

Em dezembro de 2008, a Unidade Regional Colegiada/Jequitinhonha do Conselho Estadual de Política Ambiental (URC Copam Jequitinhonha) se reúne e, por 12 votos a três contrários, aprova a LP da mina.

Após a realização dos primeiros passos na tramitação burocrática do projeto, Batista vende o projeto Minas-Rio e respectivos direitos minerários, e ativos de menor valor no estado amazônico do Amapá, à Anglo American. O negócio, no valor de US\$ 5,5 bilhões, permite ao empresário alavancar, em outros locais do país e do continente sul-americano, projetos de exploração de petróleo, produção de plataformas marítimas, usinas termoeletricas e minas de carvão.

Com ideias ambiciosas, promessas de mercado futuro, enfim, muita especulação e o apoio dos governadores Aécio Neves, de Minas Gerais, Sérgio Cabral, do Rio de Janeiro, e do presidente Lula, Batista torna-se um dos homens mais ricos do planeta, porém um tigre de papel.

A inexistência de ativos operacionais e a revelação da corrupção envolvida em seus negócios faz abaixar em poucos anos a posição das empresas e do empresário.

O Parecer Único (PU) Sisema 01/2008, sobre o EIA da mina, não parece redigido para convencer o leitor da necessidade dessa mina. Nele, a equipe do Estado ressalta muito a qualidade ambiental e cultural do território, repleto de fragmentos de mata atlântica, belezas cênicas, cursos de água limpa, forte cultura e aptidão para o turismo. *“A área diretamente afetada pelo empreendimento caracteriza-se como uma área de recarga [...] com] aquíferos com elevado potencial de armazenamento de água. [...] No contexto regional, as serras Sapo-Ferrugem constituem a maior extensão contínua de vegetação rupestre sobre canga na região [...] um ambiente único [...] devido à sua extensão, posição geográfica isolada, altitude e inserção no bioma da Mata Atlântica, podendo ser considerada uma ilha numa matriz florestal”* (Sisema, 2008, p. 17 e 26).

Na reunião da URC Jequitinhonha, o representante do DNPM defende que o projeto seja *“modelo”* e represente *“o estado da arte da mineração sustentável - ambiental, social, economicamente”*, em vista da dimensão e localização da mina *“numa região com alta vulnerabilidade ambiental e social”*. Propõe então que, antes de qualquer deliberação, sejam realizados estudos para avaliar a possibilidade da *“disposição de rejeito em forma de pasta”*, o que, observa, já se praticava na Austrália, Estados Unidos, Canadá e África do Sul, com *“imenso ganho ambiental, se comparada com os processos tradicionais”*. Entende que esta tecnologia reduziria consideravelmente *“a área da barragem de rejeitos”* e *“o volume de água demandado”*. Antes de concluir o voto, um dirigente do sindicato das mineradoras entrega ao representante do DNPM um aparelho móvel (celular) e este se retira provisoriamente do recinto... Pouco depois, votará contrariamente ao parecer que acaba de apresentar, alegando seguir a orientação de seu órgão (29ª URC Jeq/Sisema, 2008, p. 29-30 e 64).

No final de 2014, a Anglo American obtém Licença de Operação (LO) da Semad então comandada por procurador do alto escalão do Ministério Público de Minas Gerais. E em janeiro de 2015 a empresa dá entrada de documentação no Estado para dar início à primeira ampliação da mina, o chamado *Step 2* (*“otimização da mina do Sapo”*). Ainda no final de 2015, inicia a tramitação do processo da segunda e radical ampliação do complexo minerário (*Step 3*).

O desenho da cava e pilhas de estéril propostos para o *Step 3* (fig. 14.2) passa a ser muito maior do que o apresentado para a obtenção da LP em 2008 (fig. 14.1). O estéril não mais será depositado nas áreas exauridas da cava. Indagados a respeito, representantes da empresa informam, em reunião pública em Alvorada de Minas (out/2017), que o DNPM os proibira de fazê-lo, sob o argumento *“de que haveria novo jazimento mineral sob*

*a cava, e que a deposição do estéril nela prejudicaria a exploração futura”* (Reaja, 2017). Tal proibição vem a calhar para a economia do empreendimento quanto ao transporte de minério e estéril na área operacional da mina. Estima-se ainda a possibilidade de um *Step 4* na continuidade da formação serrana, à esquerda da linha tracejada (fig. 14.2). Essa hipótese obrigaria a Anglo American a licenciar uma segunda estrutura para escoamento da produção, uma vez que o *Step 3* esgota a capacidade de transporte do mineroduto implantado.

A ampliação da área a ser impactada é mais uma vez apoiada pelo DNPM e o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema). Relatos apresentados nas reuniões da URC Copam Jequitinhonha entre 2008 e 2016, denúncias de movimentos socioambientais, autos de fiscalização e infração ambiental por autoridades estaduais e federais, ações civis e recomendações do Ministério Público, audiências e reuniões públicas sobre violações de direitos humanos, inclusive com uso de mão-de-obra em situação análoga à escravidão, mostram as condições absurdas da aprovação, implantação e operação do projeto Minas-Rio.

Durante as fases dos licenciamentos prévio e de instalação, a estimativa de famílias e pessoas a serem atingidas pelo empreendimento é subestimada pelos relatórios da MMX e sua sucessora Anglo American. Na avaliação das condicionantes da LP, a equipe técnica do Estado observa que estas não contemplam o grupo de *“produtores e moradores rurais que permanecerão na área remanescente da propriedade afetada”*, porque este grupo *“não foi incluído no programa”* de Monitoramento Socioeconômico (Sisema/Supram Jeq, 2010, anexo II/condic. 65.1, p. 88). Está registrado no parecer da Licença Prévia: *“A equipe do Sisema ainda não conhece o quantitativo preciso do total de propriedades integrantes da ADA, uma vez que as informações complementares ao EIA/RIMA referentes a esse dado divergem entre si”* (Sisema, PU 01/2008, p.38). *“Em 2011, o estudo da Diversus Consultores Associados indicaria não duas, mas vinte e duas comunidades afetadas pela instalação da mina e estruturas associadas”* (Santos et al., 2019, p. 193).

#### *Barragem de rejeitos, condições ambientais da água e comunidades atingidas*

A barragem de rejeitos e alguns dos maiores diques da mina na serra da Ferrugem estão situados sobre as cabeceiras do córrego Passa Sete, na divisa dos municípios de Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas. Duas comunidades ribeirinhas se destacam: a da Água Quente, desdobrada em Água Quente e Passa Sete, e a de São José do Jassém (ou, simplesmente, Jassém).

A comunidade Água Quente não é citada no parecer do Estado e São José do Jassém é mencionada

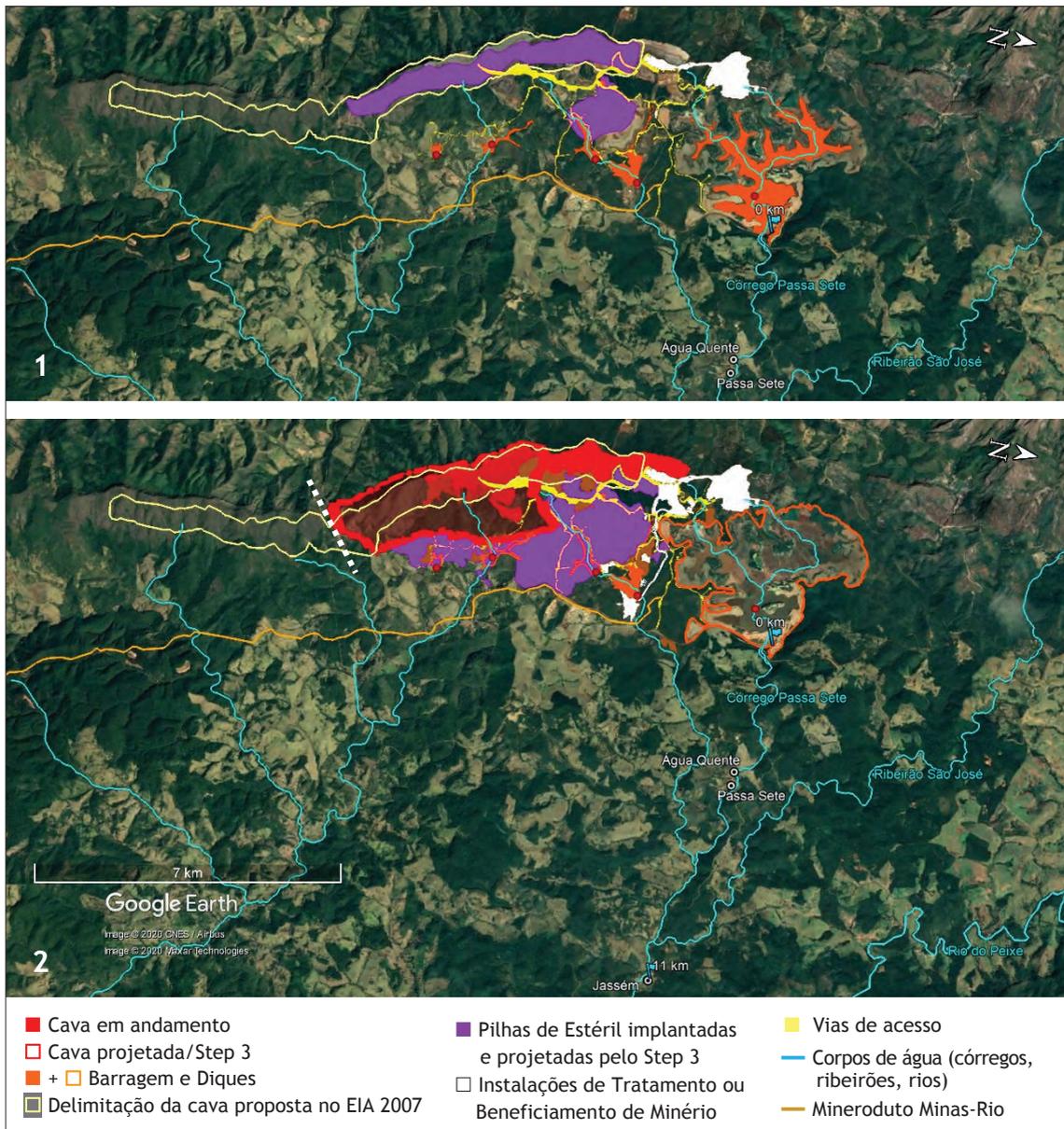


Fig. 14 - A projeção espacial do projeto Minas-Rio na serra da Ferrugem ou Sapo:

- 1 - conforme o EIA 2007 e LP aprovada no final de 2008, com a deposição da maior parte do material estéril no interior da cava projetada;  
2 - a proposta do Step 3, baseada no EIA 2017, licenciado pelo Copam-MG em 2019. A barragem/reservatório de rejeitos e áreas de beneficiamento baseiam-se no estado atual, conforme a imagem mais recente do Google Earth (setembro de 2019).

Fig. 14 - The spatial projection of the Minas-Rio mining project in the Serra da Ferrugem or Sapo:

- 1 - According to EIA 2007 and LP approved at the end of 2008, with most of the waste material being deposited inside the intended pit;  
2 - The Step 3 proposal, based on the EIA 2017, licensed by Copam-MG in 2019. The tailings dam/reservoir and processing areas are based on the current state, according to the most recent image from Google Earth (September 2019).

como distrito de Alvorada de Minas que “possui uma polarização importante no seu microcosmo, particularmente pela educação e saúde” - duas escolas e um posto básico de saúde. A proximidade e a localização a jusante da barragem de rejeitos projetada indicam, entretanto, a necessidade de se acompanhar e observar a possível interferência nas

condições e no “modo de viver” da comunidade do Jassém, o que poderá “requerer um programa de ajustamento” (Sisema, PU 01/2008, p.43).

Mas o PU também informa que “a redução da vazão para jusante da barragem de rejeitos não implicará renúncia de nenhum dos usos de água então ali identificados [...]

o que exige, assim, o empreendedor da obrigação de implementar qualquer medida mitigadora nesse trecho da bacia” (córrego Passa Sete e ribeirão São José até a confluência deste com o rio do Peixe). O parecer destaca ainda que os estudos hidrológicos demonstram que “a proposta de fluxo residual [...] a ser mantido a jusante da barragem representava mais de cinquenta vezes a demanda dos usuários locais” (Sisema, PU 01/2008, p. 64).

No caso das comunidades residentes a jusante da barragem de rejeitos, atas do Copam em 2010 registram que os moradores ainda têm a ilusão de que poderão conviver com a atividade da mina em implantação em condições ambientais dignas e similares às anteriores ao empreendimento. Assim, na 49ª reunião da URC Copam Jequitinhonha uma das moradoras da comunidade solicita “providências urgentes” para reparar a qualidade da água de seus córregos, então assoreados, e outro habitante observa que “muitos moradores pretendem continuar e precisam da água” como “fonte de renda” (Copam-URC Jeq, 2010, p. 6).

Entretanto, medidas de mitigação assumidas pela Anglo American mostram-se ineficientes e desrespeitosas com as comunidades residentes às margens do Córrego Passa Sete e afluentes. Vários são os episódios de assoreamento, transformação da água em lama e mortandade de peixes causados pela mineradora. Em março de 2010, uma vistoria conjunta do Ibama, Semad, Ministério Público Federal, ONGs e comunitários detecta vários focos de erosão e “elevado grau de assoreamento” dos córregos, com prejuízos para moradores e proprietários locais e perecimento de indivíduos da biota aquática (Auto de Fiscalização/Supram-Jeq AF S-143/2010, p. 3; e laudos de Constatação 01/2010 e de Vistoria 25/2010 NLA-Ditec-Ibama/MG).

As alternativas de fornecimento de água por meio de poços artesianos fracassam e muitos moradores passam a ser servidos por caminhões pipa semanais no segundo semestre de 2013; “[...] também há reclamações frequentes com relação à qualidade d’água do córrego que serve [às] comunidades” Passa Sete e Água Quente (Sisema, Supram Jeq/Suppri, 2017, p. 108, 133 e 161). Fossas sépticas implantadas não são mantidas: “[...] a empresa não passa lá para dar manutenção nas fossas. As fossas causam fedor dentro de casa, estão entupidas [...] as pessoas não estão aguentando [...]. Estão passando mal, não estão conseguindo nem comer” (Copam-URC Jeq, Ata 99ª RE, 2016, p. 30-31).

Em agosto de 2014, outubro de 2015 e agosto de 2017 há novas ocorrências de mortandade de peixes na bacia do córrego Passa Sete, apuradas pela Semad. Segundo relatório técnico, “[...] o córrego Passa Sete apresentava, anteriormente à implantação do empreendimento da Anglo American, condições ideais

para colonização e sobrevivência de diferentes espécies de peixes”. Resultados de ações de monitoramento irão mostrar “[...] profundas alterações nas características físicoquímicas da água à medida que o empreendimento é implementado” e que, das amostras de água e peixes mortos coletados em agosto e setembro de 2014, “[...] mesmo decorridos 20 dias da ocorrência, ainda foi detectada alta toxicidade crônica no local da ocorrência da mortandade de peixes”. A presença de amônia é indicada como principal causa da alteração da qualidade da água. Segundo então se apurou, “[...] das 18 espécies existentes no córrego Passa Sete nas campanhas de levantamento da ictiofauna anteriores à mortandade de peixes, 10 não foram observadas após a ocorrência” (Sisema, Laudo 2017-1, p. 11, 14, 18 e 23)

Na fiscalização de final de outubro de 2015 “não foram identificados peixes mortos no córrego Passa Sete”, mas, a montante, a “análise in loco da água superficial da lagoa de rejeitos (...) indicou baixíssimo nível de oxigênio dissolvido [...]. Os valores da qualidade da água eram incompatíveis com a manutenção da vida aquática”. A Semad solicita à empresa, à época da vistoria realizada, o envio de relatórios atualizados do monitoramento da água e da ictiofauna na bacia do córrego Passa Sete - que “não foram enviados até a data da elaboração deste Laudo” (junho de 2017). Segundo o laudo, os resultados apontam “[...] a morte de peixes por asfixia, causada provavelmente pela baixa concentração de oxigênio dissolvido na água e pela oclusão das brânquias por material suspenso” (Sisema, Laudo 2017-2, p.10-11 e 21).

Em agosto de 2017, nova ocorrência é registrada no Passa Sete, próximo à comunidade Água Quente. Segundo estudos da empresa Hidrogeo, “[...] uma vez descartado um efeito toxicológico causado por agentes químicos, dentre as causas mais prováveis da mortandade está o processo de deplecionamento de oxigênio dissolvido causado pelo aumento da carga orgânica do reservatório da barragem [...] justificado pelo período prolongado de estiagem [...] potencializado pela ausência de ‘água nova’ que entra na área da bacia hidrográfica da barragem de rejeitos e pela alta taxa de recirculação de água no processo de beneficiamento”. Registra-se ainda que, “[...] baseado no balanço hídrico da barragem de rejeitos, os volumes residuais que vêm do Rio do Peixe exercem papel fundamental para entrada da ‘água nova’ na bacia hidrográfica da barragem de rejeitos” - bacia responsável por “[...] cerca de 60% do volume de água utilizado pela reposição da vazão residual para o córrego Passa Sete” (Anglo American, out.2017, p. 12-13).

Está claro, portanto, que o aumento da carga orgânica e, conseqüentemente, da redução do oxigênio dissolvido na água do reservatório de rejeitos e no córrego Passa Sete, resulta não propriamente de maior carga orgânica, mas da redução de água nestes locais.

Nas reuniões da URC Copam Jequitinhonha em 2014, moradores das comunidades da Água Quente começam a manifestar o desejo do reassentamento - se veem fortemente atingidos pelo projeto. “*De agora em diante vai ser só problema [...] não vai ter água nenhuma para nós [...] tinha a minha água limpa, não tenho cachoeira [implodida pela empresa], não tenho lugar de lavar minha roupa*” (Copam-URC Jeq, Ata 86ª RO, set.2014, p. 33).

#### *Negociações fundiárias e segmentação dos atingidos*

O reconhecimento como atingidos e os termos de negociação fundiária dos moradores que habitam as áreas prejudicadas pelas atividades da Anglo American são o ponto central da disputa desde o início do empreendimento. As comunidades querem ser reconhecidas como atingidas e contarem com termos de negociação equivalentes à dos moradores cujas terras foram sobrepostas pelas estruturas do projeto Minas Rio.

Diante dos apelos dos atingidos e de proposta da Federação dos Trabalhadores da Agricultura (Fetaemg), na fase da instalação do projeto, o então secretário do Meio Ambiente José Carlos Carvalho acorda firmar o primeiro termo de referência para negociação fundiária, baseado no acordo dos atingidos pela barragem hidrelétrica Irapé, implantada poucos anos antes e nas proximidades da região nuclear do projeto Minas-Rio.

O modelo é mal recebido pela corporação mineradora e também por gestões estaduais de Meio Ambiente posteriores. A Anglo American refuta estender esta referência de negociação aos que continuam a sofrer os impactos do empreendimento e não estão na primeira lista de atingidos. Não admite que a proposta de negociação fundiária alcance moradores atingidos fora do que entende ser a *Área Diretamente Afetada (ADA)* pelo empreendimento.

O Estado protela a arbitragem da situação dos atingidos pela barragem enquanto corrobora sucessivas licenças e autorizações para que o empreendimento siga seu curso, ampliando os impactos socioambientais sobre o território e seus tradicionais habitantes. E sanciona novo entendimento, que relega os atuais atingidos pela barragem e pela ampliação do empreendimento a um *programa de negociação opcional (PNO)* coordenado pela mineradora. Em Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas opera-se o que Alberto Acosta (2016, p.60) denomina *desterritorialização do Estado*, situação em que o Poder Público deposita “*o atendimento das demandas sociais nas mãos das empresas*”.

Dois anos após o desastre da Samarco e alguns meses após a edição da portaria DNPM 70.389/2017, os ministérios públicos estadual (MPMG) e federal (MPF) acionam o Estado pelo reconhecimento da condição de atingidos dos moradores das comunidades residentes no vale imediatamente a jusante da megabarragem.

Recomendação conjunta MPF-MPMG orienta o Estado a obrigar a mineradora a promover “*a remoção das pessoas atingidas das comunidades de São José do Jassém, Passa Sete e Água Quente [figs. 14 e 15], por meio de indenização assegurada em negociação fundiária e/ou por meio de reassentamento*”. A resposta do Estado aos MPs não reconhece a região da Zona de Autossalvamento (ZAS) como área de exclusão e afirma:

*“A criação deste novo conceito possui diversos efeitos deletérios para atividade de mineração, para outras atividades econômicas e para a sociedade, podendo, inclusive, inviabilizar a implantação de novas barragens, mesmo que se garanta a aplicação dos controles de engenharia e segurança existentes para barragens.*

*Assim, caso a Anglo American decida fazer o Reassentamento das comunidades citadas na Recomendação n.º 1/2017, esta ação voluntária da empresa não pode estar atrelada a existência de Zona de Auto Salvamento, pois caso ocorra estamos abrindo um precedente perigoso não só para a Mineração, mas para outras atividades econômicas que utilizam barragens [...]”* (Semad-Sisema, 2017, p.4).

Aparentemente, esse entendimento mudará com o desastre da Vale em Brumadinho e a subsequente aprovação da Lei *Mar de Lama Nunca Mais*, que passa a proibir o licenciamento de barragens com pessoas na Zona de Autossalvamento. Assim, se após a tragédia em Mariana e a conceituação da ZAS (pela portaria do DNPM 70.389/2017 e pela lei estadual 23.291/2019) as comunidades Água Quente e Passa Sete passam a ser incluídas no plano de negociação opcional/PNO (Sisema, PU LP+LI/Step 3, 2017, p. 191), a comunidade do Jassém permanecerá com o status de “*usuários dispersos de recursos hídricos*” monitorados, conforme a condicionante n.º 20 da licença de operação do Step 2 (Sisema, PU, 2016, p.63-64).

Apesar de formar, com as comunidades Água Quente e Passa Sete, o mesmo universo sociocultural, com laços familiares e de convívio intergeracionais, Jassém continuará a amargar a condição do terror conferida pela megabarragem situada acima do povoado. Conforme informado pela empresa, terá que aguardar a avaliação de impactos específicos, para escapar do fantasma da lama. O gerente de Desenvolvimento Social da Anglo American afirma na reunião da CMI-Copam, em dezembro de 2019, que a mineradora “[...] se disponibiliza a conversar com essas comunidades, mas hoje esse programa [PNO] não se encontra implementado ou estendido ao Jassém, muito embora o Jassém esteja fora dos 10km estabelecidos dentro das áreas [...] estamos dispostos a conversar sobre esse processo com o Jassém. Para isso é necessária a realização de um conjunto enorme de estudos e discussões [...]” (Copam-CMI, Ata 54ª RO, dez2019, p. 94).

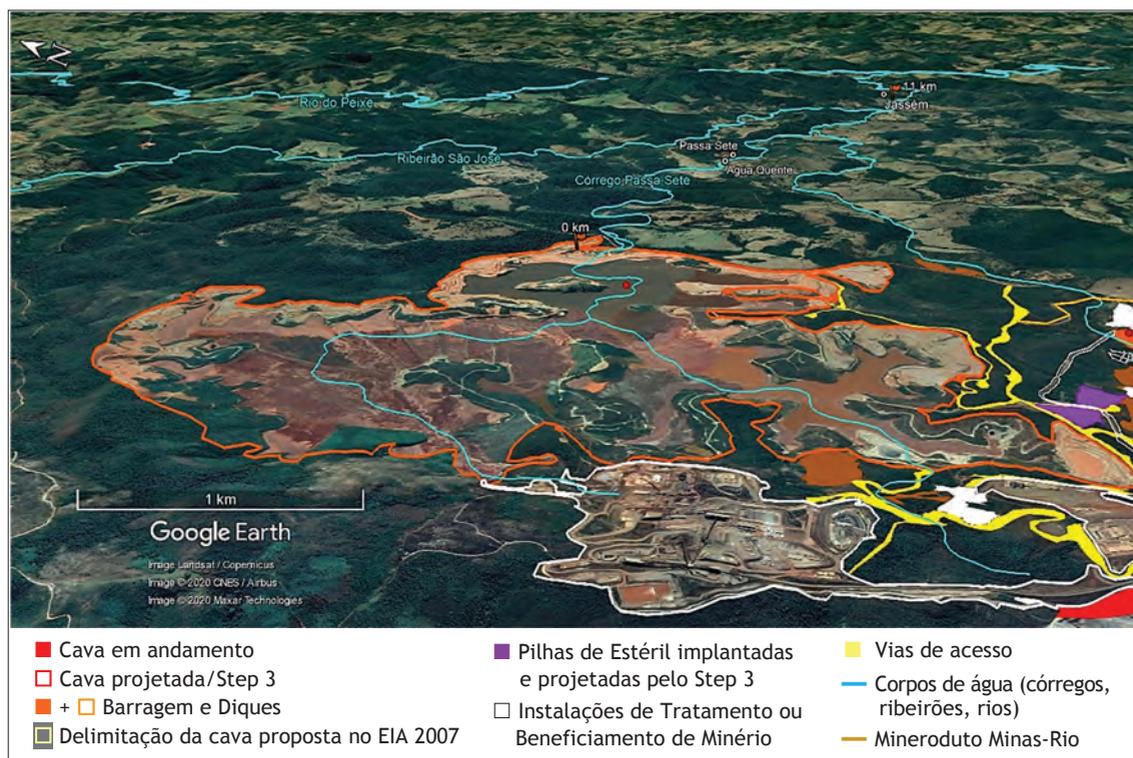


Fig. 15 - Barragem de rejeitos da Anglo American e as comunidades reféns (Fonte da imagem: Google Earth).

Fig. 15 - Anglo American tailings dam and hostage communities (Image source: Google Earth).

Sobre a comunidade do Jassém estar ou não estar na Zona de Autossalvamento da barragem, estudos indicam que a linha da calha fluvial entre a barragem e esta comunidade teria pouco mais de 10 kms. Como já exposto, a lei 23.291/2019 define a ZAS como o trecho do vale a jusante da barragem em que a população terá que se salvar por conta própria, considerado o maior trecho entre 10km ou 30 minutos percorridos pela lama de rejeitos proveniente de eventual ruptura de barragem (art. 12, § 2º). Mas o parágrafo 3º do artigo 12 estabelece que, “*a critério do órgão ou da entidade competente do Sisema*”, essa distância “[...] poderá ser majorada para até 25km, observados a densidade e a localização das áreas habitadas e os dados sobre os patrimônios natural e cultural da região”.

Mas o Estado e a maioria dos conselheiros da CMI-Copam entendem que os moradores de Jassém não podem ter os mesmos direitos dos demais atingidos de sua comunidade mais ampla. Dois representantes do governo estadual no colegiado afirmam: “*A comunidade do Jassém, pela questão geográfica, não tem esse direito. Então eu entendo que é uma condicionante que não pode estabelecer esse direito aqui*”. “*Na verdade, infelizmente ou felizmente, nós estamos funcionando aqui como agente público, e a administração pública está vinculada, constitucionalmente, no princípio chamado ‘legalidade’. Então por isso que temos, sim, que levar*

meio que ao pé da letra a legislação. E aí eu acho muito temerário colocar essa redação de reconhecimento do direito, porque, pela legislação, não há o direito [...]” - respectivamente, o representante da Codemig, empresa estatal com atuação no setor da mineração, e a conselheira titular da secretaria de Governo do Estado (Ata 54ª CMI-Copam, 2019, p.135).

A condenação da comunidade de São José do Jassém a estender seu sofrimento ignora o parágrafo 3º do artigo 12 da lei 23.291, como também o *Estudo de Ruptura Hipotética e Plano de Ações Emergenciais da barragem da Anglo American*, que consta do processo administrativo sob análise. Ao tratar da “*Propagação da onda líquida de ruptura ao longo do canal - modelo FLDWAV*”, o estudo esclarece que “[...] nesse modelo o escoamento pode ocorrer em um único curso de água ou em um sistema de cursos d’água interligados, incluindo aqueles nos quais os efeitos de sinuosidade são consideráveis”; que o fluxo poderá “[...] variar de Newtoniano (água) para não Newtoniano (lama, escombros, rejeito de mina)”. Uma tabela informa limitações do modelo FLDWAV, na hipótese da ruptura de barragem. “*Podem existir locais onde o fluxo possui características bidimensionais [...]*”, em que “[...] a velocidade do fluxo e a elevação do nível de água variam também na direção perpendicular à direção x”; que há incertezas quanto às obstruções e/ou contrações de seções transversais, devido ao “*transporte*

de grandes quantidades de escombros”; e, quanto à “suposição do leito”, “as altas velocidades do fluxo associadas às inundações [...] podem causar significativa degradação no canal aluvial” (Pimenta de Ávila, 2009, p. 22-24).

É pressuposto que a Zona de Autossalvamento se aplica à hipótese de ruptura, da emergência e, não, da condição de estabilidade da barragem. Sua distância, portanto, deveria ser medida ou estimada com base em um fluxo que ultrapassará, degradará, terá características transversais, perpendiculares, bidimensionais em relação à linearidade do leito da drenagem fluvial natural. É assim evidente, ao se tratar de cursos d’água de pequeno porte, que o fluxo da lama tangenciará curvas e sinuosidades do córrego Passa Sete e ribeirão São José nos lugares que não opuserem consideráveis obstáculos físicos (montanhas, grandes rochas etc) à passagem monumental da lama e escombros.

Por vários anos, a Anglo American e o Estado resistem conjuntamente aos pleitos de comunidades serem reconhecidas como atingidas pelo projeto. A lei 23.291/19 veda, no seu artigo 12, “[...] a concessão de licença ambiental para construção, instalação, ampliação ou alteamento de barragem em cujos estudos de cenários de rupturas seja identificada comunidade na zona de autossalvamento”.

A Advocacia Geral do Estado e a Secretaria de Meio Ambiente interpretam a lei de forma distinta da redação dela. Embora a Licença de Operação apreciada na reunião de dezembro de 2019 trate do alteamento da barragem da Anglo American, entendem que a ampliação escrita na vedação do caput do artigo 12 não se aplica à Licença de Operação. A empresa e o Estado não querem aguardar o reassentamento das comunidades, para que se cumpra a lei. Optam por licenciar o alteamento enquanto a empresa causadora do problema avaliará, por anos (como tem feito), se a comunidade terá ou não o direito de ser reassentada.

Após aprovar a Licença de Operação, por dez votos favoráveis e dois contrários, a CMI-Copam analisa as condicionantes. A que propõe o “Reconhecimento do direito de reassentamento às comunidades de Água Quente, São José do Jassém e Passa Sete com os parâmetros coletivos de indenização e reassentamento, resguardando os modos comunitários de vida e de uso de terra” é derrotada por sete votos contrários, além de três abstenções e um voto favorável. Por força da decisão, o questionado Plano de Negociação Opcional não terá a obrigação de produzir reassentamento coletivo e tampouco resguardar modos comunitários de vida e de uso da terra. As comunidades Água Quente e Passa Sete são assim tratadas como sub-atingidas pelo empreendimento. E a comunidade de São José do Jassém continuará, por enquanto, sem nada.

Por modos de vida e de uso da terra, a especialização organizada pelos próprios moradores da comunidade Passa Sete (fig. 16), ilustra com riqueza de detalhes valores, percepções da realidade e dos impactos já sofridos com a construção e operação da barragem da Anglo American em Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas.

### Do direito à não-responsabilidade

Os casos acima abordados são marcados por contextos territoriais e de expansão e integração de cavas e estruturas de mineração similares ao exemplo de Vargem Grande: os complexos Germano-Mariana (Samarco e Vale) já estabelecidos, o da Anglo American (em consolidação e expansão) e os pretendidos pela Vale e mineradoras associadas no Sinclinal Gandarela.

Há poucos elementos disponíveis para se avaliar em detalhes a lógica das análises e tomadas de decisão pela burocracia do Estado. Mas há elementos suficientes para supor a prevalência de decisões hierarquizadas, o que se verifica com a vigência da lei 21.972/2016 e do fluxo decisório por ela estabelecido, isto é, pela instituição de um poder de priorização de projetos a serem analisados, pautado por conselho nomeado e diretamente subordinado ao governador do Estado (art. 24, I, e, na lei 23.304/2019, o art. 58) e a criação de “unidade administrativa responsável pela análise de projetos prioritários” (art. 5º, § 1º), criada como Suppri. A lei 21.972 também prevê que as câmaras técnicas especializadas serão incumbidas da análise e aprovação dos projetos com maior porte e potencial poluidor (art. 14, III). Delega ao governador estabelecer a composição do Copam (art. 15, § 5º), “observada a representação paritária entre o poder público e a sociedade civil, assegurada a participação dos setores produtivo, técnico-científico e de defesa do meio ambiente nas câmaras técnicas”, das quais exclui a participação do Ministério Público, que integrava as Unidades Regionais Colegiadas (URC-Copam), quando o poder decisório sobre grandes projetos estava concentrado nelas.

Se órgãos de governo e empresas estatais obedecem geralmente a um só comando de voto, a composição, a critério do governo, dos setores da sociedade civil na Câmara de Atividades Minerárias (CMI-Copam) pende para a defesa dos interesses da corporação mineradora. Análise realizada pela Corregedoria Geral do Estado (CGE) sobre mais de 40 reuniões da CMI entre fevereiro de 2017 e abril de 2019 mostra que praticamente todos os projetos que passam por seu escrutínio são aprovados (fig. 17) e que há “forte correlação de votos [QUADRO I], em especial entre os representantes do Governo Estadual, do Setor Produtivo-Minerário e do CREA/MG [órgão de representação dos engenheiros, uma das principais forças de trabalho recrutadas pelas empresas de mineração e consultorias associadas] - que juntos totalizam 8 dos 12 votos possíveis” (CGE, 2019, p.20).

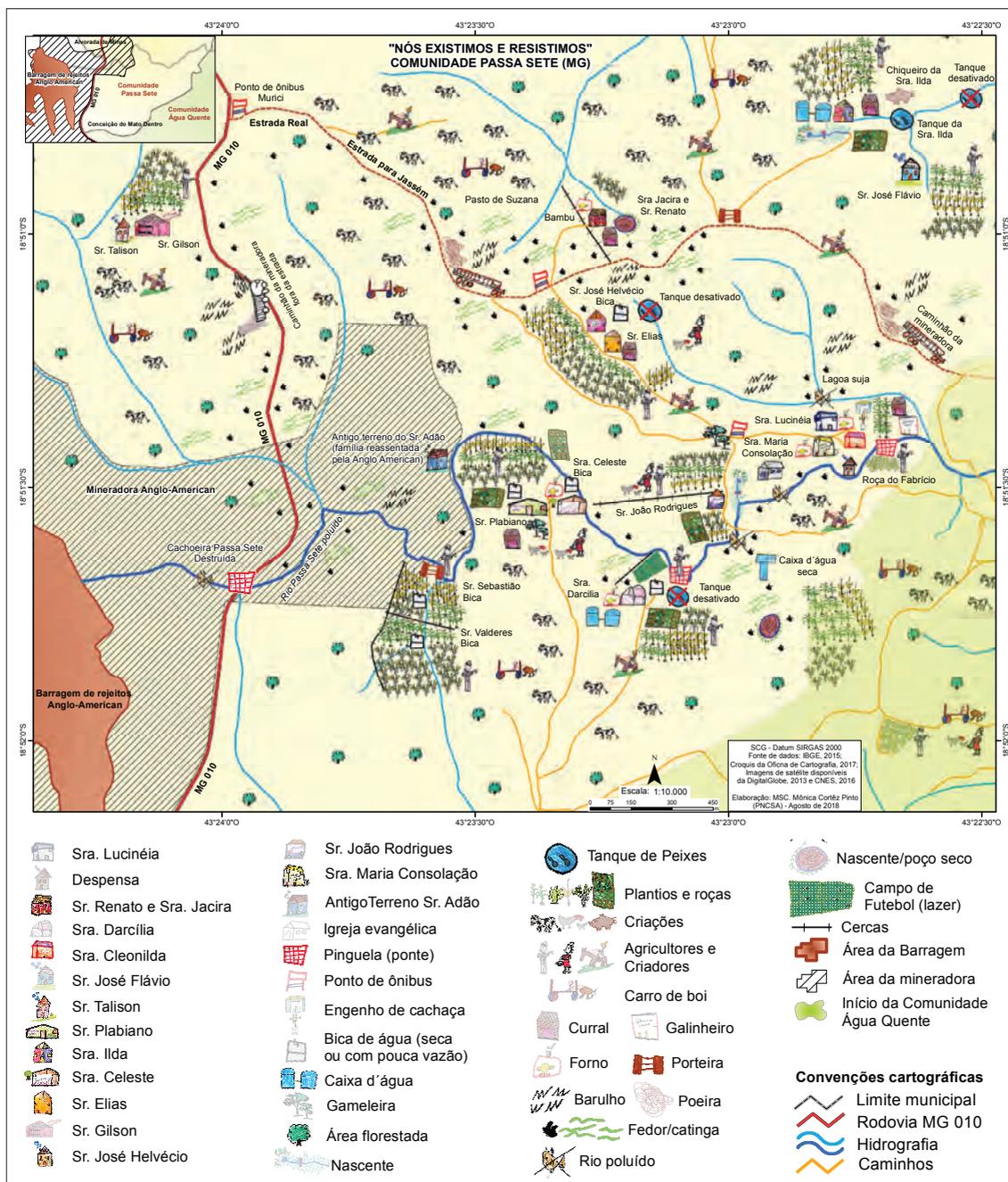


Fig. 16 - Cartografia social produzida por moradores da comunidade Passa Sete, em oficina realizada em janeiro de 2017 (Fonte: Mapa gentilmente cedido pela Reaja/Gesta/PNCSA - cf. Boletim 11 - para a presente publicação).

Fig. 16 - Social mapping produced by residents of the Passa Sete community, in a workshop held in January 2017 (Source: Map kindly provided by Reaja/Gesta/PNCSA - cf. Bulletin 11 - for this publication).

As entidades em vermelho representam o governo de Minas Gerais; em azul, o governo federal (uma de licenciamento ambiental e outra de mineração); em amarelo, duas do segmento minerador e uma do comércio; o Cefet é entidade acadêmica, atualmente representada na CMI por professores de Engenharia; o Fonasc, única entidade ambientalista na época da produção do levantamento (fig. 17). Nova cadeira ambientalista é posteriormente

acrescentada à composição da CMI-Copam, sem todavia realizar a menor possibilidade de alterar o desequilíbrio da representação.

No breve histórico da CMI-Copam, como também ocorria nas URCs, quando estas exerciam esse comando deliberativo, percebe-se, pela proporção das aprovações e a coesão das organizações que a compõem, que as

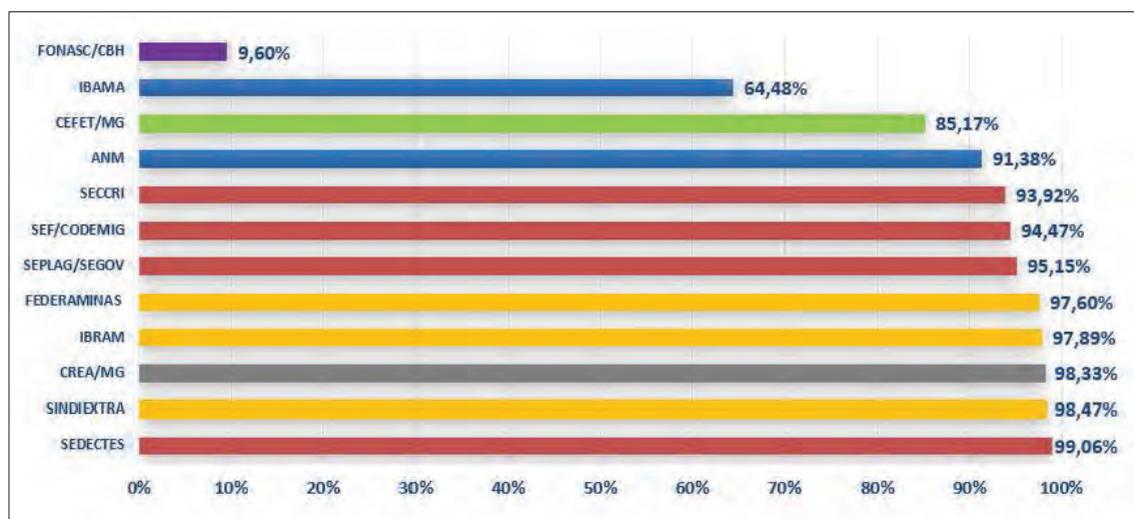


Fig. 17 - Correlação entre voto da entidade e total de votos favoráveis aos projetos submetidos à aprovação da CMI-Copam (Fonte: CGE-MG, 2019, gráfico 4, pág. 17).

Fig. 17 - Correlation between the entity's vote and total votes in favour of projects submitted for approval by CMI-Copam (Source: CGE-MG, 2019, graph 4, page 17).

QUADRO I - Matriz da correlação entre os votos das entidades na CMI-Copam.

TABLE I - Matrix of the correlation between the votes of the entities in the CMI-Copam.

	SEDECTES	CREA/MG	FEDERAMINAS	SINDIEXTRA	IBRAM	SEPLAG/SEGOV	SEF/CODEMIG	SECCRI	ANM	CEFET/MG	IBAMA/MG	FONASC/CBH
SEDECTES	100,0%	99,3%	98,5%	98,5%	97,8%	94,9%	93,4%	92,7%	89,4%	82,2%	59,3%	8,8%
CREA/MG	99,3%	100,0%	97,8%	97,8%	97,0%	94,1%	92,6%	93,4%	88,5%	81,2%	58,0%	0,2%
FEDERAMINAS	98,5%	97,8%	100,0%	97,0%	96,3%	93,3%	91,9%	91,1%	87,7%	80,3%	56,7%	8,9%
SINDIEXTRA	98,5%	97,8%	97,0%	100,0%	97,8%	94,9%	93,4%	92,7%	87,9%	80,6%	59,3%	8,8%
IBRAM	97,8%	97,0%	96,3%	97,8%	100,0%	94,1%	94,1%	91,9%	88,5%	79,7%	56,3%	8,9%
SEPLAG/SEGOV	94,9%	94,1%	93,3%	94,9%	94,1%	100,0%	91,1%	88,8%	83,8%	77,7%	52,9%	9,2%
SEF/CODEMIG	93,4%	92,6%	91,9%	93,4%	94,1%	91,1%	100,0%	87,3%	85,1%	78,9%	52,1%	0,6%
SECCRI	92,7%	93,4%	91,1%	92,7%	91,9%	88,8%	87,3%	100,0%	84,3%	76,5%	56,0%	0,7%
ANM	89,4%	88,5%	87,7%	87,9%	88,5%	83,8%	85,1%	84,3%	100,0%	75,0%	57,7%	9,9%
CEFET/MG	82,2%	81,2%	80,3%	80,6%	79,7%	77,7%	78,9%	76,5%	75,0%	100,0%	52,9%	10,7%
IBAMA/MG	59,3%	58,0%	56,7%	59,3%	56,3%	52,9%	52,1%	56,0%	57,7%	52,9%	100,0%	14,9%
FONASCCBH	8,8%	0,2%	8,9%	8,8%	8,9%	9,2%	0,6%	0,7%	9,9%	10,7%	14,9%	100,0%

Fonte: CGE-MG, 2019, tabela 2, pág. 18 / Source: CGE-MG, 2019, table 2, page 18.

decisões e a arbitragem são providas de posição afinada com os interesses da grande mineração. Sabemos, além disso, que outras instâncias do Copam, também com maiorias formadas entre órgãos do poder público e corporações profissionais e econômicas, aprovam normas e conceitos que orientarão futuras análises e decisões.

O Estado, em quase todos os pareceres técnicos e jurídicos que faz, embora oriente as votações ou tomadas de decisão pelo deferimento dos pedidos de licenciamento ambiental, registra que os órgãos e respectivas equipes "não possuem responsabilidade técnica e jurídica

sobre estudos [...] de responsabilidade das empresas responsáveis e/ou seus responsáveis técnicos".

A Resolução Conama n.º 237/1997 estabelece que "[...] o empreendedor e os profissionais que subscrevem os estudos [submetidos a licenciamento] serão responsáveis pelas informações apresentadas [...]". Tal responsabilidade não retira entretanto o princípio de que a realização do *bem comum* deve orientar a moralidade da administração pública, e que ao servidor público é vedado "deixar de utilizar os avanços técnicos e científicos ao seu alcance ou do seu conhecimento para

*atendimento do seu mister*” (incisos III e XV-e, do Anexo único do Decreto 1171/1994, sobre o código de ética profissional do servidor público civil).

Nos casos aqui apresentados, é recorrente a postura das autoridades do Estado de Minas Gerais de não exercerem análise crítica sobre as informações entregues pelas empresas solicitantes de licenças ambientais. Algo como *“assim recebemos os estudos e, portanto, essa é a realidade que nos cabe analisar”*. Lembremos todavia que é pressuposto do Sisema ser um sistema integrado.

A lei 21.972/2016 atribui à Advocacia-Geral do Estado (AGE-MG) a *“defesa dos agentes públicos por atos ou omissões praticados no exercício regular de sua função em processos de licenciamento ou regularização ambiental, autorização para intervenção ambiental e outorga de direito de uso de recursos hídricos”* (art. 39). A obrigação também *“aplica-se aos membros dos conselhos dos Poderes do Estado”*, conforme o art. 2º-A da lei complementar n.º 83/2005, que estabelece a estrutura e competências da AGE-MG.

De outra forma, a resolução n.º 26/2017 da AGE-MG incumbe *“à autoridade [de órgão do Estado] consulente instruir os expedientes da consulta [que encaminhar à AGE] com todas as informações de ordem técnica pertinentes à correta compreensão da demanda [...]”*. Ou seja, os pareceres produzidos por procuradoria jurídica da AGE, lotada em cada órgão do Estado, serão sobre contextos apresentados pela autoridade, servidor ou órgão competente, em que pese a possibilidade de a AGE-MG solicitar *“informações complementares [...] para melhor compreensão do caso”* (art. 7º, § 1º).

Nota jurídica sobre proposta normativa analisada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) observa, quanto à *“análise jurídico-formal”*, que *“não há que se falar em análise quanto à suficiência dos motivos para, de fato, provocarem a decisão da autoridade competente. Na verdade, cabe ao plenário do CERH-MG, enquanto autoridade que exerce a função deliberativa máxima [...] avaliar se os motivos apresentados pelo órgão técnico são determinantes (ou não) para a emissão da deliberação normativa proposta”* (NJ n.º 13-2020/Procuradoria-Igam).

Em outro documento (Despacho 22/2020) no mesmo processo administrativo, a procuradora-chefe lembra a dirigente de área técnica do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) que *“não compete à Procuradoria verificar se as justificativas apresentadas pelas áreas são suficientes ou não, já que estas manifestações são de responsabilidade dos setores e servidores deste Instituto que possuem o conhecimento técnico necessário para realizar tal avaliação”*.

Em resumo, as pessoas que constroem os pareceres técnicos e jurídicos a serem avaliados e aprovados

pelos órgãos colegiados não têm responsabilidade sobre as informações que fundamentam os documentos que produzem, as procuradorias da AGE-MG muito menos, embora a AGE tenha a incumbência de promover a defesa das autoridades, servidores e conselheiros *“por atos ou omissões praticados no exercício regular de sua função”*.

O pedido da AGU e AGE-MG à Justiça Federal, de retirada de órgãos setoriais da ação movida pelo Ministério Público Federal sobre o desastre Samarco, é obviamente um paradoxo em relação à doutrina que dispensa a AGE-MG da análise do mérito de processos trazidos a sua consulta.

Já sabemos que a avaliação da eficácia de medidas ou controles ambientais será muitas vezes baseada no monitoramento de dados ou indicadores ambientais, e que o Estado se omite na produção primária destas informações em regiões-chave da mineração, confiando por hábito no automonitoramento das empresas. As decisões do poder público são muitas vezes baseadas em modelagens, análises qualitativas e balanços hídricos hipotéticos, administrados por mineradoras e consultorias terceirizadas, sem sistemas de checagem de resultados pelo próprio Estado e por instituições independentes e de caráter efetivamente público. Quando tem a possibilidade de fazer a checagem, somos surpreendidos pela renúncia do Estado ao direito e obrigação de fazê-lo, a exemplo de processo de revisão de outorga de uso de água da barragem de rejeitos da Anglo American, de que este autor foi parecerista (Angá, 2020).

As normas e justificativas que fundamentam esse círculo vicioso de suposta não-responsabilidade na produção de pareceres e informações interferem obviamente na apuração de condutas negligentes ou criminosas em processos decisórios que podem propiciar a ocorrência de desastres ambientais. Visam à mitigação preventiva das consequências criminais e penais de decisões que, no frígido dos ovos, têm o papel de legalizar e avaliar procedimentos operacionais, que poderão resultar em condições objetivas para causar danos à natureza, mortes e deslocamento compulsório de pessoas, cessação de serviços essenciais como abastecimento público de água, perdas patrimoniais.

Se as procuradorias ou advocacias-gerais não têm responsabilidade sobre as respostas que fornecem a consultas de órgãos do Estado, se os órgãos do Estado não têm maior responsabilidade sobre informações prestadas pelos chamados empreendedores, embora disponham de conhecimento sobre medidas técnicas e informações sobre a realidade sociocultural e a cumulatividade ou sinergia de impactos ou atributos ambientais nos territórios onde inserem-se os projetos, toda a responsabilidade decisória recairá sobre conselheiros e empresas. Até aqui, entretanto, não se tem notícias de penalização com detenção destes agentes.

Neste sentido, o *modus operandi* do desastre sociotécnico conta com salvaguardas jurídicas que propiciam a continuidade do sistema de licenciamento-imposição de riscos e a sensação de impunidade dos agentes envolvidos. Essa confiança na impunidade e não-responsabilidade pela produção de fundamentos e decisões recomendadas pelo Estado e aprovadas pelos conselhos é talvez o principal fiador ou condição fiduciária da “normalidade” construída no licenciamento ambiental e na construção sociotécnica ou sociopolítica em questão.

#### *Das afetações*

Nos três casos analisados chama a atenção a interpretação e decisões sobre a ideia ou conceito de áreas e pessoas afetadas pelos empreendimentos, e das implicações do caráter da afetação como substrato de decisões tomadas ou não tomadas.

No conflito deflagrado pelas mineradoras MMX-Anglo American e governo de Minas Gerais, na região de Conceição do Mato Dentro, cerca de nove anos e muito sofrimento de famílias e comunidades foram necessários para que duas comunidades a jusante da barragem de rejeitos fossem admitidas em programa de negociação fundiária, coordenado e governado pela Anglo American. A terceira comunidade, atingida pelas situações insalubres e riscos associados à barragem, ainda aguarda, onze anos após a concessão da Licença Prévia, reconhecimento de uma condição posta em suspensão pelos efetivos operadores públicos do Direito - representantes do governo e conselheiros do Estado -, em sintonia com os advogados da empresa, que resistem como podem à possibilidade de promover precedentes ou parâmetros de negociação que sirvam de referência para próximas negociações fundiárias e reassentamento de comunidades.

Conforme lembrado pelo diagnóstico da consultoria Diversus, contratado face à “indefinição quanto à área diretamente afetada”, não entravam no plano de negociação fundiária da Anglo American as condições para a reconstituição “dos modos de fazer, viver e criar dos grupos atingidos” (um dos princípios constitucionais do patrimônio imaterial brasileiro - CF, art. 216). Mais do que isso: o plano de negociação fundiária “[...] parece limitar o que considera como área diretamente afetada à simples superposição geográfica entre a planta do empreendimento e as áreas hoje ocupadas” (Semad-Supram, PU Diversus, 2013, p.5). Apesar de demonstradas as repercussões de projetos de mineração, muito além dessa visão rasa de “área afetada”, por meio de laudos, autos de fiscalização e infração, denúncias fundamentadas da sociedade civil e apuradas por órgãos como o Ministério Público, o Estado de Minas Gerais mantém nestes anos todos a posição de considerar como “Área Diretamente Afetada - ADA - a área necessária para

a implantação do empreendimento [...] bem como todas as demais operações unitárias associadas exclusivamente à infraestrutura do projeto, ou seja, de uso privativo do empreendimento” [Semad/Supram, 2013, p.30].

Por essa concepção, um córrego ou ribeiro que nasce na área de implantação das estruturas do empreendimento (barragens, pilhas de estéril, cava, instalações de beneficiamento), embora tenha sua condição ambiental radicalmente afetada em toda a extensão além da área de sobreposição geográfica, não é considerado área diretamente afetada. Na visão da empresa e agentes do Estado, os moradores, que usam as águas do córrego para irrigar hortas, pomares, lavar roupas, nadar, pescar, fazer a dessedentação de criações, podem esperar. Ou, conforme o entendimento de advogado da empresa, a lei “não prevê, para aqueles que já operavam [barragens] na lei anterior, a necessidade de desocupação dessas faixas de autossalvamento” (CMI-Copam, 2019, p. 97-98).

Relendo, entretanto, as “definições técnicas” do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta celebrado pelo próprio Estado de Minas Gerais para as medidas de reparação e compensação do desastre Samarco, temos as definições de “impactados” (inciso III da cláusula 1ª), em distinção a “indiretamente impactados” (inciso IV da mesma cláusula). E o TTAC entende por impactados “[...] as pessoas físicas ou jurídicas, e respectivas comunidades, que tenham sido diretamente afetadas pelo EVENTO [o desastre] nos termos” de diferentes situações como perda de familiares, agregados, bens móveis e imóveis e: “[...] perda da capacidade produtiva ou da viabilidade de uso de bem imóvel ou de parcela dele; perda comprovada de áreas de exercício da atividade pesqueira e dos recursos pesqueiros [...]; perda de fontes de renda, de trabalho ou de autossustentância das quais dependam economicamente, em virtude da ruptura do vínculo com áreas atingidas; prejuízos comprovados às atividades produtivas locais, com inviabilização de estabelecimento ou das atividades econômicas; danos à saúde física ou mental; e destruição ou interferência em modos de vida comunitários ou nas condições de reprodução dos processos socioculturais e cosmológicos de populações ribeirinhas, estuarinas, tradicionais e povos indígenas” (alíneas ‘d’, ‘e’, ‘f’, ‘g’, ‘i’ e ‘j’ do inciso III da cláusula 1ª).

Tais condições aplicam-se perfeitamente às comunidades “diretamente afetadas” pelas ameaças e impactos da barragem Sul Superior/mina de Gongo Soco, em Barão de Cocais, e da barragem da Anglo American, em Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas. Está claro que, mesmo sem a ruptura ou liquefação, o desastre ou boa parte das resultantes de um desastre, conforme acima caracterizadas, estão dados antes e durante a instalação de uma barragem (Anglo American) ou na situação emergencial da outra (Sul Superior/Vale), para a qual socorreu, por “medida de precaução”, o aporte institucional da Justiça.

Em Barão de Cocais, a Justiça reitera a evacuação social e as obras, solicitadas, pela Vale, com “*o único intuito de remediar as consequências de eventual rompimento*” e para cumprir os “*mais elementares princípios legais e até mesmo humanitários*” contra a defesa da “*propriedade individual e privada em detrimento de milhares de vidas*” (Vale/PMRA, 2019, p. 2 e 10). Determina o emprego de forças militares e da Defesa Civil para cumprimento da evacuação e das obras, mas não opõe qualquer decisão às medidas do Sisema que resultarão na intensificação dos danos socioambientais, pelo licenciamento de empreendimento de coligada da petionária Vale S.A. na área de onde a população se vê apartada, por *princípios humanitários* e cumprimento da *função social* das pequenas e médias posses e propriedades sob intervenção.

Nota-se que a cultura dos desastres e o sistema de imposição de riscos vigente joga com palavras para tratar pessoas afetadas ou atingidas diretamente como não afetadas ou sub-atingidas. Como registra a professora Ana Flavia Santos, sobre reunião ocorrida durante o licenciamento do projeto Minas-Rio, “[...] *representantes da empresa asseveravam que as comunidades não eram ‘realmente’ afetadas pelo empreendimento, e que as experiências e sentidos dos presentes deveriam ser avaliados a partir de critérios ‘objetivos’. As situações identificadas por aqueles que sofriam danos e prejuízos, moradores das comunidades do entorno, foram colocadas em suspensão, sob o pretexto de que parâmetros técnicos e científicos, instituídos por um arcabouço legal e normativo, seriam capazes de produzir realidades mais exatas*” (2018, p.200).

### Conclusão

O início deste artigo faz referência ao caráter sociotécnico dos desastres com barragens de mineração, dos desastres como consequência de “*falhas de governança ambiental produtoras de novos padrões de vulnerabilidade*” que expõem populações ao risco. Que estas falhas resultam de decisões políticas “*assumidas pelas empresas e pelo estado brasileiro através de órgãos ambientais e agentes de fiscalização sob o status de normalidade*” (Zhour et al., 2018).

É curioso que na recente publicação do ICMM/UNEP/PRI (ago/2020) tenham os autores do relatório poupado os órgãos públicos ambientais e agentes de fiscalização de responsabilidade na governança dos riscos impostos, pelos processos de licenciamento, à (in)segurança social.

Nos casos aqui retratados, a Justiça cumpre também papel de relevo na sanção às medidas cooperadas por empresas e órgãos públicos de licenciamento e, também, em situações recentes observadas em Minas Gerais, de defesa civil e segurança pública. Assim, no caso do desastre Samarco, a Justiça Federal brasileira avaliza a retirada de órgãos públicos setoriais como partes da

ação movida pelo MPF. Ao fazer cumprir esse pedido, a Justiça restringe as negociações dos acordos judiciais à hierarquia das advocacias-gerais da União e do Estado e bancas de advogados das empresas, sempre zelosos em não criar efeitos derrames positivos nas abordagens que poderiam se estender a novos episódios.

O objetivo é efetivamente não perder o controle do sistema de licenciamento vigente, que envolve acordos empresariais-governamentais de grosso calibre. E, mais do que isso, é sancionar parâmetros de monitoramento trazidos pelas empresas e consultorias, com baixa interferência de órgãos públicos e organizações independentes indicadas pela sociedade civil. Quer dizer, legalizar parâmetros de automonitoramento, conforme as definições quali-quantitativas que melhor se adequam aos interesses das empresas em atestar e reduzir custos de reparação e compensação, ou mesmo pela definição de soluções tecnológicas e locais alternativas para seus processos produtivos.

Outra consequência dessa concertação de controle sistêmico e cooperado é evitar a oficialização do alto grau de despreparo e falta de estruturação do Estado e diferentes órgãos da esfera pública para exercer uma condução minimamente preventiva e isenta, com redes de monitoramento, bases e metodologias científicas apropriadas, para identificar problemas de gestão do meio ambiente dos megaempreendimentos minerários e dos territórios por estes degradados.

Vimos no caso das ações de mineradoras no sinclinal Gandarela, como as decisões judiciais têm dois pesos e medidas. Por medida de precaução e função social da propriedade, a Justiça avaliza proposta da Vale de interferência no território e evacuação das comunidades que nele habitam há séculos. A mesma premissa não é aplicada a empresa associada à Vale, cuja atividade econômica parece prescindir da função social aplicada na evacuação dos moradores e intervenção nas respectivas terras. A empresa tem a autorização para implantar seu empreendimento com os moradores efetivamente suspensos do território onde este se instalará. Além do mais, considerando que boa parte dessa comunidade é de médio a baixo poder aquisitivo, a operação conjunta empresa-estado-prefeituras locais-justiça enseja a desvalorização das propriedades e maior poder de barganha das empresas para promover a grilagem oculta de terras (*hidden landgrabbing*) (Laschefski, 2020, p. 118-119).

Vimos ainda que há outras ocorrências que degradam a autoridade das licenças ambientais e a vulnerabilidade dos territórios e moradores locais.

A lei 21.972/2016 aperfeiçoa as condições legais e burocráticas para a fragmentação e agilização da expansão de empreendimentos, com critérios menos

exigentes de análise do que os aplicados a um projeto apresentado no seu conjunto. Uma das estratégias para cumprir esta condição é a vinculação de vários polígonos ou direitos minerários no mesmo processo, como no caso da licença de expansão da mina do Brucutu, numa das extremidades do sinclinal Gandarela.

Ao desconsiderar os processos administrativos de licenciamento anteriores, da mesma empresa (CVRD/Vale) sobre parte dos polígonos minerários em análise nos projetos mais recentes, a burocracia estadual perde também o controle das estratégias da empresa e desconsidera a memória do próprio Estado sobre tais projetos e territorialidades. Exemplo desse procedimento de desmemorização e desvinculação administrativa ocorre também no caso da Samarco, em que a *licença de operação corretiva* desconsidera a área afetada pelo desastre de 2015 como parte do empreendimento. O argumento legal usado não justifica desconhecer ou ignorar o conhecimento sobre obrigações da mineradora Samarco sobre a maior barragem localizada no interior da “*área diretamente afetada*” por seu projeto. A autoridade é assim exercida como um poder régio capaz de estabelecer o que deve ser esquecido e a traçar a linha do que entra ou sai da análise.

O Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (Copam), como unguído, sanciona o poder de definição de parâmetros pelas empresas - dispensa a obrigação do reassentamento de atingidos assegurar-lhes a reprodução de *modos de vida, de uso da terra e integração comunitária*. Desconsidera, na interpretação que faz da lei Mar de Lama Nunca Mais, o parágrafo que permite a ampliação da Zona de Autossalvamento, assim negando ou protelando a aplicação de direitos aos moradores do maior povoado no vale do córrego Passa Sete e ribeirão São José.

Além destas situações, os conselhos e câmaras “técnicas” da política ambiental fazem vista grossa ao não-cumprimento de condicionantes vinculadas às licenças ambientais (casos Samarco e Anglo American) e costumam tratar esse descumprimento como algo corriqueiro e passível de ser ignorado no sequenciamento de novas fases ou etapas do licenciamento.

Diferentes organizações designam as ZAS como “*zonas de alto risco de morte*” e a política comum das empresas e Estado como “*terrorismo de barragens*”. Laschefski os denomina *territórios do medo* (2020, p.135-136).

Os desastres da Samarco e Vale não foram suficientes para que o Estado, da presente e anterior administração - de orientações partidárias distintas, uma supostamente “progressista” e outra, neoliberal -, tenha produzido medidas para mudar a cultura da gestão, iniciada em administrações estaduais na primeira década do século XXI em Minas Gerais. A não-determinação de tarefas que implicariam em maiores gastos e uso de técnicas mais adequadas em segurança e prevenção pelas mineradoras

resulta obviamente da cultura técnica e política submissa à doença holandesa e à minerodependência que tornaram-se um vício ou lugar comum da conceção de desenvolvimento ainda dominante nesse estado. Há de fato um consenso das *commodities* minerárias, assumido por partidos de diferentes matrizes políticas e ideológicas na governança de Minas Gerais.

Se, na visão de sucessivos pareceres do Estado, medidas reparatórias são possíveis onde os danos têm se mostrado contínuos e severos, significa em outras linhas que o Estado está a entender que, apesar da realidade, estas áreas são passíveis de não serem diretamente afetadas ou de tornarem-se não-diretamente afetadas. Nesta leitura - com tamanha determinação e fé das equipes técnicas em uma restauração da realidade -, observa-se um escape da argumentação técnico-jurídica, baseado na comutação da realidade factual (a dos passivos reais e verificados) por aquela imaginária de um suposto direito positivo - a de uma compensação ou reparação não realizada, ou verificada, embora prevista na legislação.

#### Agradecimentos

Ana Flávia Santos, Bruno Milanez, Carlos Martinez, Flávio do Carmo, Ivan Pimenta, Julio Grillo, Luiz Paulo Guimarães, Maria Teresa Corujo, Patrícia Generoso Guerra, Paulo Rodrigues, Sandoval Souza Pinto subsidiaram o autor com informações técnicas e memorialísticas sobre episódios e a geografia narrada no presente artigo.

#### Bibliografia

- ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (planilha fev/2019). *Cadastro Nacional de Barragens de Mineração* Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao>.
- ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (s/d). *Classificação de Barragens de Mineração/Pnsb*. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-classificacao-de-barragens-de-mineracao/plano-de-seguranca-de-barragens>.
- ANM-SIGBM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO (PÚBLICO). Disponível em: <https://app.anm.gov.br/sigbm/publico> (acesso maio/2020).
- Angá (2020). *Relato de Vistas para Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão/CERH-MG*, 22 p. Disponível em: [http://igam.mg.gov.br/images/CERH\\_MG/2.C%3%A2maras\\_T%3%A9cnicas/CTIG\\_18-21/69%C2%AA\\_RE/Parecer\\_de\\_Vistas\\_Gazzinelli-Ang%C3%A1\\_-\\_CTIG\\_31jan2020.pdf](http://igam.mg.gov.br/images/CERH_MG/2.C%3%A2maras_T%3%A9cnicas/CTIG_18-21/69%C2%AA_RE/Parecer_de_Vistas_Gazzinelli-Ang%C3%A1_-_CTIG_31jan2020.pdf)
- ANGLO AMERICAN (2017). *2º Relatório de Informações Complementares* - Resposta ao item 6-set/2017, com “iden-

- tificação da causa das mortandade de peixes conforme verificado pelo Auto de Fiscalização 57592/2017”.
- Acosta, A. (2016). Extrativismo e Neoextrativismo: duas faces da mesma maldição. In *Descolonizar o Imaginário: debates sobre pós-extrativismo e alternativas ao desenvolvimento*. Org: Dilger, G., Lang, M., e Pereira, F. J. São Paulo, Fund. Rosa Luxemburgo, 47-85.
- Balbi, D. A. F. (2008). *Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens: estudo de caso, Barragem de Peti-MG*. EE-UFGM, Belo Horizonte, 336 p.
- Campos, L., Moro, M. F., Funk, V. & Roque, N. Biogeographical Review of Asteraceae in the Espinhaço Mountain Range, Brazil. *The Botanical Review*. The New York Botanical Garden, 2019. DOI <https://doi.org/10.1007/s12229-019-09216-9>
- CERH - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (2015). *Palestras e discussão na Reunião do GT/Deliberação CERH 372/2015 (CPRM,11/09/2015)*. Transcrição de áudio para intervenção do Prof. Valadão (Dep. Engenharia de Minas/UFGM). Belo Horizonte.
- CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIAMINERAL (2016). *Rompimento de barragem da Mineração Rio Verde*. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br>
- CGE-MG - CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (2019). *Relatório de Auditoria n.º 1370.1390.19 - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad)*. Belo Horizonte, 60 p. Disponível em: [http://www.cge.mg.gov.br/phocadownload/relatorios\\_auditoria/2019/RA\\_1370.1390.19\\_CMI\\_COPAM\\_SEMAD\\_DCAPG\\_24\\_9\\_19.pdf](http://www.cge.mg.gov.br/phocadownload/relatorios_auditoria/2019/RA_1370.1390.19_CMI_COPAM_SEMAD_DCAPG_24_9_19.pdf)
- COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Atas de Reuniões*:
- URC-Copam Jequitinhonha - 29ª RO (11/12/2008), transcrição do áudio da reunião pelo Sisema, com revisão do autor; 37ª RO (LI-I - nov/2009); 49ª RO (dez/2010); 71ª RO (fev/2013); 86ª RO (set/2014); 89ª RO (nov/2014); 94ª RE (set/2015); 96ª RE (out/2015); 99ª RE (set/2016) e 100ª RE (out/2016). Cf. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/copam/urcs/jequitinhonha>
- URC-Copam Velhas, 71ª reunião (dez/2013). Disponível em: [http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/URCS\\_SupramCentral/RioVelhas/71/ata-71o-urc-rio-das-velhas-17-12-2013.pdf](http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/URCS_SupramCentral/RioVelhas/71/ata-71o-urc-rio-das-velhas-17-12-2013.pdf)
- CMI-COPAM (CÂMARA DE ATIVIDADES MINERÁRIAS) - Atas e Pareceres Únicos Anglo American e Samarco publicados na 20ª RE (jan/2018), 50ª RE (out/2019); 51ª RO (out/2019) e 54ª RO (dez/2019) reuniões ordinárias. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/copam/camaras-tematicas-do-copam>
- Cristini, F. (2016). *Juiza exclui órgãos públicos de ação sobre desastre e marca audiência (site de notícias G1, 11jul2016, Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/07/juiza-exclui-orgaos-publicos-de-acao-sobre-desastre-e-marca-audiencia.html>)*.
- DIVERSUS (2011). *Diagnóstico Socioeconômico da Área Diretamente Afetada e da Área de Influência Direta do empreendimento Anglo-Ferrous Minas-Rio Mineração S.A.*. Belo Horizonte, 362 p.
- DIVERSUS (2014). *Estudo de Definição sobre Comunidades-Famílias a serem Reassentadas. Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Entorno da Cava Licenciada e Estruturas Correlatas - Municípios de Conceição do Mato Dentro, Alvorada de Minas e Dom Joaquim*. Belo Horizonte, 312 p.
- Figueiredo, M. M. (2007). *Estudo de Metodologias Alternativas de Disposição de Rejeitos para a Mineração Casa de Pedra - Congonhas/MG*. Ouro Preto, Ufop, 126 p.
- Franco, Danielle (2020). Após chuvas ANM vê risco iminente de rompimento de quatro barragens da Vale. *O Tempo*, 20/02/2020. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/apos-chuvas-anm-ve-risco-iminente-de-rompimento-de-quatro-barragens-da-vale-1.2300342>
- Gazzinelli, G. T. (2019). A “Justiça” no Crime da Samarco. In *Mar de Lama da Samarco na bacia do rio Doce: em busca de respostas*. Org: Pinheiro, T. et al., Instituto Guaicuy, Belo Horizonte, 248-284.
- Gomes, M. F. M. (2009). *Metodologia de análise hierárquica aplicada para escolha do sistema de disposição de subprodutos da mineração com ênfase nos rejeitos de minério de ferro*. Ouro Preto, Ufop, 193 p.
- Gudynas, E. (2016). Extractivismos em America del Sur, conceptos y sus efectos derrame. In: A. Zhouri, P. Bolados e E. Castro (Eds.) *Mineração na América do Sul: neoextrativismo e lutas territoriais*. São Paulo: Editora Annablume, 23-43
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
- NLA/Ditec/Ibama-MG (2010a). Laudo de Constatação 01/2010 (07/04/2010). Assunto: Instrução de Auto de Infração (n.º 581846/série D).
- NLA/Ditec/Ibama-MG (2010b). Laudo de Vistoria n.º 025/2010 (vistorias em 17 e 18/03-2010 - data do relatório 26/03/2010), 25 p.
- IBAMA (2016). Relatório da Fase Hélios da Operação Águas. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias\\_ambientais/relatorio\\_fase\\_helios\\_operacao\\_augias.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/relatorio_fase_helios_operacao_augias.pdf)

- IBAMA (2018). Nota Técnica 04 de 21set2018. Disponível em: [https://sei.ibama.gov.br/documento\\_consulta\\_externa.php?id\\_acesso\\_externo=9030&id\\_documento=4027054&infra\\_hash=464e522e682683037c7c6771c2eab3ae](https://sei.ibama.gov.br/documento_consulta_externa.php?id_acesso_externo=9030&id_documento=4027054&infra_hash=464e522e682683037c7c6771c2eab3ae)
- ICMM/Unep/PRI - INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING & METALS (ICMM), THE UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) AND THE PRINCIPLES FOR RESPONSIBLE INVESTMENT (PRI) (2020). *Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos: minuta final*. Disponível em: [https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-tailings-standard\\_PT.pdf](https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-tailings-standard_PT.pdf)
- ICOLD - INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (2001). Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences: lessons learnt from practical experiences. *Boletim 121*. Paris, 144 p. Disponível em: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/2891-TailingsDams.pdf>
- INSTITUTO PRÍSTINO (2016). *Atlas Digital Geoambiental*. Disponível em: <https://institutopristino.org.br/atlas>. Acesso em 20/06/2020.
- Laschetski, K. A. (2020). Rompimento de barragens em Mariana e Brumadinho (MG): Desastres como meio de acumulação por despossessão. *AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política*, v. 2, n. 1, 98-143. ISSN: 2674-6816. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/23299>
- Lume Estratégia Ambiental e MR Mineração Ltda (2017). *Estudo de Impacto Ambiental do Projeto da Ampliação da Produção de Minério de Ferro na Mina do Baú*. Belo Horizonte, 708 p.
- Mata-Machado, B. N. da (2003). *O caso Hanna/MBR: cronologia de uma investigação*. Belo Horizonte, 66 p.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2003). *Mapa das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade - Mata Atlântica*, Código: MA-638 - Região de Ouro Preto e Serra do Caraça.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2007). *Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira*. Mata Atlântica Código: Ma353 - Quadrilátero Ferrífero.
- MPF - MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2016). *Denúncia do Ministério Público Federal contra dirigentes da Samarco e outros*. Ponte Nova, Juízo da Vara Única Federal da Subseção Judiciária. Disponível em: [http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco/at\\_download/file](http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco/at_download/file). (acesso em 29/04/2020)
- Nonato, E. A., Viola, Z. G., Almeida, K. C., e Schor, H. H. (2007). Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do Rio das Velhas. *Química Nova*, 30(4), 797-804.
- Patrício, Émile (2020). Barão de Cocais pode aprovar mineração em área de expansão urbana. *Estado de Minas* (27/08/2020). Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/08/27/interna\\_gerais,1180054/barao-de-cocais-pode-aprovar-mineracao-em-area-de-expansao-urbana.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/08/27/interna_gerais,1180054/barao-de-cocais-pode-aprovar-mineracao-em-area-de-expansao-urbana.shtml) (acessado em 04/09/2020).
- Pereira, E. L. (2005). *Estudo do potencial de liquefação de rejeitos de minério de ferro sob carregamento estático*. Ouro Preto, Ufop, 185 p. [Parra e Lasmar (1987) apud Pereira, 42-44].
- PIMENTADE ÁVILA, CONSULTORIA (2009). *Estudo de Ruptura Hipotética da Barragem/Plano de Ações Emergenciais (PAE)*. 59 p. Supram Jequitinhonha: PA 00472/2007/008/2015 - Doc. R00146985/2016, 9340-9398 do PA.
- Pimentel, Thaís (2020). 'Tragédia iminente', diz associação de cidades mineradoras de MG sobre corte no orçamento da agência que fiscaliza barragens. *G1*, 24/09/2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/09/24/tragedia-iminente-diz-associacao-de-cidades-mineradoras-de-mg-sobre-corte-no-orcamento-da-agencia-que-fiscaliza-barragens.ghtml>
- PODER JUDICIÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (2019). *Decisão do Juiz Carlos Pereira Gomes Junior (18/05/2019)*. Comarca de Rio Piracicaba/Justiça de 1º Grau. Num. 69883651. Disponível em: <https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19052015190261400000068577866>
- REAJA/GESTA/PNCSA - REDE DE ARTICULAÇÃO E JUSTIÇA AMBIENTAL DOS ATINGIDOS PROJETO / GRUPO DE ESTUDOS EM TEMÁTICAS AMBIENTAIS / NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL DA AMAZÔNIA (2018). Atingidos pelo projeto Minas-Rio: comunidades a jusante da barragem de rejeitos. Cartografia: Mônica Cortêz Pinto. In: *Boletim* n. ° 11 - Cartografia da Cartografia Social: uma síntese das experiências. Manaus, UEA Edições, out/2018, 19 p.
- Rodrigues, P. C. H. (2016). O Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. In *Dossiê-denúncia: ameaças e violações ao direito humano à água no Quadrilátero Ferrífero Aquífero de Minas Gerais*. Belo Horizonte, MovSAM, 15-78. Disponível em: <https://aguasdogandarela.org.br/dossie-denuncia-ameacas-e-violacoes-ao-direito-humano-a-agua-no-quadrilatero-ferrifero-aquifero-de-minas-gerais/>. (acessado em 29/04/2020)
- Salinas, N. S. C. (2016). Caso Samarco: implicações jurídicas, econômicas e sociais do maior desastre ambiental do Brasil. In *Caso de Ensino/FGV (Direito)*. RJ, 48 p.
- Santos, A. F. M., Ferreira, L. D. S. S., e Penna, V. V. (2017). Impactos supostos, violências reais: a construção da legalidade na implantação do projeto Minas-Rio. In *Mineração: violências e resistências: um campo aberto à produção de conhecimento no Brasil/ Andréa Zhouri (Org.)*; R. Oliveira *et al.* Editorial iGuana/ABA, Marabá, 2018, 176-220. Disponível em:

- [http://www.aba.abant.org.br/administrator/product/files/95\\_00186784.pdf](http://www.aba.abant.org.br/administrator/product/files/95_00186784.pdf)
- Seabra Jr., A. A. e Brandt, W. (2015). Os Estudos de paleosismicidade como ferramenta de gestão de riscos: evidências, literatura e futuro. In *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico*, v. 24, n.º 1, 44-61. Belo Horizonte, MHN-JB/UFMG, 52 p.
- SEMAD/SISEMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL / SISTEMA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (2017). Of. Gab. n.º 855/2017 ao Procurador-Geral de Justiça Adjunto Institucional (09out2017 - Ref. Recomendação Ministerial Conjunta 01/2017, de 27set2017 - IC MPF n.º 1.22.000.000564/2011-91 e ICMPMG n.º 0175.15.000261-6)
- Sisema - SISTEMA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE:
- Auto de Fiscalização S-143/2010 S (Supram Jeq, vistoria 17-19/março - Relatório AF 23/03/2010), 10 p.
- Lauda Técnico de Mortandade de Peixes n.º 01/2017 - Código: DO3-PAS-28082014. 25 p. Elaboração: Chaves, Bárbara R. N. <https://www.researchgate.net/publication/319395942>
- Lauda Técnico de Mortandade de Peixes n.º 02/2017 - Código: DO3-PAS-26102015. 27 p. Elaboração: Chaves, Bárbara R. N. <https://www.researchgate.net/publication/319396016>
- Pareceres Únicos (PUs) do Projeto Minas-Rio:
- PU Sisema n.º 01/2008 (PU LP), 159 p.
- PU Sisema n.º 02/2009 (PU LI-Fase I ou LI-I), 79 p.
- PU Supram Jeq n.º 757545/2010 (PU LI-Fase II ou LI-II) - Data: 11/11/2010, 145 p.
- PU Supram Jeq n.º 1317868/2013 (PU Diversus), 32 p.
- PU Supram Jeq n.º 0921237/2014 (PU LO), 223 p.
- PU Supram Jeq n.º 1000239/2016 (PU LO-Step 2), agosto/2016, 85 p.
- PU Supram Jeq/Suppri n.º 1375747/2017 (PU LP+LI Step 3) - Data: 05/12/2017, 456 p.
- PU Supram Jeq/Suppri - n.º 0656948/2019 (PU LO Step 3) - Data: 11/10/2019, 29 p.
- Parecer Único - PU Suppri n.º 02/2017 (PU LP Expansão Cava da Divisa-Mina de Brucutu), 86 p.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2018): <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>.
- Svampa, M. (2013). Consenso de los Commodities y lenguajes de valoración en America Latina. *Nueva Sociedad*, 244, marzo-abril, 30-46. ([www.nuso.org](http://www.nuso.org))
- Svampa, M. (2019). *As fronteiras do neoextrativismo na América Latina. Conflitos socioambientais, giro ecoterritorial e novas dependências*. Trad. Lígia Azevedo. São Paulo, Ed. Elefante, 187 p.
- TTAC - TERMO DE TRANSAÇÃO E AJUSTAMENTO DE CONDUTA (2016). *Termo de Transação e Ajustamento de Conduta entre União, Governos de Minas Gerais e Espírito Santo e empresas Samarco, Vale e BHP Billiton*. Brasília, 02março2016.
- TÜV SÜD (2019). *Declaração em 19/02/2019*: <https://www.tuv-sud.com.br/br-pt/noticias-centro-de-midia/sala-de-noticias/acidente-no-brasil-colapso-de-barragem-de-reservatorio-de-retencao>. [acesso em 25/03/2020]
- VALE/CVRD - COMPANHIA VALE DO RIO DOCE (2002). Ofícios GAMBS-EXT 117 e 118/2002 (de 12 e 11/abril), e 321/2002 (09/setembro). Consulta Arquivo Supram Central/Sisema - Processos Administrativos 395/1998/015-019 e 021/2002 e 312/2996/023-026/2002.
- VALE - VALE S.A. (2019). Licenciamento Ambiental Ferrosos BH/MG, Of. 081/2019 de 08/04/2019. Protocolo de Entrada Suppri-Semad n.º 446/2019, 09/04/2019 (Protocolo Suppri n.º 50049598/2019).
- VALE - VALE S.A. (2020). Relatório Anual 2019 à Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos/Formulário 20-F, versão em português, 195 p. ([http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/20f/20FDocs/Vale%2020-F%202019\\_p.pdf](http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/20f/20FDocs/Vale%2020-F%202019_p.pdf)).
- VALE/PMRA - VALE S.A. / PORTO, MIRANDA, ROCHA & ADVOGADOS (2019). Pedido de Tutela Antecipada em Caráter Antecedente. Disponível em: <https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam> usando o código: 1905181407534050000068489757 ID do documento: 69795438 (18/05/2019)
- Viola, Z. G. e Hamdan, M. J. (2004). Diagnóstico Estratégico da Bacia Hidrográfica e Cenários de Desenvolvimento: qualidade da água. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas 2004-2010*. Belo Horizonte: Agosto, 2004.
- Winge, M. (2001-2020). *Glossário Geológico Ilustrado*. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>
- Zhour, A., Valencio, N., Teixeira, R. O. S., Zucarelli, M. C., Laschefski, K., Santos, A. F. M. (2016). O desastre de Mariana: colonialidade e sofrimento social. In: A. Zhour, P. Bolados e E. Castro (Eds.) *Mineração na América do Sul: neoextrativismo e lutas territoriais*. São Paulo: Editora Annablume, 45-65.
- Zhour, A., Oliveira, R., Zucarelli, M., Vasconcelos, M. (2018). O desastre do rio Doce: entre as políticas de reparação e a gestão das afetações. In *Mineração, Violências e Resistências: um campo aberto à produção do conhecimento no Brasil*. Iguana Editorial & ABA. Marabá, 29-65.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



ENTRE CRISES AMBIENTAIS E RESPONSABILIDADE ÉTICA:  
OS CASOS DE MARIANA E BRUMADINHO, EM MINAS GERAIS\*

BETWEEN ENVIRONMENTAL CRISES AND ETHICAL RESPONSIBILITY:  
THE CASES OF MARIANA AND BRUMADINHO, IN MINAS GERAIS

Regina Magna Franco

Universidade Estadual de Londrina (Brasil)

ORCID 0000-0001-9934-0504 [reginamagnafranco@gmail.com](mailto:reginamagnafranco@gmail.com)

Jéssica Bianca dos Santos

Universidade Estadual de Londrina (Brasil)

ORCID 0000-0001-7018-0033 [jessica.biasantos@gmail.com](mailto:jessica.biasantos@gmail.com)

Jeani Delgado Paschoal Moura

Universidade Estadual de Londrina (Brasil)

ORCID 0000-0001-5603-1074 [jeanimoura@uol.com.br](mailto:jeanimoura@uol.com.br)

RESUMO

A crise ambiental global se intensificou com a exploração da natureza acima do limite de capacidade da Terra, decorrente da expansão das cidades e da sociedade de consumo que marca uma das faces atuais do sistema capitalista. Nesse movimento de crise, este ensaio discute a responsabilidade ética na crise ambiental brasileira, a partir da investigação de acontecimentos recentes marcados por negligências ambientais, como os casos de rompimento de barragens de mineração, nos municípios de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), em Minas Gerais. Espera-se com esta pesquisa avançar nas discussões, desconstruindo discursos voltados para a racionalidade instrumental, típicos da sociedade moderna, para avançar no debate sobre a crise ambiental, construindo novos valores éticos e ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** Crise ambiental, mineração, legislação, riscos.

ABSTRACT

The global environmental crisis has intensified with the exploitation of natural resources beyond the limit of Earth's capacity, resulting from the expansion of cities and the consumer society that is a feature of one of the current aspects of the capitalist system. In this crisis situation, this essay discusses the ethical responsibility within Brazil's environmental crisis. We look at recent events characterized by environmental negligence, such as the failure of mining dams in the cities of Mariana (2015) and Brumadinho (2019), in Minas Gerais. It is hoped that this research will move the discussions forward by deconstructing discourses focused on instrumental rationality, typical of modern society, to advance the debate on the environmental crisis by building new ethical and environmentally sustainable values.

**Keywords:** Environmental crisis, mining, legislation, risks.

\* O texto deste artigo foi submetido em 21-02-2020, sujeito a revisão por pares a 17-03-2020 e aceite para publicação em 18-04-2020.

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

## Introdução

Diante do panorama atual de problemas ambientais decorrentes do avanço da sociedade do consumo e da atuação de grandes corporações ávidas pelo aumento de sua lucratividade, apresenta-se uma discussão sobre a ética e a crise ambiental brasileira, tomando como exemplo o rompimento das barragens de rejeitos de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), ambas localizadas no estado de Minas Gerais (fig. 1), que tem na atividade mineradora a base de sua economia.

Diante de acidentes marcados pela negligência das companhias administradoras que têm como principal objetivo o lucro, desconsiderando os diferentes modos de vida nos ambientes onde estão instaladas as mineradoras, esse artigo se debruça sobre as seguintes questões:

- O que os desastres de Mariana e Brumadinho têm a nos ensinar?
- Por que apesar da existência de leis e normas, esses desastres não foram evitados?

Tal problemática ambiental se caracteriza pela ambiguidade em torno da representação econômica das mineradoras para a população local e da situação dessas pessoas que vivem próximas às barragens com alto risco de rompimento.

A mineração gera impactos sociais e econômicos, com a oferta de empregos e arrecadação de impostos cooperando para o desenvolvimento das regiões mineradoras, ao mesmo tempo em que provoca uma série de problemas ambientais alterando significativamente o cotidiano das cidades onde são instaladas as grandes minerações. O não comprometimento das companhias envolvidas e a insuficiente fiscalização dos órgãos competentes submetem as áreas aos riscos e perigos de novos desastres, desestabilizando o ambiente em seu conjunto e as condições de vida da comunidade, da fauna e da flora local.

Em busca de respostas, o objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão sobre as especificidades da atividade mineradora, o potencial econômico da extração de minérios e os seus significados no desenvolvimento regional, enfatizando o impacto ambiental nas regiões onde as mineradoras estão localizadas.

A metodologia que se seguiu para desenvolver este trabalho passou pela consulta de fontes documentais (legislação, mídia impressa e digital, além de bibliografia especializada) que permitiram a reflexão teórico-metodológica e análise qualitativa, considerando o debate em torno da percepção de riscos e responsabilidade ética como imperativo às necessidades sociais e ambientais.

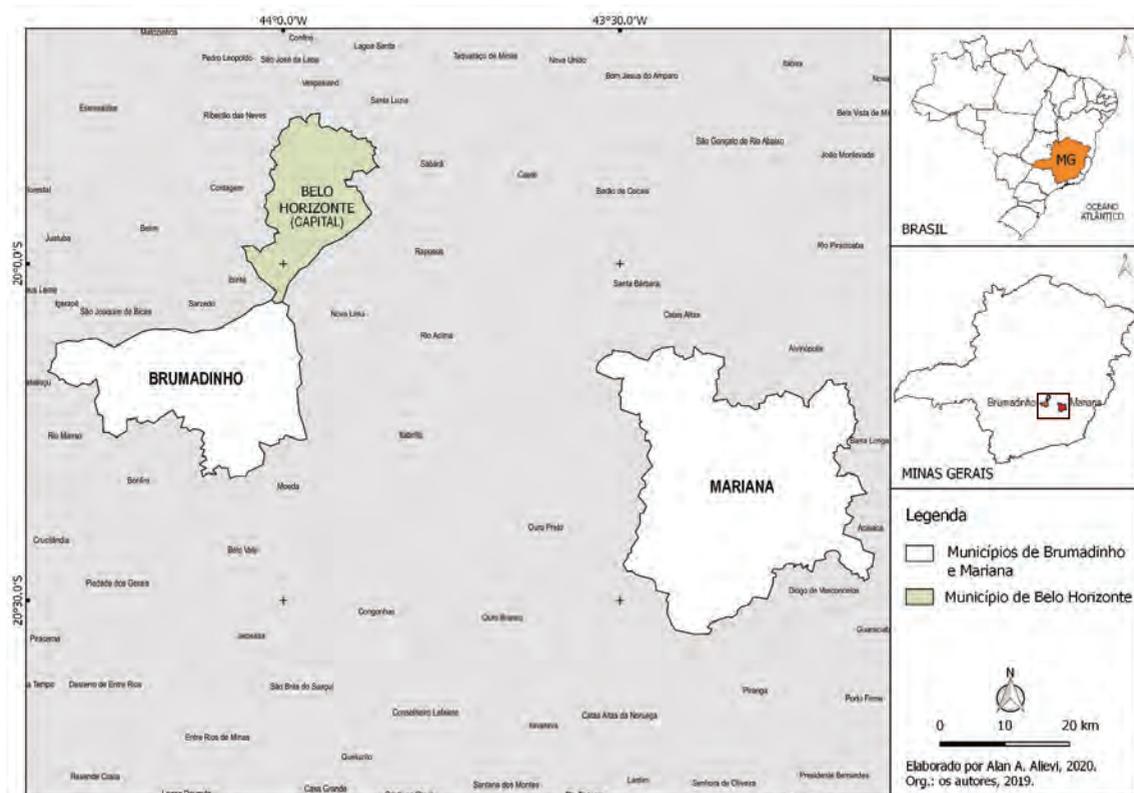


Fig. 1 - Localização dos municípios de Mariana e Brumadinho, Minas Gerais (MG), Brasil (Fonte: <https://mapas.ibge.gov.br/>).

Fig. 1 - Location of the municipalities of Mariana and Brumadinho, Minas Gerais (MG), Brazil (Source: <https://mapas.ibge.gov.br/>).

## Atividade Mineradora e Desenvolvimento Regional

O potencial econômico da extração de minérios é incalculável para o desenvolvimento regional, considerando que além da oferta de empregos, parte da riqueza produzida retorna para os municípios pela compensação financeira, gerando renda e melhoria de vida da população em relação à saúde, educação, infraestrutura básica e qualidade ambiental.

Para Sandroni (2001, p. 391) a mineração é uma “*atividade do setor primário da economia correspondente à indústria extrativa mineral. Compreende os processos economicamente rentáveis que tratam da extração, elaboração e beneficiamento de minérios*”. De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019) as reservas mundiais de minério de ferro são da ordem de 170 bilhões de toneladas, sendo que o Brasil responde por cerca de 16,8% destas reservas distribuídas entre os estados de Minas Gerais, com 81% das reservas e teor médio de 43,7% de ferro, seguido pelo estado do Pará cujas reservas são menores, 10,6%, porém com teor maior de ferro em torno de 65% e o estado do Mato Grosso do Sul que corresponde à 2,7% da reserva nacional com teor médio de 62,6%. O consumo interno de minério de ferro está concentrado na produção de pelotas e no refino do ferro gusa. Em 2016 o consumo aparente de minério de ferro (produção + importação - exportação) foi de 76,8 Mt (-33,7% em relação ao ano anterior). O consumo na indústria siderúrgica e nas usinas de pelotização (consumo efetivo) está estimado em 86,8Mt. Em comparação com 2015 houve diminuição de 26,3%, refletindo a queda na produção de pelotas provocada pela paralisação das atividades da Somarco, causado pelo rompimento da barragem de minério em Fundão (MG) localizada no município de Mariana (ANM, 2019).

As Companhias Siderúrgica Nacional (CNS) e Vale do Rio Doce S/A foram criadas em 1941 e 1942 respectivamente no governo de Getúlio Vargas. A intenção era a verticalização da produção mineradora com base na experiência do Fordismo e Toyotismo visando integrar a lavra e o beneficiamento de minério. A criação destas duas companhias estava estritamente ligada aos esforços do governo brasileiro em direção à industrialização do país e ao crescimento econômico, equilíbrio das contas externas com a substituição das importações diminuindo, assim, a dependência dos mercados externos. Ambas as companhias foram privatizadas, seguindo na esteira das privatizações das estatais brasileiras, a CSN foi privatizada no governo de Itamar Franco, em 1993, e a Vale do Rio Doce foi privatizada em 1997 no governo de Fernando Henrique Cardoso.

Atualmente, além de ter uma participação importante no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, a indústria da mineração empregou, até janeiro de 2019, cerca de

200 mil trabalhadores diretamente, segundo dados da Secretaria do Trabalho do Ministério da Economia. Segundo a ANM, até janeiro de 2019, este setor empregava 703 mil trabalhadores diretamente e ao longo da cadeia industrial passou para quase 2,1 milhões de empregos, gerados de forma direta, indireta e induzidos (IBRAM, 2019).

Para a economia brasileira somente o Estado de Minas Gerais extrai mais de 160 milhões de toneladas de minério de ferro por ano e responde por 29% de toda a produção mineral do país, por 53% da produção de minerais metálicos e por cerca de 50% de todo o ouro produzido no Brasil. Minas Gerais é o maior produtor de ferro, ouro, fosfato, grafita, lítio e calcário, além de ser o responsável pela geração de 75% de todo o nióbio do mundo (CODEMIG, 2019). A Vale possui 129 barragens cadastradas na Agência Nacional de Mineração (ANM), sendo que 80% destas barragens estão localizadas em Minas Gerais (VALE, 2020).

O Brasil está entre os maiores exportadores de minério de ferro, portanto, a exploração desse *commodity*, principalmente em Minas Gerais, contribui para o PIB nacional. O ferro abastece as indústrias nacionais e exporta sua produção ao mundo todo, em especial para a China. O segmento indústria extrativa teve melhor desempenho econômico do que o PIB setor industrial e, até mesmo, sobre o crescimento para o PIB Total Brasil.

Apresentado os principais pontos que demonstram a importância da mineração para o desenvolvimento regional e local, apresenta-se na sequência elementos para se compreender a estrutura das barragens pelas quais ocorrem o processo de mineração e os riscos de rompimentos.

### Sobre as barragens de Mineração

As barragens de mineração são estruturas projetadas e utilizadas como reservatórios para a contenção e a acumulação de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos provenientes do processo de beneficiamento de minérios. Dois pontos chamam a atenção: primeiro diz respeito ao deslocamento de volume de massa da área da lavra para as barragens e o segundo diz respeito à composição mineral dos rejeitos. No que se refere ao primeiro ponto, dados fornecidos anteriormente, apontam que o estado de Minas Gerais produz cerca de 160 milhões de toneladas/ano. Ora, levando-se em consideração que o teor de ferro, presentes nas lavras do estado esteja na ordem de 44% podemos chegar a um total bruto de 363 toneladas/ano significando um volume de rejeitos na casa de 204 milhões de toneladas/ano depositados nas barragens, sem falar no volume de água utilizada no processo. Isto significa um aumento de peso nestas áreas.

Quando uma barragem é criada, um dique é construído para que os rejeitos de minério sejam contidos. Esse é

o dique de partida. Na medida em que a barragem vai recebendo mais rejeitos, novas camadas são colocadas em cima do dique de partida. Esta operação é chamada de alteamento. O alteamento pode ser de diferentes tipos. Os principais utilizados pela Vale são o alteamento à jusante (modelo convencional) e à montante (fig. 2) (VALE, 2019).

No alteamento à jusante ou convencional, o maciço da barragem é construído em solo compactado, independentemente do tipo de rejeito depositado na mesma. Os alteamentos são realizados no sentido do fluxo de água (jusante). Alteamento à montante ao corpo da barragem é construído com o uso de rejeito através de alteamentos sucessivos sobre o próprio rejeito depositado. Os alteamentos são realizados no sentido contrário ao fluxo de água (montante). A

barragem necessita de rejeito grosso para que o maciço possa ser construído.

A partir do entendimento acerca do funcionamento das barragens, deve-se entender a importância da inspeção de obras ao longo da sua existência com o intuito de se ter consciência acerca de qualquer ameaça ou perigo, colocando-se em prática o conceito de responsabilidade ética. Pois, parte dos problemas relacionados à segurança de barragens poderiam ser evitados por medidas preventivas relacionadas ao projeto, a construção e a manutenção das barragens.

A seguir enfatiza-se os riscos e vulnerabilidades das atividades de mineração, considerando o debate sobre a ética ambiental e suas reverberações na qualidade ambiental onde as grandes corporações estão instaladas.

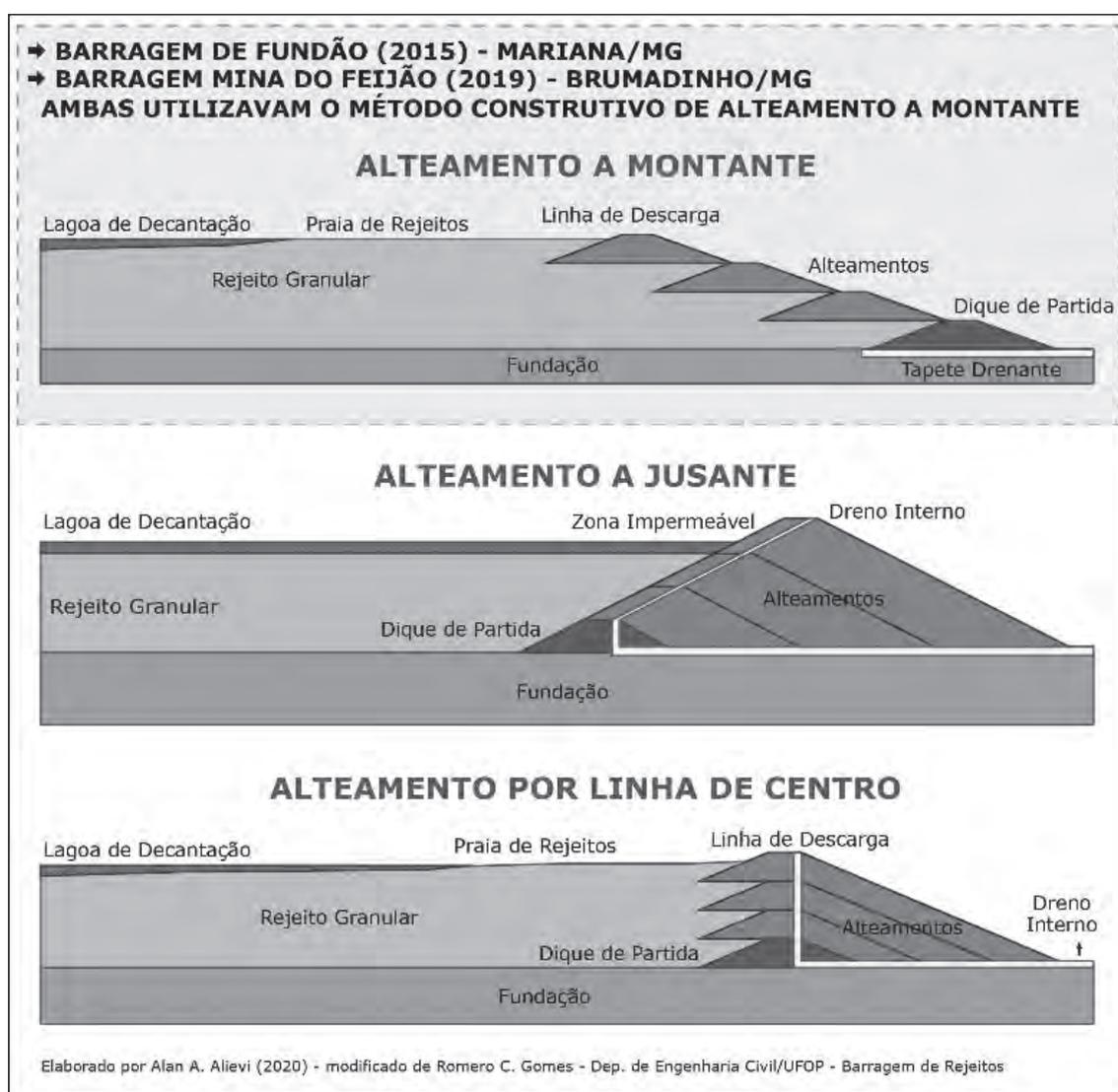


Fig. 2 - Barragem de Alteamento (Fonte: Gomes, 2012, s/p).

Fig. 2 - Rising Dam (Source: Gomes, 2012, s/p).

### Riscos e Vulnerabilidades em torno da Mineração

Desde a Revolução Industrial vivenciamos um expressivo desenvolvimento industrial e tecnológico que impactaram a sociedade ocasionando graves problemas gerados pela exploração excessiva, apresentando riscos e vulnerabilidades em proporções globais. Riscos e vulnerabilidades são conceitos que balizam a compreensão teórica acerca dos processos e significados que conformam situações de risco, por métodos de medida e avaliação de meios que permitam atenuar/mitigar riscos potênciais em vista da vulnerabilidade de diferentes seres e grupos sociais (Marandola Jr., 2009).

Segundo Mello (2010), pode-se definir risco como a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento com suas consequências. A probabilidade de ocorrência de um evento é geralmente intitulada como ameaça e as consequências são os custos diretos e indiretos decorrentes da manifestação de ameaça.

A dimensão ambiental da vulnerabilidade deve ser abordada simultaneamente ao conceito de risco, isto se deve pelo fato da vulnerabilidade aparecer no contexto dos estudos sobre risco, num primeiro momento em sua dimensão ambiental e, mais tarde, no contexto socioeconômico (Marandola Jr. e Hogan, 2004).

Em decorrência da emergência da sociedade de risco, nas últimas duas décadas, houve um significativo crescimento dos movimentos ambientalistas e do interesse pela preservação ambiental. Os grandes avanços tecnológicos e científicos permitiram conhecer os problemas da ação/intervenção humana nos usos dos recursos naturais que subsidiaram a criação de legislações voltadas para a preservação/conservação do meio ambiente.

*“Em um dado momento - e isto muito recentemente em termos históricos - começamos a nos preocupar menos sobre como a natureza pode nos afetar e mais com o que temos feito a ela. Isso marca a transição do predomínio do risco externo ao do risco produzido”* (Giddens, 2000, p. 39)

Os riscos ambientais provocados pelas atividades humanas se somam à dinâmica natural, o que contribui com a ampliação das áreas de risco em face da vulnerabilidade da vida. Segundo Fontenelle (2007), o risco depende de fatores intrínsecos à barragem, de Natureza física e/ou socioeconômica. Seria função dos fatores intrínsecos da barragem onde se destacam o controle de construção e operação, de fatores de natureza física o regime hidrológico da região e, por fim, o porte da cidade que se encontra à jusante é um dos principais fatores socioeconômicos. Nesse sentido, Marandola Jr. e Hogan (2004) afirmam que os riscos e as vulnerabilidades envolvem o contexto geográfico e as particularidades do lugar e da comunidade, bem como, os recursos que podem ser acionados em situações emergenciais.

Quando associamos os conceitos de risco e vulnerabilidade aos acontecimentos de rompimento de barragens de rejeitos, é necessário evidenciar que o não comprometimento das companhias envolvidas com os órgãos que vistoriam essas áreas, causam na população o medo e insegurança diante do risco de desastres.

O rompimento de barragens não é um acontecimento raro no país ou no mundo. De acordo com informações divulgadas no jornal O Sul (2019), nas primeiras décadas do século XXI ocorreram dez rompimentos com uma média de um a cada dois anos. Se considerar que, em 1986, havia ocorrido um rompimento na Barragem de Fernandinho, no município de Itabirindo (MG), com nova ocorrência em 2014, foram 11 desastres no período de 1986 a 2019, sendo seis em áreas de mineração, como pode ser observado na representação desses eventos no tempo (fig. 3).

Destaca-se nessa linha do tempo, os dois últimos desastres ambientais: o da barragem do Fundão, em 2015, em Mariana, além de muitas vidas perdidas atingiu o leito do Rio Doce e o Estado do Espírito Santo, contaminando o solo e a água. Três anos depois, em 2019, o rompimento da barragem do córrego do Feijão, deixando um total de 256 mortos e 14 desaparecidos e um gigantesco impacto ambiental no caminho da lama (fot. 1).

Importante lembrar que o relatório de vistoria técnica *in situ* realizada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 2013, indicou uma altura de 130 metros e de acordo com as estimativas da empresa Samarco ao romper a barragem de Mariana, liberou 55 milhões de metros cúbicos de rejeitos. Estas oscilações em termos de volume e altura fazem com que se coloquem em dúvidas as medições aumentando ainda mais a sensação de insegurança por parte de trabalhadores e população do entorno.

Para enfrentar o problema, a comissão especial da Câmara tramita um novo Código de Mineração com foco na prevenção de desastres e crimes socioambientais. Caberá ao colegiado revisar o atual marco regulatório do setor (Decreto-Lei 227/67), em vigor há mais de 50 anos. A medida se tornou urgente após o rompimento da barragem da mineradora Vale em Brumadinho (MG). Porém as mudanças nessa legislação costumam gerar polêmicas devido a interesses divergentes de mineradoras, ambientalistas, governos estaduais e municipais e população atingida pelas atividades minerárias.

Como medidas para a redução de futuros desastres, a Agência Nacional de Mineração (ANM) proibiu a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de rejeitos de mineração a montante em todo o território nacional. A resolução da ANM proibiu os empreendedores responsáveis por barragens de mineração, independentemente do método construtivo

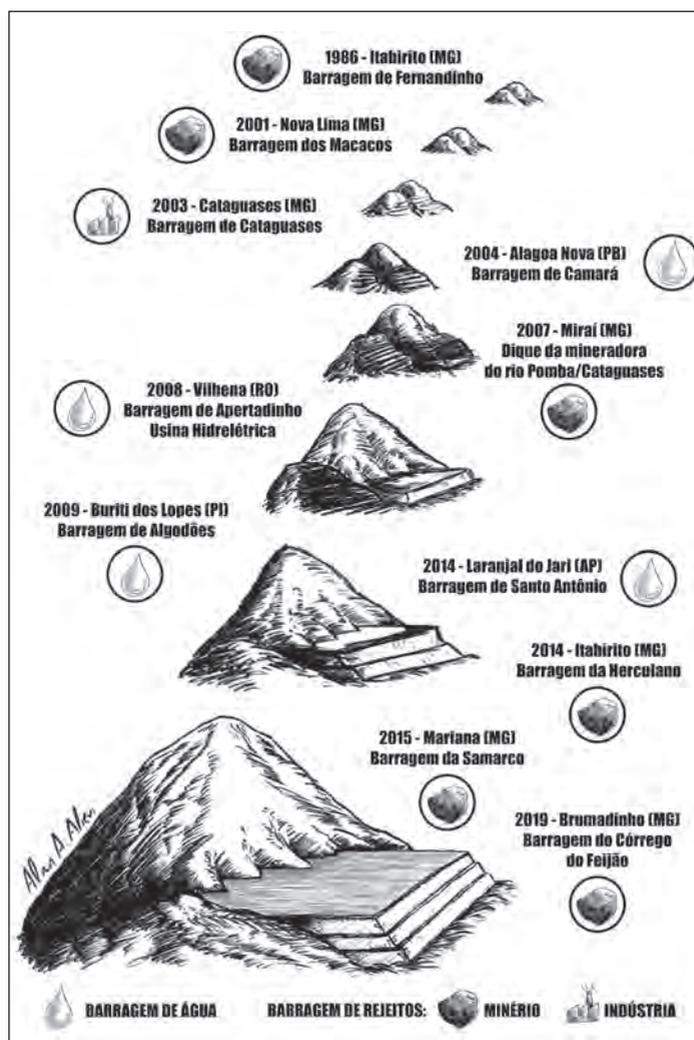


Fig. 3 - Rompimento de Barragens (1986 - 2019) (Org. as autoras, 2020, Adaptado do Jornal O Sul, 2019).

Fig. 3 - Failure of dams (1986 - 2019) (Organized by the authors, 2020, Adapted from Jornal O Sul, 2019).

adotado, de manter ou construir instalações na Zona de Autossalvamento. As barragens de mineração deverão também contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes nas Zonas de Autossalvamento, em local seguro e dotado de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, segundo a ANM. Além disso, como forma de minimizar o risco de uma barragem, são executadas inspeções periódicas objetivadas na identificação de anomalias no barramento e suas estruturas auxiliares. Com base em inspeções, é realizada a avaliação de risco da barragem, como principal instrumento para a prevenção de possíveis acidentes, entretanto o que se vê, são ações insuficientes e incapazes de prevenir os desastres.

Segundo dados fornecidos pela ANM no ano de 2007, no Brasil, havia um total de 24 mil barragens de diferentes propósitos. Destas 790 eram de rejeitos de minérios das quais 200 tem alto potencial destrutivo e oferece risco

de rompimento. Porém as inquietações se acentuaram em face dos desastres em Mariana e Brumadinho, já que ambas não ofereciam riscos de rompimento, pois eram consideradas estáveis e seguras. Nesse sentido, é importante lembrar que os riscos e vulnerabilidades como dimensões de um mesmo fenômeno devem ser compreendidos em uma perspectiva de estudo centrado nas particularidades do lugar (Marandola Jr., 2009), numa parceria entre diversos agentes, desde o técnico-perito, órgãos de fiscalização, trabalhadores até a população local, pois o gerenciamento efetivo e transparente minimiza a probabilidade de rompimento de uma barragem à montante e os potenciais danos à jusante. Pela percepção e entendimento do perigo e das áreas de risco, os trabalhadores e as pessoas que vivem nessas localidades poderão ser protagonistas na prevenção individual e coletiva, por meio de uma participação mais ativa que resulte em qualidade de vida e justiça social.



Fot. 1 - Rompimento de Barragens (2019) (Fotografia de Isac Nóbrega, tirada no dia 26/01/2019).

Photo 1 - Failure of Brumadinho dams (2019) (Photography by Isac Nobrega, taken on 26/1/2019).

### O que Mariana e Brumadinho nos ensinam?

Após as tragédias ambientais de Mariana e Brumadinho surgem os seguintes questionamentos: De quem é a culpa? Será que novas tragédias como estas voltarão a acontecer? São questões difíceis de serem respondidas.

Os acontecimentos recentes de Mariana e Brumadinho, demonstram que ações de cunho jurídico que compõem os Marcos Regulatórios não têm sido suficientes para deter o processo de degradação ambiental existente e dos riscos derivados. Ambos os desastres foram marcados pela ganância, falta de respeito e negligência das companhias que dão centralidade a economia, colocando a vida humana e o ambiente em segundo plano.

A Lei n.12 334, de 20 de setembro de 2010, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens, e responsabiliza o empreendedor pela segurança das barragens por meio de Declaração de Estabilidade de Condições de Estabelecimento (DCE), porém, em função de interesses econômicos e lucratividade muitas declarações de estabilidade de barragens são emitidas ignorando-se as normas da legislação vigente. Para a mitigação dos desastres as leis precisam ser enrijecidas e os culpados devidamente responsabilizados.

A hipótese é de que as duas tragédias poderiam ser evitadas se as reais condições das barragens não tivessem sido omitidas, pois a busca pela lucratividade parece ser uma preocupação maior se comparada aos meios para mitigar

os problemas de rompimento de barragens e garantir a segurança de tantos “outros” envolvidos nesse processo. Diante dessas atitudes urgem mudanças de paradigmas para que o lucro das companhias não se sobressaia a segurança de trabalhadores e moradores das regiões de mineração.

A isso se aplica a questão do ego na ação humana, em que o sujeito em seu egocentrismo passa a ver as coisas segundo as suas próprias convicções e interesses, cuja subjetividade é tão voltada para si mesmo que o outro aparece como um horizonte longínquo. Neste contexto cabe a reflexão de Lévinas (1988) sobre a ética pela qual parte-se da conduta de se pensar no outro para agir e tomar decisões. A ética pressupõe considerar o outro em suas diferentes formas de existência, em outras palavras, perceber a presença e assumir a responsabilidade pelo outro, em um exercício de acolhimento de alteridade.

O que podemos aprender com os desastres de Mariana e Brumadinho é que a segurança nesta atividade econômica precisa ser priorizada, ou seja, é preciso fortalecer as estruturas das barragens, bem como incluir treinamentos para um sistema de alerta rápido para a evacuação dos moradores em casos de desastres. O aumento do número de barragens de rejeitos é crescente na realidade brasileira e, conseqüentemente, a preocupação com a segurança deste tipo de estrutura deve ser recorrente. Assim, a responsabilidade ética e o comprometimento permanente dos empresários contribuirá para melhorar simultaneamente a qualidade de vida dos trabalhadores, diminuição dos impactos ambientais e responsabilidade com as comunidades

vizinhas que se situam a jusante das barragens, na área de inundação. Dessa forma, como entendia Lévinas (1988) uma consideração pelo outro que se opõe à indiferença e faz com que atrocidades sejam evitadas, fruto de uma relação ética em que a dignidade humana prevaleça.

## Considerações Finais

A mineração é fundamental para a sociedade, e, por isso mesmo, a ética deve condicionar as atividades mineradoras. Os acidentes têm preocupado as autoridades e populações que moram ao redor das barragens, haja vista que a falha destas estruturas tem deixado áreas devastadas, contaminação das águas, solos, plantações e animais dizimados e mortes de populações locais. Diante disso, há a necessidade de uma mudança de paradigma que possa desenvolver formas mais sustentáveis de mineração e alcançar o ponto de equilíbrio socioambiental. A percepção e avaliação do risco, o enfrentamento da vulnerabilidade e a capacidade de resposta devem envolver diferentes atores em um trabalho coletivo permeado pela relação ética e responsável, como caminho para a mitigação dos impactos dos desastres.

Diante de uma das maiores crises ambientais brasileira, estamos na encruzilhada para uma nova ética ambiental, em que todas as formas de vida importam e devam ser priorizadas.

## Referências bibliográficas

- ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2017). *Sumário Mineral*, Vol 37 ISSN 0101-2053. Disponível em: [http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral\\_2017](http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017). Acesso em: 06 nov. 2019.
- CODEMING - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (2019). Disponível em: <http://www.codemig.com.br/atuacao/mineracao/>. Acesso em 12 nov. 2019.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (2013). Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/site/admin/Default.aspx>. Acesso em: 27 out. 2019.
- Fontenelle, A. S. (2007). *Proposta Metodológica de Avaliação de Riscos em Barragens no Nordeste Brasileiro - estudo de caso: barragens do estado do Ceará (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - Centro de Tecnologia)*. Apresentada à Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Giddens, A. (org) (2000). *En el limite. La vida en el capitalismo global*. Barcelona: Tusquets Editora.
- Gomes, R. C. (2012). *Laudo Geotécnico para Contenção da Encosta da Igreja do Rosário - Mariana/MG*.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (2019). *Relatório anual de atividades- julho de 2018 a junho de 2019*. Disponível em: <http://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2019/07/relatorio-anual-2018-2019.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.
- Lévinas, E. (1988). *Ética e Infinito*. Lisboa: Edições 70.
- Marandola Jr., E. (2009). As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre variabilidade e mudanças climáticas. In: Ojima, R., *Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social*. São Paulo: Blucher.
- Marandola Jr., E., Hogan, D. J. (2004). *Vulnerabilidades e Riscos: entre geografia e demografia*. Disponível em: [http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/vulnerabilidade%20e%20riscos\\_geog%20e%20demog\\_22\\_02\\_1.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/vulnerabilidade%20e%20riscos_geog%20e%20demog_22_02_1.pdf). Acesso em: 03 jan. 2020.
- Mello, F. M. (Org.) (2010). *A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens*. Rio de Janeiro: CBDB.
- Nóbrega, I. (2019). Foto: Sobrevoou da área atingida pelo rompimento da barragem em Brumadinho (MG). Disponível em: <https://nacoesunidas.org/artigo-o-que-podemos-aprender-com-a-catastrofe-de-brumadinho/>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- O SUL (29 de janeiro de 2019) *Desde 2000, o Brasil tem um rompimento de barragem a cada dois anos*. Disponível em: <https://www.osul.com.br/desde-2000-o-brasil-tem-um-rompimento-de-barragem-a-cada-dois-anos-veja-lista/>. Acesso em: 28 jan. 2020.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL (1967). Decreto-Lei n.º 227, de 28 de Fevereiro. Disponível: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm). Acesso em: 02 dez. 2019.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL (2010). Lei n.º 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm). Acesso em: 03 dez. 2019.
- Sandroni, P. (2001). *Novíssimo dicionário de economia*. São Paulo: Best Seller.
- VALE (2019). *BARRAGENS DE REJEITOS*. Disponível em: [http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes\\_brumadinho/Paginas/Entenda-as-barragens-da-Vale.aspx](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/Entenda-as-barragens-da-Vale.aspx). Acesso em: 29 out. 2019.
- VALE (2020). *Entenda as barragens da Vale*. Disponível em: [http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes\\_brumadinho/Paginas/Entenda-as-barragens-da-Vale.aspx](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/Entenda-as-barragens-da-Vale.aspx). Acesso em: 28 jan. 2020.

MINERAÇÃO E DESASTRES AMBIENTAIS COM REJEITOS DE BAUXITA E CAULIM  
NO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PARÁ-BRASIL-AMAZÔNIA\*

MINING AND ENVIRONMENTAL DISASTERS WITH BAUXITE AND KAOLIN WASTE  
IN THE MUNICIPALITY OF BARCARENA-PARÁ-BRASIL-AMAZÔNIA

Marcos Antonio de Queiroz Lemos

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos-NAEA  
Doutorando em Ciências: Desenvolvimento socioambiental (Brasil)  
ORCID 0000-0001-6670-3671 [marcoslemosdpc@yahoo.com.br](mailto:marcoslemosdpc@yahoo.com.br)

Márcia Aparecida da Silva Pimentel

Universidade Federal do Pará  
Faculdade de Geografia-Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (Brasil)  
ORCID 0000-0001-9893-9777 [mapimentel@ufpa.br](mailto:mapimentel@ufpa.br)

RESUMO

O propósito deste trabalho é analisar os principais desastres ambientais ocorridos no município de Barcarena, estado do Pará, Amazônia Brasileira, ocorridos na atividade de beneficiamento de bauxita e caulim no período compreendido entre os anos de 2003 a 2018, causando degradação ambiental em corpos hídricos e nas comunidades próximas. A metodologia de pesquisa adotada para a elaboração deste artigo consistiu na revisão bibliográfica, legislação relativa à mineração e consulta a documentos oficiais de órgãos públicos como: inquéritos policiais, relatórios técnicos e laudos periciais. Foram analisados dados quantitativos e qualitativos sobre desastres ambientais registrados em nosso estado, causados pelo vazamento de rejeitos e efluentes líquidos derivados do beneficiamento desses minérios. Demonstrar-se-á, com os resultados deste estudo, que os recursos naturais, principalmente os hídricos, estão comprometidos pela mineração de bauxita e caulim, tornando-se necessária a execução de políticas públicas de gestão de riscos e desastres ambientais na Amazônia.

**Palavras-chave:** Amazônia, desastres ambientais, bauxita, caulim, mineração.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyse the main environmental disasters that have occurred in the municipality of Barcarena, Pará state, in the Brazilian Amazon. They took place during bauxite and kaolin processing operations in the period 2003 to 2018 and caused environmental degradation in water bodies and nearby communities. The research methodology adopted for the study consisted of a literature review, and consulting legislation related to mining and official documents from public agencies such as police inquiries, technical reports and expert reports. We analysed quantitative and qualitative data on environmental disasters recorded in our state, caused by the leakage of tailings and liquid effluents derived from the processing of these ores. The results of this study show that natural resources, especially water resources, are compromised by the mining of bauxite and kaolin, making it necessary to implement public policies for risk and disaster management in the Amazon.

**Keywords:** Amazon, environmental disasters, bauxite, kaolin, mining.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 15-06-2020, sujeito a revisão por pares a 22-06-2020 e aceite para publicação em 27-08-2020.

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

## Introdução

Um dos maiores problemas decorrentes da mineração é a produção de rejeito, ou seja, de resíduos derivados dessa atividade. No Brasil e no mundo existem bilhões de toneladas desses rejeitos que oferecem um risco cada vez maior devido à insegurança da atividade, por falta de monitoramento contínuo e altos custos de manutenção (Guerra *et al.*, 2017; Aires *et al.*, 2018). Por isso, os desastres decorrentes do vazamento desse material não só são frequentes, mas também geram graves impactos sociais e ambientais.

Na literatura não há consenso a respeito do conceito de desastre. A definição do Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNISDR*), é apenas uma das que se encontram em debate e se apresenta como adequada aos propósitos deste trabalho na medida em que constataremos que nos diversos desastres ambientais ocorridos em Barcarena, houve perdas materiais e ambientais de grande extensão, com grave perturbação nas comunidades locais. Segundo esse entendimento, por desastre compreende-se:

*“Uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos”* (UNISDR, 2009, p. 9).

Entretanto, não podemos deixar de mencionar a definição de desastre contida no Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina dos Desastres, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil-SEDEC, órgão do Ministério do Desenvolvimento Regional-MDR (BRASIL, 2019), e no art. 2º, II, do Decreto Federal n.º 7.257/2010, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e dá outras providências (BRASIL, 2010). Ambos definem desastre como: “[...] resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 2019, BRASIL, 2010).

No caso do Brasil, houve recentemente dois desastres, derivados de rompimento de barragem, que ganharam repercussão internacional. O primeiro, ocorreu em 5 de novembro de 2015, com o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, em Mariana-MG, tendo sido despejados no meio ambiente 45 milhões de metros cúbicos de rejeitos. O desastre causou a destruição

numa área de 1.469 hectares, impactando água, fauna e flora e a morte de dezanove pessoas (IBAMA, 2016, Aires *et al.*, 2018).

Anos depois, em 25 de janeiro de 2019, outro desastre de proporções maiores ocorreu com o rompimento da barragem do Feijão da empresa Vale, na cidade de Brumadinho-MG, provocando mais de 270 mortes, 24 desaparecidos e contaminação por lama tóxica, em mais de 300 km de recurso hídrico impactado (Laschefski, 2019). Para este autor, os dois eventos se figuram entre os maiores desastres ambientais do mundo no setor de mineração. Ambos demonstram o desinteresse das empresas de mineração e das autoridades públicas responsáveis pelo licenciamento dessas mineradoras.

No estado do Pará esses desastres também acontecem, ainda que em pequena escala. Constata-se que a exploração de minério tem grande importância para o PIB do estado, sendo que este concentra a maior província mineral do país (Mathis *et al.*, 2009). No conjunto de minérios explorados, destacam-se ferro, bauxita, cobre, caulim, manganês, níquel, ouro. De acordo com Ferreira (2015), a produção e o beneficiamento coloca o estado no 2º lugar na produção nacional. Esses destaques na produção, quando comparados aos aspectos socioambientais mostram uma grande contradição. No Pará, em 2015, um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada (IPEA) e Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (FAPESPA) demonstrou que o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) do estado se apresentou na faixa de “muito alta vulnerabilidade social” (Araújo, 2017) o que significa que os lucros da produção minerária não são investidos no desenvolvimento social e conservação ambiental, ou seja, bem estar social e qualidade ambiental.

A desigualdade entre os investimentos na dimensão econômica, os baixos indicadores do campo social (emprego, renda, escolaridade, saúde) e postergação na resolução dos problemas ambientais (desmatamento, contaminação, saneamento básico) são elementos fundamentais para associar os desastres ambientais ao conceito de injustiça ambiental. Para Herculano (2002), injustiça ambiental é “[...] o mecanismo pelo qual sociedades desiguais destinam a maior carga dos danos ambientais do desenvolvimento a grupos sociais de trabalhadores, populações de baixa renda, grupos raciais discriminados, populações marginalizadas e mais vulneráveis” (pág. 2).

O movimento chamado de justiça ambiental, afirma-se na percepção do fenômeno da imposição desproporcional dos riscos ambientais às populações carentes de recursos financeiros, políticos e informacionais. Este quadro tem sido denominado de injustiça ambiental, contrapondo-se a noção de justiça ambiental, para designar um quadro de vida futura no qual essa dimensão ambiental da injustiça social venha a ser superada (Acsegrad, 2009).

Para Morato Leite *et al.* (2015), os movimentos de justiça ambiental concluíram que o meio ambiente não é homogêneo, como não são homogêneas as consequências de sua degradação. A afirmação de um conceito de justiça socioambiental, baseia-se na necessidade de pinçar (no quadro maior da justiça ambiental), uma categoria específica de grupos atingidos: povos e comunidades tradicionais, não se contrapondo ao movimento da justiça ambiental, ao contrário, dela faz parte (Moreira, 2017). Na justiça socioambiental busca-se uma nota de afirmação de sujeitos, com um destaque textual advindo de um posicionamento político que visa sublinhar povos e comunidades tradicionais como atores de uma categoria de conflitos específicos, as relações entre território em suas dimensões ambientais, culturais e sociais. Por meio do reconhecimento da justiça socioambiental, se propõe o alinhamento da justiça ambiental com o socioambientalismo, compreendido como movimento estruturador de novos direitos (Moreira, 2017).

O socioambientalismo foi construído a partir da ideia de que as políticas públicas ambientais devem incluir as comunidades locais (possuidoras de conhecimento e práticas de manejo ambiental), encontrando terreno fértil para seu nascedouro no Brasil na segunda metade dos anos 80 e frutificando nas articulações políticas entre os movimentos sociais e o movimento ambientalista, colocando em xeque a visão ainda recorrente de uma parte do movimento ambientalista tradicional/preservacionista, para o qual as populações tradicionais e os pobres são uma ameaça à conservação ambiental e à proteção das unidades de conservação (Santilli, 2005).

É necessário, portanto, a compreensão da justiça socioambiental como um desdobramento da justiça ambiental, na tentativa de resguardar tanto a natureza, como as sociedades que dela dependem. O reconhecimento da justiça socioambiental nasce na busca de um meio termo entre a necessidade de justiça ambiental (populações afetadas pelas atividades econômicas) e a justiça ecológica (recuperação da natureza degradada). Nesse sentido, a justiça socioambiental, busca contemplar a necessidade social e ecológica (Mamede e Ferreira, 2015).

A atividade minerária de grande porte provoca desastres socioambientais de diferentes tipos e graus. Tampouco se devem desconsiderar as empresas de pequeno porte, pois embora invisíveis aos órgãos fiscalizadores, provocam alterações em termos de escala local (Lemos *et al.*, 2017). A descarga de resíduos minerais nos sistemas fluviais, causada por falhas nas barragens de rejeitos, é uma ameaça séria à qualidade da água, dos sedimentos, dos organismos aquáticos e pessoas que vivem a jusante (Guerra *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o objetivo desse artigo é analisar os desastres ambientais derivados do beneficiamento de minério de bauxita e caulim, nos rios Dendê e Murucupi,

nos igarapés Curuperé e Maricá, até a Baía do Marajó, cujos registros foram feitos no período de 2003 a 2018, no município de Barcarena, estado do Pará, Amazônia Brasileira. Os igarapés são entendidos como pequenos rios às vezes navegáveis (Ferreira, 2000).

Entende-se que os desastres ambientais devem ser analisados como conflitos que envolvem diferentes sujeitos. Como defendem Acselrad (2010) e Martinez-Alier (2006), que os seres humanos não são igualmente afetados pelo uso que a economia faz do ambiente natural, por isso os conflitos denunciam a exposição desproporcional daqueles socialmente mais desprovidos aos riscos das redes técnico-produtivas (Acselrad, 2010, pág. 109), demonstrando, portanto, a desigualdade estabelecida espacialmente. Martinez-Alier (2012) aborda esse tipo de conflitos derivados da exploração mineral como conflito ecológico-distributivo, em que os atores envolvidos em tais conflitos usam diferentes linguagens de avaliação (pág. 18), podem exigir a compensação monetária dos ambientes degradados, ou insistirem nos valores ecológicos e culturais que não podem ser expressos em dinheiro. Nesse sentido, qual é a situação das comunidades da Amazônia atingidas por esses desastres?

#### Área de estudo

As primeiras jazidas de bauxita foram encontradas no rio Trombetas, na década de 1960, no município de Oriximiná, pela Alcan (canadense *Aluminium Limited of Canada*). Porém, apenas na década de 1970 ocorreria a exploração desse recurso pela empresa Mineração Rio do Norte (MRN) que contava com a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e da Alcan como acionistas (Monteiro, 2005).

Em 1985 foi inaugurado, em Barcarena, o Complexo Portuário de Vila do Conde. Esse complexo, administrado pela Companhia Docas do Pará, objetivou atender o escoamento das empresas de beneficiamento mineral localizadas no município, a exemplo da “Alumínio Brasileiro S/A” (ALBRÁS) e a “Alumínio do Norte do Brasil S/A” (ALUNORTE). Já há alguns anos, as duas empresas formaram o complexo ALUNORTE/ALBRÁS que integra o grupo Hydro, e transforma bauxita em alumina e, depois, em alumínio (Silva, 2012). Além dessas, outras empresas encontram-se na região, já que a localização do porto é estratégica para que o minério já beneficiado, chegue ao mercado nacional e internacional.

Na extração e beneficiamento do caulim no Estado do Pará recebem destaque as empresas Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) e Pará Pigmentos (PPSA). Em operação no Pará desde 1996, a IRCC adquiriu em 2010 a PSSA, que pertencia ao Grupo Vale, passando a mineradora a ter a maior planta de beneficiamento de caulim do mundo e 71% de participação na produção de caulim no Brasil (IRCC, 2018).

A região apresenta uma densa drenagem e nesse aspecto todas as formas de uso estão relacionadas aos rios e igarapés que cortam esse território. O porto da Vila do Conde está localizado defronte para as Baías do Caripi e do Marajó. Sua construção trouxe novos arranjos territoriais, constituindo-se em um transporte intermodal, articulando o rio, a terra, a baía e o mar (fig. 1).

Os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração desse artigo consistiram na revisão bibliográfica e no levantamento da legislação referente à mineração de bauxita e caulim. Foram analisados dados quantitativos e qualitativos sobre os desastres ambientais registrados no estado do Pará, causados pelo vazamento de rejeitos derivados do beneficiamento desses minérios. Documentos oficiais advindos dos órgãos públicos foram consultados, principalmente os relativos ao vazamento de rejeitos e efluentes líquidos de bauxita e caulim na área de estudo.

O recorte temporal para análise foi o período compreendido entre 2003 e 2018. Houve descrição dos registros e identificação dos desastres ambientais. Foram consultados: inquéritos policiais da Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil do estado do Pará-PC; laudos periciais do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves-CPC;

relatórios técnicos do Instituto Evandro Chagas-IEC, do Ministério da Saúde-MS; relatórios técnicos do Laboratório de Química Analítica e Ambiental-LAQUANAM, da Universidade Federal do Pará-UFPA.

### Principais desastres ambientais

Para melhor entendimento, segue em destaque a área de estudo com a localização e instalações das empresas Alunorte e Imerys, além da rede hidrográfica que tem relevância por dois motivos. Do ponto de vista das comunidades locais, sua organização se deu no entorno dos igarapés e rios, recursos importantes para seu deslocamento e fonte de renda. Sob a ótica das empresas mineradoras, os rios e igarapés são áreas de escoamento da produção e dos resíduos (fig. 2).

Foram vários os desastres ambientais provocados pelo vazamento de rejeitos e efluentes líquidos da bauxita e do caulim no município de Barcarena-PA, no período compreendido entre os anos de 2003 a 2018 (QUADRO I), cujos eventos e seus impactos serão descritos a seguir.

Para que possamos realizar uma análise mais detalhada dos diversos desastres ambientais mencionados acima, vamos separá-los em dois tópicos, tomando como

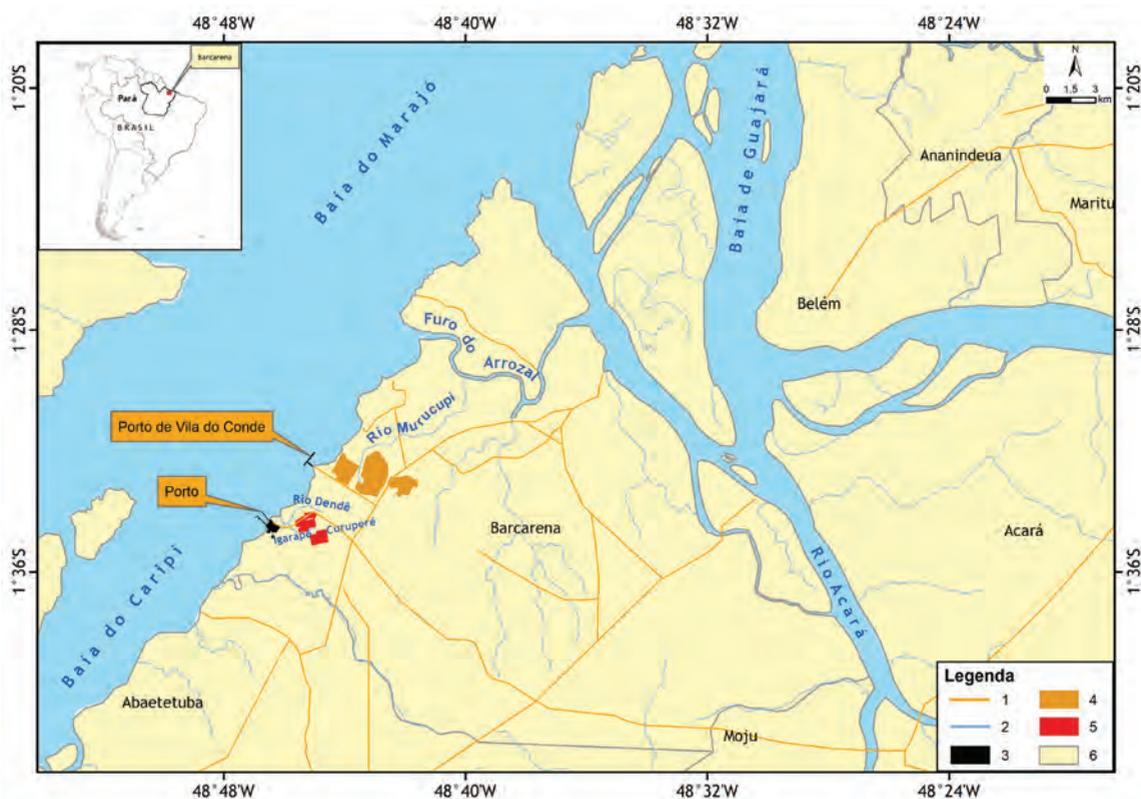


Fig. 1 - Enquadramento geográfico da área de estudo: 1 - Rodovias; 2 - Rede hidrográfica; 3 - Porto; 4 - Planta de Beneficiamento e bacias de rejeitos da Hydro; 5 - Planta de Beneficiamento e bacias de rejeitos da Imerys; 6 - Municípios (Fonte dos dados: IBGE, 2019).

Fig. 1 - Geographic framework of the study area: 1 - Highways; 2 - Hydrographic network; 3 - Port; 4 - Hydro beneficiation plant and tailings basins; 5 - Imerys beneficiation plant and tailings basins; 6 - Municipalities (Data Source: IBGE, 2019).

QUADRO I - Desastres com vazamentos registrados nos inquéritos policiais de 2003 a 2018.

TABLE I - Disasters involving leakage recorded in police inquiries from 2003 to 2018.

Período	Empresa	Descrição dos desastres	Indicadores ambientais	Áreas e comunidades atingidas	Resultado das análises e conclusão das investigações
Abril de 2003	Alunorte	Desarticulação da tubulação de concreto da empresa Alunorte	Alteração da cor, odor e sabor das águas do rio Murucupi. Morte de peixes, crustáceos e poluição da agricultura de várzea	Rio Murucupi. Arrozal, Itupanema e Vila Nova	Poluição no rio Murucupi e Igarapé Pramaçozinho pelo vazamento de efluentes alcalinos. Indiciamento dos responsáveis.
Maio de 2003	Alunorte	Vazamento de lama vermelha sobre os taludes das bacias de contenção de rejeitos	Comprometimento do lençol freático pela presença de Al e Na às proximidades das bacias de rejeitos	Rio Murucupi e Igarapé Pramaçozinho. Arrozal, Itupanema e Vila Nova	Dano ambiental. Lama vermelha na floresta e nascentes do rio Murucupi e Igarapé Pramaçozinho. Indiciamento dos responsáveis.
Junho de 2003	Alunorte	Aumento da vazão de licor cáustico por falha na válvula de alimentação da terceira caldeira, contaminando o condensado descartado no rio Pará.	Descaracterização de corpos hídricos em decorrência de extravasamento de parte do condensado com valores de pH e temperatura acima do estabelecido na legislação vigente.	Comunidades do Arrozal e Itupanema e suas respectivas praias, e o rio Pará.	Morte de peixes. Hemorragia sem coagulação e necrose de coagulação, compatível por compostos alcalis, pelo lançamento de efluentes líquidos. Indiciamento dos responsáveis.
Junho de 2004	Imerys	Falta de manutenção dos equipamentos	Alteração da cor, cheiro e sabor da água. Mortandade de peixes.	Rio Dendê e Igarapé Curuperé.	Poluição da água e do solo. Indiciamento dos responsáveis.
Julho de 2006	Imerys	Infiltração e vazamento na bacia de rejeitos n.º 03	Alteração da cor da água dos poços de captação	Bairro Industrial	Poluição da água e solo. Indiciamento dos responsáveis.
Junho de 2007	Imerys	Fissuras e vazamento em bacia de rejeitos de caulim	Alteração da cor da água dos poços de captação	Rio Dendê e Igarapé do Curuperé.	Poluição da água e solo. Indiciamento dos responsáveis.
Abril de 2009	Alunorte	Transbordamento da bacia de contenção de rejeitos e canal de drenagem da área do depósito de rejeitos sólidos.	Mortandade de peixes. Turbidez e alterações na cor e espuma nas águas do rio Murucupi.	Comunidades às margens do rio Murucupi e furo do Arrozal.	Efluentes de lama vermelha com alterações físicas e químicas no rio Murucupi, com risco à saúde pública. Indiciamento dos responsáveis.
Novembro de 2011	Imerys	Rompimento de mineroduto e vazamento de polpa de caulim.	Alteração da coloração da água do Igarapé Maricá.	Igarapé Maricá	Poluição da água e solo. Indiciamento dos responsáveis.
Julho de 2012	Imerys	Vazamento de caulim do duto da empresa	Alteração de coloração da água do Igarapé Maricá e rio Dendê	Acuí e Maricá	Poluição da água e solo. Indiciamento dos responsáveis.
Agosto de 2013	Imerys	Substituição de mineroduto e vazamento de caulim.	Alteração da coloração da água do Igarapé Curuperé	Comunidade do Igarapé Curuperé.	Poluição da água e solo. Indiciamento dos responsáveis.
Outubro de 2016	Imerys	Vazamento de polpa de caulim da tubulação de saída do evaporador 6	Alteração da coloração da água do rio Pará (Baía do Marajó).	Área da mineradora e rio Pará (Baía do Marajó)	Poluição pelo lançamento de caulim no solo, na praia e no rio Pará. Indiciamento dos responsáveis
Fevereiro de 2018	Alunorte	Lançamentos de efluentes líquidos para o meio ambiente	Alteração da coloração do rio Murucupi	Comunidades de Vila Nova, Burajuba, Bom Futuro e o rio Murucupi.	Remessa do inquérito da Polícia Civil para a Justiça Federal.



Fig. 2 - Destaque da localização das empresas Alunorte e Imerys, com os principais corpos hídricos: 1 - Rede hidrográfica; 2 - Mineroduto; 3 - Área Portuária; 4 - Planta de Beneficiamento da Alunorte; 5 - Bacias de rejeitos da Alunorte; 6 - Planta de Beneficiamento da Imerys; 7 - Bacias de rejeitos da Imerys; 8 - Área adicional de contenção (Fonte: Google Earth Pro 7.3.2.5776, 2019).

Fig. 2 - Location of the companies Alunorte and Imerys highlighted, with the main water bodies: 1 - Hydrographic network; 2 - Pipeline; 3 - Port Area; 4 - Alunorte beneficiation plant; 5 - Alunorte tailings basins; 6 - Imerys beneficiation plant; 7 - Imerys tailings basins; 8 - Additional containment area (Source: Google Earth Pro 7.3.2.5776, 2019).

referência a fonte poluidora e o rejeito do processo de beneficiamento do minério, os quais receberão a denominação de: Bauxita - 2003 a 2018 e Caulim - 2004 a 2016, conforme se descreve a seguir.

#### Bauxita - 2003 a 2018

##### Abril, maio e junho de 2003

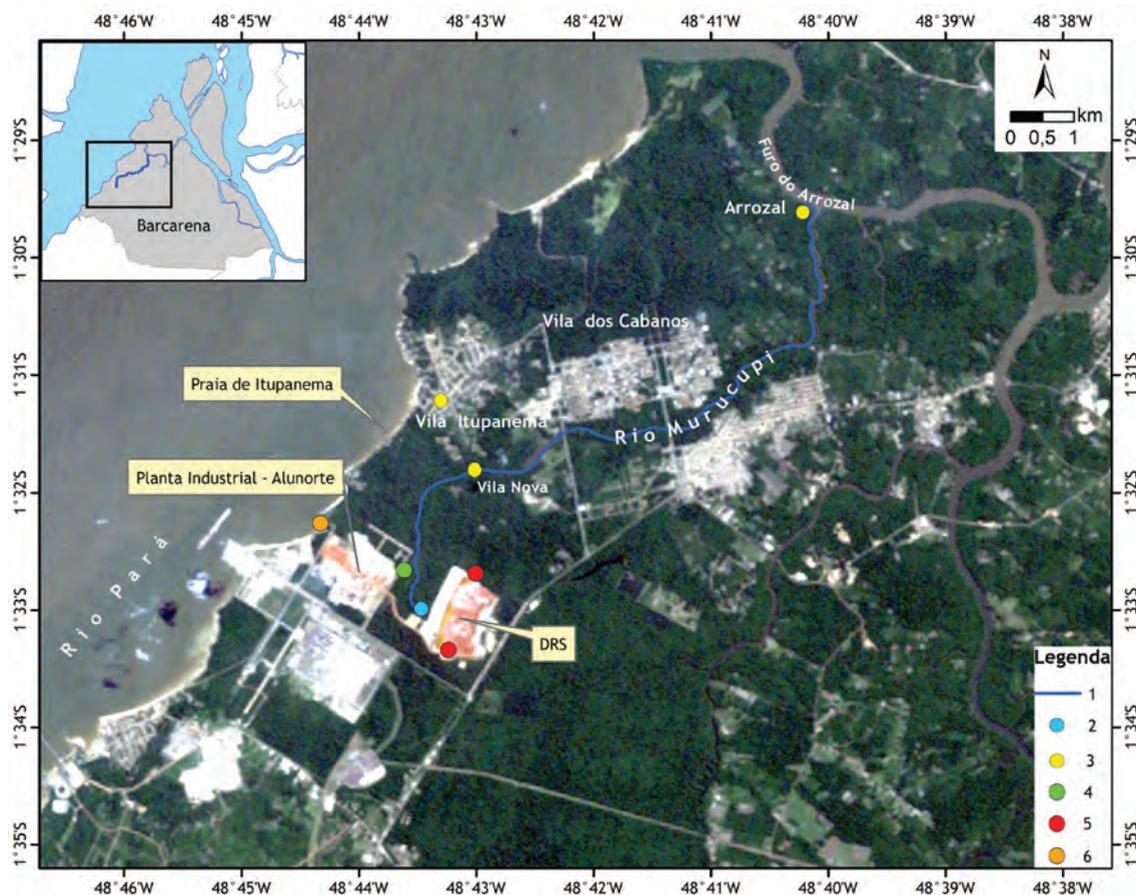
Para melhor compreensão dos desastres ambientais ocorridos em abril, maio e junho de 2003, apresentamos informações sobre: a localização da empresa ALUNORTE; os locais de ocorrência; a nascente e o rio Murucupí; as comunidades atingidas; a tubulação de concreto onde ocorreu o rompimento; o vazamento de lama vermelha sobre os taludes das bacias de contenção de rejeitos sólidos; o ponto de descarte do condensado contaminado no rio Pará (fig. 3).

##### Abril de 2003

Em 04 de abril de 2003, alguns moradores de Barcarena presenciaram um fato que jamais havia ocorrido.

As águas do rio Murucupí, que eram utilizadas para consumo da população ribeirinha e para a pesca de subsistência, começaram por apresentar uma coloração avermelhada, que depois passou a escura, seguida da morte de grande quantidade de pescado. Este fato determinou o início de investigações, com a instauração de inquérito policial na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil-PC, do estado do Pará, por ser uma Unidade Especializada nesse tipo de procedimento.

Diante desses fatos, foram ouvidos vários moradores de Barcarena, representantes do Poder Público Municipal e da mineradora Alumina do Norte do Brasil S/A - ALUNORTE. Há relatos de moradores que afirmam que desde o momento em que foi instalado o polo industrial de Barcarena, passaram a perceber a diferença no rio Murucupí, pois não podiam mais utilizar a água daquele corpo hídrico para consumo humano e o peixe que pescavam, tinha gosto amargo. Há registro de que uma tubulação da empresa ALUNORTE (fot. 1), havia estourado e provocado



**Fig. 3** - Localização da Empresa Alunorte, em 2003, bem como de eventos poluentes: 1) Rio Murucupi; 2) Nascente de tubulação de concreto atingidas; 3) Comunidades atingidas; 4) Rompimento de tubulação de concreto - Abril 2003; 5) Vazamento de lama vermelha sobre os taludes do depósito de rejeitos sólidos (DRS) - Maio 2003; 6) Condensado contaminado descartado no rio Pará - Junho 2003 (Fonte: USGS - United States Geological Survey, 2019 e laudos do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves, 2003).

**Fig. 3** - Location of Alunorte, in 2003, as well as polluting events: 1) Murucupi River; 2) Source of the Murucupi River; 3) Communities affected; 4) Concrete pipe burst - April 2003; 5) Leakage of red mud on the slopes of the solid waste deposit (DRS) - May 2003; 6) Contaminated condensate discarded in the Pará River - June 2003 (Source: USGS United States Geological Surveys, 2019 and reports from the Renato Chaves Scientific Expert Center, 2003).



**Fot. 1** - Rompimento da tubulação de concreto  
(Fonte: CPC, 2003a, modificado com o acréscimo da seta).

**Photo 1** - Concrete pipe burst  
(Source: CPC, 2003a, modified with the addition of the arrow).

um grande vazamento de líquido de coloração avermelhada (PC, 2003a).

Os peritos do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas-CPC Renato Chaves, constataram poluição no rio Murucupi (fot. 2), pelo lançamento *in natura* de esgotos sanitários sem tratamento proveniente de Vila dos Cabanos e vestígios de vazamentos de efluentes líquidos ocorridos pela rotura de tubulação da empresa Alunorte, utilizada para conduzir efluentes líquidos com pH = 10,30, eventualmente alcalino (CPC, 2003a).

As investigações concluíram pelo indiciamento da mineradora Alunorte pela prática de crime de poluição, nos autos de inquérito policial, instaurado na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil-PC, do estado do Pará.



Fot. 2 - Tramo fluvial do rio Murucupi (Fonte: CPC, 2003a).

*Photo 2 - Fluvial section of the Murucupi River (Source: CPC, 2003a).*

Maio de 2003

No mês seguinte, mais um evento de poluição em Barcarena. Pesquisadores do Instituto Evandro Chagas - IEC, do Ministério da Saúde - MS, constataram que ocorreu um transbordamento do material lixiviado a partir de células de contenção dos depósitos de rejeitos sólidos - DRS, atribuído às fortes precipitações pluviométricas ocorridas no dia 15/05/03, o qual, devido à declividade do terreno, alcançou o rio Murucupi (IEC, 2003a).

Conforme relatos de moradores que vivem há décadas nas margens do rio Murucupi, em Barcarena, a qualidade da água daquele corpo hídrico era utilizada para o consumo humano, higiene pessoal, agricultura familiar, além da pesca para consumo de seus familiares. A partir de abril de 2003, esses moradores passaram a observar fenômenos que jamais haviam ocorrido antes, como o escurecimento das águas do rio Murucupi, que ficou imprópria para o consumo humano e ocasionou a morte de aproximadamente 1.000 kg (mil quilos) de pescado (PC, 2003b).

Esse desastre também foi constatado por peritos do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas - CPC Renato Chaves, os quais afirmaram que houve dano ambiental para a fauna e flora e avanço acentuado de lama vermelha sobre os taludes da área de Deposição de Rejeitos Sólidos - DRS, da empresa ALUNORTE. Naquela ocasião, a perícia constatou também a existência de vários rasgos (fot.3), no material de impermeabilização das bacias de acumulação de rejeitos sólidos (CPC, 2003a).

A presença de material com as mesmas características descritas acima e coloração avermelhada, estendeu-se formando o percurso da bacia de acumulação de lama vermelha até a floresta. Devido à declividade do terreno e a existência de uma cava executada com a finalidade de conter o vazamento (porém não sendo suficiente), os efluentes com lama vermelha atingiram a área posterior (fot. 4) (CPC, 2003a).



Fot. 3 - Lama vermelha sobre o talude da bacia de acumulação de rejeitos (Fonte: CPC, 2003a, modificado com o acréscimo da seta).

*Photo 3 - Red mud on the slope of the accumulated tailings basin (Source: CPC, 2003a, Fluvial section of the Murucupi River).*



Fot. 4 - Cava executada para conter o vazamento (Fonte: CPC, 2003a, modificado com o acréscimo da seta).

*Photo 4 - Trench dug to contain the leak (Source: CPC, 2003a, modified with the addition of the arrow).*

Os peritos constataram ainda que, no interior da floresta, parte do solo natural estava coberto por efluente de lama vermelha (fot.5), tendo sido verificado na base do caule da árvore a marca deixada pelo vazamento, com uma altura média de 20 (vinte) a 30 cm (trinta centímetros).



Fot. 5 - Marca deixada pelo vazamento na base do caule da árvore (Fonte: CPC, 2003a, modificado com o acréscimo da seta).

*Photo 5 - Mark left by the leak at the base of the tree stem (Source: CPC, 2003a, modified with the addition of the arrow).*

A conclusão das investigações nos autos do inquérito policial, instaurado na Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil do Estado do Pará, foi pelo indiciamento da mineradora Alunorte pela prática de crime de poluição.

#### *Junho de 2003*

Pelo terceiro mês consecutivo, outro desastre ambiental ocorreu em Barcarena. Segundo pesquisadores do Instituto Evandro Chagas-IEC, do Ministério da Saúde-MS, no dia 22/06/03, ocorreu um vazamento que levou a modificações nas características dos efluentes lançados no rio Pará, com pH em torno de 12 e temperatura a cerca de 45°C, devido a uma falha no processo de produção de alumina. O vazamento ocorreu por algumas horas e após 1 (um) ou 2 (dois) dias começaram a aparecer peixes mortos na praia de Itupanema, a 1 km (um quilômetro) do local onde foram lançados esses efluentes (IEC, 2003b).

Foram recebidos na Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas-IEC, para análise *post mortem* 35 exemplares de peixes de água doce, entre 8 (oito) espécies das quais 7 (sete) são peixes ósseos e uma espécie de peixe cartilaginoso. A variedade de peixes para exame, pesavam de 5 (cinco) a 750 g (setecentos e cinquenta gramas), incluindo espécies de escama e de couro, habitantes do fundo do rio e da coluna d'água. Os exemplares apresentaram em geral, quadro hemorrágico sem coagulação e com necrose de coagulação, compatível de contato com compostos alcalis (IEC, 2003b).

Peritos do Instituto de Criminalística do Centro de Perícias Científicas-CPC Renato Chaves, constataram que existiam 3 (três) condensadoras (A, B e C) inseridas no processo de produção do complexo industrial. Ocorreu que, no dia 16/06/03, a condensadora C, que estava sendo implementada, apresentou uma falha precisamente na válvula de vazão do licor. Esse equipamento, dotado com tecnologia americana, é de grande porte e possui tubulações para transporte de vapor, condensado e produto industrial (licor), com 9 (nove) trocadores de vapor. Como houve o aumento da vazão de licor cáustico, por falha na válvula de alimentação da terceira unidade de caldeira (condensadora), acabou por contaminar o condensado descartado no rio Pará (CPC, 2003b).

Foi constatada a morte de peixes, por hemorragia sem coagulação e com necrose de coagulação, compatível por compostos alcalis, pelo lançamento de efluentes líquidos em alta temperatura. As investigações levaram a instauração de inquérito policial, concluindo pela responsabilização e indiciamento da mineradora ALUNORTE (PC, 2003c).

#### *Abril de 2009*

Apesar dos três desastres ambientais ocorridos no ano de 2003 e investigados pela Divisão Especializada em Meio Ambiente-DEMA, da Polícia Civil-PC, do estado do Pará, novamente em abril de 2009, mais um desastre envolvendo a mineração de bauxita em Barcarena, atingiu os cursos de água e as comunidades próximas. Conforme as investigações, houve transbordamento da bacia de contenção de rejeitos (lama vermelha) e canal de drenagem, sendo constatada a morte de peixes (fig. 4).

Novamente o rio Murucupi apresentou turbidez, alterações na cor (avermelhada) e espuma em suas águas, atingindo as comunidades das suas margens e do Furo do Arrozal, por efluentes de lama vermelha com alterações físicas e químicas, com danos no meio ambiente e riscos a saúde pública. As investigações concluíram pela instauração de inquérito policial e indiciamento da empresa ALUNORTE e dos seus representantes legais, sendo comprovado que ocorreu o transbordamento de uma barreira de contenção e canal de drenagem da área do depósito de rejeitos sólidos-DRS da empresa ALUNORTE (fot. 6), que teria ocorrido em razão de fortes chuvas (PC, 2009).

Os pesquisadores do Instituto Evandro Chagas-IEC, concluíram que o escoamento de efluentes de lama vermelha nesse rio, provocou alterações físicas e químicas, com impactes ambientais e situações de risco a saúde da população pelo contato primário com águas de elevado pH e modificações na estrutura das comunidades bióticas locais. Concluíram ainda que a instalação da bacia de rejeitos do processo de beneficiamento de bauxita próximo às suas nascentes, representava uma situação de risco para os ecossistemas aquáticos e para a saúde da população ribeirinha que residia nas margens dessa drenagem (IEC, 2009).

Estudo de pesquisadores do Laboratório de Química Analítica e Ambiental-LAQUANAM, da Universidade Federal do Pará-UFPA, concluíram que o vazamento de efluentes da empresa ALUNORTE no rio Murucupi, foi responsável pela redução do oxigênio dissolvido e morte dos peixes no rio em questão e em outros corpos hídricos próximos ao local do vazamento. Ressaltaram ainda, que a lama vermelha, resíduo perigoso da classe I, com propriedades corrosivas e metais pesados na sua constituição, se distribuiu por uma grande área, comprovado o uso de cloreto como parâmetro de indicação de poluição (LAQUANAM, 2009).

Conforme o laudo do depósito de rejeitos sólidos-DRS e canal de drenagem circundante da empresa ALUNORTE, expedido pelo Centro de Perícias Científicas-CPC Renato Chaves, houve o transbordamento de grande volume de líquido sobrenadante acumulado no depósito de rejeitos extravasando pela parte superior (crista) do barramento

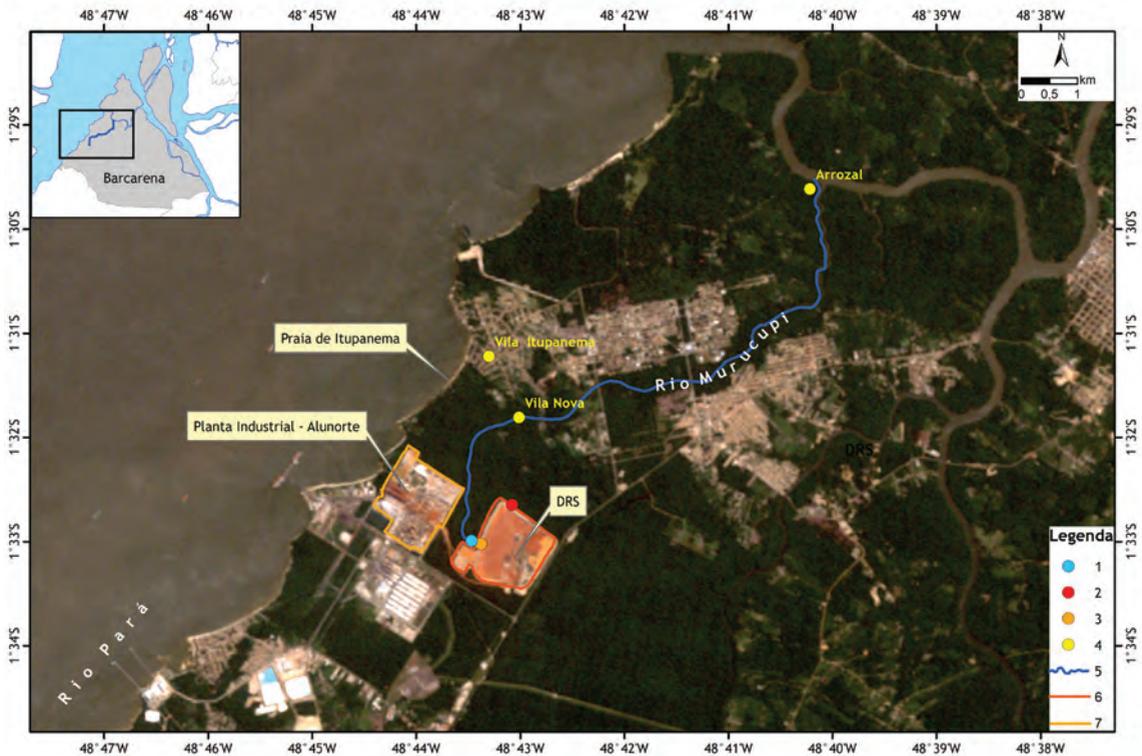


Fig. 4 - Pormenor da localização da Empresa Alunorte, em 2009: 1) Nascente do rio Murucupi; 2) Transbordamento na face norte da bacia de rejeitos; 3) Transbordamento na face oeste da bacia de rejeitos; 4) Comunidades atingidas; 5) Rio Murucupi; 6) Depósito de Resíduos Sólidos; 7) Planta Industrial Alunorte (Fonte: Imagem do Google Earth Pro 7.3.2.5776, 2009 e laudos do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves, 2009).

Fig. 4 - Detail of the location of Alunorte, in 2009: 1) Source of the Murucupi River; 2) Overflow on the north face of the tailings basin; 3) Overflow on the west face of the tailings basin; 4) Affected communities; 5) River Murucupi; 6) Solid Waste Deposit; 7) Alunorte Industrial Plant (Source: Image from Google Earth Pro 7.3.2.5776 (2009) and reports from the Renato Chaves Scientific Expertise Center, 2009).



Fot. 6 - Locais de transbordamento assinalados pelas setas na bacia de contenção de rejeitos (Fonte: CPC, 2009a)  
 Photo 6 - Overflow sites marked by arrows in the tailings containment basin (Source: CPC, 2009a).

em direção ao canal de drenagem (circunda toda a área do depósito), que não comportou esse volume, vindo a transbordar para a área externa, atingindo o meio ambiente. O fato gerador do evento ocorrido naquela área, esteve relacionado com o subdimensionamento dos extravasores e da altura da borda livre (fot. 7), visto terem sido dimensionado para uma altura de chuva crítica

de 119 mm (cento e dezanove milímetros), enquanto o nível atingido no dia do evento (27/04/09) foi de 176,5 mm (cento e setenta e seis milímetros e meio), com duração aproximada de 4 (quatro) horas, valor superior ao adotado, e inferior ao Tempo de Retorno de 10.000 (dez mil) anos, que seria de 182 mm (cento e oitenta e dois milímetros) (CPC, 2009a).



Fot. 7 - Ponto 01 do transbordamento do canal de drenagem (Fonte: CPC, 2009a).

Photo 7 - Drainage channel overflow point 01 (Source: CPC, 2009a).

Segundo o laudo efetuado na área da empresa ALUNORTE e nas imediações da bacia de armazenagem de rejeitos, houve poluição ambiental na área de preservação ambiental próxima da citada empresa, alcançando o rio Murucupi (fig. 4) até o Furo do Arrozal, no município de Barcarena, decorrente do transbordamento da bacia de contenção de rejeitos (lama vermelha) e do canal de drenagem, contrariando a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, para o lançamento de efluentes, causando desconformidade dos padrões físico-químicos do referido corpo hídrico para padrões de água da classe II, infringindo também a resolução 274/2000 do CONAMA, no que diz respeito à utilização primária do rio (CPC, 2009b).

#### Fevereiro de 2018

Em fevereiro de 2018, foi encontrado alagado o pátio da ALUNORTE, uma tubulação clandestina na área que pertence a mineradora, efluentes no rio Murucupi e nas comunidades que o marginam (fig. 5).

Foram ouvidos moradores da comunidade Vila Nova, Burajuba e Bom Futuro, que afirmaram que no dia 16/02/18 ocorreram fortes chuvas e no dia 17/02/18, constataram o aumento do volume de água do igarapé do tubo, também denominado como igarapé Murucupi, que margina aquelas comunidades e que apresentava coloração avermelhada e uma espuma branca. Os moradores também verificaram que, na água dos poços de abastecimento das casas dessas comunidades, havia a presença de espuma, além de alteração na coloração e no sabor. Ainda segundo as investigações, no dia 17/02/18, houve lançamento de efluentes por comportas antigas que não eram mais utilizadas pela citada mineradora (PC, 2018).

Atendendo a uma requisição do Ministério Público Estadual-MPE e do Ministério Público Federal-MPF, o Instituto Evandro Chagas-IEC, enviou pesquisadores até as instalações da empresa ALUNORTE, em Barcarena, para verificar as denúncias de possível vazamento da área do depósito de resíduo sólido, que teria atingido corpos hídricos e as comunidades circunvizinhas, tendo expedido um Relatório Técnico. Os resultados físico-químicos

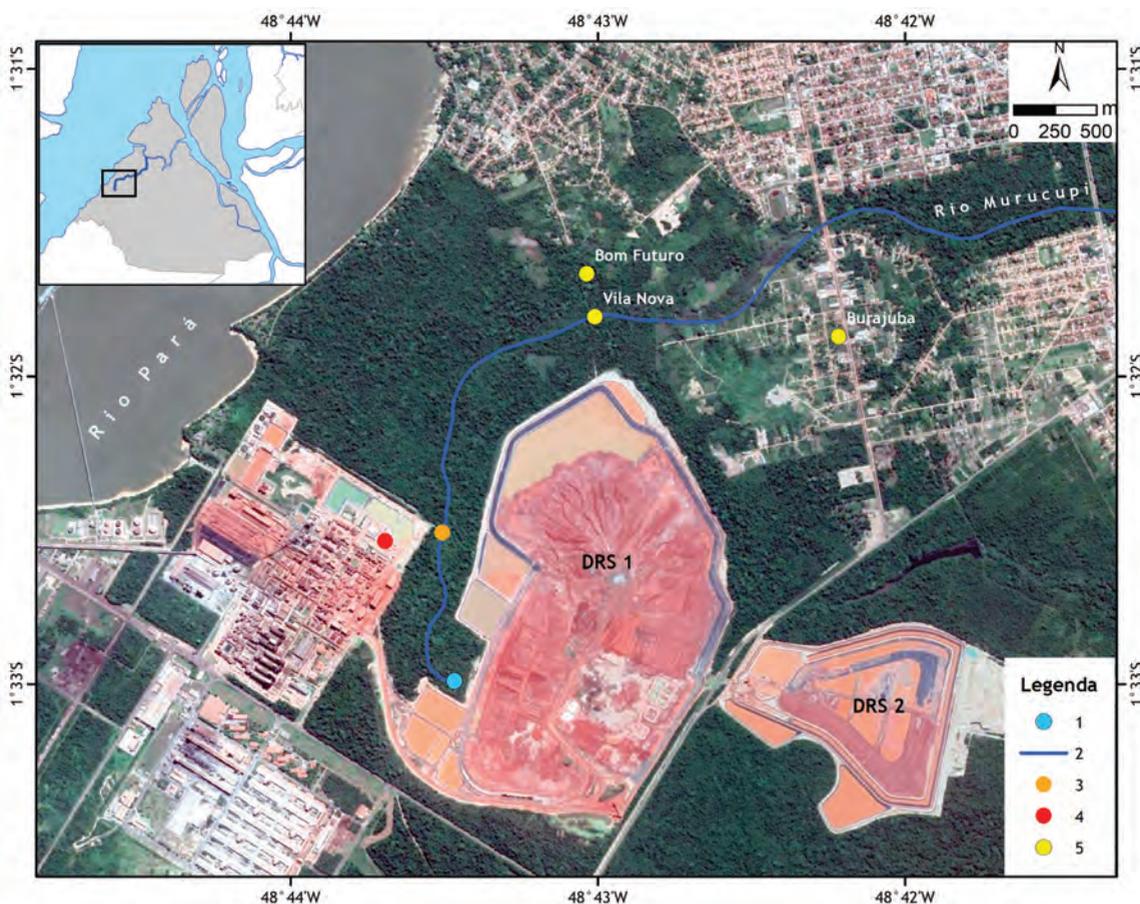


Fig. 5 - Empresa Alunorte, em 2018: 1) Nascente do rio Murucupi; 2) Rio Murucupi; 3) Tubulação clandestina; 4) Pátio da empresa alagado; 5) Comunidades atingidas (Fonte: Imagem do Google Earth, 2018 e laudos do Centro de Perícias Científicas Renato Chaves, 2019a).

Fig. 5 - Alunorte, in 2018: 1) Source of the River Murucupi; 2) Murucupi River; 3) Clandestine piping; 4) Flooded company yard; 5) Affected communities (Source: Google Earth Image, 2018 and Renato Chaves Scientific Expertise Reports, 2019a).

e os níveis de metais nas amostras indicaram que, no dia 17/02/18, ocorreram alterações nas águas superficiais que comprometeram a sua qualidade, segundo a Resolução CONAMA 357/05 e impactaram diretamente a comunidade Bom Futuro, destacando-se os níveis elevados de alumínio e outras variáveis associadas aos efluentes gerados pela Alunorte (IEC, 2018a).

O Ministério Público Federal-MPF e o Ministério Público Estadual-MPE ajuizaram a ação cautelar antecedente com pedido liminar contra Alunorte, Norsk Hydro Brasil LTDA e Estado do Pará, em sede de tutela de urgência acautelatória, buscando o deferimento de diversas providências voltadas à minimização dos impactos advindos do lançamento de efluentes não tratados no meio ambiente em Barcarena, com destaque para aqueles que foram provocados por: alagamento de parte da planta industrial com indicativo de galgamento do Depósito de Resíduos Sólidos 2-DRS2; existência de tubulação clandestina para despejo irregular de efluentes não tratados diretamente no meio ambiente; indícios de extravasamento de efluentes de uma das bacias de contenção para o canal de drenagem pluvial, bem como de efetivo ou iminente extravasamento das bacias; inexistência de barreiras físicas entre os Depósitos de Resíduos Sólidos-DRS e a área das comunidades e, ainda, a alteração na coloração do igarapé localizado próximo à comunidade Bom Futuro. Por meio dessa medida cautelar, os MPE e MPF entenderam que a competência para julgar o caso em tela é da Justiça Federal, sendo os autos do inquérito policial remetidos para aquele Juízo. Foram lavrados 03 (três) autos de infração pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMÁS), contra a empresa ré, evidenciando danos ao meio ambiente e à saúde pública (MPF, 2018a).

Para o MPF, restou constatado o galgamento do Depósito de Resíduos Sólidos-DRS2, que estava em operação, recebendo rejeitos da atividade industrial, que não tinha Licença de Operação, apenas “*Autorização de Comissionamento*” e a ausência de plano de ação emergencial efetivo para proteção das comunidades, em violação à Lei de Segurança de Barragens. Também constatou em depoimento de servidores da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMÁS), a existência do “*canal reserva*” ou “*canal antigo*”, utilizado para despejo de efluentes pluviais não tratados diretamente no rio Pará, fato inclusive admitido pela empresa e de pleno conhecimento da SEMÁS. Foi ainda, identificada a existência de um “*desvio de drenagem de água pluvial do galpão de carvão*”, o qual possibilitou que água da chuva contaminada com esse material, e sem tratamento, fosse lançada no meio ambiente. Para o Ministério Público Federal-MPF, desenhou-se um cenário preocupante, no qual fortes chuvas atuaram sobre uma estrutura ainda não autorizada a operar, somado ao extravasamento por meio de duto irregular, ausência de

garantia de segurança dos taludes e da estrutura que dá suporte ao DRS2, iminente esgotamento da capacidade de operação do DRS1 e o dano concreto, decorrente da presença de poluentes nos resíduos do processo produtivo da empresa (MPF, 2018b).

No que tange às análises de amostras de efluentes coletadas pelo Instituto Evandro Chagas-IEC, em água superficiais e poços residenciais, em corpos hídricos que compõem as bacias hidrográficas dos rios Pará, Murucupi, São Francisco, Arienga, Arapiranga, Guajará do Beja, Maracapucu e Campupema, e ainda em amostras de resíduos e efluentes coletadas dentro da área da Norsk Hydro Alunorte e nos seus arredores, os pesquisadores concluem que em tais áreas estavam presentes diversos metais tóxicos, acima do permitido pela Resolução Conama 357/05, com elevados níveis de chumbo, alumínio, sódio e outras substâncias prejudiciais à saúde e associadas aos efluentes gerados pela produção da Hydro/Alunorte, o que corrobora com a possibilidade de que as águas pluviais que extravasaram da empresa estivessem misturadas aos resíduos industriais dos DRS1 e DRS2 (IEC, 2018b).

#### Caulim - 2004 a 2016

Em continuidade a uma análise mais detalhada dos diversos desastres ambientais mencionados no QUADRO I e tendo como referência a fonte poluidora e o rejeito do processo de beneficiamento do minério de caulim, vamos discorrer sobre as principais ocorrências no período de 2004 a 2016. Para um melhor entendimento, apresentamos informações sobre: localidades; rede hidrográfica; mineroduto; área total da empresa; área adicional de contenção; planta de beneficiamento; seis bacias de rejeitos de n.º 1 a 6 (a bacia 6B está sendo construída) e área portuária (fig. 6).

##### *Junho de 2004*

Devido a fortes chuvas ocorridas em 27/06/04, houve transbordamento da pilha de caulim para o rio Dendê, em razão da bomba do sistema de comporta implantado pela mineradora não ter suportado a quantidade de água gerada pela elevada precipitação. Os peritos concluíram que: houve poluição ambiental pelo descarte de material com coloração esbranquiçada semelhante a caulim no rio Dendê e igarapé Curuperé; disposição inadequada de produto da empresa, com pH = 2 (ácido) sujeito às intempéries e em contato direto com o solo; e a presença de pH = 4 (inadequado) nos efluentes líquidos da empresa descartado no igarapé Curuperé, conforme as constatações realizadas e os resultados das análises laboratoriais (CPC, 2004).

Houve aumento da precipitação e carreamento de minério bruto de caulim para o sistema de contenção da mineradora, que devido ao grande volume de água, parte



**Fig. 6 - Imerys, em 2019:** 1 - Localidades; 2 - Rede hidrográfica; 3 - Mineroduto; 4 - Área sob responsabilidade da mineradora; 5 - Área adicional de Contenção; 6 - Planta de Beneficiamento; 7 - Bacias de Rejeitos n.º 1, 2, 3, 4, 5A, B e C, 6A e B; 8 - Área Portuária (Fonte: Google Earth Pro 7.3.2.5776, 2019).

**Fig. 6 - Imerys, in 2019:** 1 - Locations; 2 - Hydrographic network; 3 - Pipeline; 4 - Area under the responsibility of the mining company; 5 - Additional Containment Area; 6 - Beneficiation Plant; 7 - Tailings Basins no 1, 2, 3, 4, 5A, B and C, 6A and B; 8 - Port Area (Source: Google Earth Pro 7.3.2.5776, 2019).

do excedente de drenagem pluvial foi para o leito do rio Dendê. O sistema de canaletas daquela empresa não foi suficiente para coletar e conduzir o minério a bacia de decantação, gerando um excedente que veio a atingir os citados corpos hídricos, além de outros vazamentos em menor quantidade na pilha de caulim. Alguns moradores relataram que a qualidade da água utilizada para o consumo humano em suas residências provenientes de poços, assim como as águas do Igarapé Curupere que passa a 30 (trinta) metros dos fundos dessas residências, apresentaram coloração branca e pastosa, ocasionando problemas de saúde e a mortandade de pescado, além do fato de que sempre que ocorrem chuvas fortes há a poluição do rio Dendê provocado por rejeitos de caulim (PC, 2004).

#### Julho de 2006

Moradores do bairro Industrial, afirmaram que os poços de captação de água para consumo humano em suas residências localizadas ao lado da bacia de rejeitos n.º 3 da empresa Imerys Rio Capim Caulim S/A (fot. 8), apresentavam coloração esbranquiçada. A partir do

momento em que tomou conhecimento da poluição, a mineradora passou a fornecer-lhes diariamente dois garrafões de água mineral, além de água potável por meio de carros-pipa. A diretoria da mineradora declarou que houve infiltração na bacia de rejeitos n.º 03, migração de água e caulim para alguns poços Amazonas, que se caracterizam (CPC, 2007c) pela escavação direta no solo, sem revestimento de suas paredes, sem proteção sanitária e com tampas de madeira, de residências localizadas no bairro Industrial e depois disso implantou um sistema de abastecimento de água para aquele bairro juntamente com a Companhia de Águas de Barcarena (PC, 2006).

Após perícia nos poços Amazonas dos imóveis residenciais da comunidade do bairro Industrial, com aproximadamente 5,0 (cinco) metros de profundidade do nível do solo até a superfície da lâmina d'água, localizados próximos a bacia de rejeitos n.º 03 daquela mineradora, apresentavam águas turvas e coloração esbranquiçada, característica da presença de material em suspensão, semelhante a caulim (CPC, 2007c).



**Fot. 8** - Poço denominado Amazonas, para captação de água em residência no bairro Industrial, localizado ao lado da bacia de rejeitos n.º 3 da Imerys (Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 8 - Well called Amazonas, for capturing water at home in the Industrial neighbourhood, located next to tailings basin n.º 3 by Imerys (Source: Lemos, 2018).*

A caracterização físico-química das águas do igarapé Curuperé e rio Dendê, após as análises de amostras de água de 07 (sete) pontos de amostragem distribuídos ao longo desses dois corpos hídricos, devido a insuficiências nas etapas de alcalinização dos efluentes ácidos, ocorriam alterações em algumas características físico-químicas naturais dessas drenagens, provocando o aumento da acidez e consequente diminuição do potencial hidrogeniônico (pH), dentre outros parâmetros (IEC, 2007).

#### Junho de 2007

No dia 11/06/07, às 04 horas, representantes da mineradora Imerys, constataram microfissuras (fot. 9) na bacia de rejeitos n.º 03 (construída no ano de 2005) em local distinto da infiltração havida no ano anterior na mesma bacia que fica no limite com a comunidade do bairro Industrial, atingindo os poços Amazonas de 15 (quinze) famílias. Foi constatado ainda, um problema na bomba que fazia a sucção de efluentes para aquela bacia, que depois apresentou vazamento de rejeitos de caulim, atingindo o igarapé Curuperé e o rio Dendê. Moradores do bairro Industrial e da Ilha São João, presenciaram a poluição desses corpos hídricos que apresentaram coloração esbranquiçada ocasionada pelo vazamento de rejeitos de caulim de uma das bacias de contenção daquela empresa (PC, 2007).

Houve a necessidade da atuação conjunta de outros órgãos públicos, além daqueles que normalmente atuam nesses casos (polícia judiciária, meio ambiente, saúde pública, perícia científica), acrescentando o Corpo de Bombeiros Militar e a Defesa Civil Estadual (fot. 10), os quais em 02/07/2007, expediram relatório descrevendo o que foi constatado e as providências adotadas no município de Barcarena em razão desse evento poluidor (CBM, 2007).



**Fot. 9** - Estaca no ponto onde foi constatado microfissura na bacia de rejeitos n.º 3 (Fonte: Lemos, 2018, modificado com o acréscimo da seta).

*Photo 9 - Stake at the point where microfissure was found in tailings basin n.º 3 (Source: Lemos, 2018, modified with the addition of the arrow).*



**Fot. 10** - Corpo de Bombeiros Militar no rio Dendê e moradores da comunidade Ilha São João (Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 10 - Military Fire Brigade on the Dendê River and residents of the São João Island community (Source: Lemos, 2018).*

Estudo do Laboratório de Química Analítica e Ambiental-LAQUANAM, da Universidade Federal do Pará-UFPA, concluiu que o vazamento de efluente da mineradora Imerys contaminou os rios e poços analisados, por bário e alumínio confirmado pelos altos teores encontrados destes elementos no efluente analisado (LAQUANAM, 2007).

Relatório do Instituto Evandro Chagas-IEC, do Ministério da Saúde-MS, conclui que os efluentes da mineradora não recebem o tratamento adequado antes do lançamento no igarapé Curuperé, e em menor intensidade no rio Dendê, comprometendo a pesca de subsistência e as famílias do bairro Industrial que residem ao longo da bacia de decantação n.º 03, pois estão em área de risco químico e físico e precisam ser removidas com urgência, pois a qualidade das águas para consumo está comprometida tanto nesse bairro quanto na ilha São João (fot. 11) (IEC, 2007).



Fot. 11 - Rio Dendê com caulim e a comunidade Ilha São João  
(Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 11 - Rio Dendê with kaolin and the São João Island community (Source: Lemos, 2018).*

Após perícia realizada nos dias 12, 13 e 18/06/07, na mineradora e nas comunidades próximas, os peritos do Centro de Perícias Científicas-CPC Renato Chaves concluíram que houve poluição ambiental, pois as águas dos igarapés Curuperé, Dendê e Praia de Vila do Conde (fot. 12) foram alteradas quanto as suas propriedades físico-químicas tornando-as impróprias para o consumo humano e para o banho (CPC, 2007a).



Fot. 12 - Embarcação do Corpo de Bombeiros Militar e a pluma de poluição por caulim na praia de Vila do Conde  
(Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 12 - Military Fire Brigade vessel and kaolin pollution plume on Vila do Conde beach (Source: Lemos, 2018).*

Foi realizada perícia na bacia de rejeitos n.º 03 (com capacidade para represar 1.000.000 m<sup>3</sup> de rejeito líquido, altura de 15 m, sendo 6 m abaixo do nível do terreno), e após análises de relatórios, projetos e vistoria dessa bacia, os peritos relataram que os taludes à jusante, de forma geral, não apresentavam evidências de deslocamento de terras ou rachaduras que identificassem algum comprometimento na estrutura.

Entretanto, no ponto de vazamento, nas proximidades da emenda entre as bacias de rejeitos n.º 03 e 02, constatarem vestígios de desmoronamento parcial das laterais da crista do talude, características estas que são indicativas de que o dano pode ter sido produzido por ação mecânica. O laudo ressalta a proximidade entre a comunidade e a bacia de rejeitos n.º 03 (fot. 13), constituindo uma área de risco em caso de ruptura do dique ou percolação intensa em direção a essa comunidade, que será atingida de forma abrupta pelo rejeito líquido, com risco a integridade física de seus moradores e possíveis óbitos (CPC, 2007b).



Fot. 13 - Vista do alto da bacia de rejeitos n.º 3 e a pista de rolamento que a separa do bairro Industrial  
(Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 13 - View from the top of tailings basin n.º 3 and the road section that separates it from the Industrial district (Source: Lemos, 2018).*

*Novembro de 2011*

Em 25/11/11, por volta das 21h10, houve vazamento de caulim do mineroduto da empresa Imerys, na linha porto/planta, atingindo o solo, a vegetação e o igarapé Maricá, que recebe influência de maré que vem do rio Dendê e Baía do Marajó. Esse mineroduto composto de PEAD (polietileno de alta densidade), faz o transporte de caulim contendo 60% de minério sólido e 40% de água, com pH neutro, por uma extensão de 2,5 km. Anualmente a empresa registra incidentes relacionados a incêndio na vegetação que margeia a bacia de contenção n.º 03, que recebe drenagem pluvial da planta e do porto, e água da filtragem do processo de beneficiamento do caulim (PC, 2012a).

Com os resultados laboratoriais e constatações no local, os peritos do CPC Renato Chaves (fot. 14) concluíram que houve poluição ambiental pelo vazamento de polpa de caulim para o meio ambiente, em consequência do rompimento do mineroduto de propriedade da Imerys (CPC, 2012a).



Fot. 14 - Perito do C.P.C. Renato Chaves, pesquisadores do LAQUANAM-UFGA, incêndio na vegetação e parte do mineroduto substituído (Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 14 - Expert from C.P.C. Renato Chaves, investigators at LAQUANAM-UFGA, vegetation fire and part of the replaced pipeline (Source: Lemos, 2018).*

Segundo relatório do Laboratório de Química Analítica e Ambiental-LAQUANAM, da Universidade Federal do Pará-UFGA, houve poluição ambiental no igarapé Curuperé e rio Dendê, conforme as análises de turbidez realizadas no local. Pelas informações sobre o PEAD, este material não é próprio para locais sujeitos a riscos de vandalismos por fogo, havendo grandes possibilidades que acidentes desta natureza ocorram novamente caso os materiais dos dutos de caulim não sejam substituídos (LAQUANAM, 2011).

#### Julho de 2012

Em 02/07/12, por volta das 12h, ocorreu o vazamento de caulim do mineroduto da empresa Imerys, para o igarapé Maricá que deságua no rio Dendê. A citada mineradora conseguiu vedar o duto para impedir a continuidade da saída do minério, que com a maré vazante desceu pelo rio Dendê em direção a praia da Vila do Conde, atingindo as comunidades de Ilha São João, Maricá e ribeirinhos da margem direita do rio Dendê (PC, 2012b). Esse mineroduto transporta caulim da mina, no município de Ipixuna do Pará por 160 quilômetros, onde são recebidos no Porto, em dois tanques, para depois ser bombeados por outro mineroduto com 2,5 km (fot. 15), até a planta de beneficiamento da empresa Imerys. Naquele dia, ocorreu uma falha na subestação da própria empresa interrompendo o fornecimento de energia e o fechamento de uma válvula que cessou o recebimento do caulim que vinha do porto, que continuou bombeando para a planta, ocasionando o aumento da pressão interna na tubulação que transporta o minério, ocasionando seu rompimento (PC, 2012b).

Peritos do CPC Renato Chaves concluíram que a empresa Imerys causou poluição em corpo hídrico pelo vazamento de polpa de caulim para o meio ambiente, conforme



Fot. 15 - Mineroduto com 2,5 km de extensão do porto para a plantada mineradora Imerys (Fonte: Lemos, 2018).

*Photo 15 - Pipeline 2.5 km long, from the port to the Imerys mining plant (Source: Lemos, 2018).*

constatado no local e mediante os resultados das análises laboratoriais enviadas pelo Instituto Evandro Chagas - IEC, provocando poluição ambiental no ecossistema do igarapé Maricá (nascente, vegetação aquática e solo), em decorrência de fissura de mineroduto (CPC, 2012b).

#### Agosto de 2013

Em 05 de agosto de 2013, por volta das 08h, no trecho entre a bacia de rejeitos n.º 5 e o igarapé Curuperé, na cota de elevação 8, ocorreu o vazamento do composto de água e caulim para o citado corpo hídrico, durante a troca da tubulação de PEAD para aço inox, material mais resistente (fot. 16). Essa tubulação tinha a finalidade de transportar água com caulim da bacia 5B para ser reutilizada na planta da empresa Imerys (PC, 2016a).

Conforme conclusão da perícia técnica realizada no local, ocorreu poluição ambiental pelo vazamento de caulim para o igarapé Curuperé, em consequência da execução de obra na área externa da empresa Imerys, na substituição da tubulação de PEAD por aço inox (CPC, 2013).



Fot. 16 - Tubulação em aço inox (esquerda) e em PEAD (direita) (Fonte: CPC, 2013).

*Photo 16 - Stainless steel (left) and HDPE (right) pipin (Source: CPC, 2013).*

Maio de 2014

Em 06/05/14, ocorreu vazamento na empresa Imerys, pelo filtro invertido da bacia de rejeitos n.º 5 C. Há relatos de que naquela noite chovia bastante, havendo um pequeno vazamento de rejeito de caulim que foi potencializado pelo excesso de chuva e, devido a declividade do terreno, chegou até o igarapé Curuperé (PC, 2016b).

A bacia n.º 5, divide-se em A, B e C. Na parte C, havia um sistema de bombeamento e recirculação de água para o sistema de beneficiamento de caulim. Na mesma bacia (fot. 17), no sopé do talude havia uma tubulação (parte metálica e outra em PEAD), de direcionamento de efluentes para a bacia n.º 3. No entorno desse ponto, observou-se uma sobreposição de pedras, que cobria o talude de cima a baixo em extensão lateral de aproximadamente 20m, servindo para o reforço da estrutura da bacia e justamente nesse ponto, notou-se o vazamento de efluente da bacia 5C. Constata-se que essa utilização de pedras não foi encontrada em outros pontos da referida bacia e nem nas demais utilizadas para a contenção de rejeitos (CPC, 2014).



Fot. 17 - Filtro invertido no talude da bacia de rejeitos n.º 5 C, onde há reforço de pedras (Fonte: CPC, 2014).

*Photo 17 - Inverted filter on the slope of the n.º 5 C tailings basin, where there is reinforcement with stones (Source: CPC, 2014).*

Segundo conclusão da perícia científica, houve poluição ambiental provocada pelas atividades da mineradora, face às evidências encontradas nos locais periciados (CPC, 2014).

Outubro de 2016

Em 29/10/2016, ocorreu vazamento de polpa de caulim em área sob a responsabilidade da mineradora Imerys por meio de contrato de comodato. A partir de 05:35h, foi constatada uma fissura em tubulação de saída do evaporador 6 (equipamento utilizado para remover água

da polpa), aflorando grande quantidade de polpa de caulim que seguiu para as canaletas de coleta de águas pluviais, para em seguida ser lançado no rio Pará e areias da praia de Vila do Conde, ocorrendo o transbordo para o solo no entorno desse percurso, além da mata ciliar próximo a esse ponto de lançamento (PC, 2017).

Conforme perícia realizada no local e análise de documentos recebidos, foi constatada poluição ambiental devido o lançamento de polpa de caulim nas águas do rio Pará, na praia próxima ao ponto de lançamento do sistema de drenagem de águas pluviais e no solo em área próxima do ponto de ruptura da tubulação no interior da área sob a responsabilidade da empresa Imerys (CPC, 2019b).

### Análise dos desastres

A narrativa sobre os desastres ambientais provocados pelo vazamento de rejeitos e efluentes líquidos da bauxita e do caulim no município de Barcarena-PA de 2003 a 2018, demonstra o que já foi dito por Acseledrad (2010) sobre a condição do ambiente de certos sujeitos sociais que prevalece sobre o de outros. O ambiente das comunidades ribeirinhas e de pequenos agricultores em Barcarena, vem sendo gradativamente poluído de modo a dificultar o acesso a terra e aos recursos hídricos de qualidade do qual dependem para sua sobrevivência. Os inquéritos policiais, laudos periciais e relatórios técnicos expedidos por órgãos públicos, mostram que a poluição não é democrática, visto que atinge com grande força as comunidades locais, circunvizinhas das mineradoras.

Os problemas ambientais decorrentes dos desastres são entendidos pela economia como externalidades (Leff 2010), porque esta não internaliza o papel dos processos ecológicos e o modo de vida local. Percebe-se no estudo de caso relatado, a recorrência dos problemas e das formas paliativas de tratamento das consequências dos desastres. O desfecho é que os conflitos ecológicos distributivos (Martinez-Alier 2006, 2012) são cada vez mais frequentes devido à tensão em relação à apropriação dos recursos naturais. Não se elaborou um cálculo do valor monetário dos impactos, mas se conhece a cultura regional e suas formas de resistências.

O papel do Estado como agente mediador desses conflitos deveria ultrapassar o patamar legislativo e de fiscalização, para o de proteção dos direitos dos cidadãos e preservação do meio ambiente, conforme prevê a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, ao dispor de um capítulo reservado ao meio ambiente, bem considerado de uso comum do povo, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo (BRASIL, 1988).

## Conclusão

Os frequentes desastres ambientais decorrentes do vazamento de bauxita e caulim em Barcarena, fazem parte da negligência observada em vários setores. Por um lado, as empresas mineradoras assumiram o risco de produzir o resultado, pois se autuadas, possuem condições de pagar as multas (quando pagam), apresentar defesa ou assinar um Termo de Ajustamento de Conduta-TAC, que traz algumas cláusulas com obrigações de fazer ou pecuniárias, que se cumpridas em determinado lapso temporal, podem suspender as ações judiciais em curso (em que figura no polo passivo) ou impedir que outras sejam ajuizadas. Por outro lado, as mineradoras consideraram esses impactes como externalidades do processo de produção, e o poder público embora tenha um aparato legal coerente, por vezes, em nome do suposto crescimento regional adota uma postura que permite situações de vulnerabilidade socioambiental.

Considera-se importante uma mudança de princípios que defendam a vida e, para isso, torna-se necessário proceder à elaboração e execução de políticas públicas de prevenção e gestão de riscos e desastres, envolvendo o poder público, os empreendedores e a sociedade civil organizada. Em nosso país, observa-se com frequência que o interesses econômicos se sobrepõe aos sociais, visto que comumente a sociedade não é chamada a participar dos processos decisórios de interesse coletivo, e quando isso ocorre, é para cumprir mera formalidade que a lei exige, como nas audiências públicas, que não são consideradas atos decisórios, mas integram um processo deliberativo e assim influenciam no processo de decisão, podendo cumprir bem esse fim a que se destinam, pois quanto mais forem realizadas como o escopo deliberativo, poderão influir ou influenciar no processo de decisão, dependendo do grau de interesse e mobilização da população.

As investigações procedidas pelos órgãos públicos, na esfera estadual e federal, confirmaram a poluição de corpos hídricos por metais pesados no município de Barcarena. As diversas irregularidades constatadas, ainda sem proporções exatas acerca dos impactes no meio ambiente, na saúde da população e dos animais, confirmam o nexo de causalidade que no futuro próximo, poderá conduzir à triplíce responsabilidade ambiental (civil, administrativa e penal), das empresas, de seus gestores envolvidos, como também dos agentes públicos omissos ou negligentes.

## Referências

- Acsegrad. H. (2009). *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro. Garamond.
- Acsegrad. H. (2010). Ambientalização das lutas sociais. *Revista estudos avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, 103-119.
- Aires.U.R. V. and Silva, D.D. (2018). Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. *Land Use Policy*, 70, 63-70.
- Araújo. F.R.S. (2017) A vulnerabilidade social no estado do Pará. In: *Territórios em números : insumos para políticas públicas a partir da análise do IDHM e do IVS de municípios e Unidades da Federação brasileira*, livro 1 / organizadores: Bárbara Oliveira Marguti, Marco Aurélio Costa, Carlos Vinicius da Silva Pinto. - Brasília: IPEA: INCT, 111-153.
- BRASIL (1988). Presidência da República. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 04 ago.2020.
- BRASIL (2010). Presidência da República. *Decreto Federal n.º 7.257/2010*. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7257.htm). Acesso em: 02 ago.2020.
- BRASIL (2019). Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil-SEDEC. *Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina dos Desastres*. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil/publicacoes>. Acesso em: 02 ago.2020.
- CBM - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR (2007). *Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Relatório de atividades da defesa civil. Vazamento de caulim*. Belém/Pa.CPC.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2003a). *Lauda Pericial n.º 012/03*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2003b). *Lauda Pericial n.º 042/03*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2004). *Lauda Pericial n.º 017/04*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2007a). *Lauda Pericial n.º 011/07*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2007b). *Lauda Pericial n.º 009/07*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2007c). *Lauda Pericial n.º 019/07*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2009a). *Lauda Pericial n.º 043/09*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2009b). *Lauda Pericial n.º 048/09*. Belém/Pa.

- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2012a). *Lauda Pericial n.º 13/2012*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2012b). *Lauda Pericial n.º 54/2012*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2013). *Lauda Pericial n.º 90/2013*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2014). *Lauda Pericial n.º 83/2014*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2019a). *Lauda Pericial n.º 2019.01.000123-AMB*. Belém/Pa.
- CPC - CENTRO DE PERÍCIAS CIENTÍFICAS RENATO CHAVES (2019b). *Lauda Pericial n.º 2019.01.000128-AMB*. Belém/Pa.
- Ferreira, A. B. H. (2000). *Miniaurélio Século XXI*. 4. ed. Rev. Ampliada. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Ferreira, D. L. N. (2015). *Conflito pelo uso da água na Amazônia Brasileira: uma análise envolvendo a atividade mineradora - metalúrgica e as comunidades ilha São João e Curuperé no município de Barcarena (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 135f.
- GOOGLE - GOOGLE EARTH PRO 7.3.2.5776 (2009). Planta da mineradora Alunorte, Barcarena, Pará. Coordenadas 1° 32' 40.88"S e 48° 43' 50.80"W. Elevação 14 m. Data de Visualização: 10/01/2020. Ano da imagem 2009.
- GOOGLE - GOOGLE EARTH PRO 7.3.2.5776 (2018). Planta da mineradora Alunorte, Barcarena, Pará. Coordenadas 1° 32' 40.88"S e 48° 43' 50.80"W. Elevação 14 m. Data de Visualização: 10/01/2020. Ano da imagem 2018.
- GOOGLE - GOOGLE EARTH PRO 7.3.2.5776 (2019). Plantas das mineradoras, Barcarena, Pará. Coordenadas 1° 33' 35.61"S e 48° 45' 2.35"W. Elevação 14 m. Data de Visualização: 10/01/2020. Ano da imagem 2019.
- Guerra, M. B. B., Teaney, B. T., Mount, B. J., Asunskis, D. J., Jordan, B. T., Barker, R. J., ... & Schaefer, C. E. G. (2017). Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: Potentially Toxic Elements in Affected Soils. *Water Air Soil Pollut.* 228:252. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11270-017-3430-5>
- Herculano, S. C. (2002). Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil, In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 1, out.2002, Indaiatuba, São Paulo.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (2016). *Rompimento da barragem de Fundão: documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-desastre-da-samarco/documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>. Acessado em 11/11/2019.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acessado em 11/01/2020.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2003 a). *Avaliação do Impacto no rio Murucupi em decorrência do Transbordo de Efluentes da Bacia de Rejeitos Sólidos da Alunorte no Município de Barcarena-Pa*. Belém-Pa.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2003b). *Avaliação técnica sobre o Fenômeno da Mortandade de Peixes Ocorrido no dia 23/06/03 na Praia de Itupanema no Município de Barcarena, Estado do Pará*. Belém-Pa.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2007). *Relatório IEC-SEMAM 005/2007: Atividades industriais no município de Barcarena, Pará. Os impactos ambientais nos igarapés Curuperé e Dendê a partir do lançamento de efluentes ácidos do processo de beneficiamento do caulim e avaliação das águas de consumo das comunidades do bairro industrial e ilha São João*. Belém/Pa.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2009). *Relatório SAMAM 01/2009. Caracterização Preliminar dos Impactos Ambientais, Danos ao Ecossistema e Riscos à Saúde Decorrentes do Lançamento no Rio Murucupi de Efluentes do Processo de Beneficiamento de Bauxita, Barcarena-Pará*. Belém-Pa.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2018a). *Relatório Técnico SAMAM-IEC 02/2018*. Belém-Pa.
- IEC - INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS (2018b). *Relatório Técnico SAMAM-IEC 03/2018*. Belém-Pa.
- IRCC - IMERYS RIO CAPIM CAULIM (2018). *Imerys no Pará*. Disponível em: [http://www.imerysnopara.com.br/pagina/?id=1&id\\_categoria=21](http://www.imerysnopara.com.br/pagina/?id=1&id_categoria=21). Acessado em: 02junho 2020.
- LAQUANAM - LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFGA (2007). *Estudo preliminar dos níveis de contaminação ambiental provocado por vazamento de efluente da Imerys Rio Capim Caulim na região de Vila do Conde - Barcarena - Pa*. Belém/Pa.
- LAQUANAM - LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFGA (2009). *Estudo Preliminar dos Níveis de Contaminação Ambiental no Rio Murucupi Provocado por Vazamento de Efluente da Alunorte na Região de Vila do Conde-Barcarena-PA*. Belém/Pa.
- LAQUANAM - LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFGA (2011). *Relatório sobre o vazamento do duto de caulim da*

- Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) região de Vila do Conde - Barcarena - Pará.* Belém/Pa.
- LaschefsK, K. (2019). Rompimento de barragens em Mariana e Brumadinho - MG: Desastres como meio de apropriação. *Anais do XIII ENANPEGE*. Realizado em setembro de 2019.
- Leff, E. (2010). *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Contexto, 293 p.
- Lemos, M. A. Q., Pimentel, M. A. S. and Rocha, E. P. (2017). *Balsas de resíduos minerais y los impactos sociales y ambientales en Barcarena - Pa. Caminhos de Geografia*, 18, 64, 413-425.
- Lemos, M. A. Q. (2018). *Influência da precipitação na atividade de beneficiamento de caulim em Barcarena-Pa e seus impactos socioambientais (Dissertação de mestrado)*. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, Belém/Pa.
- Mamed, D. O., Ferreira, H. S. (2015). *O terceiro ciclo do novo constitucionalismo latino-americano: a busca pela justiça socioambiental por meio do reconhecimento dos direitos da natureza*. In: Benjamin, Antonio Herman; Leite, José Rubens Morato (Orgs.). 20º Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, 10º Congresso de Direito Ambiental dos Países de língua Portuguesa e Espanhola, 10º Congresso de Estudantes de Direito Ambiental. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 489-501.
- Mathis, A. and Peregovich, B. (2009). *A sustentabilidade da mineração na amazônia - O caso do estado do Pará (Brasil)*. Belém: *Papers do NAEA*, n.º 257.
- Martinez-Alier, J. (2006). *Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad*. *POLIS Revista Académica de la Universidad Bolivariana de Chile*, v. 5 n. 13. p 4-12.
- Martinez-Alier, J. (2012). *O Ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração*. 2ª ed. São Paulo: Contexto. 379 p.
- Monteiro, M.A. (2005). Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. *Estudos Avançados*, 53, 187-206.
- Moreira, E. C. P. (2017). *Justiça socioambiental e direitos humanos: uma análise a partir dos direitos territoriais de povos e comunidades tradicionais*. 1 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris.
- MPF - MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2018a) *A Justiça Federal publicou decisão liminar sobre o caso, determinando a suspensão parcial das atividades da mineradora e a proibição do uso do DRS2*. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/paginas-especiais/paginas-caso-hydro/historico>. Acesso em 05.01.20.
- MPF - MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2018b) *Ação cautelar cível força-tarefa MPF MPA contra HydroAlunorte*. Disponível em: [http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2018/acao-cautelar-civel-forca-tarefa-mpf-mppa-vs-hydro-alunorte\\_10-04-18.pdf/view](http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2018/acao-cautelar-civel-forca-tarefa-mpf-mppa-vs-hydro-alunorte_10-04-18.pdf/view). Acesso em: 05.07.18.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2003a). *Inquérito Policial n.º 40/2003.000144-1*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2003b). *Inquérito Policial n.º 40/2003.000193-8*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2003c). *Inquérito Policial n.º 40/2003.000189-4*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2004). *Inquérito Policial n.º 40/2004.000292-3*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2006). *Inquérito Policial n.º 40/2006.000267-9*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2007). *Inquérito Policial n.º 40/2007.000302-4*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2009). *Inquérito Policial n.º 40/2009.000396-0*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2012a). *Inquérito Policial n.º 40/2012.000205-0*. Belém/Pará.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2012b). *Inquérito Policial n.º 40/2012.000791-1*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2016a). *Inquérito policial n.º 40/2016.100121-0*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2016b). *Inquérito policial n.º 40/2016.100199-9*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2017). *Inquérito policial n.º 40/2017.100421-6*. Belém/Pa.
- PC - POLÍCIA CIVIL, DIVISÃO ESPECIALIZADA EM MEIO AMBIENTE (2018). *Inquérito Policial n.º 40/2018.100090-0*. Belém/Pa.
- Santilli, J. (2005). *Socioambientalismo e novos direitos: proteção jurídica à diversidade biológica e cultural*. São Paulo: Petrópolis.
- Silva, F. A. O. (2012). *Por uma gestão das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi-Barcarena-Pa (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal do Pará Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém/Pa.
- UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2009). *Terminology on disaster risk reduction*. Geneva, 2009. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf). Acesso em: 19 jan. 2020.
- USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Landsat 5 Level-1 Data Products - Landsat Missions*. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-level-1-standard-data-products>. Acesso em: 27 jan. de 2019.



RISCOS



RELATOS E IMPRESSÕES SOBRE VISITAS TÉCNICAS ÀS ÁREAS DOS DESASTRES CAUSADOS POR ROMPIMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO EM MARIANA E BRUMADINHO, MINAS GERAIS, BRASIL\*

157

REPORTS AND IMPRESSIONS ON TECHNICAL VISITS TO AREAS OF DISASTERS CAUSED BY FAILURE OF MINING TAILINGS DAMS IN MARIANA AND BRUMADINHO, MINAS GERAIS, BRAZIL

Lutiane Queiroz de Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (Brasil)  
ORCID 0000-0002-6604-5987 [lutianealmeida@hotmail.com](mailto:lutianealmeida@hotmail.com)

Francisca Leiliane Sousa de Oliveira

Universidade Estadual do Ceará - UECE (Brasil)  
ORCID 0000-0003-4248-4536 [leila.geografia@gmail.com](mailto:leila.geografia@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo trata de um relato das impressões sobre as visitas técnicas realizadas pelos pesquisadores, geógrafos e membros do Grupo de Pesquisa GEORISCO-UFRN, nas áreas afetadas por desastres desencadeados por rompimento de barragens de rejeito de mineração das empresas Samarco Mineração S.A. (joint venture da VALE S.A. e da BHP Billiton), no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana; e da VALE S.A., no município de Brumadinho, ambos no Estado de Minas Gerais - MG, no Brasil. O artigo foi elaborado com base nas experiências de campo obtidas durante as visitas técnicas às áreas dos desastres em Bento Rodrigues (Mariana) e Brumadinho. O intuito dos autores foi publicitar as experiências vividas nas visitas técnicas e contribuir para: 1. a valorização das atividades de campo na área da Geografia e ciências afins; 2. a divulgação de experiências vividas por vítimas e moradores dos municípios onde ocorreram os desastres abordados no artigo; 3. esclarecer, ainda que muito parcialmente, alguns procedimentos de logística de desastres desempenhados pelo Corpo de Bombeiros de Minas Gerais destacando sua relevância. Por fim, buscou-se com este artigo a manutenção da discussão sobre o tema “Redução de Risco de Desastres” no Brasil, em função da sua importância para a segurança humana e ambiental, e para que se ampliem tanto a produção científica quanto a discussão desse tema entre os demais atores sociais.

**Palavras-chave:** Relatos, visita técnica, barragem, mineração, desastre.

### ABSTRACT

This article concerns an account of the impressions about the technical visits made by the researchers, geographers and members of the GEORISCO-UFRN Research Group, in the areas affected by disasters triggered by the failure of mining tailings dams owned by Samarco Mineração SA (joint venture of VALE SA and BHP Billiton), in the Bento Rodrigues district, Mariana municipality, and VALE S.A., in the municipality of Brumadinho, both in the State of Minas Gerais - MG, in Brazil. The article was based on field experience acquired on technical visits to disaster areas in Bento Rodrigues (Mariana) and Brumadinho. The authors' intention was to publicize the experiences gained during the technical visits and contribute to: 1. the appreciation of field activities in the area of geography and related sciences; 2. the dissemination of the experiences of victims and residents of the municipalities where the disasters covered in the article occurred; 3. The clarification, albeit partial, of some disaster logistics procedures carried out by the Fire Department of Minas Gerais, highlighting their relevance. Finally, this article sought to keep the discussion on the topic “Disaster Risk Reduction” in Brazil going, due to its importance for human and environmental security, and to expand both scientific production and discussion on this topic, along with the other social actors.

**Keywords:** Reports, technical visit, dam, mining, disaster.

\* O texto desta nota foi submetido em 28-01-2020, sujeito a revisão por pares a 02-04-2020 e aceite para publicação em 03-06-2020.

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

## Introdução

Este artigo trata de um relato das impressões sobre as visitas técnicas realizadas pelos pesquisadores, geógrafos e membros do Grupo de Pesquisa GEORISCO-UFRN, nas áreas afetadas por desastres desencadeados por rompimento de barragens de rejeito de mineração das empresas Samarco Mineração S.A. (*joint venture* da VALE S.A. e da BHP Billiton), no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana; e da VALE S.A., no município de Brumadinho, ambos no Estado de Minas Gerais - MG, no Brasil.

No artigo não houve a pretensão de apresentar novas metodologias de coleta de dados em campo ou detalhes dos processos de desencadeamento dos rompimentos, ou minúcias dos procedimentos de resgate de vítimas. Trata-se tão-somente de relatar experiências pessoais e acadêmicas dos autores nas áreas dos desastres já referidos, enfocando experiências dos relatos das vítimas e de corpo técnico (Corpo de Bombeiros e Defesa Civil) envolvido no resgate das vítimas.

## Metodologia

O artigo foi elaborado com base nas experiências de campo obtidas durante as visitas técnicas às áreas dos desastres em Bento Rodrigues (Mariana) e Brumadinho. Tomaram-se como principais referências as informações adquiridas durante o III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos (SIAAR), que ocorreu em Uberlândia (MG), entre 17 e 20 de junho de 2019, e os relatos de pessoas envolvidas (vítimas e corpo técnico).

Dividiu-se a elaboração do artigo em três etapas:

- a) Planejamento das visitas técnicas: coleta de informações básicas de localização, aquisição de contatos telefônicos de vítimas e de corpo técnico;
- b) Realização das visitas técnicas: coleta de informações e registro de experiências das vítimas, e informações técnicas sobre a logística envolvida na gestão dos desastres, registros fotográficos e posicionamento por GPS;
- c) Organização e sistematização das informações: síntese das informações e organização/redação do artigo.

## Resultados e discussão

### *Planejamento das visitas técnicas*

O planejamento das visitas técnicas ocorreu por ocasião do convite para participação dos autores no III Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos (SIAAR), em Uberlândia (MG), entre 17 e 20 de junho de 2019. Naquele simpósio, vários convidados detinham alguma experiência direta ou indireta com vítimas e/ou técnicos envolvidos com a

logística da gestão dos desastres. A coleta de informações e contatos com os participantes do simpósio foi o ponto de partida para o planejamento das visitas técnicas.

Durante o evento, coletaram-se nomes e contatos telefônicos de vítimas e de corpo técnico envolvido nos desastres. Uma das principais fontes de informações foi a palestra ministrada pelo Ten. Cel. Anderson Passos do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, responsável pelo comando das operações de resgate e socorro às vítimas do desastre em Brumadinho (fot. 1).



Fot. 1 - Palestra do Ten. Cel. Anderson Passos durante o III SIAAR.

*Photo 1 - Lecture by Lt. Col. Anderson Passos during the III SIAAR.*

### *Realização das visitas técnicas*

As visitas técnicas em Bento Rodrigues (município de Mariana) e Brumadinho apresentaram características distintas quanto ao tipo de relatos coletados. Em Bento Rodrigues, os relatos tiveram como fonte conversas com moradores e vítimas do desastre causado pela empresa SAMARCO, e por isso apresentam mais impressões e sentimentos das pessoas sobre o ocorrido antes, durante e após o desastre.

Na visita técnica à Brumadinho, como os interlocutores, na sua maioria, foi pessoal do Corpo de Bombeiros de Minas Gerais, envolvidos direta ou indiretamente no planejamento e no resgate de vítimas, o teor dos relatos se apresenta mais técnico/operacional de planejamento e gestão pós-desastre.

### *Bento Rodrigues*

Bento Rodrigues é um distrito do município de Mariana (Estado de Minas Gerais), distante 22 quilômetros do centro histórico daquele município (fig. 1). É um povoamento que sempre teve sua história atrelada à mineração: fundada no século XVII, se configura num dos primeiros distritos auríferos de Minas Gerais e entreposto para Ouro Preto e Diamantina, locais históricos de extração de ouro e diamante no século XVIII (Silva, 2016).

Da mesma forma é histórica a dependência econômica do distrito e de inúmeros municípios de MG em

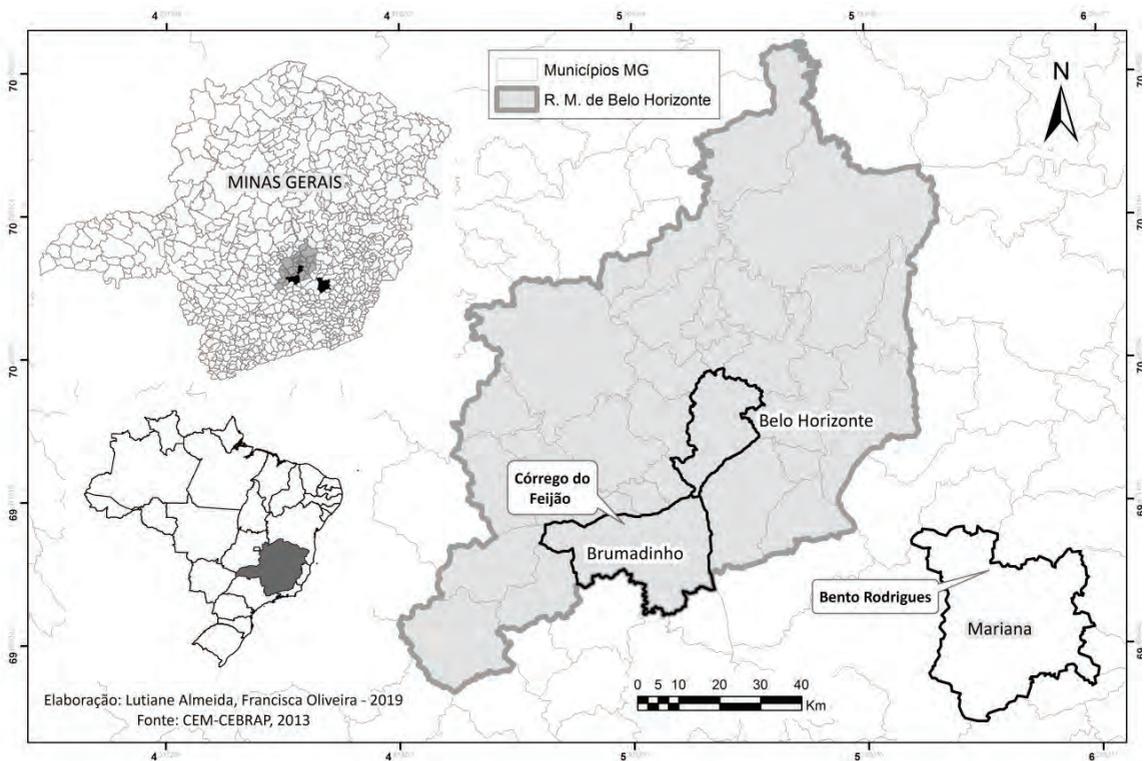


Fig. 1 - Localização das áreas das visitas técnicas em Minas Gerais.

*Fig. 1 - Location of technical visit areas in Minas Gerais.*

relação à mineração: o trabalho de Viana (2012) expõe um diagnóstico das relações econômicas entre os municípios de MG com as empresas de mineração. O caso do distrito de Bento Rodrigues é emblemático, pois 72% da população mantinha alguma relação com as mineradoras VALE e Samarco fossem empregados/subcontratados, parentes de empregados, fornecedores ou ex-empregados/ex-subcontratados.

Além das condicionantes históricas, algumas causas de fundo para a ocorrência de desastres tecnológicos como aqueles causados por rompimento de barragens de rejeito de mineração, devem ser analisadas a partir do entendimento do mercado internacional do minério de ferro.

O maior desafio para a realização da visita técnica ao distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana (MG), foi o período em que a visita ocorreu. O fato de que o dia 20 de junho é feriado nacional de Corpus Christi, feriado este muito importante para os inúmeros católicos no Brasil, e de ter ocorrido numa quinta-feira (no Brasil é comum que feriados que ocorrem nas quintas e nas terças-feiras sejam considerados feriados prolongados), dificultou sobremaneira a comunicação com as pessoas do distrito de Bento Rodrigues, e principalmente, contar com a sua colaboração em acompanhar os autores na visita técnica ao local do desastre (fot. 2).



Fot. 2 - Comunicado da Cáritas Regional Minas sobre o funcionamento durante o feriado de Corpus Christi, 20/06/2019.

*Photo 2 - Statement from Cáritas Regional Minas about working on the Corpus Christi holiday, 20/6/2019.*

Dado que a população de Bento Rodrigues foi totalmente desabrigada pelo desastre causado pelo rompimento da barragem de rejeito da Samarco, parte significativa das famílias atingidas estava temporariamente alojada no distrito-sede de Mariana, onde se concentrou esforços para contatar moradores daquele distrito.

Além disso, o fato de o acesso a Bento Rodrigues se encontrar restrito aos funcionários da Samarco, à Defesa Civil de MG, e aos moradores do distrito, dificultou o acesso dos autores ao local do desastre (A defesa civil não se disponibilizou a acompanhar os autores, pois não houve contato prévio; o contato não foi realizado devido

a previsão de uma visita técnica planejada pelo Simpósio de Uberlândia, não ocorrida).

Mesmo sem esse contato para a realização da visita técnica, o diálogo com os moradores desabrigados de Bento Rodrigues, alojados em Mariana, foi muito produtivo para aquisição de informações e experiências pessoais sobre o desastre. No segundo dia em Mariana (21 de junho), conseguiu-se contato com a Sra. M02 (ao longo do texto, se utilizará a seguinte nomenclatura para identificar as pessoas que contribuíram com seus relatos: Inicial com a letra “M” para designar pessoa do gênero feminino e inicial “H” para pessoa do gênero masculino), que se dispôs a acompanhar os autores ao distrito de Bento Rodrigues.

### Relatos

*Dia 01 - Mariana, MG em 21/06*

O primeiro contato na cidade de Mariana sobre o desastre da SAMARCO na comunidade de Bento Rodrigues (em 05/11/2015) ocorreu de forma espontânea com a senhora M01. Foi relatado, com certa desconfiança, que seria possível conversar com algum atingido ao se procurar pela “casa de apoio” aos moradores, pela Fundação RENOVA ou mesmo pela senhora M02. Além disso, relatou-se que “há uma coisa estranha acontecendo aqui em Mariana; ouvimos falar de turistas que querem que em seus roteiros seja incluído a área do desastre (distrito de Bento Rodrigues)”. Percebeu-se também que as pessoas preferiam manter uma aparente neutralidade ou mesmo não manifestar-se, pois isso significa escolher “um lado” - o da Fundação RENOVA, ligada diretamente a empresa SAMARCO, ou a de moradores que não aceitaram fechar “acordo” com a referida fundação.

No centro histórico de Mariana, os autores buscaram a “casa de apoio” aos moradores atingidos, entretanto, apesar de todos os esforços não foi possível localizar a referida casa, e mais uma vez, ao conversar com moradores, percebeu-se a “aparente neutralidade” e algo mais “complexo” - um sentimento de “impaciência” ou mesmo raiva dos moradores atingidos (como se eles “atrapalhassem” o cotidiano da cidade). Nesse momento, surge uma indicação de outro morador atingido, talvez ligado a essa “associação de moradores” - “H01, que vive perto da Igreja de São Pedro”.

Antes de buscar por senhor H01, passamos no posto da Defesa Civil (DC) Municipal para ouvir algum relato e fazer uma tentativa de visita a comunidade; porém, nos foi informado por uma agente da DC que “não é possível essa visita sem o acompanhamento de algum morador de Bento Rodrigues; procurem alguém que leve vocês e autorize a entrada porque há cancelas instaladas nas duas entradas pela SAMARCO, e por um acordo feito com os moradores só acompanhado de alguém da comunidade vocês podem entrar”.

Na busca por H01, os autores se depararam com uma ocupação na Igreja de São Pedro. Promovida pelo “Movimento atingido por Barragens”; ao conversar com pessoas que se revezavam no local (em habitações improvisadas ao lado da Igreja), estas relataram que estavam reivindicando por “direito ao trabalho” na mineração, que eram na maioria desempregados pela paralização das atividades da SAMARCO na região, pessoas em situação de alta vulnerabilidade. Tal movimento foi uma importante fonte de informações sobre moradores de Bento Rodrigues (fot. 3a). Já a fundação Renova (fot. 3b) foi uma instituição criada pela Samarco para mobilização visando a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG).



**Fot. 3** - Faixas do Movimento dos atingidos por barragens em Mariana (MG) (a); “A Renova MATA!”, manifestação em um muro próximo a Igreja de São Pedro (b), 20/06/2019.

*Photo 3* - Banner of the Movement of those affected by dams in Mariana (MG) (a); reads “A Renova MATA!”, written on a wall near the Church of São Pedro (b), 20/6/2019.

Indicado por um funcionário da Igreja de São Pedro, seguiu-se para o condomínio Morada do Sol ainda a procura de sr. H01 (o senhor H02, relatou: “sei que os

moradores de Bento estão espalhados aqui pra cima e H01 mora pra lá também”). Ao chegar ao referido condomínio, o senhor H03, em seus quase 80 anos,

ex-morador de Bento Rodrigues por “45 anos 10 meses e 5 dias”, relatou que foi obrigado a abandonar seu lar para salvar sua “vida da lama”. Percebeu-se o orgulho das memórias vividas em Bento, mas também sua “inabilidade” com a vida em um apartamento pequeno no centro de Mariana, e em sua fala, expressou sua alegria em ter ido, há poucos dias, visitar as obras da fundação Renova e sua esperança de um dia retornar a sua “nova casa em um novo Bento Rodrigues”. Apesar de não encontrar sr. H01, nessa visita os autores perceberam um pouco da dor, da luta e da esperança dos moradores de um dia “retornar às suas casas”.

Na mesma tarde, após a conversa com senhor H02, enfim os autores encontraram o sr. H01, vendendo seus biscoitos no centro de Mariana. Ele faz parte de uma associação de moradores que atua acompanhando as obras do “Novo Bento Rodrigues”, reunindo moradores, organizando eventos que lembram a tragédia dentre outras atividades. Nesse momento foi possível perceber que não há unanimidade sobre a tomada de decisão dessa associação de moradores, ou seja, existem outros grupos de moradores que pensam, discutem e atuam de maneira diferente (fot. 4).

Ao conversar com senhor H01, outras pessoas se aproximaram e opinaram sobre a situação atual dos moradores de Bento. Dentre elas, uma moradora do centro de Mariana, professora do ensino básico e esposa de um funcionário da SAMARCO (por mais de 20 anos); ela defendeu a volta urgente das atividades da mineradora, mas admitiu que fosse complicada a situação atual de quem perdeu tudo em Bento Rodrigues; ela destacou o “erro da mídia” em falar do desastre de Mariana, pois, de acordo com ela a cidade teve suas atividades turísticas prejudicadas: “o desastre, a lama não foi aqui (centro de Mariana) foi só lá em Bento, não chegou aqui, mas os

turistas (quando vem) ficam assustados procurando onde a lama chegou”.

Nesse ponto percebemos o conflito de ideias e a complexidade do pós-desastre. Após nosso breve diálogo, senhor H01 se comprometeu a acompanhar os autores à área atingida na comunidade de Bento Rodrigues na manhã do dia seguinte, após a feira.

#### *Dia 02 - Mariana, MG em 22/06*

No dia seguinte, infelizmente, o senhor H01 não pôde acompanhar os autores à área atingida na comunidade de Bento Rodrigues, pois alegou questões pessoais a serem resolvidas naquele dia. Buscando uma nova estratégia para realizar a visita técnica, os autores procuraram a senhora M02 na feira da cidade; lá foi informado que ela possuía uma lanchonete localizada próximo ao Posto da Colina.

Ao encontrar a senhora M02, percebeu-se seu engajamento e sua relação cotidiana com sua comunidade, apesar do desastre e logo se comprometeu a acompanhar os autores numa visita à comunidade de Bento Rodrigues naquela mesma tarde, dado que ela, sua família e alguns amigos estavam hospedados em Bento Rodrigues durante aquele final de semana.

Por volta de 15:00, os autores e a senhora M02 seguiram para Bento Rodrigues com o senhor H04, taxista de Mariana, de poucas palavras (mas, já em campo, relatou que ele havia trabalhado para a SAMARCO e que no desastre perdeu um amigo seu que estava próximo da aposentadoria: «aqui perdi um amigo, ele deveria tá aposentado no dia que a barragem rompeu, mas ele tinha voltado a trabalhar pra conseguir mais um dinheirinho [...]”).

No trajeto até a comunidade, o grupo passou por estradas de terra, muita poeira, caminhões e máquinas que



Fot. 4 - Exemplos de moradores de Bento Rodrigues obrigados a viver em Mariana e adaptar seus meios de vida às circunstâncias do pós-desastre. Nesse caso específico vivem da venda de biscoitos (a) e coxinhas (b), em 20/06/2019.

*Photo 4 - Examples of Bento Rodrigues residents forced to live in Mariana and adapt their livelihoods to the post-disaster circumstances. In this specific case, they live by selling biscuits (a) and chicken drumsticks (b), on 20/6/2019.*

indicavam a presença de grandes barragens de rejeito de mineração e a atuação efetiva das mineradoras. Ao se aproximar da comunidade de Bento Rodrigues, o grupo atravessou cancelas colocadas pela SAMARCO e um grande dique para conter a lama que continuava escorrendo. É indescritível as primeiras sensações, os sentimentos na chegada a Bento Rodrigues. Os primeiros «moradores» que a senhora M02 nos «apresentou» foram alguns cachorros perdidos ou abandonados pós tragédia.

Nessa visita técnica, os relatos da dona M02 são esclarecedores sobre o momento em que a lama da Samarco se propagou em direção a Bento Rodrigues: “O barulho da lama foi muito forte; a gente escutava tudo quebrando; a lama comeu tudo, a sorte foi que ela se espalhou nos córregos, estourou em funil... Nunca falaram nada para a gente, é uma só, mas são barragens grandes. Depois da lama, a sorte foi que o promotor conseguiu o cartão emergencial na justiça; eu ainda devo dinheiro a empresa... Ela tira minha casa e eu ainda devo.

Precisou represar o córrego em três partes, fizeram diques; Na fazenda dos Müller, as vacas e os cavalos foram soltos lá no seu Neco para poder mostrar que a gente quer usar Bento e não aceitamos inundar tudo; a Fundação Renova quer enrolação; não aceito! No assentamento são 17 metros o meu (terreno) em São Bento, eram 20 metros, me roubaram 3 metros; onde tem a placa risco de afogamento era entrada de São Bento; Muita coisa foi saqueada, antes não tinha segurança, nem as guaritas depois foi instalado tudo nas duas entradas e só os moradores podem entrar; Não vejo vantagem, não quero trocar minha terra em Bento; aqui temos um grupo ‘loucos por Bento Rodrigues’.

A gente sente como se fosse cobaia, fomos cobaia; fomos para várias reuniões e o que era falado para os moradores era mais uma barragem e nossa preocupação era com a poeira nunca pensamos que iria romper; Nós confiávamos neles (VALE/Samarco); No meu restaurante eles sempre estavam lá no almoço... clientes... éramos amigos; Foram os próprios moradores que se salvaram;

aqui minha filha era bebê e eu estava esperando minha irmã quando escutamos muito barulho e a M03 na moto gritando, ela saiu da fazenda que trabalhava com mudas de planta, gritando e buzinando com a moto; aí coloquei minha filha no carro, pedi para um colega levar ela pro lugar mais alto e fiquei esperando minha irmã; Naquele momento você não sabe o que fazer; eu queria voltar em casa pegar a bolsa com os documentos, mas minha irmã não deixou e foi aí que a gente se salvou; se eu tivesse voltado a gente teria morrido.

O ‘grupo loucos por São Bento’ quer manter as nossas memórias, mas se fosse pela VALE, aqui viraria uma grande barragem; eles querem apagar o que a gente viveu mas a gente sempre está aqui com a família e com o grupo de amigos (Feriados finais de semana); Vocês podem ver que é muito rejeito e aqui na rua já passaram as máquinas; *O que deixa a gente triste e até com raiva é uma situação que eu vi com uma vizinha aqui de Bento, ela estava com carrinho de lixo, jogou no córrego e aí levou sermão enorme que era proibido que não podia fazer aquilo; Aí vem tudo isso (a lama, as mortes);* Nosso restaurante era próximo da igreja, vizinho (fot. 5; a fotografia da direira mostra as ruínas do restaurante de M1); a família toda vivia por aqui; Tinha a pousada também, hospedava pessoal que vinha nas trilhas (fot. 6); O desastre da Samarco teve um impacto significativo na atividade turística da região, principalmente para os que percorriam a Estrada Real); hospedavam muita gente; *Adaptar é difícil; Tem a barragem do Pereiro.*

Hoje eles querem outra barragem de rejeito; um ano antes (Do rompimento da barragem) Eles compravam tudo, sempre quiseram comprar Bento; Se acontece alguma coisa, chama Samarco; Vi muita gente correr; Muita gente fez um acordo, eu não; O que aconteceu aqui é uma lição para o mundo, a ganância não leva nada... *Eu acreditava na Samarco e, muitas vezes saí confusa das reuniões; sobre outra barragem 2 km daqui um ano antes; futuro era poeira, nunca imaginei; reuniram a população lá na escola e ‘M05, não traz para mais perto’ (a nova barragem); Pediu para acreditar neles, eram estudados;*



Fot. 5 - Restaurante e residência de M1 e capela de São Bento, em Bento Rodrigues Antes e depois do desastre da Samarco (Fonte das imagens: Google Street View e fotografias dos autores a 21/06/2019).

*Photo 5 - M1's restaurant and house and São Bento chapel, in Bento Rodrigues - before and after the Samarco disaster (Sources of photos: Google Street View and photo by the authors, 21/6/2019).*



Fot. 6 - Marco da Estrada Real em Bento Rodrigues, a maior rota turística do Brasil, 21/06/2019).

Photo 6 - Marker on Estrada Real in Bento Rodrigues, the largest tourist route in Brazil, 21/6/2019).

*Minha irmã acreditava dizia para eu ter calma; Eu posso recomençar, o Rio doce não! Já compraram muita coisa, eu não vendo! Eu vi a menina da moto gritando; eu vi uma senhora que não andava; colocaram ela no carro; Criança morreu porque a casa era afastado, ela estava com avô dela, sempre via ela aqui brincando desde bebezinho andando de bicicleta na praça; Morreu perto do rio; Não precisava tanta ganância; eu tinha orgulho e confiança da Samarco, várias caminhonetes e pessoas vinham para cá, funcionários; Contribuía pra São Bento; Não confio mais; não quero mais Samarco, até hoje acordo assustada”.*

Durante todo o relato, percebe-se a emoção da senhora M02 ao falar de sua casa, de sua comunidade e sua família. Atualmente, a senhora M02 mora na área urbana de Mariana, tem uma barraquinha que vende salgados na feira e uma lanchonete no Alto da Colina. Ela e muitos outros moradores de Bento aguardam as novas casas na nova Bento Rodrigues.

Caminhar pelos destroços e ruínas de Bento Rodrigues foi uma experiência complexa para os autores, foi muito diferente do que era observado apenas pela TV, se colocar no lugar de suas famílias e sentir um pouco do seu sofrimento... Bento Rodrigues era um novo espaço, reconfigurado pela lama, pela dor e pelas lembranças transmitidos através dos relatos da senhora M02, taxista que levou os autores à Bento Rodrigues, sr. H04: “perdi um colega que trabalhava na VALE, porque ele queria se aposentar com 100% e antes que ele não tinha isso; voltou para trabalhar e morreu” (fig. 2).

O distrito de Bento Rodrigues teve sua área quase que completamente arrasada pela lama (fig. 2a e 2b) de rejeito liberada com o rompimento da barragem Fundão. Outro aspecto a ser notado é a altura a que a lama atingiu algumas construções (fot. 7), onde se pode notar a mancha e a altura da lama da Samarco nos prédios, tendo atingido aproximadamente 4 metros.



Fig. 2 - Imagens de satélite expõem o distrito de Bento Rodrigues: a) antes do rompimento, imagem de 20/07/2015; e b) depois do rompimento da barragem Fundão, da Samarco, imagem de 09/11/2015 (Fonte das imagens: Google Earth).

Fig. 2 - Satellite images showing the Bento Rodrigues district: a) before, image, 20/7/2015; and b) after the Samarco Fundão dam breach, image, 09/11/2015 (Images source: Google Earth).



Fot. 7 - Aspectos da rua Dona Olinda, em Bento Rodrigues, 21/06/2019.

*Photo 7 - Aspects of Rua Dona Olinda, in Bento Rodrigues. Note the stain and the height reached by Samarco's mud in the buildings. At that point, the mud level was approximately 4 meters, 21/6/2019.*

Um fato a respeito do dia do rompimento da barragem do Fundão que merece ser mencionado (fot. 8) é a da moradora responsável por alertar vizinhos da chegada da lama e considerada por muitos uma heroína (M03) (Para mais detalhes sobre esse fato, vide <https://noticias.r7.com/minas-gerais/moradora-heroína-salvou-família-e-voltou-para-alertar-vizinhos-sobre-tragedia-12112015>). A parte interna da casa da senhora que realizou o alerta da chegada da lama para seus vizinhos usando uma motocicleta, com seus móveis, brinquedos e outros objetos exibem a vida de uma família paralisada pelo desastre (fot. 9).

Ruínas de residências, de prédios comerciais, de igrejas, escolas e outros prédios públicos podem ser vistos por toda parte em Bento Rodrigues, o que demonstra uma sensação de cidade que parou no tempo pelo desastre. Nas paredes dessas ruínas, os moradores expressam seus sentimentos de revolta ou alívio (fot.s 10 e 11). É possível observar especificamente, as ruínas da escola de ensino médio de Bento Rodrigues (fot. 11a) e o prédio onde se improvisou o funcionamento da escola em Mariana (fot. 11b).

A rua São Bento foi uma das mais atingidas pela enxurrada de lama da mineradora Samarco, onde prédios comerciais e residenciais foram completamente ou parcialmente arrasados (fots. 12)



Fot. 8 - Residência da moradora responsável por alertar vizinhos da chegada da lama, antes e depois do desastre da Samarco (Fonte da imagem da esquerda: Google Street View; à direita fotografia dos autores em 21/06/2019).

*Photo 8 - Home of the lady who alerted neighbours of the arrival of the mud, before and after the Samarco disaster (Source of the image on the left: Google Street View; right photography of the authors on 21/6/2019).*



Fot. 9 - Parte interna na casa da moradora (M03) em 21/06/2019.

*Photo 9 - Inside the resident's house (M03), 21/6/2019.*



**Fot. 10** - Expressões dos sentimentos dos moradores de Bento Rodrigues em relação ao desastre e à Samarco registrados nas ruínas das construções - “essa MARCOU nossas VIDAS” (a) e “SAMARCO queria nos matar mas Jesus nos salvou” (b), 21/06/2019.

*Photo 10* - Expressions of the feelings of the residents of Bento Rodrigues in relation to the disaster and Samarco recorded in the ruins of the buildings - “this MARKED our LIVES” (a) and “SAMARCO wanted to kill us but Jesus saved us” (b), 21/6/2019.



**Fot. 11** - Ruínas da Escola municipal Bento Rodrigues após o desastre (a) e a atual Escola municipal Bento Rodrigues funcionando improvisadamente num prédio no centro do município de Mariana (b), 21/06/2019.

*Photo 11* - Ruins of the Bento Rodrigues Municipal School after the disaster (a) and the current Bento Rodrigues Municipal School functioning on an improvised basis in a building in the centre of the municipality of Mariana (b), 21/6/2019.

### Brumadinho

Da mesma forma que em Bento Rodrigues, em Brumadinho não houve um contato prévio com algum representante do SCO (Sistema de Comando Operacional) para o agendamento da visita técnica, e esta foi uma das principais dificuldades. Durante o III SIAAR, bombeiros participantes do evento informaram o contato da Cel. Kênia Freitas, responsável pelo Posto de Comando Campo Aurora, em Brumadinho.

As informações iniciais sobre a localização do Campo Aurora foram coletadas com moradores do município de Brumadinho. Após a apresentação dos objetivos da visita técnica ao Comando de Operações do Campo Aurora, os autores puderam acessar o Posto de Comando, onde foi possível compreender o planejamento das ações de busca e resgate durante o desastre causado pelo rompimento da barragem controlada pela VALE S.A. e

localizada no rio Ferro-Carvão, na região de Córrego do Feijão, em Brumadinho, a 65 km de Belo Horizonte, em Minas Gerais (fig. 1).

*Visita técnica a Brumadinho - 24 de junho 10h40 da manhã;*

A primeira parada em Brumadinho ocorreu em um restaurante do posto de combustíveis, na entrada da cidade (fot. 13a - Notam-se também as bandeiras dos Estados brasileiros que cedeu efetivo do corpo de bombeiros para atuação no resgate de vítimas do desastre), onde o jovem H05 fez alguns relatos sobre a perda do irmão H06 que trabalhava na Mina Córrego do Feijão, da VALE. Ele relatou sobre inconvenientes causados por questionamentos grosseiros, tais como o que tinha acontecido com o irmão, e até sobre seu estilo de se vestir (roupas pretas de roqueiro) por pessoas religiosas buscando justificativas sobrenaturais para o



**Fot. 12** - Residências e prédios comerciais destruídos na rua São Bento, em Bento Rodrigues - Antes e depois do desastre da Samarco  
(Fonte das imagens: Google Street View e fotografias dos autores, 21/06/2019).

**Photo 12** - Homes and commercial properties destroyed on Rua São Bento, in Bento Rodrigues - Before and after the Samarco disaster  
(Images source: Google Street View and photo of the authors, 21/6/2019).

ocorrido; informou ainda que em frente ao restaurante do outro lado da rua foram encontrados corpos no córrego. Além disso, H05 indicou lugares que serviram de referência durante a visita técnica, inclusive no trecho da ponte sobre o ribeirão Ferro Carvão (afluente do rio Paraopeba) (fot. 13b).

Ao longo da cidade, foi possível notar muita movimentação de trabalhadores da VALE, automóveis e pessoal de Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, todos envolvidos nos procedimentos de resgates das vítimas, mas também na recuperação das rodovias e do rio Paraopeba, atingidos pela lama oriunda do rompimento da barragem de rejeito de mineração da VALE (fot. 14).

*Quinta parada - 10:40; Posto de comando de operações (PCO) Espaço Aurora*

O PCO Espaço Aurora (funcionando no Aurora Tênis Clube) foi o local indicado pelo H05 e citado durante o III SIAAR para que os autores recebessem informações sobre as operações de resgate de vítimas do rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho. Assim, os autores se dirigiram à portaria do Espaço Aurora para contatar a Coronel Kênia Freitas, responsável pelas operações do Corpo de Bombeiros de MG, em Brumadinho.

Ao acessar o Espaço Aurora, encontrou-se uma moradora de Brumadinho, parente de vítimas do desastre.



**Fot. 13** - Notar as várias manifestações de apoio às famílias de vítimas e moradores na entrada da cidade de Brumadinho (a); rodovia BR-040 na ponte sobre o ribeirão Ferro Carvão (afluente do rio Paraopeba) foi destruída pela lama de rejeito da barragem rompida e reconstruída (b), 24/06/2019.

*Photo 13* - See the various expressions of support for the families of victims and residents at the entrance to the city of Brumadinho (a); the BR-040 highway whose bridge over the Ferro Carvão stream (a tributary of the Paraopeba river) was destroyed by the muddy tailings from the broken dam and reconstructed (b), 24/6/2019.



**Fot. 14** - Ponte sobre rio Paraopeba, no centro de Brumadinho. É possível notar os rejeitos de mineração na água (em função da cor avermelhada típica do minério de ferro) e várias fitas presas na ponte com o nome das vítimas do desastre, 24/06/2019.

*Photo 14* - Bridge over the Paraopeba river, in the centre of Brumadinho. Mine tailings can be seen in the water (the red colour is typical of iron ore), and a number of tapes attached to the bridge, bearing the names of victims of the disaster, 24/6/2019.

“Detonem eles (VALE), Vejam tudo, pesquisem !” Essa foi a frase da moradora de Brumadinho, a senhora M04, aos autores. O primeiro contato com essa moradora ocorreu na entrada da cidade e ela pediu desculpas, pois naquele primeiro momento, ela não sabia que os autores eram pesquisadores; na verdade, os autores é que pediram desculpas pelo inconveniente do primeiro encontro (naquele momento, ela estava fazendo cobranças aos bombeiros de MG, e os autores foram um tanto inconvenientes ao solicitar informações). Era um momento complicado, pois ia se completar seis meses do desastre no dia seguinte - 25 de junho de 2019, e os parentes das vítimas estavam conversando com bombeiros e organizando um evento que marcaria essa data (fot. 15).

Mesmo com toda a movimentação que envolvia desde a busca pelos corpos das vítimas do desastre, até o evento que marcaria os seis meses do desastre, os autores foram convidados a visitar, com o apoio do Corpo de Bombeiros de MG, o Espaço Aurora (fot. 16) (os autores visitaram as instalações, almoçaram no mesmo local em que as várias equipes envolvidas na recuperação e na busca por vítimas do desastre, e observaram um pouco da rotina do posto de comando).



**Fot. 15** - Material gráfico (localizado dentro do PCO) confeccionado para uso durante o evento que marcaria os seis meses do desastre, 24/06/2019.

*Photo 15* - Graphic material (located inside the Operational Command Post) made for use at the event that would mark six months since the disaster, 24/6/2019.

Após o almoço, em reunião com o Ten. Josué Pereira, os autores receberam diversas orientações de como funcionava a sala de controle de operações de resgate das vítimas do desastre causado pelo rompimento da barragem de rejeito da empresa VALE. Assim, de acordo



**Fot. 16** - Instalações montadas no Espaço Aurora para servir de Posto de Comando para ações de planejamento e gestão do resgate de vítimas além de atendimento aos familiares das vítimas ainda desaparecidas em Brumadinho, 24/06/2019.

*Photo 16* - Facilities set up at Espaço Aurora to serve as a Command Post for actions to plan and manage the rescue of victims, in addition to assisting the relatives of victims still missing in Brumadinho, 24/6/2019.

com relatos do Ten. Josué, o desastre promoveu uma evolução na logística de desastre desempenhada no Brasil, pois se trata de um evento sem precedentes na história do país (e no mundo). A incorporação das inovações tecnológicas (e.g. base Aurora e base Bravo compartilham os mesmos dados alimentados no *Google Earth* em tempo real), de equipamentos, mudanças de procedimentos, também contribuiu para o aprimoramento do resgate de vítimas no Brasil, em especial no Estado de Minas Gerais.

À princípio, após o rompimento da barragem, o primeiro Posto de comando de operações (PCO) para o resgate das vítimas do desastre se localizou na Igreja Nossa Senhora das Dores (fot. 17). A mudança do PCO para o Espaço Aurora se deu a pedido dos moradores do distrito de Córrego do Feijão, para que eles pudessem retomar uma condição mínima de normalidade do seu cotidiano.

Outra mudança importante, definida pela experiência com a logística de desastre do Corpo de Bombeiros Militar de MG - CBMMG, foi a separação física entre o

posto de comando responsáveis pela gestão (localizado no PCO Aurora) e pela base de operação propriamente dita no resgate de vítimas (localizado na Base Bravo). Essa mudança foi considerada importante pelos oficiais do CBMMG, evitando possíveis interferências mútuas, contribuindo para harmonizar a inter-relação entre os dois procedimentos (gestão e operação).

Ainda de acordo com Ten. Josué Pereira, os PCO's funcionam como "os hotéis": há sempre o registro/controlado de quem entra e sai das áreas de atuação (check in/check out), o que possibilita a elaboração de um banco de dados de atuação de pessoal em determinada frente de trabalho, com registro de quantidade de pessoas, equipamentos, unidade e localização no terreno, entre outras informações. Além disso, todos os dados têm registro on line com atualização em tempo real, com inclusão de fotografia do local e o posicionamento com uso de GPS. Esse banco de dados é utilizado como um Sistema de Informação Geográfica, possibilitando mapear qualquer informação ou ocorrência registrada no campo de operações de busca e resgate de vítimas (peças de



**Fot. 17** - Imagem de satélite da área que serviu de Posto de Comando de Operações de resgate das vítimas do desastre, na localidade de Córrego do Feijão, em Brumadinho (a) (Fonte da imagem: *Google Maps*); O primeiro Posto de Comando de Operações funcionando na igreja Nossa Senhora das Dores, em Brumadinho (b) (Fotografia cedida pelo Ten. Cel. CBMMG Anderson Passos, 24/06/2019).

*Photo 17* - Satellite image of the area that served as Operational Command Post to rescue the victims of the disaster, in the locality of Córrego do Feijão, in Brumadinho (a) (Image source: *Google Maps*); The first Operational Command Post functioning in the Nossa Senhora das Dores church, in Brumadinho (b) (Image source: Lt. Cel. CBMMG Anderson Passos, 24/6/2019).

roupas, segmentos de corpos, entre outros) (confira imagens em Passos de Souza e Freitas Junior, 2020).

Durante o início das buscas por vítimas, utilizou-se por algum tempo, o sinal dos telefones móveis. No entanto, o trabalho dos cães tem sido fundamental na localização de corpos e segmentos de corpos de vítimas do desastre, tendo em conta a imensa capacidade olfativa desses animais. Destaca-se que, para cada segmento de corpo encontrado é afixado um lacre, onde se tem identificado a equipe e a coordenada geográfica para posterior registro no SIG (Sistema de Informações Geográficas) criado especificamente para esse evento (confira imagens em Passos de Souza e Freitas Junior, 2020).

O Ten. Josué também explicou os diversos procedimentos de logística de desastre (fot. 18), a análise multicritério da potencial presença de vítimas, produzido com base no cruzamento de dados de localização dos corpos e segmentos encontrados, sinais de telefones móveis, rádios e confluência de rios (fot. 19) e a dinâmica de troca das equipes em campo durante as buscas. O rodízio é realizado com o intuito de não sobrecarregar a equipe; no entanto, a

cada troca de equipe há uma natural queda nos resultados das buscas, algo natural nas primeiras semanas, quando a nova equipe ainda está se ambientando ao campo de buscas. Com vistas a evitar essa queda nos resultados das buscas, se tem produzido gráficos de correlação: Chuva versus número de vítimas; número de vítimas versus profundidade da camada de rejeito, densidade do material versus vítima (e.g. o rejeito atingiu uma velocidade de 90 km/h, valor calculado com base no vídeo da barragem ao se romper e amplamente divulgado).

Próximo ao pontilhão (ponte destruída pela avalanche de rejeito produzida pelo rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão, usada para a passagem de trens de carga da empresa VALE (fot. 20) é possível observar “remansos”, onde houve afluxo da lama de rejeito, no sentido de montante dos afluentes do rio Paraopeba, formando uma espécie de redemoinho, local onde foram encontrados numerosos corpos de vítimas, são áreas fundamentais para a busca das demais vítimas por correlação com esses fatores. Atualmente, a barragem rompida continua sendo monitorada, principalmente suas ombreiras onde ainda há saída de material.



**Fot. 18** - O Ten. Josué explica os procedimentos de logística: a) Tela mostrando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado no planejamento e gestão das buscas por vítimas do desastre. b) No detalhe, a imagem expõe as áreas onde já ocorreu varredura (busca por vítimas, corpos e segmentos de corpos) e onde já ocorreu varredura superficial, 24/06/2019.

*Photo 18* - Lt Josué explains the various disaster logistics procedures (a); Screen showing the Geographic Information System (GIS) used in planning and managing searches for victims of the disaster. In detail, the image shows the areas already scanned (search for victims, bodies, and body parts) and where the surface scan has already occurred (b), 24/6/2019.



**Fot. 19** - Mapa de análise multicritério da potencial presença de vítimas, produzido com base no cruzamento de dados de localização dos corpos e segmentos encontrados, sinais de telefones móveis, rádios e confluência de rios (a); Mosaico de imagens de satélite representando a área afetada pela propagação da lama de rejeito de mineração após o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão, da empresa VALE (b), 24/06/2019.

*Photo 19* - Multi-criteria analysis map of the potential presence of victims, produced based on the cross-checking of location data of the bodies and body parts found, signals from mobile phones, radios, and confluence of rivers (a); Mosaic of satellite images representing the area affected by the spread of mine tailings sludge after the failure of dam I of the Córrego do Feijão mine, owned by VALE (b), 24/6/2019.



**Fot. 20** - Carta-imagem com a definição de quadrículas de 125m<sup>2</sup> para busca de vítimas da enxurrada de lama pós rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão (a); Imagem de satélite com detalhamento da variação topográfica antes e após o desastre (b), 24/06/2019.

*Photo 20* - Chart-image with the definition of 125m<sup>2</sup> squares to search for victims of the flood of mud after the failure of dam I of the Córrego do Feijão mine (a); Satellite image with details of the topographic change, before and after the disaster (b), 24/6/2019.

Após apresentação de todos os pontos e como funcionava a logística do PCO Espaço Aurora, os autores foram convidados para uma atividade de campo, que consistiu numa visita técnica à “zona quente” de busca de vítimas na área afetada pela lama propagada após o rompimento dos rejeitos de mineração da empresa VALE, em Brumadinho (fot. 21).



**Fot. 21** - Aspecto do planeamento da visita técnica com os autores à “zona quente” de busca de vítimas. Notar à esquerda da imagem, flipchart com a descrição e fotografias das vítimas desaparecidas até aquele momento, 24/06/2019.

*Photo 21* - Planning of the technical visit (with the authors) to the “hot zone” to search for victims in the area affected by the mud spread after the rupture of the mining waste from the VALE company, in Brumadinho. On the left of the photo, note the flipchart with the description and photographs of the victims who are still missing, 24/6/2019.

#### *Dia 24 de junho 151 dias completos*

No caminho da área quente do desastre causado pelo rompimento da barragem de rejeito de mineração Córrego do Feijão da empresa VALE, os autores novamente notaram muita movimentação de automóveis

da Defesa Civil, Corpo de Bombeiros de MG, da empresa VALE, além de muitos caminhões e máquinas pesadas sendo operadas na recuperação das áreas degradadas ao longo do rio Paraopeba, inclusive com a construção de uma estação de tratamento de efluentes (fot. 22a).

Neste mesmo trecho, notou-se o espaço onde funcionava a pousada Nova Estância. A pousada foi um local muito utilizado por turistas (muitos deles famosos) que visitavam a região e o Instituto Inhotim (Instituto de Arte Contemporânea e Jardim Botânico). A área da pousada foi completamente arrasada pela enxurrada de lama de rejeito de mineração, onde também pereceu o proprietário, sua esposa, filho, empregados e hóspedes (fot. 22, b c e fig. 3).

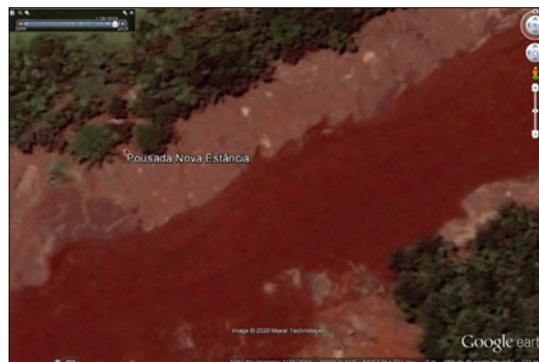
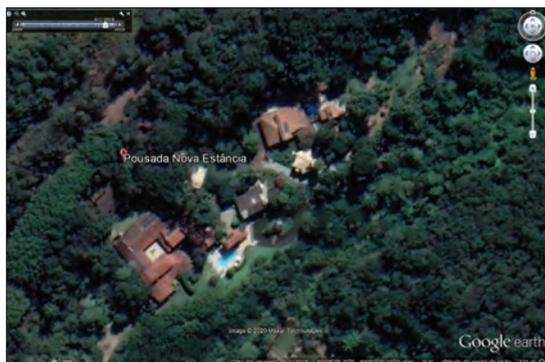
Ainda no trecho de estrada que dá acesso à zona quente de buscas de vítimas do desastre, e muito próximo da pousada Nova Estância, pôde-se notar o pontilhão destruído pela avalanche de rejeito e usado para a passagem de trens de carga da empresa VALE (como mencionado anteriormente) (fot. 23 e fig. 4).

Na “zona quente”, área onde ocorreu o colapso da barragem, e onde havia busca de corpos e segmentos de corpos com máquinas pesadas e cães farejadores, se pôde perceber a dimensão monumental das consequências da catástrofe (fot. 24 e 25). A percepção de que o ar estava repleto de partículas de metal pesado levantadas pelas máquinas pesadas da VALE, misturada com o calor, os ruídos e a impressão dos autores de estarem num local arrasado e símbolo da corrupção e do desrespeito com a vida humana e o ambiente, se refletia em sensações quase indescritíveis e conflitantes de empolgação, ansiedade, incômodo, mas, acima de tudo, de respeito às pessoas que pereceram ali por causa do desastre (fot. 26 e fig. 5).



**Fot. 22** - Estrada de acesso à mina Córrego do Feijão e à pousada Nova Estância, completamente destruída pela lama de rejeito após rompimento da barragem (a pousada se localizava no terreno por trás dos automóveis da fotografia (a); a seta vermelha indica a entrada da pousada; A condição atual da entrada de onde funcionava a pousada Nova Estância (b); Imagem identificando a entrada da pousada antes do desastre (c) (Fotografias a e b tiradas a 24/06/2019 e Google Maps).

**Photo 22** - Access road to the Córrego do Feijão mine and the Nova Estância inn, completely destroyed by the tailings mud after the dam burst (the inn used to be on the land behind the cars in photo (a); the red arrow indicates the actual state of the entrance to the grounds of the Nova Estância inn (b); Image showing the entrance to the inn before the disaster (c) (Photos taken 24/6/2019, and Google Maps).



**Fig. 3** - A área da pousada Nova Estância, antes e depois do desastre do dia 25 de janeiro de 2019 (Fonte da imagem: Google Earth).  
**Fig. 3** - The area of the Nova Estância, before and after the 25<sup>th</sup> January 2019 disaster (Image source: Google Earth).



**Fot. 23** - Pontilhão parcialmente destruído pela propagação da lama de rejeito de mineração liberada após o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, 24/06/2019.

**Photo 23** - Major bridge partially destroyed by the spread of mine tailings sludge released after the failure of dam I of the Córrego do Feijão mine, in Brumadinho, 24/6/2019.

Após a visita à “zona quente” de buscas de vítimas desaparecidas, a Cel. Kênia e o Ten. Josué acompanharam os autores a Base Operacional Bravo (Base Bravo) para a

apresentação das instalações onde ocorre a centralização das ações de buscas às vítimas desaparecidas após o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão



**Fig. 4** - Imagens antes e depois do desastre na região compreendida entre o pontilhão (ponte para transito de trens de carga) e a pousada Nova Estância, em Brumadinho. Notar que a lama de rejeito de mineração seguiu o percurso do ribeirão Ferro Carvão, afluente do rio Paraopeba (Fonte da imagens: Google Earth).

**Fig. 4** - Images before and after the disaster in the region between the bridge (cargo train transit bridge) and the Nova Estância inn, in Brumadinho. Note that the mine tailings sludge followed the course of the Ferro Carvão stream, a tributary of the Paraopeba river.



**Fot. 24** - Presença massiva de máquinas pesada na retirada do rejeito de mineração liberado com o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão (a); Ferragens retorcidas de uma composição de trem de carga utilizada pela empresa VALE, atingido pela avalanche de lama de rejeito de mineração (b), 24/06/2019.

**Photo 24** - Massive presence of heavy machinery to remove the mine tailings released when dam I of the Córrego do Feijão Mine burst (a); Twisted hardware from a freight train composition used by the VALE company, hit by the avalanche of mine tailings (b), 24/6/2019.



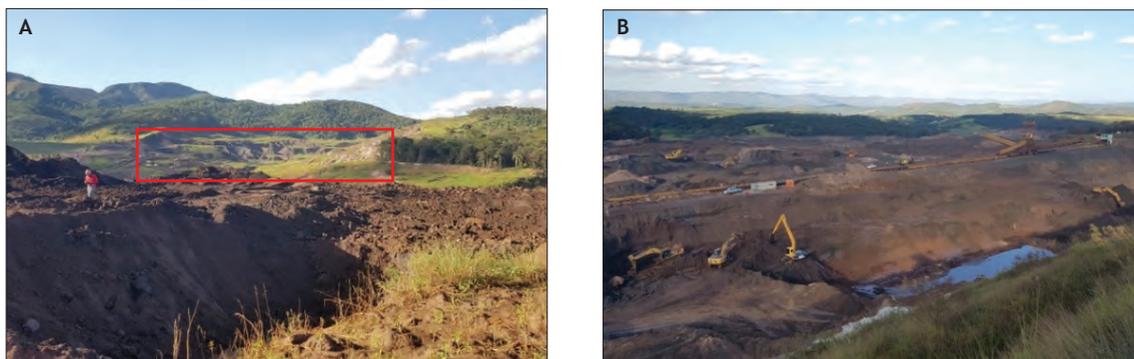
**Fot. 25** - Local de atuação da equipe K9 (cães farejadores) de busca de vítimas, corpos e segmentos de corpos, 24/06/2019.

**Photo 25** - Area of operation of the K9 team (sniffer dogs), searching for victims, bodies and body parts, 24/6/2019.

em Brumadinho. De acordo com a Cel. Kênia, as ações de resgate em Brumadinho estão se constituindo em um grande aprendizado para o Corpo de Bombeiros de MG, dado que se trata de um desastre sem precedentes pelo número de vítimas envolvidas.

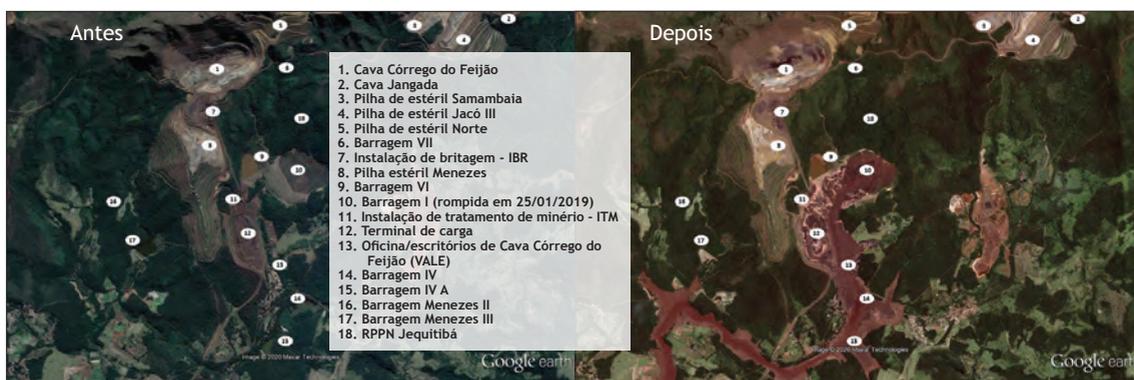
Na Base Bravo, encontra-se uma área de descontaminação dos técnicos que estavam em campo nas buscas; um posto de saúde onde são realizados exames e o atendimento médico aos que estão trabalhando na zona quente; almoxarifado com os EPIs; e uma equipe motivacional. Um contêiner é utilizado para acondicionar corpos e segmentos de corpos de vítimas encontradas, mas antes disso, os restos mortais são preparados num espaço de limpeza e higienização (fot. 27 e 28).

Em frente ao Posto de Comando da Base Bravo, há uma infinidade de homenagens aos bombeiros envolvidos nas



**Fot. 26** - Vista da parede da barragem I da Mina Córrego do Feijão rompida em 25 de janeiro de 2019 (a); Aspetto em que ficou o terminal de carga da empresa VALE, que foi completamente destruído pela avalanche de lama de rejeito de mineração após o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão (b), 24/06/2019.

**Photo 26** - Wall of dam I of the Córrego do Feijão mine breached on 25<sup>th</sup> January 2019 (a); Cargo terminal of the VALE company completely destroyed by the avalanche of mine tailings sludge after the failure of dam I of the Córrego do Feijão mine (b), 24/6/2019.



**Fig. 5** - Imagens de satélite antes e depois do desastre causado pelo rompimento da barragem I na Mina Córrego do Feijão, apresentando as principais instalações para o seu funcionamento (Fonte dos dados: Elaborado pelos autores com base em informações da VALE (2019) e imagens Google Earth).

**Fig. 5** - Satellite images before and after the disaster caused by the breach of dam I at the Córrego do Feijão mine, showing its main operating facilities (Data source: Prepared by the authors based on information from VALE (2019) and Google images Earth).

buscas de vítimas do desastre causado pelo rompimento da barragem de rejeito de mineração da empresa VALE, em Brumadinho. Arte em forma de agradecimento, cartas de crianças, desenhos e vários tipos de material artístico enviados aos bombeiros. Esse material é amplamente explorado para motivação das tropas em campo (fot. 29).

No Posto de Comando da Base Bravo, atuam várias equipes responsáveis pelo controle das operações de buscas na zona quente, tais como CAD - Controle da Área de Desastre, que controla a logística dos resgates (hora de entrada e saída, local, responsável, maquinários, efetivo atuando na zona de buscas) (fot. 30); equipe que opera o sistema de informação geográfica e a produção de cartografia utilizada na logística das buscas (fot. 31); equipe que avalia o calibre da lama para definir qual a melhor estratégia para as buscas (informação fundamental para se estimar o deslocamento do material no ambiente e qual a possível localização de corpos. A depender do tamanho, viscosidade, umidade do material, é possível

estimar a trajetória de corpos e segmentos de corpos de vítimas do desastre); equipes SAR (*search and rescue* - busca e salvamento) aquático e terreno; equipe K9 (equipe de buscas com cães); equipe de descontaminação; equipe de atenção à saúde humana; equipe de atenção à saúde canina; equipe VANT (equipe responsável por monitoramento da zona quente com DRONES); equipe de detecção de VANT ilegais; equipe de resgate de fauna; equipe de medicina legal/perícia; equipe de controle de tráfego aéreo; equipe de controle de missões aéreas (estas duas últimas equipes tiveram atuação mais intensa nos primeiros meses de buscas por vítimas).

Segundo relatos ainda existem várias áreas que os bombeiros não acessaram ainda com muita lama fluida, árvores; a major Carla foi o piloto do SUS (Sistema Único de Saúde, um dos maiores e mais complexos sistemas de saúde pública do mundo), que foi amplamente divulgado na mídia resgatando vítimas, o que reforça a importância desses sistemas públicos em desastres.



Fot. 27 - Local de recepção de corpos e segmentos de corpos encontrados na “zona quente” de buscas do desastre em Brumadinho (ao fundo, contêiner refrigerado para armazenamento de corpos e segmentos) (a); Área de descontaminação de pessoal envolvido com as buscas na “zona quente” do desastre (b), 24/06/2019.

*Photo 27 - Area for receiving bodies and body parts found in the “hot zone” of the disaster search in Brumadinho (far end, refrigerated container for storage of bodies and body parts) (a); Decontamination area for personnel involved in searches in the disaster “hot zone” (b), 24/6/2019.*



Fot. 28 - Posto médico para atendimento de pessoal do Corpo de Bombeiros envolvido nas buscas (a); Espaço de acolhimento psicológico para bombeiros e familiares de vítimas do desastre (b), 24/06/2019.

*Photo 28 - Medical post to help Fire Department personnel involved in the searches (a); Psychological reception space for firefighters and relatives of victims of the disaster (b), 24/6/2019.*



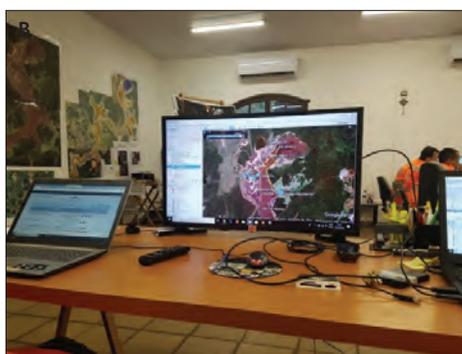
Fot. 29 - Tabuleta com desenho apresentando o número de dias de atuação do Corpo de Bombeiros de MG no resgate de vítimas do desastre causado pela empresa VALE, em Brumadinho até o dia 24 de junho de 2019 (a); Cartas e desenhos produzidos por familiares de vítimas e admiradores do Corpo de Bombeiros de MG (b), 24/06/2019.

*Photo 29 - Signboard with drawing showing the number of days the MG Fire Department has been working to rescue victims of the disaster caused by the VALE company, in Brumadinho (up to 24<sup>th</sup> June 2019) (a); Letters and drawings produced by relatives of victims and admirers of the Fire Department of MG (b), 24/6/2019.*



**Fot. 30** - Posto de comando da Base Bravo: a) A equipe de Controle da Área de Desastre (CAD) atua no controle da logística de buscas de vítimas na “zona quente”; b) Bandeiras do Brasil e do Estado de Minas Gerais resgatadas em meio à lama de rejeito de mineração liberada pelo rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão, e se constituindo em símbolos do esforço, perseverança e motivação do Corpo de Bombeiros de MG, 24/06/2019.

*Photo 30 - Base Bravo command post, where the Disaster Area Control (CAD) team works to control the search logistics for victims in the “hot zone” (a); Flags of Brazil and the State of Minas Gerais rescued from the mining waste sludge released when dam I of the Córrego do Feijão mine was breached; they constitute symbols of the effort, perseverance, and motivation demonstrated by the Fire Department of MG (b), 24/6/2019.*

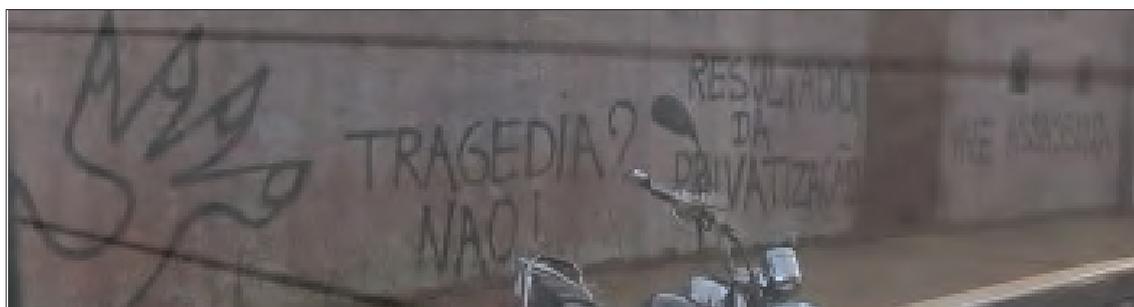


**Fot. 31** - Amostras dos diferentes calibres de materiais de rejeito de mineração liberados após o rompimento da barragem I da Mina Córrego do Feijão (a); Aparato cartográfico, se sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica utilizados no planejamento das ações de buscas por vítimas do desastre causado pela empresa VALE, em Brumadinho (b), 24/06/2020.

*Photo 31 - Samples of the different calibres of mining waste materials released after dam I of the Córrego do Feijão mine failed (a); Mapping apparatus, if remote sensing and geographic information systems are used to plan search actions for victims of the disaster caused by the company VALE, in Brumadinho (b); 24/6/2019.*

Outro ponto observado pelos autores durante trajeto de deslocamento para no centro de Brumadinho, foi o grafite exposto em um muro questionando a “tragédia”

e associando a VALE como a real culpada pelo desastre que causou 270 mortes (fot. 32).



**Fot. 32** - Grafite em muro demonstrando o sentimento de revolta da população de Brumadinho com a empresa VALE - “Tragédia? Não!; Resultado da privatização!; VALE assassina!”, 24/06/2019.

*Photo 32 - Graffiti on a wall demonstrating the sense of revulsion felt by the population of Brumadinho for the company VALE - “Tragedy? No!; Result of privatization !; KILLING VALE! ”, 24/6/2019.*

## Considerações Finais

Em 25 de janeiro de 2019, a barragem I da mina Córrego do Feijão, da empresa VALE, com 9,7 milhões de metros cúbicos de rejeito de minério, colapsou em Brumadinho, às 12h28, 270 pessoas morreram, e até hoje (27/01/2020) 11 pessoas ainda estão desaparecidas.

176

Uma pergunta que deve ser respondida pela justiça brasileira é: por que a barragem rompeu? A resposta a essa pergunta não tem apenas relação com instabilidade geotécnica de maciços que compõem as barragens de rejeito de mineração. Já se sabe que as barragens de rejeito do tipo “à montante” são as que requerem menos recursos para ser construídas e também são as mais frágeis.

Mas as escolhas numa empresa como a VALE são feitas para minimizar custos e potencializar lucros. Custe o que custar? quanto custa fazer prevenção? e quanto custa pagar pelas consequências do desastre? quais são essas causas de fundo? o preço do minério é definido pelo mercado internacional. A depender da demanda, as empresas buscam ao máximo reduzir seus custos, às vezes à custa de vidas humanas e do ambiente. Fatos e questionamentos presente também nos relatos, nas falas, de moradores atingidos tanto no desastre da SAMARCO em Bento Rodrigues, quando a senhora M02 afirma “a lama comeu tudo; isso é uma lição para o mundo!; eu ainda posso me recuperar, o Rio Doce não!; a ganância não leva a nada...” quanto na fala da senhora M04, moradora de Brumadinho que perdeu amigos e sua irmã no desastre da VALE, “Detonem eles (VALE), Vejam tudo, pesquisem! Isso não pode ser esquecido”.

*“A estratégia da diretoria da Vale, segundo a acusação, era ocultar e dissimular informações de seus acionistas sobre os riscos das estruturas. Para tanto, a Vale contratou a Tüv Süd para emitir falsos relatórios de estabilidade da barragem ‘para evitar impactos reputacionais negativos de curto prazo’” (Nexo Jornal, 2020).*

Sabe-se também que é frequente a influencia de empresas de mineração no Brasil no processo eleitoral, contribuindo para a eleição de deputados, que ao se eleger, terão a função de atuar em favor dessas empresas (<https://congressoemfoco.uol.com.br/meio-ambiente/novo-e-psl-votam-contra-as-vitimas-de-brumadinho-e-o-meio-ambiente/> e <https://www.otempo.com.br/politica/mineradoras-bancaram-102-deputados-eleitos-por-minas-gerais-em-2014-1.2129410>).

Para além das causas de fundo, este artigo teve o objetivo de apresentar relatos e impressões sobre as visitas técnicas realizadas pelos pesquisadores, geógrafos e membros do Grupo de Pesquisa GEORISCO-UFRN, às áreas dos desastres deflagrados por rompimento de barragens

de rejeito de mineração ocorridos nos municípios de Mariana (Bento Rodrigues) e Brumadinho (Córrego do Feijão), Estado de Minas Gerais, no Brasil. Tanto os relatos, quanto as impressões são frutos de diálogos com vítimas, familiares de vítimas, moradores dos locais atingidos, e profissionais envolvidos no planejamento e na gestão das buscas e resgates de vítimas, corpos e segmentos de corpos nas áreas dos desastres.

O intuito dos autores foi publicitar as experiências vividas nas visitas técnicas e contribuir para:

- 1) A valorização das atividades de campo na área da Geografia e ciências afins;
- 2) A divulgação de experiências vividas por vítimas e moradores dos municípios onde ocorreram os desastres abordados no artigo;
- 3) Esclarecer, ainda que muito parcialmente, alguns procedimentos de logística de desastres desempenhados pelo Corpo de Bombeiros de Minas Gerais destacando sua relevância.

Por fim, buscou-se com este artigo a manutenção da discussão sobre o tema “Redução de Risco de Desastres” no Brasil, em função da sua importância para a segurança humana e ambiental, e para que se ampliem tanto a produção científica quanto a discussão desse tema entre os demais atores sociais.

## Referências bibliográficas

- Bertoni, E. (2020). Brumadinho, 1 ano: as causas da tragédia e a realidade dos atingidos. *Nexo Jornal*, 24 de jan de 2020. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2020/01/24/Brumadinho-1-ano-as-causas-da-trag%C3%A9dia-e-a-realidade-dos-atingidos>
- Silva, G. A. da (2016). *Refugiados de Bento Rodrigues: estudo fenomenológico sobre o desastre de Mariana (Trabalho de Conclusão de Curso (graduação))*. Apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais DECEG/ICSA/UFOP, MG.
- Souza, A. P. de e Freitas Júnior, J. S. de (2020). A inteligência operacional aplicada aos resgates em desastres: a atuação dos bombeiros no rompimento da barragem de mineração em Brumadinho/MG - Brasil. *Territorium: Revista Internacional de Riscos*, 28(1), Imprensa da Universidade e RISCOS, Coimbra, 35-51. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_28-1\\_32](https://doi.org/10.14195/1647-7723_28-1_32)
- Viana, M. B. (2012). *Avaliando minas: índice de sustentabilidade da mineração (Tese de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)*. Apresentada ao Centro de Desenvolvimento Sustentável, da Universidade de Brasília, Brasília, 372 f.



RISCOS



REGISTOS AUDIOVISUAIS DE EVENTOS DE CARIZ CIENTÍFICO PARA  
ULTERIOR UTILIZAÇÃO EM ESPAÇOS EDUCATIVOS \*

AUDIOVISUAL RECORDS OF SCIENTIFIC EVENTS  
FOR FURTHER USE IN EDUCATIONAL SPACES

177

Carlos Silva

Agrupamento de Escolas João de Deus, Faro (Portugal)  
ORCID 0000-0002-4805-1443 [casnsilva@gmail.com](mailto:casnsilva@gmail.com)

RESUMO

Os registos audiovisuais são vulgarmente registos em vídeo. Há outros registos audiovisuais, como o cinema por exemplo, mas são caros e desadequados à utilização em eventos científicos e pedagógicos.

No contexto de pandemia, o registo destes eventos e a sua transmissão por videoconferência para plataformas de Net torna-se um imperativo, pois é a melhor forma de divulgar e difundir o conhecimento que foi produzido e apresentado nestes eventos, uma vez que, em modo não presencial, corre sérios riscos de deixar de se efetuar.

Ao longo deste trabalho são apresentados equipamentos que permitem realizar o registo e assegurar a transmissão, bem como é proposta a metodologia adequada para essa execução.

**Palavras-chave:** Registos audiovisuais, transmissão por *streaming*, divulgação e difusão de eventos, metodologia e equipamentos.

ABSTRACT

Audiovisual recordings are generally video recordings. There are other audiovisual recordings, such as cinema for example, but they are expensive and unsuitable for use at scientific and educational events. In a pandemic context, the registration and transmission of these events by videoconference to Net platforms via streaming is imperative, as it is the best way to spread and disseminate the knowledge produced and presented in these events, which in non-presential mode are at serious risk of being lost. This work proposes a range of methodologies and facilities that enable such tasks to be performed.

**Keywords:** Audiovisual records, streaming transmission, diffusion and dissemination of Events, methodology and equipment.

\* O texto desta nota foi submetido em 17-11-2020, sujeito a revisão por pares a 17-11-2020 e aceite para publicação em 24-11-2020.

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

## Introdução

178

O registo audiovisual de eventos científico-pedagógicos tais como: congressos, jornadas, seminários científicos ou outros, onde são apresentadas investigações em diversas áreas do saber são efetuadas há muito, mas sofreram um grande incremento nos últimos 30 anos.

Com efeito, a invenção dos sistemas de gravação vídeo e de transmissão TV, associada a gravadores vídeo com preços mais ou menos acessíveis, permitiu o registo de tais eventos, o que, para além de se ter um registo do evento, em televisão, “para mais tarde recordar”, permitia avaliar as performances do comunicador, a comunicação em si mesma e facilitava muito a confeção das respetivas atas.

O NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, no final da década de 80 e durante década de 90 realizou vários congressos e jornadas científicas que não cabe aqui enumerar, com registo vídeo integral. Recordo-me de o ter feito, através da Publimondego, em termos de realização e, até, como operador de câmara.

Dentro desse espírito inovador, vários anos mais tarde, também foi gravado e transmitido em *streaming*, para o *YouTube*, o XII Encontro Nacional Riscos (fot. 1), sobre o tema do “Risco Sísmico. Aprender com o Passado”, realizado no Auditório da Escola Secundária João de Deus, em Faro, a 27 de abril de 2019. Mais recentemente, de 12 a 15 de outubro, sucedeu o mesmo com o V Congresso Internacional de Riscos, que decorreu no Teatro Paulo Quintela, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, e que foi o mote e razão de ser da redação desta nota.



Fot. 1 - A Professora Graça Lourenço durante a apresentação do XII Encontro Nacional de Riscos, em Faro (27/04/2019).

*Photo 1 - Professor Graça Lourenço during the presentation of the XII National Meeting of Risks, in Faro (27/04/2019).*

Porém, embora tivessem sido efetuados muitos registos, o número dos que hoje dispomos é relativamente pequeno. As razões para tal justificam-se com o facto de, inicialmente, os custos serem muito elevados e, por outro lado, devido à oferta destes serviços de registo vídeo e televisão ser pequena.

Todavia, a evolução técnica dos equipamentos vídeo, bem como a passagem do vídeo analógico para o vídeo digital, alteraram significativamente os custos, no sentido da descida progressiva dos preços dos equipamentos, com consequência nos custos da transmissão em TV ou no registo vídeo.

Hoje, as empresas de audiovisuais têm preços muito mais baixos do que há 30 anos. Estamos a falar de valores que oscilam entre 300 e 500 € dia, para registo/transmissão TV simples com apenas uma câmara, e como existem no mercado vários operadores, isso coloca alguma estabilidade nos preços.

Para além do recurso a empresas prestadoras deste serviço existe, ainda, outra alternativa: a institucional. Com efeito, as Instituições que promovem tais eventos, podem assegurar este serviço, desde que disponham de equipamento e de um técnico qualificado e, neste caso, o custo corresponde a menos de metade do praticado pelas empresas.

## Estado da Arte

O V Congresso Internacional de Riscos foi publicitado para ser realizado em maio de 2020. Todavia, com a chegada do COVID-19, foi adiado para outubro e acabou por ser realizado num contexto completamente do que tinha sido previsto, atendendo a que o regime presencial foi largamente substituído pela participação através de videoconferência.

Por isso, hoje, depois da pandemia, fazer registos audiovisuais de eventos e transmiti-los diretamente para a internet ou, então, para posteriormente serem colocados na internet, é uma prática fundamental.

Com este serviço, docentes e discentes podem acompanhar o progresso científico na segurança dos seus lares, sem os riscos da transmissão por contágio. Por outro lado, assegura-se a continuidade destes eventos que, sem a transmissão e registo e tendo em conta as atuais normas de higienização e distanciamento aplicadas a espaços fechados, correriam o sério risco de poderem vir a desaparecer.

Por outro lado, é de salientar que este novo serviço transporta em si uma mais valia a várias plataformas de net, tais como: *YouTube*, *Vimeo* e outros Operadores, uma vez que elas estão associadas ao entretenimento e, por esse motivo, são exaustivamente usadas, mas o facto de também terem passado a servir de arquivo e base

de dados dos audiovisuais de cariz científico vai, com certeza, diversificar os conteúdos desses operadores e permitir o uso de tais plataformas em contextos científicos e educativos.

Para facilitar a produção de registos, por quem se queira iniciar nestas técnicas, descrevem-se a seguir os equipamentos necessários, bem como as operações consideradas fundamentais.

Relembro que os técnicos e operadores destes equipamentos devem ter formação inicial em vídeo, televisão ou cinema (Silva, 2000) e para tal se fornece alguma bibliografia considerada essencial (Almeida, 1981 e 1989; Millerson, 1988; Hedgecoe, 1989 e 1992; Watts, 1990; Silva, 1996; Fiske, 1998; Mackie, 2003; Sony, 2012) sobre as técnicas e a gramática do audiovisual.

### O Equipamento: escolha e operacionalização

Para fazer os registos audiovisuais são fundamentais vários equipamentos áudio e vídeo (silva, *et al.*, 2000), designadamente os seis a seguir apresentados. Também é obvio que o(s) operador(es) de som, de câmara e de informática têm de possuir conhecimentos profundos desses três domínios, bem como dos media usados como suporte da comunicação. Por esse motivo estão na bibliografia seis livros que, no caso dos candidatos a operadores de imagem e som, não terem formação inicial específica em vídeo poderem desempenhar a sua função com qualidade.

Voltando à escolha de equipamento, para fazer os registos audiovisuais, são fundamentais 6 equipamentos específicos: (I) uma câmara de vídeo; (II) uma mesa áudio; (III) um tripé de câmara de vídeo; (IV) um tripé de microfone; (V) um microfone de condensador *shotgun* e, finalmente, (VI) um computador portátil e de alto desempenho, que se apresentam a seguir.

#### A câmara de vídeo (*camrecorder*)

A câmara de vídeo (fig.1) tem de ser profissional. No mínimo, tem de possuir uma teleobjetiva 28-600, *zoom* motorizada e um microfone, também *zoom*, incorporado. Por outro lado, precisa de ter saídas de sinal vídeo analógicas e digitais, bem como sinais áudio balanceados e não balanceados.

#### O tripé

Um tripé de cabeça a óleo (fig. 2), que permite movimentos fluidos e suaves, bem como de controlador *lanc* para controlar o *zoom* elétrico, da câmara.

#### O tripé de microfone

É o mais barato de todos e apenas deve ser robusto (fig. 3). Há muita escolha no mercado.



Fig. 1 - Câmara Sony PMW 100  
(Fonte: Manuais de serviço Sony) PMW 100.

*Fig. 1 - Sony PMW 100 camera*  
(Source: Sony Service Manuals) PMW 100.



Fig. 2 - Tripé VCT-PG11RMB  
(Fonte: Manuais de serviço Sony Tripé VCT

*Fig. 2 - Tripod VCT-PG11RMB*  
(Source: Sony Tripod VCT Service Manuals



Fig. 3 - Exemplo de Tripé (K&M 210/9 Black)  
(Fonte: [https://www.thomann.de/pt/k-m\\_suportes\\_e\\_tripes\\_pa.html](https://www.thomann.de/pt/k-m_suportes_e_tripes_pa.html)).

*Fig. 3 - Example of Tripod (K&M 210/9 Black)*  
(Source: [https://www.thomann.de/en/k-m\\_suportes\\_e\\_tripes\\_pa.html](https://www.thomann.de/en/k-m_suportes_e_tripes_pa.html)).

## A mesa Áudio

A mesa áudio deve ter 4 entradas microfona balanceadas e de linha 4 a 6 dependendo do evento (fig. 4). À mesa misturadora áudio, onde se vão ligar:

180

- A saída da mesa se som do auditório para se ter acesso ao som da sala sem ruído e distorções;
- O microfone da câmara, serve para quando é necessário, dar o som da plateia onde está a câmara;
- Outros microfones ou fontes áudio necessárias.

### O microfone de condensador (*shotgun*)

O microfone de condensador deve ser hiper-cardióide (fig. 5), balanceado e com uma relação sinal/ruído baixa. Também há larga escolha no mercado. Todavia, este equipamento só é necessário quando o operador de som da sala não consegue enviar um sinal “limpo e sem distorção”. Nesse caso, há necessidade de montar este equipamento no púlpito, pois a própria câmara dispõe de um microfone deste tipo para o som de sala.

### O computador

O computador (fig. 6) deve ter entradas áudio e vídeo distintas e um processador i7 ou i9, com 8 núcleos, para poder processar o sinal vídeo com facilidade e fluidez. Além disso, tem de possuir discos SSD.

Como exemplo, indica-se um Apple, mas há computadores Pc igualmente capazes. Ao computador ligam-se os sinais vídeo, da câmara e da mesa áudio, portanto tem de ter portas com protocolo *Firewire* ou *USB 3C*.

Há várias aplicações para registar vídeo. É usual utilizar o *OBS* e o *Final CUT*.

Para além de gravar, o computador também pode fazer *streaming* para a internet, mas é preciso ter acesso com grande largura de banda, sem quebras e de qualidade na transmissão.

Todo o equipamento apresentado é profissional, de alta qualidade e com marcas de topo. A Câmara Sony, o Computador Apple MacBook Pro de 16 i9, a mesa Mackie 6 e o *shotgun* Sennheiser podem orçar valores da ordem de 7000 €. O mesmo equipamento, em versão Pro, custará, provavelmente metade desse valor.

### As Ligações

As ligações feitas de modo correto são um ponto chave para o sucesso da gravação/transmissão (Silva, 2000) considera que para tal se possa processar de forma eficaz, tem de tem em consideração a leitura dos manuais de serviço dos referidos equipamentos. A ligação dos equipamentos deverá obedecer a uma sequência pré-definida (fig. 7).



Fig. 4 - Mesa misturadora Mackie 1202 VLZ (Fonte: Manuais de serviço Mackie 1202 VLZ).

Fig. 4 - Mackie 1202 VLZ mixing console (Source: Mackie 1202 VLZ service manuals).



Fig. 5 - Exemplo de microfone de condensador (Sennheiser ME67) (Fonte: [https://www.thomann.de/pt/sennheiser\\_me67.htm](https://www.thomann.de/pt/sennheiser_me67.htm)).

Fig. 5 - Example of a condenser microphone (Sennheiser ME67) (Source: [https://www.thomann.de/en/sennheiser\\_me67.htm](https://www.thomann.de/en/sennheiser_me67.htm)).



Fig. 6 - Computador Apple MacBook Pro 16" Retina i9-2,4GHz | 16GB | 512GB (Fonte: <https://www.fnac.pt/Apple-MacBook-Pro-16-Retina-i9-2-4GHz-16GB-512GB-Radeon-Pro-5500M-4GB-com-Touch-Bar-e-Touch-ID-Cinzen-to-Sideral-Computador-Portatil-Macbook/a7310992>).

Fig. 6 - Apple MacBook Pro 16" Retina i9-2,4GHz computer | 16GB | 512G.

Primeiro, monta-se a câmara no tripé e, depois, liga-se a saída áudio da câmara à mesa de som. A seguir, liga-se a saída digital de vídeo ao computador. Após executar estas ligações, liga-se a câmara e testa-se o áudio e o vídeo. De seguida, liga-se a saída de som da sala ou do auditório à nossa mesa áudio, para termos acesso ao áudio da sala (através do programa), limpo e sem distorção.

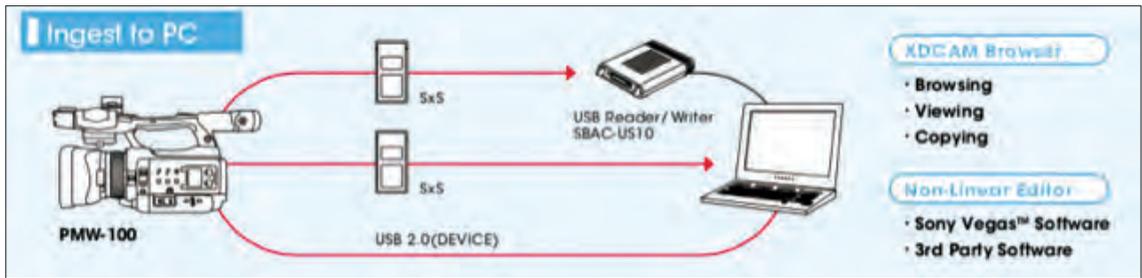


Fig. 7 - Diagrama de fluxo da montagem das ligações (Fonte: Manuais de serviço de Sony PMX-EX100).

Fig. 7 - Connection assembly flow diagram (Source: Sony PMX-EX100 Service Manuals).

Depois, testam-se de novo os equipamentos e acertam-se os níveis de áudio.

Por fim, ligam-se eventuais microfones e faz-se o ensaio no computador com o aplicativo OBS, do vídeo e dos níveis áudio.

### A Operação

Para o *streaming* é preciso dispor de linha de internet em RJ45, de alto fluxo. O teste tem de estar completo 30 minutos antes do início do evento. A montagem do equipamento pode demorar mais de 2 horas e o mesmo acontece com a desmontagem.

Com o equipamento testado, à hora de início do evento tudo deve estar ligado e o operador deve ter o protocolo/programa do evento, para não acontecerem omissões no registo e ou na transmissão TV.

Voltando agora ao V Congresso Internacional de Riscos, à semelhança do que já acontecera com o XII Encontro Nacional de Riscos, ele também foi registado e transmitido em *streaming* para o *YouTube* (fots. 2 e 3).

Os registos audiovisuais tanto do XII Encontro Nacional de Riscos, como do V Congresso Internacional de Riscos, podem ser consultados no *YouTube*, em [https://www.youtube.com/channel/UCol333iQ\\_jXonGcr4h35wiA/about](https://www.youtube.com/channel/UCol333iQ_jXonGcr4h35wiA/about), enquanto não forem editados e se proceder à sua migração para a página da RISCOS, onde também poderá vir a consultar uma vasta coleção de documentos audiovisuais.

### Conclusões

Existem várias evidências que contribuem para desenvolver e banalizar este tipo de registos.

A primeira é, sem dúvida, a construção de uma mediateca de conteúdos audiovisuais, de cariz científico-pedagógico, para uso em espaços educativos.

A segunda, e não menos importante em tempo de pandemia, é a transmissão em TV, em direto e em diferido, de vídeo de eventos científicos que, a manter-se o atual



Fot. 2 - Aspeto do Teatro Paulo Quintela durante a realização do V Congresso Internacional de Riscos (15/10/2020).

Photo 2 - Interior view of the Paulo Quintela Theatre during the V International Congress of Risks (15/10/2020).



Fot. 3 - Pormenor da captação de imagem durante o V Congresso Internacional de Riscos (15/10/2020).

Photo 3 - Detail of the image capture during the V International Congress of Risks (15/10/2020).

estado da propagação, serão presencialmente proibidos. Trata-se, portanto, de uma questão não só de realização, mas também de sobrevivência deste tipo de eventos.

Por último, permite facultar aos *Players de Internet* conteúdos de divulgação científicos com outras aplicações, diferentes e mais proveitosas, do que jogos e entretenimento, a que se poderá vir a chamar a "Universidade no *YouTube*".

## Referências bibliográficas:

Almeida, M. F. (1981). *Cadernos de Produção 1*, Centro de Formação da Radiotelevsão Portuguesa, Lisboa, (Policopiado).

Almeida, M. F. (1989). *Cinema e Televisão, Princípios Básicos*, TV Guia, Lisboa.

Fiske, J. (1998). *Introdução o ao Estudo da Comunicação*, Porto, Edições Asa.

Hedgecoe, J. (1989). *Hedgecoe on Video: A Complete Creative and Technical Guide to Making Videos*, London, Pyramid Books Ltd.

Hedgecoe, J. (1992). *Grande Manual do Vídeo*, São Paulo, Dinalivro.

MACKIE DESIGNS INC. (2003). 1202-VLZ PRO 12-Chanel Mic/line mixer ownewr's manual.

Millerson, G. (1988). *Técnicas da Câmara de Vídeo*, Lisboa, Gradiva.

Silva, A. (1996). O Vídeo Educativo - da produção à utilização, *Cadernos Correio Pedagógico I.I.E.*, Lisboa, Edições Asa.

Silva, C. (2000). *O ABC do Audiovisual*. Loulé e Tavira, Centro de Formação de Professores.

SONY CORPORATION (2012). PMW-100 Solitd-Stat Memory Camcorder- Sony XDCAM HD manual.

Watts, H. (1990) - *ON CAMERA, Curso de produção de filme e video da BBC*, S. Paulo, Sammus Editorial.

YOUTUBE DA RISCOS: [https://www.youtube.com/channel/UCoi333iQ\\_jXonGcr4h35wiA/about](https://www.youtube.com/channel/UCoi333iQ_jXonGcr4h35wiA/about) :

XII ENR - parte 1: <https://www.youtube.com/watch?v=c4Nel1e3mKM&t=1501s>

XII ENR - parte 2: <https://www.youtube.com/watch?v=NTrInNA3iho>

XII ENR - parte 3: <https://www.youtube.com/watch?v=tY7rCFxfzXE&t=3390s>

V Congresso Internacional de Riscos | V International Congress on Risks:

12-10-2020, abertura: <https://www.youtube.com/watch?v=qTSIBUMKA44&t=135s>

13-10-2020 Webinar1 Parte1 - <https://www.youtube.com/watch?v=x1ZGPPMBJQg>

13-10-2020 Webinar1 Parte2 - <https://www.youtube.com/watch?v=i5hKfZW4r8E>

13-10-2020 Webinar1 Parte3 - <https://www.youtube.com/watch?v=WNMkw9A66Oo>

13-10-2020 Webinar1 Parte4 - <https://www.youtube.com/watch?v=EkF5Uo11ThA>

14-10-2020 Webinar1 Parte5 - [https://www.youtube.com/watch?v=\\_prcCBvlcpo](https://www.youtube.com/watch?v=_prcCBvlcpo)

14-10-2020 Webinar1 Parte6 - [https://www.youtube.com/watch?v=A\\_4UpMZuXVs](https://www.youtube.com/watch?v=A_4UpMZuXVs)

14-10-2020 Webinar1 Parte7 - <https://www.youtube.com/watch?v=yz771ZhvTsk>

14-10-2020 Webinar1 Parte8 - <https://www.youtube.com/watch?v=LK6zsqZF7bU>

15-10-2020 Webinar1 Parte9 - <https://www.youtube.com/watch?v=IdCnwi9AfOk>

15-10-2020 Webinar1 Parte10 - <https://www.youtube.com/watch?v=i28kBNcR9xg>

15-10-2020 Webinar1 Parte11 - <https://www.youtube.com/watch?v=qW22ajVGHaQ&t=5s>

15-10-2020, encerramento - <https://www.youtube.com/watch?v=qW22ajVGHaQ&t=5s>

V CONGRESSO INTERNACIONAL DE RISCOS:  
CONTRIBUTOS DA CIÊNCIA PARA A REDUÇÃO DO RISCO. AGIR HOJE PARA PROTEGER O AMANHÃ

Bruno Martins

Universidade de Coimbra, NICIF, RISCOS e CEGOT (Portugal)  
ORCID 000-0001-8681-2349 [bmscmartins@gmail.com](mailto:bmscmartins@gmail.com)

A RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, promoveu, em colaboração com a Universidade de Coimbra, através da Faculdade de Letras e do seu Departamento de Geografia e Turismo, bem como com o CEGOT - Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, mais um Congresso Internacional de Riscos, com o duplo objetivo de estimular um amplo debate sobre o estado de conhecimento dos riscos e, por outro lado, de divulgar os trabalhos desenvolvidos nos últimos anos, em Portugal e no estrangeiro, sobre esta temática.

Inicialmente previsto para maio, o despoletar da pandemia da COVID-19 levou ao seu adiamento para outubro de 2020, e fez com que ele tivesse decorrido em moldes muito diferentes daqueles que foram imaginados e eram habituais nos congressos anteriores, pelo que foi necessário o empenho de uma larga equipa multidisciplinar (fot. 1).

Inserido num contexto de grande incerteza, que certamente contribuiu para uma redução substancial de comunicações, especialmente das internacionais, uma vez que para a edição de maio, antes da decisão do adiamento para outubro, tinham sido recebidos resumos de 295 comunicações, das quais 198 seriam orais e 97 em formato de painel, e que envolveriam, 648 autores, de 25

nacionalidades e com diferentes formações académicas, reforçando a ideia de que este Congresso não se dirigia apenas a especialistas e estudantes desta temática, mas também a técnicos, operacionais e a todos aqueles que, por com eles terem de lidar nas suas rotinas, se preocupam com os riscos e as catástrofes, quer seja em termos de prevenção, quer seja após a sua manifestação, quando se envolvem no socorro e na mitigação dos seus efeitos, ou, ulteriormente, na reabilitação das áreas e pessoas por eles afetados.

Depois, com o adiamento para outubro e a quase impossibilidade de participação presencial, o número de comunicações caiu para 165, das quais 112 orais e 53 em formato de painel, ou seja, perderam-se 130 (quase metade das inicialmente submetidas) e o número de nacionalidades presentes também se reduziu a 12, ou seja, ligeiramente menos de metade das iniciais.

Além destas, houve várias outras importantes consequências, de que se destacam:

- i. O cancelamento de cinco visitas técnicas previstas para a realização de trabalho de campo, que pretendiam cobrir uma grande diversidade de riscos, sendo duas delas dedicadas aos riscos naturais (geomorfoló-



Fot. 1 - Comissão Organizadora Local e estudantes que participaram no Secretariado do Congresso.

Photo 1 - Local Organizing Committee and students who participated in the Congress Secretariat.

gicos e hidrológicos), duas aos riscos antrópicos (tecnológicos e sociais) e, a quinta, aos riscos mistos (incêndios florestais) cujos respetivos livros guia podem ser consultados em <https://www.riscos.pt/publicacoes/outras-publicacoes/guias-das-viagens-de-estudo/>.

Com efeito, foram organizadas 5 visitas, mas devido à situação epidemiológica, com o aproximar da data do Congresso, várias inscrições foram sendo canceladas, uma vez que muitos inscritos transformaram a sua participação presencial em *online*. Além disso, a imposição de medidas de segurança e de distanciamento, bem como eventuais restrições na circulação, que, aliás, se vieram a confirmar na véspera da data prevista para essas visitas, não aconselhavam a sua realização, circunstâncias que levaram a Organização a suprimi-las.

- ii. A suspensão de quatro das cinco ações de formação previstas para professores, em resultado do cancelamento das visitas técnicas;
- iii. A anulação de uma importante exposição sobre meios técnicos e equipamentos de proteção e socorro usados em operações de emergência e proteção civil, com demonstrações, nos diferentes dias do Congresso, de diversas capacidades usadas em intervenções de apoio a situações de emergência, destinadas ao público em geral e especialmente vocacionadas para receber turmas de alunos das Escolas do Ensino Básico (do pré-escolar ao 3.º ciclo) e do Ensino Secundário, que contaria com a participação confirmada da generalidade dos agentes de proteção civil, designadamente:
  - Uma equipa de cada um dos Corpos de Bombeiros existentes no Distrito de Coimbra, ou seja, 24 equipas, provenientes do litoral ao interior do distrito, que estariam presentes com diferentes valências para demonstração das diversas capacidades (meios e recursos) disponíveis para atuação no distrito;
  - Equipas das Forças de Segurança, quer da Polícia de Segurança Pública, através do Comando Distrital de Coimbra, quer da Guarda Nacional Republicana, através do Grupo de Intervenção Proteção e Socorro (GIPS) e do Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente (SEPNA);
  - Representação das Forças Armadas, através do RAME - Regimento de Apoio Militar de Emergência;
  - Participação da Autoridade Marítima Nacional, com meios do Instituto de Socorros a Náufragos e do Instituto Hidrográfico;
  - Intervenção de Brigadas de Sapadores Florestais, do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.

Apesar do programa deste Congresso ter sido substancialmente reduzido, ele contemplou quatro sessões plenárias, que decorreram no TPQ - Teatro Paulo Quintela, na Faculdade de Letras da Universidade de

Coimbra, em modo presencial (fot. 2) e paralelamente, em modo online, entre os dias 12 e 15 de outubro. Foram apresentadas presencialmente ou através de videoconferência 112 comunicações orais e 12 no formato de painel, por se encontrarem a concurso.



Fot. 2 - Vista do Teatro Paulo Quintela com o distanciamento social dos participantes.

*Photo 2 - Interior view of the Paulo Quintela Theatre with the participants respecting social distancing.*

A conferência de abertura, intitulada “*Cambio climático y riesgos: Pasado, presente y futuro. La necesidad de adaptación*”, foi proferida pelo Professor Doutor Jorge Olcina (em modo online) e integrou a Sessão de Abertura que foi apresentada pela Professora Doutora Fátima Velez de Castro (fot. 3).



Fot. 3 - Conferência de Abertura *online* proferida pelo Prof. Doutor Jorge Olcina, com a moderação da Prof.ª Doutora Fátima Velez de Castro.

*Photo 3 - Online Opening Conference by Prof. Doctor Jorge Olcina, moderated by Prof. Doctor Fátima Velez de Castro.*

Seguiram-se as sessões paralelas de painéis temáticos, apresentadas de forma presencial e online, em simultâneo com sessões exclusivamente online, tais como: “riscos hidrológicos (inundações)”, “riscos naturais” e “riscos climáticos”, que contaram com duas sessões cada, e “perceção do risco”, “riscos e educação”, “riscos ambientais”, “riscos costeiros”, “riscos geomorfológicos”, “riscos de incêndios”, “riscos dendrocaustológicos”,

“efeitos dos incêndios florestais”, “riscos para a saúde”, “riscos tecnológicos”, “multirrisco” e “gestão de riscos”.

O Congresso contou ainda com duas Mesas Redondas. A primeira sob a égide de “*Agir hoje para proteger o amanhã*” teve a participação de membros do *Disaster Risk Management Knowledge Center (DRMKC)* (fot. 4), que apresentaram os seguintes temas: *The Concept of the Knowledge Centres: The Knowledge Centre for Disaster Risk Management*, por Ainara Casajus Valles; *A showcase of using Disaster Risk Management Training to facilitate internationalisation and employability in the higher education*, por Yung-Fang Chen; *Climate action and science promotion in Cascais*, por João Dinis; e *Challenges of current disaster impact assessment practice*, por Xavier Romão.



Fot. 4 - Mesa redonda do *Disaster Risk Management Knowledge Center (DRMKC)*, moderada pela Prof.ª Doutora Adélia Nunes.

Photo 4 - Roundtable of the *Disaster Risk Management Knowledge Centre (DRMKC)*, moderated by Prof. Doctor Adélia Nunes.

A segunda mesa redonda, intitulada “*Adaptação das operações de proteção de socorro às oscilações climáticas*” (fot. 5), com moderação do Prof. Doutor António Amaro, foi objeto da apresentação de dois trabalhos: “*As TIC no apoio à gestão operacional do risco*”, por Alexandre Penha, e “*O deslizamento de 19 de novembro de 2018 e a operação de resgate na pedreira de Borba*”, por José Ribeiro.



Fot. 5 - Mesa redonda sobre “*Adaptação das operações de proteção de socorro às oscilações climáticas*” moderada pelo Prof. Doutor António Amaro.

Photo 5 - Roundtable about “*Adaptation of rescue protection operations to climatic fluctuations*” moderated by Prof. Doctor António Amaro.

A conferência de encerramento “*Somos todos agentes de proteção civil, mas uns mais do que outro*”, foi proferida pelo Jornalista Celso Paiva, da Rádio Renascença, que antecedeu o anúncio, pela Prof. Doutora Adélia Nunes (fot. 6), do Melhor Poster do Jovem Investigador (fig. 1) e dos Prémios Ciência 2019 e Operacionalidade 2017-19 (fot. 7), que não puderam ser entregues pelo facto de nenhum dos vencedores ter estado presente, na sessão de encerramento, devido às restrições impostas pela pandemia.



Fot. 6 - Conferência de Encerramento proferida pelo Jornalista Celso Paiva, com a moderação da Prof.ª Doutora Adélia Nunes.

Photo 6 - Closing Conference by the Journalist Celso Paiva, moderated by Prof. Doctor Adélia Nunes.



Fig. 1 - Poster vencedor do concurso do Melhor Poster do Jovem Investigador.

Fig. 1 - Winning poster of the Best Young Investigator Poster competition.



Fot. 7 - Pormenor do troféu do Prémio Dedicção à RISCOS "Operacionalidade 2017-19" (A) e certificado do vencedor do Prémio "Ciência 2019" (B).

*Photo 7 - Detail of the trophy RISCOS Dedication Award "Operationality 2017-19" and certificate of the winner of the "Science 2019" Award (B).*

Foi ainda assinado um Protocolo de Colaboração entre a RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança e a PAFO - Associação Lusófona de Proteção Contra Incidentes, Acidentes e Desastres (fot. 8), que visa a cooperação institucional para promoção de conhecimento científico inovador e do desenvolvimento de diversas acções, tentando responder às problemáticas da sociedade que nos rodeia.



Fot. 8 - Assinatura do Protocolo de Cooperação entre a RISCOS e a PAFO.

*Photo 8 - Signature of the Cooperation Protocol between RISCOS and PAFO.*

O V Congresso Internacional de Riscos representou um importante contributo na comunicação entre a avaliação técnico-científica dos riscos e a gestão social da exigência de segurança. Terá contribuído, ainda, como espaço de diálogo e reflexão (fot. 9, e desta forma, tributa-se para o progresso da consciencialização da importância do rigor e acuidade do diagnóstico e previsão do(s) risco(s), enquanto fator condicionante da perceção e dos comportamentos, individuais e coletivos, da atuação institucional e governativa, e, em última análise, como condição essencial ao sucesso do Sistema Nacional de Proteção Civil.

O Congresso enfatizou também a importância da Educação e do Ensino através da proposta de um conjunto de 4 cursos de formação para professores, de 15 horas: "Ciência e



Fot. 9 - Aspeto do debate entre os participantes do congresso.

*Photo 9 - View of the debate among conference participants.*

tecnologia na redução do risco: Contributos para a gestão de crises"; "Reabilitação, recuperação, reconstrução e resiliência após catástrofe"; "Metodologia para análise de riscos e para avaliação de catástrofes"; "Riscos geomorfológicos do NW de Portugal"; e, ainda, a de uma oficina de formação de 30 horas "Processos, vulnerabilidades e riscos. Dos conceitos à sua aplicação na redução do risco" que, infelizmente, à exceção do primeiro curso, ficaram comprometidos pela impossibilidade da realização das visitas técnicas para trabalho de campo. Seguramente a educação constitui, uma das mais importantes e poderosas ferramentas na construção de novos conceitos, na mudança de hábitos e no diálogo intergeracional, desempenhando, por isso, um papel basilar e estruturante na implementação de mecanismos que conduzem a cidadãos melhor preparados e a sociedades mais resilientes, o que contribuirá para uma crescente consciencialização do risco e uma melhor perceção do perigo.

Este não foi um Congresso exclusivamente de, e para especialistas em riscos, foi antes um encontro em que os riscos, temática agregadora, convocaram o contributo de todos os envolvidos neste grande desafio que é a procura de soluções de compromisso entre as dinâmicas naturais e os processos de apropriação antrópica do espaço, ditados por premissas e interesses socioeconómicos, muitas vezes, antropocêntricos, que agravam o riscos e as suas consequências.

Os inúmeros casos de estudos apresentados sugerem ainda, de forma muito clara, o papel crucial desempenhado pelo Ordenamento do Território enquanto instrumento de prevenção do risco, potenciando uma maior coerência entre as atividades antrópicas e o normal funcionamento dos sistemas naturais. Por outro lado, e aludindo ao tema do Congresso, é hoje que podemos reduzir os riscos cujas manifestações nos irão afetar amanhã, e é à escala local que podemos tomar medidas concretas que permitirão, num futuro mais ou menos próximo, reduzir a nossa exposição a processos potencialmente perigosos, contrapondo as visões mais catastrofistas, a médio e a longo prazo.

FORMAS DE COMUNICAÇÃO DA RISCOS COM A SOCIEDADE ATUAL

Sofia Bernardino

Câmara Municipal de Condeixa, NICIF e RISCOS (Portugal)  
ORCID 0000-0002-2263-7737 [sofia.bernardino.sb@gmail.com](mailto:sofia.bernardino.sb@gmail.com)

Fernando Félix

NICIF e RISCOS (Portugal)  
ORCID 0000-0001-8509-6010 [ffelix@fl.uc.pt](mailto:ffelix@fl.uc.pt)

Desde a sua criação, no ano de 2004, a Associação RISCOS tem vindo a desenvolver relevantes atividades no âmbito da investigação científica, nos mais diversos domínios das áreas cindinicas. Tem procurado promover a divulgação desses estudos científicos e técnicos, realizados por investigadores dos “quatro cantos do globo”, através das importantes reuniões científicas que promove, a diversas escalas e em diferentes contextos geográficos. Por outro lado, com vista à sensibilização para a temática dos riscos, prevenção e segurança, tem estabelecido parcerias de colaboração com diversas entidades públicas nacionais e outras instituições, sem fronteiras, contribuindo para um imenso legado que tem vindo a materializar-se através da publicação da revista “*Territorium - Revista Internacional de Riscos*” e da Série de livros “Riscos e Catástrofes”, ambas com chancela da Imprensa da Universidade de Coimbra, bem como de outra Série de livros “Estudos Cindinicos” e, ainda, de demais publicações de carácter sobretudo técnico-científico e pedagógico, de que são exemplo os livros-guia das viagens de estudo que organiza com, o objetivo de observar *in loco* manifestações de riscos e deste modo, transmitir conhecimentos promovendo a aprendizagem prática, no campo.

A formação contínua de docentes dos ensinos pré-escolar, básico e secundário, tem sido também uma das grandes preocupações da RISCOS, pelo que assumiu essa missão, partilhando com as escolas e os professores o conhecimento científico desenvolvido ao longo de vários anos, pois acredita que a educação é um pilar fundamental de qualquer sociedade que se pretenda resiliente, ativa e cidadã. Foi neste contexto que surgiu o Centro de Formação de Professores da RISCOS (CFPR) que tem ministrado e continuará a facultar ações de formação, essencialmente constituídas por cursos de iniciação, cursos específicos e por oficinas de formação, sempre com acreditação pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC).

Além da formação de professores, e dada a sua experiência em ensino e em domínios multi e pluridisciplinares de saber, a RISCOS também tem promovido ações de formação dirigidas a outros profissionais, materializadas na realização de cursos e *workshops* sobre temas específicos dentro da ampla temática dos riscos, da prevenção das suas eventuais manifestações, bem como da segurança das pessoas e dos seus bens sempre que elas ocorram.

No seguimento das ações que tem vindo a preconizar, a RISCOS foi reconhecida e declarada como associação de utilidade pública, por despacho do dia 4 de maio de 2018, da Senhora Ministra da Presidência e da Modernização Administrativa, Doutora Maria Manuel de Lemos Leitão Marques, publicado em Diário da República no dia 21 de maio de 2018, na 2ª Série em despacho n.º 5004/2018.

Com efeito, este merecido reconhecimento em muito enobrece a associação bem como a sua causa e o seu trabalho, mas acarreta também consigo um novo sentido de responsabilidade, nomeadamente, a responsabilidade de fazer chegar o conhecimento a mais cidadãos e de fomentar o diálogo entre ciência, operacionais e sociedade civil, sempre com o intuito de contribuir para a redução dos riscos e para a promoção de atitudes, valores e princípios que visem melhorar a resposta e a resiliência da sociedade perante manifestações do risco, hoje e no futuro.

É neste contexto que, fazendo parte dos seus objetivos “manter um centro de documentação bibliográfica, cartográfica, fotográfica e mediática especializado” e estando ciente da importância que se reveste a partilha de informação, e com ela, do conhecimento, a RISCOS presta um serviço público de excelência ao disponibilizar digitalmente, de forma gratuita, todos os conteúdos criados, através da sua página da internet (<https://www.riscos.pt/>).

Publicada em Língua Portuguesa e com versão traduzida para a Língua Inglesa, o website da RISCOS coloca à disposição dos utilizadores um leque alargado de conteúdos (fig. 1). Desde logo, na sua página inicial apresenta, em destaque, informação sobre atividades futuras, a realizar, e convida o público a saber mais e a nelas participar. Ainda nessa página assinala as novidades sobre a Associação, o que permite ao leitor ficar a par dos assuntos mais recentes. Por fim, em rodapé, vamos encontrar os contactos da associação, para que a ela se possam dirigir todos os interessados, com dúvidas, questões, sugestões, recomendações, ou outros quaisquer assuntos relevantes.

Estruturalmente, o website encontra-se dividido por seis separadores. No primeiro deles, “APRPS”, uma sigla que descreve as iniciais do nome da associação, é apresentada informação legal, nomeadamente os estatutos, os órgãos sociais, tanto atuais como anteriores, e o Regulamento



Fig. 1 - Aspeto da página inicial do website da Associação RISCOS - <https://www.riscos.pt>.

Fig. 1 - Appearance of the homepage of the RISCOS Association website - <https://www.riscos.pt>.

Geral de Proteção de Dados (RGPD). No segundo, “Associados”, dá a conhecer a forma de se tornar Membro Associado da RISCOS e faculta informação sobre os respetivos benefícios e deveres.

Os três separadores que se seguem são dedicados à divulgação e partilha de atividades e do trabalho desenvolvido pela RISCOS (fig. 2).

No separador “Congressos” está publicada informação relativa a todas as reuniões científicas que a RISCOS promoveu até ao momento: 13 Encontros Nacionais de Riscos, 5 Congressos Internacionais de Riscos, 3 Simpósios Ibero-Afro-Americanos de Riscos, além de outros seminários e workshops realizados.

Em todas estas reuniões encontra-se informação fulcral sobre os respetivos eventos, como sejam o local e data da realização, a apresentação da temática específica abordada e respetivos painéis, os cartazes e programas associados, os livros de resumos, onde constam os resumos de todos os trabalhos científicos apresentados



Fig. 2 - Subseparadores do website da Associação RISCOS, relativos aos Congressos, à Formação e às Publicações (<https://www.riscos.pt>).

Fig. 2 - Submenu of the RISCOS Association website, related to Congresses, Formation and Publications (<https://www.riscos.pt>).

bem como os contactos dos autores, e, por fim, as galerias com os registos fotográficos mais marcantes.

Neste separador podemos aceder aos websites criados para cada um dos eventos, que foram mantidos sempre que possível, pois tal permite uma melhor organização tanto da informação, como dos conteúdos divulgados. Refirime, em concreto, à disponibilização das apresentações que foram proferidas, bem como dos posters científicos que foram expostos e, porventura, a outros conteúdos relevantes. Acresce que os eventos realizados mais recentemente foram marcados por algumas novidades, entre elas está à sua gravação e/ou transmissão em direto, de forma parcial ou integral. Exemplo disso são os XII e XIII Encontros Nacionais de Riscos, bem como o V Congresso Internacional de Riscos que também passaram a ter disponibilizados conteúdos audiovisuais, prática que se pretende manter nas próximas concretizações. No separador temos ainda acesso direto a todos os eventos programados, a realizar num futuro mais ou menos próximo e que se encontram em fase de organização.

O separador seguinte, sobre “Formação”, como o nome sugere, é dedicado à promoção das ações de formações desenvolvidas pela RISCOS, dirigidas tanto a professores como a outros profissionais, sendo que, no caso das formações de professores, remete-nos para o site oficial do Centro de Formação de Professores da RISCOS (<https://cfp.riscos.pt/>), que apresenta uma estrutura própria.

Por sua vez, o separador “Publicações” é dedicado à partilha dos trabalhos publicados pela RISCOS, na sua forma digital e com acesso gratuito. Nele vamos encontrar a Revista *Territorium* que, além do Diretor, conta com 4 editores associados e com 70 membros do Conselho Editorial, provenientes das mais diversas áreas do saber e nacionalidades. Aqui podemos ler ou reler todos os artigos publicados desde a sua criação, no ano de 1994, ainda que só tenha passado a pertencer à Associação Riscos a partir do ano de 2004, altura da sua constituição.

Esta revista tem vindo a publicar, em forma de artigos científicos, muitos dos trabalhos de relevo que têm sido apresentados em comunicações nos encontros, congressos e simpósios realizados pela associação. Conta com 27 números publicados, 3 deles com 2 volumes, o que perfaz um total de 30 revistas editadas. Dado o seu reconhecimento não só no seio da comunidade científica, mas também ao nível das instituições públicas de carácter operacional, designadamente junto dos diferentes agentes de proteção civil, a *Territorium* abraçou este novo desafio, que deu origem à sua 3ª série, iniciada no ano de 2018, quando a sua edição deixou de ser anual para se transformar em publicação semestral, a que se juntaram outras alterações de pormenor que lhe conferem uma maior visibilidade internacional.

A Série de livros intitulada “Riscos e Catástrofes”, de âmbito temático, visa a publicação de resultados que se têm vindo a produzir na investigação contemporânea ligada às ciências cindínicas, baseando-se na apresentação e discussão de aspetos metodológicos, em estudos de análises de risco e em estudos de caso de plenas manifestações de risco, as catástrofes. Até ao momento foram publicados 9 volumes, todos eles integralmente aqui disponibilizados de forma digital.

A Série “Estudos Cindínicos”, lançada no ano de 2018, surgiu como objetivo de compilar contributos provenientes tanto de autores de diferentes nacionalidades, cujas realidades estão sujeitas a vários tipos e graus de riscos, como de distintas áreas de investigação, cobrindo assim uma vasta diversidade de regiões e de temas, dentro das ciências cindínicas. Desde o seu lançamento foram publicados 6 volumes, e até final de 2020 serão dados à estampa mais três volumes, totalizando também 9 obras que, da mesma forma, todas elas podem ser consultadas através do website da RISCOS.

No entanto, tanto a Revista *Territorium*, como os livros das Séries “Riscos e Catástrofes” e “Estudo Cindínicos”, além de se encontrarem integralmente acessíveis em formato digital, também foram impressos, pelo que os interessados poderão adquiri-los diretamente na RISCOS, mediante prévia verificação de existência em stock. Está, ainda, em falta uma forma mais ágil e acessível de levar ao público as publicações impressas, pelo que se pretende criar uma loja online, o que deverá suceder em breve.

Todavia, as publicações não se ficam por aqui, uma vez que a RISCOS divulga outras obras que edita, tais como: livros de resumos das reuniões científicas, livros guias das viagens de estudo, relatórios e demais obras que promove e que, sempre que possível, disponibiliza os seus conteúdos de forma digital e gratuita.

Por último, o sexto separador “Donativos”, apela a todos os que queiram ajudar a Associação RISCOS na concretização

dos seus objetivos e que, desta forma, têm oportunidade de contribuir, por via da concessão de donativos, para um maior sucesso da Associação, identificando-se, para tal, várias formas de canalizar contributos.

Tendo em conta a constante necessidade de atualização e de trazer para o público mais conteúdos, está a ser preparado um novo menu no website, onde se pretende dar conta das notícias que têm vindo a ser publicadas em jornais, online e impressos, e que tenham contribuído para a disseminação do percurso, da notoriedade e da importância da Associação.

Considerando que nos encontramos inseridos numa “sociedade da informação” e, por conseguinte, numa época em que há um crescente uso das redes sociais pela sociedade e pelos jovens, a RISCOS entendeu, como estratégia educativa alternativa, passar a recorrer ao Facebook e ao Youtube para a divulgação de informações e partilha de conhecimento científico. Esta presença nas redes sociais, de forma ativa e empenhada, traduz um novo marco na história de vida desta associação, cujo objetivo é o de envolver um maior número de cidadãos e de promover esse envolvimento de forma ainda mais participativa e colaborativa.

Pretende-se, pois, criar um novo veículo difusor do conhecimento científico, em torno da temática dos riscos naturais, antrópicos e mistos, procurando sempre contribuir para a prevenção, mitigação e gestão dos riscos e das crises, gerando resiliências, através da sensibilização e da educação. Por outro lado, visa, também, fazer a divulgação das atividades promovidas pela RISCOS, sejam reuniões científicas, ações de formação ou demais realizações que venham a ser promovidas, dando-se a conhecer o seu trabalho a um público mais alargado, onde se incluem as comunidades científica e académica, os agentes de proteção civil, os órgãos de decisão, técnicos e profissionais, jovens e população em geral, para, através deles, se fazer chegar o conhecimento ainda mais além.

Assim, através da página do Facebook (<https://www.facebook.com/riscosoficial/>) pretende-se criar um espaço dinâmico, com o objetivo de divulgar o trabalho desenvolvido pela RISCOS, enquanto associação multidisciplinar, designadamente os cursos e oficinas de formação que promove, os Encontros, Simpósios e Congressos que realiza, ou as publicações que edita. É, ainda, um espaço onde se pretende dar conta dos riscos que se vão manifestando um pouco por todo o mundo.

Esta página foi criada em abril de 2019 e, na data de 06-12-2020, contava com 962 seguidores. Apesar de apresentar um público ainda maioritariamente proveniente de Portugal, o seu alcance já ultrapassou fronteiras nacionais, com seguidores de vários países do globo (fig. 3).

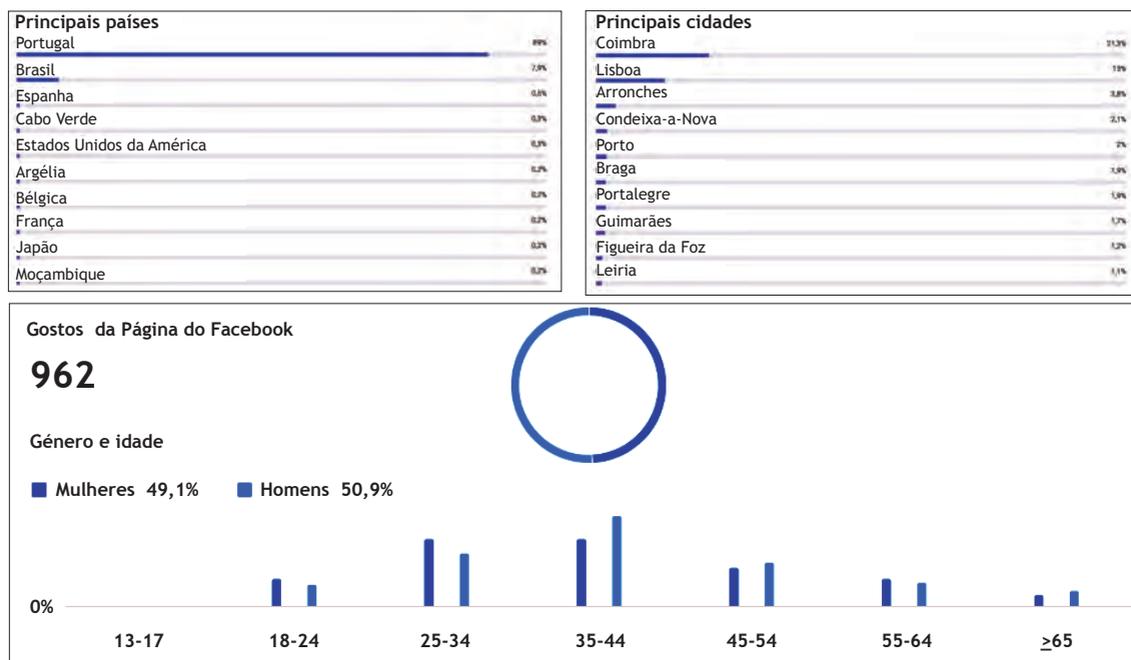


Fig. 3 - Algumas estatísticas da página do Facebook da RISCOS, relativas ao público-alvo que segue a página à data de 06-12-2020.

Fig. 3 - Some statistics about RISCOS Facebook page, related to the target audience that follows the page on 06-12-2020.

Por sua vez, o canal de Youtube da RISCOS foi criado a 11 de abril de 2019 a fim de servir o propósito de transmitir em direto o XII Encontro Nacional de RISCOS, que decorreu a 27 de abril desse ano, em Faro, na Escola Secundária João de Deus, sobre a temática do Risco Sísmico.

Pelo sucesso dessa transmissão e para memória futura, a RISCOS entendeu ser esta uma importante ferramenta e uma prática a dar continuidade nas reuniões científicas seguintes que venha a promover, enquanto canal de transmissão em tempo real ou em publicação posterior, quer privada para os membros associados, participantes das reuniões e operacionais de proteção civil, quer pública para o público em geral. A atual situação de pandemia, devido à COVID-19 veio reforçar a importância dos meios digitais para a divulgação e transmissão dos eventos científicos da RISCOS, e, neste contexto, também o V Congresso Internacional de RISCOS, que se realizou no mês de outubro de 2020, presencialmente na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, e *online*, através de *webinars*, foi gravado tendo sido posteriormente disponibilizados todos os conteúdos audiovisuais criados, relativos às conferências, às mesas redondas e às sessões paralelas de apresentações de comunicações.

Assim, à data de 06-12-2020 o canal detém já de mais de uma centena de vídeos com conteúdos científicos, apresentados nos Encontros e Congressos de RISCOS, que podem ser vistos ou revistos.

O canal de Youtube da RISCOS assume assim o objetivo de divulgar, sempre que possível, os conteúdos audiovisuais que venham a ser criados, pretendendo nele transmitir em direto ou publicar posteriormente os vídeos dos eventos científicos a realizar, sejam Encontros, Simpósios ou Congressos, bem como das ações e cursos de formação que promove, sobre as diferentes temáticas das ciências cindinicas.

Deixo, assim, o convite, a todos os que se interessem pelas temáticas cindinicas, para irem “beber” em todos os conteúdos disponibilizados pela Associação RISCOS e que estão ao alcance de um click, através das suas diferentes plataformas digitais:

Website oficial da Riscos:

<https://www.riscos.pt/>

Website do Centro de Formação de Professores:

<https://cfp.riscos.pt>

Facebook:

<https://www.facebook.com/riscosoficial/>

Youtube:

[https://www.youtube.com/channel/UCo1333iQ\\_jXonGcr4h35wiA](https://www.youtube.com/channel/UCo1333iQ_jXonGcr4h35wiA)

Depois, para que possamos manter o processo de melhoria contínua, envie-nos as suas sugestões e os seus comentários. Muito obrigada.



RISCOS



BRUMADINHO: A ENGENHARIA DE UM CRIME

Vicente de Paulo da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia (Brasil)

ORCID 0000-0002-4721-1839 [vicente.paulo@ufu.br](mailto:vicente.paulo@ufu.br)

Hudson Rodrigues Lima

Universidade Federal de Uberlândia, Escola de Educação Básica (Brasil)

ORCID 0000-0002-8264-8059 [hudson.lima@ufu.br](mailto:hudson.lima@ufu.br)

A obra, aqui comentada, "*Brumadinho - A Engenharia de um Crime*" (fig. 1), foi escrita no auge das investigações que visavam apontar os responsáveis por uma das maiores tragédias, de proporções sociais e ambientais, do Brasil: o rompimento da barragem I, na mina do Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, no Estado de Minas Gerais, Brasil. De autoria de Lucas Ragazzi, repórter do Núcleo de jornalismo investigativo da Globo Minas, nascido em Belo Horizonte, Minas Gerais, o qual diz acreditar no poder do bom jornalismo no combate às injustiças; e Murilo Rocha, Editor-executivo do Jornal O Tempo, também natural de Belo Horizonte, que conviveu com histórias de mineração, seja por raízes familiares ou mesmo por curiosidades.

Naquele fatídico dia 25 de janeiro de 2019, uma sexta-feira, aproximadamente às 12:28 minutos, segundo registro de câmeras instaladas na área, o paredão da barragem se rompe e o mar de lama, como ficou conhecido, começa descer numa caminhada rápida e forte inundando o que se tinha pela frente, como um restaurante em pleno horário de almoço o qual atendia aos funcionários da empresa Vale, proprietária da obra.

Além disso, a lama engolia espaços administrativos da empresa, pousada de luxo com a presença de turistas, muita vegetação nativa e animais domésticos presentes ali onde sempre foi espaço de moradia muito antes da chegada da barragem. Em um curto espaço de tempo essa tragédia é a segunda no Brasil, e em Minas Gerais, pois, conforme atenção dos autores que optaram por integrar as duas situações em sua análise, o rompimento da barragem de Fundão, no distrito de Bento Rodrigues, no município de Mariana, ainda não tinha resolvido situações básicas como a reconstrução do distrito atingido pela lama e lugar de moradia imediatamente à jusante da barragem.

Assim, naquele momento do rompimento em Brumadinho muitas respostas ainda careciam ser dadas à sociedade brasileira, e aos atingidos em primeiro lugar. Dentre elas a resposta aos questionamentos de quem era a responsabilidade, ou quais os responsáveis, por tamanha

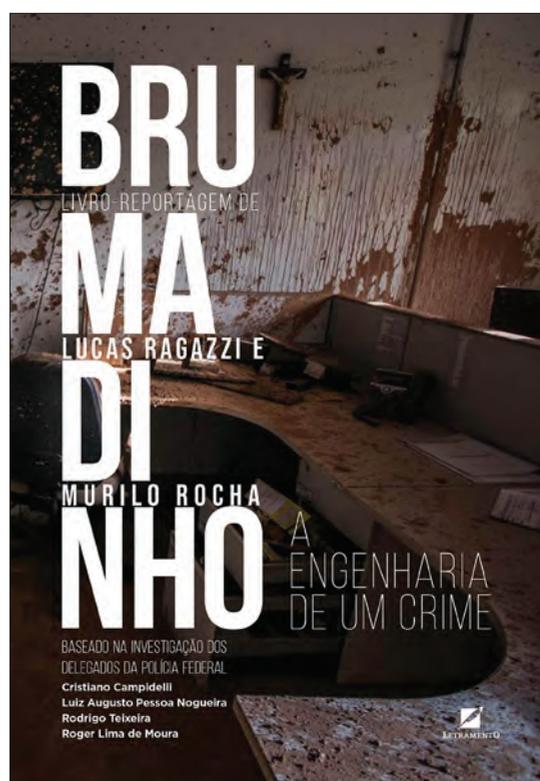


Fig. 1 - Frontispício do livro "Brumadinho - A Engenharia de um Crime".

Fig. 1 - Frontispiece of the book "Brumadinho - The Engineering of a Crime".

destruição? Que punição caberia a esses culpados? Foi um acidente ou um crime? A empresa Vale era proprietária da barragem rompida em Mariana e da que rompera em Brumadinho. Isso constitui mero acaso ou poderia apontar para o fato de que se tinha muito conhecimento de causa para permitir que Brumadinho se rompesse em tão curto espaço de tempo do ocorrido em Mariana? E, por isso, os dois casos, Mariana e Brumadinho, não devem ser vistos, ou analisados, de forma isolada.

Juntos, esses dois eventos representam a face mais fria ou o lado mais cruel do sistema capitalista em que, de acordo com os autores, as legislações parecem ser feitas conforme os interesses dos “minotauros das grandes corporações da mineração”. No caso brasileiro, pesa ainda o fato de os grandes empreendedores pleitearem, com respaldo de uma elite política, um Estado mínimo sem que, até o momento, não se tem, nunca teve, um Estado que cumpra as obrigações básicas de gestão da segurança de territórios sob riscos.

A obra de Lucas Ragazzi e Murilo Rocha, chamada de Livro-Reportagem, permite ao leitor acompanhar a complexa trama para desvendar o caso do rompimento de Brumadinho, com base em lembranças de pessoas atingidas, inquéritos, depoimentos e legislações. Mas, constitui também um “[...] *registro documental com base num árduo trabalho de investigação policial e jornalística* [...]” como é exposto pelos autores na seção intitulada POR QUE ESTE LIVRO?

O resultado desse investimento por parte dos autores, exposto aqui, está dividido em XVII capítulos, além de uma seção denominada POSFÁCIO - DISTOPIA e um final que apresenta uma série de imagens e mapas bastante reveladores de um cenário cruel, no qual a face mais estúpida do sistema capitalista é posta à mostra quando se percebe a morosidade no processo investigativo que demanda respostas urgentes para proteção e justiça às vítimas, mas, que a julgar pela situação semelhante em Mariana, cerca de três anos antes, as famílias atingidas deverão contar com a esperança de que dias melhores poderão vir. Quando? Uma boa pergunta para ser respondida a partir da leitura dessa obra que nos permite uma série de reflexões pessoais, que podem servir de referência para outros territórios onde a extração mineral se faz muito presente e nem sempre seus riscos estão explicitados pelo poder público e/ou desconhecidos pelas populações ameaçadas.

No capítulo I, denominado “*A terra em colapso*”, os autores narram o impressionante momento do rompimento da barragem I, da mina Córrego do Feijão, de propriedade da companhia Vale, em Brumadinho, a partir da observação de imagens de vídeos que registraram o momento. As imagens revelam, por um lado, o poder destruidor da onda de lama liberada pelo rompimento e, do outro lado, a condição vulnerável e a incapacidade de defesa de tudo que está no caminho da lama. Nesse caso específico, a dor pela perda de vida, humana e não humana, diante da “*tsunami*” de lama que levou menos de 1 minuto, quiçá, metade disso, para expor o significado de uma barragem de rejeitos de mineração construída em local com presença de pessoas, moradores ou trabalhadores, sem tempo hábil para se salvarem em caso de rompimento.

O capítulo II, traz o título “*Rompeu de novo*”, que reflete a forma como a notícia do rompimento da barragem

começa a circular e mobilizar autoridades as quais, com toda certeza, teriam que dar resposta à sociedade. Alguns em momento de descontração em uma mesa de bar, receberam a mensagem, via celular, informando sobre o rompimento, porém, até aquele momento, acreditavam que fosse algo mais simples. Do outro lado da linha, o portador da notícia parecia não deixar dúvida de que se tratava de algo, talvez, tão trágico, quiçá, pior que o desastre de Mariana em 2015. A expressão de quem recebia a mensagem na mesa de boteco deixava todos apreensivos ao ouvirem: “*Ixe, rompeu de novo. Outra barragem. Desta vez, da Vale, em Brumadinho*”. Este capítulo apresenta informações sobre os primeiros instantes pós rompimento da barragem, os poucos resgates de pessoas com vida entre os mais de 300 atingidos e 270 mortos. Também elucida o projeto expansionista da Companhia Vale, nascida em Itabira, Minas Gerais, com sua ambiciosa meta de superar gigantes do setor minerário. Nesse projeto evidencia-se o maior interesse da Vale, qual seja, a mina do Córrego do Feijão em Brumadinho, com vistas a atender à crescente demanda da Europa por minério de ferro.

No capítulo III, o título “*Vamos prender todo mundo*”, expõe os bastidores das investigações quanto aos responsáveis pela tragédia de Brumadinho. Ministério Público Federal, Ministério Público Estadual e Polícia Federal precisavam dar respostas urgentes à sociedade tendo em vista que até aquele momento o desastre de Mariana, ocorrido em 2015, ainda não havia sido solucionado e isso poderia representar uma razão para revolta da sociedade. Um telefonema anônimo de um funcionário da Vale, revoltado pela perda de um parente em meio a lama e sua indignação pelo que chamou de omissão da direção da empresa, indicava possíveis responsáveis pela tragédia e isso dava origem a um procedimento que levaria às primeiras prisões e detenções para averiguação de responsabilidades

O capítulo IV, intitulado “*De volta a Fundão*”, faz uma retrospectiva do caso do rompimento da barragem de Fundão, da Samarco, em 2015, para expor o quão grave foi o desastre de Brumadinho. Essa análise investigativa integrada, de Mariana e Brumadinho, ensina que tanto o setor minerário no Brasil, quanto o Poder Público Federal e Estadual, não aprenderam muito, com a experiência de Mariana. Se tivessem aprendido algo, a tragédia de Brumadinho teria sido evitada ou, pelo menos minimizada em termos de perdas de vida.

No capítulo V, “*enterrar seus mortos*”, observam-se relatos emocionantes das primeiras horas que sucederam à tragédia em Brumadinho que expõe a agonia de familiares em busca de notícias que pudessem aliviar a dor de não ter encontrado seu parente ou amigo, ou colega de trabalho em meio a lama. Esta notícia, por vezes, chegava, mas, levando ainda mais dor aos parentes, ao detectarem que de seu ente querido só se encontrava parte do corpo. Por

vezes só um membro. Isso da a dimensão da força da onda de lama e, principalmente da crueldade que representa o descaso dos responsáveis por essas obras, com os moradores e trabalhadores em condições vulneráveis em função da presença da obra.

O capítulo VI, “*de Mariana a Brumadinho*”, expõe o grande esforço da companhia Vale, para retomar seu ritmo de crescimento aos níveis anteriores ao desastre de Mariana. Isso mobiliza chefes de Estado, Poder público nos estados e na federação, bem como, funcionários experientes no alto escalão da empresa. Os rendimentos reduziram drasticamente após o desastre de Mariana conhecido, até então, como um dos maiores desastres ambientais do Brasil, com um saldo de 19 mortos e contaminação das águas do rio Doce, responsável pelo abastecimento de diversos municípios de sua bacia. A lama percorreu uma extensão inimaginável para uma tragédia como o rompimento de uma barragem e chegou até o oceano atlântico, no estado do Espírito Santo. As investigações de Mariana corriam a passos extremamente lentos. Tanto que até aquele momento não se conseguiu, sequer, constituir uma Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) para investigar as responsabilidades pelo desastre. Tudo isso é esclarecido nesse capítulo. Os autores constataram que a participação do setor minerário nas eleições de 2014, foi algo extremamente significativo: “*na eleição de 2014, quando ainda eram permitidas as contribuições de empresas a Vale havia dado dinheiro para campanhas eleitorais em 25 Estados diferentes*”. De acordo com os autores, recursos da ordem de 82 milhões de reais ajudaram na eleição de 257 agentes políticos naquele ano, tanto de esquerda quanto de direita. Entre os presidenciáveis, 03 dos candidatos com maiores chances de serem eleitos receberam recursos da Vale para financiar suas campanhas, ou seja, qualquer um dos três que fosse eleito teria essa “dívida” com a empresa. Nesse contexto, a Vale foi reconstruindo seu espaço após a tragédia de Mariana e, sem grandes embaraços por parte dos políticos, conseguiu chegar, em 03 anos desse acontecimento, a uma valorização de 258% de seus papéis na bolsa de São Paulo. Outro desastre naquelas proporções era o que poderia abalar novamente a estrutura da empresa, mas isso, no discurso dos empresários e funcionários do alto escalão repassado à sociedade, estava fora de cogitação.

No capítulo VII, intitulado “*a barragem é insegura, e a vale sabe disso*”, tendo em vista o que se viu no capítulo anterior em que a empresa Vale envidava esforços no sentido de passar uma imagem que apresentasse o quanto ela estava recuperada dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, agora o que se pode de fato perceber é que tudo aquilo não passava de uma espécie de maquiagem. Seu cotidiano era, na verdade, um cotidiano de incertezas. Os autores aqui apresentam um trabalho minucioso de coletas de dados

no qual enfatizam eventos que debatem a questão da segurança nas barragens da Vale e o fato de que, nesses eventos, terem sido revelados dados que colocam em xeque essa segurança, ou seja, fazendo jus ao título desse capítulo, a barragem B1, da mina do córrego do Feijão, era insegura. Esse fato foi provado por dados técnicos e, o pior, a Vale sabia disso. Eis a questão: por que deixou romper? Esse capítulo é bastante revelador. Informa sobre as manobras para aquisição de um documento denominado Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), que se constituía numa condição fundamental para que a Vale conseguisse o direito de dar continuidade nas obras nessa área, mesmo sabedores da condição desfavorável. São mensagens de e-mails, rescisão de contratos, alteração do fator de segurança (que nas entrelinhas pode ser pensado como tendo sido uma maneira fraudulenta), enfim, tudo atesta a condição precária da barragem, mas tudo é feito para encobrir sua real condição e conseguir um documento torpe que a faz parecer segura. São muitos “vai-e-vem” de informação, de desinformação, de trocas de acusações que mais contribuíam para ocultar os fatos do que para esclarecê-los. Para a empresa a única decisão que interessava era a continuidade das obras, a despeito de todos os sinais que a mesma dava de insegurança... até que naquele fatídico dia 25 de janeiro de 2019, a farsa caiu, juntamente com o rompimento da barragem.

O capítulo VIII, “*um alerta externo*”, apresenta Maria Teresa Corujo, angolana, radicada no Brasil desde os 15 anos representando o Fórum Nacional da Sociedade Civil nos Comitês de Bacias Hidrográficas (FONASC-CBH), a qual, juntamente com outros ambientalistas, lutou contra as atividades minerárias em áreas de grande expressão ambiental. No dia 11 de dezembro de 2018, ou seja, às vésperas do desastre de Brumadinho, Corujo entra em uma reunião da Câmara de Atividades Minerárias do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), “disposta a pelear mais uma vez”. Derrotada pelos pares a ambientalista registra em ata seu repúdio às decisões do COPAM que fizeram prevalecer o interesse das empresas.

No capítulo IX, intitulado “*ninguém dorme*” é exposta a fragilidade do sistema de auditoria e fiscalização sobre o setor minerário no Brasil. Isso se confirma diante da ocorrência de diversos processos de evacuação de pessoas em povoados ou cidades sob a ameaça de novos rompimentos de barragens de rejeitos, cujo pânico se reverte ao então recente desastre de Brumadinho. Medo, angústias e incertezas marcam a nova rotina de moradores, por exemplo, de Nova Lima, especialmente no distrito de Macacos, assim como no município de barão de Cocais, dentre outros, todos ameaçados pela presença de barragens de rejeitos em seus territórios e uma onda de informações desencontradas sobre a segurança nessas obras. Isso mostra que depois de Mariana e Brumadinho, o sossego de pessoas que vivem

em área com presença de barragens de rejeitos, jamais será o mesmo. E não poderia ser diferente tendo em vista que as empresas manipulam as informações quanto a segurança das obras de forma a beneficiá-las como foi bem apresentado no capítulo VII.

O capítulo X, “*ataque ao crime*”, é um capítulo breve, porém, extremamente importante à medida que revela os bastidores do andamento das investigações pós rompimento de Brumadinho. Fica claro aqui que “[...] *pelo menos desde novembro de 2017 a Vale sabia do alto risco de rompimento de B1* [...]”. como se não bastassem as informações que atestavam que de fato a empresa sabia desse alto risco, agora, pós rompimento, ainda persiste sua atuação na tentativa de acuar funcionários, destruir provas e omitir informações que incluíam, além de Brumadinho, a realidade de outras obras dessa natureza espalhadas pelo Estado.

No capítulo XI, “*sob pressão*”, continua a revelação dos bastidores da investigação quanto a responsabilidade pelo crime de Brumadinho, terminologia que é comum entre os moradores da cidade de Brumadinho, principalmente aqueles que ocupam alguma postura de oposição à empresa. Dessa vez, o alvo das investigações é o alto comando da empresa Vale.

No capítulo XII, intitulado “*em busca das últimas ‘joias’*”, outros bastidores são enfatizados. Desta vez é exposto o enorme esforço do Corpo de Bombeiros, passados sete meses da tragédia, para tentar encontrar as últimas 22 pessoas tragadas pela lama, ou seja, as últimas joias. Até aquele momento, apesar das condições desfavoráveis de trabalho árduo, nenhum registro de contaminação de bombeiros havia sido percebido, quer dizer, uma notícia considerada mais leve em meio a tanto horror causado pelo rompimento da barragem. Isso é significativo na tarefa de encontrar as, agora, 21 joias restantes que era o número de pessoas desaparecidas até a data de 20 de setembro de 2019, data em que os autores desse livro concluíam a sua obra. Segundo a Defesa Civil de Minas Gerais em abril/2020 eram 259 mortos e ainda 11 desaparecidos na lama.

O capítulo XIII “*jogo de empurra: os depoimentos*” elucida o que é chamado de quebra-cabeças, para se referir ao trabalho da Polícia Federal para desvendar as causas do rompimento da barragem 1, em Brumadinho. A Vale aponta o dedo para a Tüv Süd, empresa responsável pelos laudos de estabilidade da barragem B1. Os funcionários da empresa diziam não ter responsabilidade sobre toda a mina do Córrego do Feijão e que agiam sempre tomando como base os laudos de segurança emitidos pelos auditores externos. Por seu turno, sentindo-se acuada, a empresa alemã Tüv Süd, devolve as acusações à mineradora “[...] *denunciando pressão e chantagens de dirigentes da mineradora para emissão de qualquer custo das declarações de estabilidade*”. Essa é a essência desse capítulo. Contam com essa estratégia

para postergar responsabilidades, cair no esquecimento, dificultar as apurações, ganhar tempo para novas estratégias, desviar do essencial: cuidar e proteger famílias e comunidades agredidas.

O capítulo XIV, que se intitula “*os desastres vêm primeiro, as leis, depois*” expõe a quase inexistência de leis sobre as atividades minerárias desde o Brasil colônia aos dias mais recentes. Uma situação que começa a mudar dado ao aumento substancial de “acidentes” com vítimas fatais ou sérios danos a moradores, trabalhadores, meio ambiente, principalmente, a partir do final do século XX e início do século XXI. O que talvez seja considerado como marco para essas mudanças foi a criação da lei 12334, de setembro de 2010, atualizada pela Lei n.º 14.066, de 30 de setembro de 2020, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que inova, inclusive, ao criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Todavia, os autores mergulharam a fundo em busca de averiguar o quanto as leis poderiam contribuir com a redução dos danos causados por eventos ligados a barragens, agora com a existência de leis mais severas sobre as atividades do que dizem ser um dos principais motores de aquecimento interno da economia do Brasil, a mineração. Assim, observam que não seria somente a inexistência de lei que implicaria o maior entrave para a redução desses desastres e seus danos potencialmente associados. Tão importante quanto a lei, é necessário um esquema rigoroso de fiscalização, da obra e da implementação da lei, como evidenciam os desastres de Mariana e Brumadinho.

Já no capítulo XV, “*à espera de justiça*”, ainda persiste o chamado jogo de empurra e as investigações para apuração dos fatos e apontamentos dos culpados pelo rompimento da barragem 1, da mina do córrego do Feijão. “*Para o MPMG, havia um comando claro de potencializar ao máximo a produção* [...]”. Esse comando, aludido pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais, partia, de acordo com os autores, da cúpula da Vale para todas as suas minas e tinha o objetivo de colocar a empresa à frente de suas duas principais concorrentes. A ordem de potencializar a produção, de acordo com a Força-Tarefa que investigava o caso, “[...] *saía do alto comando da mineradora, chegava ao chão da fábrica e voltava para o andar de cima*”. Esse é o ponto crucial das investigações após a tragédia de 2019, ou seja, saber “[...] *se o fluxo de informações no caso da segurança de barragens percorria o mesmo caminho, se se desviava ou parava em algum lugar*”.

O capítulo XVI, “*IN MEMORIAN*” é muito objetivo e merecido. Aqui é feita uma homenagem a cada um dos 270 mortos na tragédia de Brumadinho, cujos corpos, ou fragmentos de corpos foram identificados até 20 de setembro de 2019, quando os autores terminavam esse livro. A homenagem consiste na citação dos nomes completos e a ligação dessa pessoa, por empresa ou

por condição de morador de comunidade próxima, proprietário ou hóspede da Pousada Nova Estância. O capítulo finaliza nominando também nominando também a pessoa cujo corpo ou segmento corpóreo não havia sido encontrado até aquela data.

O capítulo XVII, último a compor essa obra, denomina-se “*o que diz a Vale*”. Tendo como base uma série de documentação pelos órgãos de investigação, além de entrevistas e depoimentos de sujeitos envolvidos, de forma direta ou indireta, com a rotina de gestão, monitoramento e validação das condições da barragem 1, da mina do Córrego do Feijão, os autores, de forma justa, deram voz também à Vale como forma de garantir sua réplica ao que foi levantado nas investigações e exposto nesse livro. Assim, no final de julho de 2019, a partir da apuração dos fatos, foi enviado à Vale um conjunto de 13 questões, muito bem elaboradas e que demandavam esclarecimentos urgentes tanto para as famílias atingidas, quanto para a justiça e, também, para a sociedade de modo geral. Este capítulo traz, assim, a íntegra das respostas fornecidas pela Vale, quase dois meses após ter recebido o questionário. Nesse momento, os autores já estavam em vias de editarem a obra, mas tomaram a decisão de publicar, na íntegra, as respostas da Vale, “assegurando-lhe o direito do contraditório”, conforme princípio jurídico fundamental do processo judicial moderno.

Há ainda a seção denominada “*Posfácio - Distopia*”. Essa parte do livro, finaliza uma obra que deve ser divulgada por sua grande contribuição para a busca de entendimento da complexa atividade minerária no Brasil, iniciada ainda no século XVI e que se tornou cada vez mais presente no país até os dias de hoje, deixando sempre suas marcas sangrentas ao aniquilar vidas, contaminar rios, destruir vegetação natural, impor insegurança aos seus próprios trabalhadores etc. Mariana e Brumadinho expõem o significado de desenvolvimento da forma como é interpretado pelo poder público, bem como, pelos empreendedores, ou seja, a continuar no ritmo que alcançou desde o século XVI ao momento atual, a continuar com a manipulação de dados para se conseguir direitos de continuidade das explorações, a continuar com atos de financiamento de políticos que podem se transformar em “cale-se” em casos de atribuir responsabilidade etc. em breve não falaremos em mar de lama e sim em oceanos de lama. Os autores apontam o fato de que aos partidos políticos, financiados pelas mineradoras, nesse caso, o compromisso é muito mais com sua fonte financiadora e de certa garantia de reeleição, do que com a própria segurança das pessoas. “*O dinheiro da mineração sempre alimentou o poder público e comprou a conviência de políticos com a atividade*”.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



LAMA, O CRIME VALE NO BRASIL - A TRAGÉDIA DE BRUMADINHO

197

Hudson Rodrigues Lima

Universidade Federal de Uberlândia, Escola de Educação Básica (Brasil)  
ORCID 0000-0002-8264-8059 [hudson.lima@ufu.br](mailto:hudson.lima@ufu.br)

Vicente de Paulo da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia (Brasil)  
ORCID 0000-0002-4721-1839 [vicente.paulo@ufu.br](mailto:vicente.paulo@ufu.br)

A escolha desta recensão sobre o documentário “Lama, o crime Vale no Brasil - A Tragédia de Brumadinho” (fig. 1), uma produção de Carlos Pronzato e Richardson Pontone, Salvador/BA, Brasil: La Mestiza Audiovisual e Usina Hiperfídia, 2019. Documentário (1:17 min.), disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Sok8jGwPIY> e que trata da chamada “Tragédia de Brumadinho” se deve pela riqueza da abordagem de aproximadamente cinquenta entrevistados. Eles deram voz à população silenciada, pouco ou nunca ouvida, sobre suas impressões durante o processo crítico, antes, durante e depois do colapso da barragem B1 da mina Córrego do Feijão, de propriedade da mineradora Vale, ocorrida em 25 de janeiro de 2019 no município de Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. A referida tragédia é a maior ocorrida no Brasil e possivelmente em todo o mundo e seus reflexos continuam em curso e são praticamente desconhecidos.

Em tempos valorizados pela informação e comunicação por meio imagético, considera-se que um documentário torna-se uma das ferramentas principais para informar, esclarecer e suscitar trabalhos científicos que possam analisar e tecer conhecimentos contributivos para maior eficiência no conhecimento de riscos e sua gestão, em territórios fragilizados pela apropriação indevida do espaço mineral. Segundo a própria empresa Vale, nascida no estado de Minas Gerais, como uma de nome Companhia Vale do Rio Doce, no ano de 1942; privatizada em maio de 1997, no governo do ex-presidente Fernando Henrique Cardoso, “A Vale é uma mineradora global que transforma recursos naturais em prosperidade e desenvolvimento sustentável. Com sede no Brasil e atuação em cerca de 30 países, a empresa emprega aproximadamente cerca de 125 mil empregados, entre próprios e terceiros permanentes” (2020). Percebe-se por esta apresentação da empresa a escala territorial alcançada por ela em todo o mundo e, por isso, possivelmente a crise ocorrida em território brasileiro possa repetir-se em outros países. Assim é importante conhecer o que os moradores, ameaçados e atingidos na tragédia de Brumadinho, bem como especialistas e ativistas ambientais, têm a revelar sobre o problema do modelo de exploração mineral vigente.

“Por obrigação dela, ela (a Vale) tem que devolver ou nada, ou o corpo do filho da gente que ela tirou. O que eu quero dela é só isso: eu quero enterrar o meu filho”. Este trecho de fala de “Seu Caetano”, morador da comunidade do Córrego do Feijão, abre o documentário. Nota-se na fala do entrevistado um ato falho, termo da psicanálise para expressar o que vem do inconsciente: o uso da expressão “tem que devolver ou nada” traz do íntimo desse pai o sentimento de que “ela”, a Vale, não devolve nada para aqueles moradores, e que para ele, o que de real poderia ser devolvido, como dito pelo morador, o palpável seria o corpo desaparecido do filho em meio à lama do rompimento. Isso



Fig. 1 - Cartaz de divulgação do documentário “Lama, o crime vale no Brasil - A Tragédia de Brumadinho”

Fig. 1 - Poster advertising the documentary “Lama, crime is worthwhile in Brazil - The Tragedy of Brumadinho”.

expressa o grande dilema dos impactos de uma tragédia, a dimensão econômica, o dinheiro, a sobrepor ao mundo emocional dos ameaçados e atingidos.

Após este primeiro relato, segue-se a cena primeira da crise do risco: o colapso da barragem com nitidez de imagens do horror. Na sequência, narrativas de moradores revelam uma das primeiras farsas sobre a segurança de territórios em riscos: a deficiência na comunicação. Os relatos traduzem a ideia do que foi aquele momento, falhas na transmissão de TV, tremores de terra, poeira, falta de energia elétrica e, pior, moradores sem entender o que se passava naquela área, passam a receberem mensagens em seus telefones celulares de que a TV anunciava o rompimento da barragem. Ou seja, onde está nesses fatos a eficiência na comunicação do risco? Saber por terceiros que uma onda de inundação de lama minerária avançava sobre as comunidades e ambientes?

No caos imediatamente ocorrido, é conhecido que um centro de atendimento foi instalado nas proximidades da cidade de Brumadinho. Curiosamente o relato do entrevistado Vanderlei Paulo Caetano, morador de Nova Lima, município vizinho ao de Brumadinho, onde há enorme concentração de atividade minerária, levanta uma suspeita gravíssima, digna de apuração policial. A denúncia de que pessoas que se apresentaram como voluntárias no atendimento às famílias eram, na verdade, “infiltrados” contratados pela empresa Vale, para que ali, no meio do desespero de pessoas, coletassem informações sobre o que ocorria entre a população. Seria esta suspeita verdadeira? Se for verdadeira, por que o uso desta estratégia de uma empresa em momento de uma tragédia? Se for falsa, por que esse sentimento da população de que a empresa pode estar contra ela neste momento de dor e conflito?

O morador Fernando Nunes Araújo, da comunidade do Córrego do Feijão, corrobora e aprofunda as suspeitas e desconfianças em relação à empresa responsável pela tragédia. Expande suas desconfianças sobre o poder público em suas esferas municipal, estadual e federal. Pergunta onde estão os agentes públicos para dar respostas às famílias. Ou seja, se o morador reclama, provavelmente é porque há alguma falha na relação do poder público com a comunidade em relação à atividade econômica naquele território. Isso expõe a necessidade de maior clareza e presença dos governos e do Estado em áreas submetidas a este tipo de risco.

Imediatamente a direção do documentário apresenta a voz da empresa Vale, seu presidente insistentemente ressalta que ela é uma “jóia da sociedade brasileira” e que por mais que o desastre exponha um problema, ela não deveria ser condenada pela população. Este argumento empresarial é recorrente, uma vez que remete à pergunta sempre feita pelo poder econômico: “você é contra o progresso?”. Curioso é que até mesmo parte da população, passa a corroborar com a ideia de que seja um “mal necessário”

correr o risco com o tipo de atividade e de gestão porque o município, o estado e o país necessitam dos recursos oriundos de impostos e da cadeia produtiva que envolve as atividades de um grande projeto de investimento como o do setor econômico minerário.

Relatos de voluntários da saúde e de membro do corpo de bombeiros indicam o quanto o tipo de desastre como o de Brumadinho mobilizam pessoas desconhecidas que se deslocaram de diversas regiões do país, lembrando que o Brasil possui dimensão continental, devido à grande demanda por socorro pós crise instalada. Se por um lado o trabalho voluntário e humanitário seja importante, por outro lado, em áreas com este tipo de risco, o voluntarismo não pode ser a tônica, pois Brumadinho revelou que nem a empresa e muito menos o poder público em suas esferas, estavam preparados para gerir a crise.

Cabe fazer referência à uma trilha sonora utilizada no documentário em que são apresentadas cenas chocantes da lama e dos resgates de vítimas: de autoridades como o governador do estado e do presidente da república a visitarem o local; dos relatos dos chamados “heróis” da tragédia, os profissionais do corpo de bombeiros de Minas Gerais e de outras unidades da federação, que tiveram reconhecimento social por sua insistência em recuperar corpos ou fragmentos de vítimas, de relatos chocantes de vizinhos e famílias que tiveram perdas de seus amigos e parentes; de moradores que no primeiro instante tentavam aproximar da lama e diziam temer estar pisando sobre corpos. Enfim a letra da música “L.A.M.A S/A” é:

“Lama!

Mal começa o ano e já nos deparamos com todo esse drama  
 Mais uma barragem que abre passagem e invade até grama  
 Sai varrendo tudo, mostrando ao mundo a verdadeira trama  
 De um sistema covarde, que mente, corrompe, suborna e engana

Era quase 1 hora, tudo foi embora junto com a gama  
 De minério e barro, foi casa, foi carro, foi bicho e foi cama  
 Em meio ao vazio afetou mais um rio e fica o panorama  
 De um povo que sofre, que fica sem rumo entre o caos e a lama!

A felicidade que me fez sentir  
 Na tranquilidade que morava aqui  
 Tá tudo na lama, agora é só lama!

Toda beleza que causou frisson  
 Monocromatizada por um tom marrom  
 Virou um mar de lama, agora é só lama!

Nesse show de horrores, os grandes senhores demonstram tristezas  
 Mas nos bastidores se borram e se escondem atrás de suas mesas  
 Bateu desespero junto ao destempero em falar da “tragédia”  
 Juntam o “Novo” e o “Bozo”, em voo fretado, pagar de comédia

Um discurso pronto, um certo desaponto e passar por bom moço  
 Pra iludir você, chora até na TV pra mostrar que tá osso  
 Mas a grande sacada é tentar camuflar a verdade que emana:  
 Nos fazer esquecer que, além de Brumadinho, teve Mariana!

Vidas perdidas que não vão voltar  
 Nenhum dinheiro consegue comprar  
 Só compra mais lama, se paga com lama

Prosperidade jamais existiu  
 Missões e valores, ninguém nunca viu,

Por causa da grana, tudo virou lama!  
 A impunidade nos mostra o cenário perfeito do mal  
 A contagem dos corpos é escancarada no lamaçal  
 Sobrando a revolta de quem se abraçou na esperança e aguarda  
 Uma informação, sem auxílio, sem chão, sem respeito, sem nada!  
 Este é um sofrimento que não faz parte do seu dia a dia  
 Negligência, gana por grana de descaso passam a garantia  
 Que o engravatado não vai ser julgado e nem posto em cana  
 Vidas por um triz, já cantava Elis: “É a lama, é a lama!”

Vários massacres que mudam de nome, mas com o mesmo algoz  
 Não vamos ceder, vamos reerguer, ouvirão nossa voz  
 Transformar a apatia em força e empatia e buscar sempre mais  
 É a nossa gente que me dá orgulho das Minas Gerais

O momento é agora, chegou nossa hora, não vão nos calar  
 Estamos cansados de tanta promessa e tanto blá blá blá  
 Errou se pensou que a vida arrancada vale 100 mil  
 Ficou a família traumatizada, nem sei se você viu!

Vamos pra cima, vamos nos unir  
 Está na hora de alguém assumir  
 A conta da lama, de quem é essa lama?!  
 Consciência e luta para reagir  
 Esse é o motivo que nos faz seguir  
 Ressurgir da lama, sairemos da lama!

E mais uma vez ficamos à mercê da máquina extrativista  
 Que prioriza suas riquezas minerais à seres humanos  
 Barragens à montante,  
 Picaretagem à montante,  
 Mortes à montante,  
 Sangue e lágrimas à montante!

O que vale é a justiça!

Seguiremos tocando o barco, juntando os cacos

E ouvirão a voz que ecoa em meio a todo o caos que foi deixado  
 Lutaremos em honra daqueles que tiveram suas vidas ceifadas

Sou eu, sou você

Lembrando sempre que a verdade é uma só:

SOMOS TODOS ATINGIDOS!”

Composição, letra, arranjos produção: Edgar Filho;  
 Intérpretes: Michele Oliveira, Jú Felício, Edgar Filho, Shabê Furtado,  
 Roger Deff e Lucas Uca

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=jGf\\_VLTdqVs](https://www.youtube.com/watch?v=jGf_VLTdqVs)

A inclusão da letra da música é importante nesta recensão uma vez que foi produzida para o documentário pelo projeto Suricato Lab, da capital de Minas Gerais, Belo Horizonte, vizinha do município de Brumadinho e traduz, sobremaneira, o roteiro do documentário.

Imediatamente ao acidente, manifestações de moradores ocorreram na cidade de Brumadinho e reverberaram entre outras entidades, particularmente as que trabalham com os atingidos por Barragens. Letícia Oliveira, do Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), entidade civil muito atuante em todo o país, juntamente com os relatos de auditor do trabalho e moradores, afirmam veemente que a Vale sabia que sua barragem poderia romper. Prova disso, são as reuniões que foram por ela promovidas com moradores, principalmente depois da tragédia de Mariana (2015) e surpreendentemente orientavam os moradores que, caso a sirene fosse disparada, lembrassem de pegar os documentos que foram entregues. Ou seja, na voz dos moradores um indício grave: era de conhecimento da

empresa Vale que a barragem de fato entraria em colapso? Esta dúvida ecoa até os dias de hoje (2020), mais de um ano passado desde o lamaçal, também conhecido como “mar de lamas”, sem que efetivamente o poder público tenha identificado e punido todos os responsáveis e mais, não terem solucionado os problemas sociais decorrentes da tragédia no município.

Uma série de relatos desde moradores, de sindicalistas, de ativistas ambientais até os de cientistas, atestam que a Vale tinha conhecimento que a sua barragem poderia romper a qualquer momento e nenhuma iniciativa incluiu, junto com o poder público, para que as pessoas fossem poupadas do risco trágico que corriam. O conteúdo destes relatos perpassa pela identificação de rachaduras na barragem que minavam água, o reconhecimento da Vale de que em mais de uma centena de seus empreendimentos, oito mereciam esvaziamento, entre eles a de Fundão em Mariana e a de Brumadinho, rompidas em curto espaço de tempo, 2015 e 2019 respectivamente. Enfim, tudo leva a crer que se a Vale sabia do problema ele deixa de ser um acidente e passa a ser um crime. E esta é a grande questão que os moradores e o documentário fazem emergir. A questão existente ainda continua sem resposta.

Outro ponto importante abordado por moradores, ativistas ambientais e comunidades tradicionais dos índios tapaxó, ainda sobreviventes, é o contraponto feito à área denominada na região de “quadrilátero ferrífero”. Esta área é conhecida desde a colonização, até os dias atuais como uma das maiores jazidas minerárias do mundo, não pode ser chamada apenas com esta denominação. A região é rica em mananciais de água devido à característica geomorfológica e muitos reivindicam que teria que ser reconhecida muito mais como “quadrilátero aquífero”. É dessa região que nascem importantes bacias hidrográficas, fundamentais para o abastecimento de água que ultrapassam os limites do território estadual. Se a tragédia de Mariana em 2015 impactou e impacta negativamente os diversos usos de água, desde a região metropolitana de Belo Horizonte, centro e nordeste de Minas Gerais, norte do estado do Espírito Santo até o oceano Atlântico; na tragédia de Brumadinho, a inviabilização de diversas atividades econômicas rurais e urbanas por conta da contaminação do rio Paraopeba, tributário da região hidrográfica do rio São Francisco, seguiu seu curso para o centro e norte do estado, mas segue a contaminar águas, em todo o seu trajeto até a região nordeste do Brasil, onde localiza-se a sua foz no oceano Atlântico, nas divisas estaduais de Sergipe e Alagoas.

Para alguns especialistas entrevistados, houve aproximadamente 250 hectares de áreas florestais atingidas pela espessa lama, que inviabilizou o geossistema hídrico da região. Para uma parte dos especialistas, há a avaliação de que a recuperação é impossível e para outra parte ela é possível, mas em ambas as posições exigem grandes somas de investimento financeiro, científico e

governamental. Esta situação remete a uma outra ordem da tragédia, a de uma herança maldita que compromete uma série de atividades econômicas.

A questão que envolve o licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais foi abordada no documentário por diversos profissionais, colocando em dúvida a idoneidade na produção dos documentos que o compõe. Alertam sobre casos de cooptação das empresas de avaliação ambiental por parte dos empreendedores e que setenta por cento dos deputados estaduais, por onde passa a aprovação da legislação ambiental estadual, são financiados por mineradoras, impondo assim a supremacia dos interesses privados sobre bens públicos, a exemplo das riquezas minerais, em detrimento da segurança dos sistemas sociais e naturais.

A criminalização da Vale é outro aspecto abordado pelos entrevistados moradores e especialistas, como advogados, jornalista e ativistas ambientais, os quais denunciam a dificuldade experimentada no caso da Tragédia de Mariana, a se repetir na Tragédia de Brumadinho, com os processos criminais que nunca chegam a culpabilizar as mineradoras. Ainda neste aspecto há o questionamento sobre o preconceito jurídico entre o tratamento de vítimas pobres diferenciadas de vítimas ricas. Em Brumadinho percebe-se que as vítimas ricas têm conseguido arrancar algumas recompensas de danos e perdas, o que não é comum entre os mais pobres. Há uma crítica à política de reparação adotada ou por meio de pagamento de multas que, quando pagas, se perdem no caixa do governo, nunca chegando diretamente aos atingidos ou na forma indenizatória; no caso de Brumadinho a oferta de cem mil reais, algo próximo aos 17 mil euros em cotação de maio de 2020. A pergunta lançada pelos entrevistados é: este seria o preço de uma vida? Membro do Ministério Público Estadual, em defesa das vítimas, argumenta sobre a necessidade de políticas públicas, financiadas pela empresa, a fim de fomentar o retorno mínimo e seguro para uma vida digna das famílias, dentro das expectativas que as mesmas tinham antes da tragédia.

O agravante no caso de Brumadinho, segundo o conteúdo do documentário, passa a ser os diferentes interesses e diferentes caminhos jurídicos a serem utilizados pelas famílias de vítimas. Se na justiça criminal cotam-se anos a fim de apelações, recorrer à justiça do trabalho, significa encarar uma infinidade de entendimentos sobre a legislação. Diante disso, a via legal tem demonstrado quão frágil é o direito à vida do cidadão ameaçado e atingido por desastre. O jogo de poder presente na interpretação de leis revela que a solução ética é difícil de ser defendida pela justiça, pois no fundo o que está em jogo é o volume de recursos financeiros a ser destinado, pelo grande projeto de investimento, no bem-estar das pessoas e na recuperação de seus ambientes.

O direito à vida, além da humana, também é presente no documentário. A região atingida pela onda de inundação

era predominantemente rural. Havia vários tipos de criação de animais domésticos e áreas de vegetação preservada onde viviam animais silvestres. Há o relato que, considerando a ética da veterinária médica, muitos animais tiveram que ser sacrificados, outros salvos. Esta questão é fundamental pois pouco existe, em momentos como este de tragédia, aqueles que defendem o direito à vida animal e por que não, da vida vegetal, que se vai e ainda há muito o que ser feito, no campo da justiça, para avançar nesses direitos à vida, para além da humana. Nesta parte do episódio é chocante a cena de uma vaca, ainda viva, atolada e desfigurada pela lama.

Em toda essa realidade complexa da tragédia outros sujeitos sociais aparecem, os grupos geralmente marginalizados pelo poder público e, também, por uma parte da sociedade como um todo. Trabalhadores sem terra também foram atingidos e se tornaram vítimas do desastre. Entretanto, na acusação de ilegalidade deste movimento social, que é e tem que ser entendido como legítimo em uma sociedade desigual como a brasileira e a exemplo de muitos outros países onde a atividade minerária é intensa, continuam duplamente sem direito: da terra para trabalhar e o da reparação ou compensação das terras que foram ocupadas e atingidas pelo desastre.

Outras narrativas tocam na questão do medo da população local em relação aos efeitos da lama de rejeitos na saúde da população e dos ambientes naturais como a poeira e a percolação da água contaminada para os lençóis freáticos. E uma nova questão é posta: se a Vale criou o problema, ele é responsabilidade dela e não da população e do poder público, para dar fim e/ou solução ao rejeito. O depoimento do Jornalista Gustavo Gazzinelli é enfático nesta questão. Junta-se a isso o sentimento de que a Vale é premiada por governos e poderes públicos por serem condescendentes com a tragédia. É dito por profissionais diversos que há uma ilusão sobre os benefícios da grande mineração. A atuação dos grandes projetos de investimento não reverte para as comunidades onde atuam, uma efetiva perspectiva de melhoria de vida, pois alegam que a exportação de commodities do minério de ferro mais retira a possibilidade de desenvolvimento local do que o promove. Especialistas demonstram no documentário que as grandes mineradoras querem a redução de custos em todos os setores e, para isso, descuidam dos processos de gestão dos riscos, com sistemas arcaicos de exploração mineral, desvalorização da mão de obra, enfim há um baixo valor agregado na atividade. No entanto, a carência social é tão grande que mesmo com este padrão de produção, tanto o poder público quanto os trabalhadores acabam por supervalorizar a companhia mineradora, pois ela torna-se a única opção de obtenção de recursos, seja na forma de emprego, renda e arrecadação de impostos, pois tensiona, ameaça e dificulta outras atividades que poderiam de fato desenvolver, de forma diversificada, a economia local.

O fato da empresa Vale ter sido privatizada no movimento neoliberal da década de 1990, no Brasil, o documentário aborda se uma possível atuação segura de seus negócios para as comunidades onde atua estaria relacionada em voltar a ser estatizada ou continuar privatizada. Os especialistas colocam em dúvida as duas condições de propriedade. Parecem ir em direção a uma discussão ética e moral, o que parece não existir na lógica do capital, que inclusive contamina governos conservadores, liberais e progressistas. E mais, que o desafio posto no Brasil e no mundo é o de exigir modelos tecnológicos da mineração menos arriscados do que os existentes. E fica claro que a mineração praticada em Minas Gerais, nos últimos 70 anos, não foi ética com as comunidades e com os ambientes, necessitando de apuração do volume de lucros acumulados e exigir que cesse sua exploração e invista nas áreas degradadas social e ambientalmente.

De acordo com os entrevistados, o cessar da mineração, por esgotamento das jazidas e/ou como forma preventiva contra novas tragédias, exige políticas públicas de planejamento e ordenamento do território no sentido de criar condições de atividades econômicas diversificadas, possibilitando a independência da atividade única com base na mineração. Apontam, por exemplo, para a vocação regional da agroecologia e do turismo ecológico, devido as características ambientais de montanhas, floresta tropical, campos rupestres, mananciais de água, córregos e rios encachoeirados, comunidades tradicionais de indígenas, quilombolas, rurais; gastronomia peculiar, dentre outros aspectos.

Aproximando do final do documentário, é apresentada uma suspeita séria. A de que a Vale em acordo, possivelmente secreto, com a Secretaria Estadual de Meio Ambiente, sabedora dos problemas com suas barragens perigosas, havia construído um texto de lei para planejar o descomissionamento das mesmas. Prova é que o texto foi aprovado dois dias depois da tragédia de Brumadinho. Moradores e especialistas argumentam que esta alternativa parece demonstrar que a nova legislação é altamente lucrativa para a mineração, uma vez que libera reusos das áreas de mineração, o que pode indicar o surgimento de novos tipos de riscos.

“Lucro acima de tudo e lama em cima de todos” é a fala da entrevistada do movimento Águas e Serras de Casa Branca, Carolina de Moura, trocadilho do lema do governo federal atual que diz “Pátria Amada Brasil - Brasil acima de tudo, Deus acima de todos”, para expressar o medo da população em relação ao seu presente e ao seu futuro, bem como expor a desesperança de que algo será feito pelo bem das pessoas e ambientes, uma vez que se refere à tragédia de Mariana onde pouco ou nada foi recuperado, mitigado ou compensado pela mineração e governos. A moradora de Córrego do Feijão, Dona Vicentina, finaliza o documentário com uma frase: “na

hora que acabar isso aí, esse barulho de helicóptero, que esses corpo de bombeiro for embora, esse policiamento, todos forem embora, a gente vai ficar esquecido aqui”, seus olhos se enchem d’água e termina o documentário. Essas ideias como as de Carolina e Dona Vicentina são recorrentes por quem é atingido por uma tragédia: o esquecimento social.

O título do documentário: Lama, o crime vale no Brasil é bastante pertinente. A expressão “o crime vale” traduz o relato dos entrevistados explicitados nesta recensão e cabe ao leitor refletir sobre a dúvida que paira sobre as atividades de grandes projetos de investimento: crime ou fatalidade?

Há exato um ano desde a Tragédia de Brumadinho de 25 de janeiro de 2019, um grupo de pesquisadores do Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Riscos em Grandes Empreendimentos (NEPERGE), do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais, Brasil), esteve em Trabalho de Campo na referida região. Verificou-se que quase nada, além de algumas compensações financeiras e algumas obras de recuperação de cursos d’água, foi feito em benefício efetivo para as famílias vitimizadas. Nas andanças do grupo na área impactada pelo desastre, paisagens destroçadas ainda assustam o visitante. O Grupo, vigiado o tempo todo por seguranças em automóveis contratados pela Vale, ainda conseguiu circular entre os destroços e lama petrificada com rejeitos. Na imagem de uma residência (fig. 2), seus elementos podem expressar por si o despertar de pensamentos e sentimentos, de pessoas, vida animal e vegetal, por onde passou o “mar de lama”.



Fig. 2 - Escombro de uma residência às margens do Córrego do Feijão na comunidade Parque das Cachoeiras, Brumadinho, Minas Gerais, Brasil (Fotografia de Hudson Rodrigues Lima, janeiro de 2020).

Fig. 2 - Remains of a home on the outskirts of the Córrego do Feijão in the Parque das Cachoeiras community, Brumadinho, Minas Gerais, Brazil (Photograph by Hudson Rodrigues Lima, January 2020).



## NOTA DE ABERTURA

Luciano Lourenço .....	3
------------------------	---

## IN MEMORIAM

Victor Quintanilla (1939-2020) .....	7	203
--------------------------------------	---	-----

## ARTIGOS

<b>Charles Alexandre Souza Armada</b> Os desastres ambientais de Mariana e Brumadinho em face ao estado socioambiental brasileiro .....	13
<b>Bruna Carolina de Melo Almeida, Aloysio Portugal Maia Saliba e Daniel Conde</b> Estudo de ruptura hipotética de barragens através do modelo numérico HISTAV. Caso da barragem de Fundão, Brasil .....	23
<b>Anderson Passos de Souza e Josias Soares de Freitas Júnior</b> A inteligência operacional aplicada aos resgates em desastres: a atuação dos bombeiros no rompimento da barragem de mineração em Brumadinho/MG - Brasil .....	35
<b>Flávio Godinho Pereira, Paulo Henrique Camargos Firme e João Paulo Vieira Cotta</b> Plano de Ação de Emergência de barragens de mineração: evolução, conceito e discussões .....	53
<b>Mariza Ferreira da Silva</b> 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) .....	67
<b>Gustavo Tostes Gazzinelli</b> Imposição de riscos e estado do licenciamento das Minas Gerais .....	93
<b>Jéssica Bianca dos Santos, Regina Magna Franco E Jeani Delgado Paschoal Moura</b> Entre crises ambientais e responsabilidade ética: os casos de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais .....	129
<b>Marcos Antonio de Queiroz Lemos e Márcia Aparecida da Silva Pimentel</b> Mineração e desastres ambientais com rejeitos de bauxita e caulim no município de Barcarena-Pará-Brasil-Amazônia .....	137

## NOTAS

<b>Lutiane Queiroz de Almeida E Francisca Leiliane Sousa de Oliveira</b> Relatos e impressões sobre visitas técnicas às áreas dos desastres causados por rompimento de barragens de rejeito de mineração em Mariana e Brumadinho, Minas Gerais, Brasil .....	157
<b>Carlos Silva</b> Registos audiovisuais de eventos de cariz científico para ulterior utilização em espaços educativos .....	177

## NOTÍCIAS

<b>Bruno Martins</b> V Congresso Internacional de Riscos: Contributos da ciência para a redução do risco. Agir hoje para proteger o amanhã .....	183
<b>Sofia Bernardino e Fernando Félix</b> Formas de comunicação da RISCOS com a sociedade atual .....	187

## RECENSÕES

<b>Vicente de Paulo da Silva e Hudson Rodrigues Lima</b> Brumadinho: a engenharia de um crime .....	191
<b>Hudson Rodrigues Lima e Vicente de Paulo da Silva</b> LAMA, o crime vale no Brasil - a tragédia de Brumadinho .....	197