

Impactos físicos e psicológicos na população de Brumadinho após rompimento da barragem de rejeitos

Physical and psychological impacts on the population of Brumadinho after rupture of the tailings dam

Débora Marques de Miranda¹, Bruna Amélia de Oliveira Coelho², Luana Pacheco Benites³, Gisele de Oliveira Parreira⁴, Ana Júlia Peres de Carvalho⁵, Pedro Natale Ferreira Fernandes⁶

RESUMO

Objetivo: Esta revisão sistemática busca identificar os fatores que podem impactar na saúde das vítimas do rompimento da barragem, em especial aqueles riscos surgidos ou incrementados com a ruptura da barragem de rejeitos em Brumadinho. **Fontes de Dados:** Bases de dados informatizadas, Pubmed, Scopus e Web of Science nos idiomas Português e Inglês, restringindo-se a publicações nos últimos cinco anos. **Critérios de inclusão:** estudos que abordem aspectos relacionados à saúde dos envolvidos na ruptura da barragem de Brumadinho. Foram excluídos estudos que abordassem qualquer tema que escapasse desse escopo. **Síntese dos Dados:** Foram identificadas um total de 157 publicações. Excluíram-se 127 pelo título, por serem duplicatas e pelos critérios de exclusão. Analisou-se 30 integralmente, restando 19(63,3%). **Resultados:** Por meio dos critérios de elegibilidade dessa revisão foram encontrados artigos sobre as consequências do achado de metais pesados nas águas dos rios, como o favorecimento de genes multirresistentes e o comprometimento de fonte de água potável. Também foram descritos os impactos na saúde mental em Brumadinho, pois nota-se que a população está sujeita a efeitos psicológicos traumáticos secundários a desastres ambientais. Por meio dessa busca foi identificado que ainda há a necessidade de novos estudos sobre os impactos da mudança da morfologia hídrica e social para a saúde desses indivíduos. **Conclusão:** Alguns poucos impactos diretos e indiretos já estão descritos na literatura de forma incipiente, de forma que ações de mitigação são necessárias para dirimir os impactos já observados.

Palavras-chave: Desastre; Barragens; Saúde.

ABSTRACT

Abstract: This systematic review seeks to identify the factors that may impact on the health of the victims of the dam rupture, especially those risks arising or increased with the rupture of the tailings dam in Brumadinho. **Data Sources:** Computerized databases, Pubmed, Scopus and Web of Science in Portuguese and English, restricted to publications from the last five years. **Inclusion criteria:** studies that address aspects related to the health of those involved in the Brumadinho dam rupture. Studies that addressed any topic that fell outside this scope were excluded. **Summary of Data:** A total of 157 publications were identified. 127 were excluded by title, because they are duplicates and by exclusion criteria. 30 were analyzed in full and, of these, only 19 (63,3%) were eligible. **Results:** Through the eligibility criteria of this review, articles were found on the consequences of the finding of heavy metals in river waters, such as the favoring of multidrug-resistant genes and the impairment of drinking water sources. The impacts on mental health in Brumadinho were also described, it is noted that the population is subject to traumatic psychological effects secondary to environmental disasters. Through this search, it was identified that there is still a need for further studies on the impacts of changing water and social morphology on the health of these individuals. **Conclusion:** Direct and indirect impacts are shown and that actions are fundamental for their mitigation.

Keywords: Disaster; Dams; Health.

¹ Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, Faculdade de Medicina, Departamento de Pediatria. Belo Horizonte, MG – Brasil

² Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, Faculdade de Medicina, Belo Horizonte, MG – Brasil

³ Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Faculdade de Medicina. Diamantina, MG – Brasil

⁴ Faculdade Morgana Potrich Mineiros - FAMP, Mineiros, GO - Brasil

⁵ Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais - CMMG, Faculdade de Medicina, Belo Horizonte, MG – Brasil

⁶ Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais - CMMG, Belo Horizonte, MG – Brasil.

Editor Associado Responsável:

Aline Dayrell Ferreira Sales

Contribuição dos Autores:

Débora Marques de Miranda : Orientou as etapas de execução do artigo e revisou o que estava sendo feito .

Ana Júlia Peres de Carvalho: Auxiliou na elaboração do artigo , realizou a conclusão.

Pedro Natale Ferreira Fernandes: Auxiliou na elaboração do artigo, realizou resumo e abstract.

Gisele de Oliveira Parreira: Auxiliou na elaboração do artigo, realização da introdução , métodos e discussão.

Luana Pacheco Benites: Auxiliou na elaboração do artigo, realização da introdução , métodos e discussão.

Bruna Amélia de Oliveira Coelho: Auxiliou na elaboração do artigo, realização da introdução, métodos e discussão.

INTRODUÇÃO

Catástrofes ambientais têm sido globalmente frequentes na atualidade. Nas últimas duas décadas, o número de desastres por rompimento de barragens duplicou-se¹. Dois deles ocorreram na história recente do Brasil em um único estado: os rompimentos da Barragem da Mina Córrego do Feijão (Brumadinho) e da Barragem de Fundão (Mariana). O risco de novas rupturas no território brasileiro é real - existindo atualmente pelo menos 45 barragens com risco de deslizamento, dentre elas, cinco de rejeitos¹.

No dia 25 de janeiro de 2019 ocorreu, em Brumadinho, o maior acidente do setor de mineração nacional. Utilizando-se como base outro desastre de mesma natureza no município de Mariana, ocorrido em novembro de 2015, sabe-se da complexidade dos impactos diretos e indiretos na saúde dos indivíduos. É importante ressaltar que tragédias como essas são complexas, não se limitando apenas ao número de mortos e danos imediatos à saúde dos envolvidos, tornando-se necessário identificar o surgimento de problemas antigos e conhecidos, tal como atentar-se ao surgimento de novos problemas ao longo do tempo².

Pesquisadores mensuraram os níveis de múltiplos sedimentos no Rio Paraopeba, diretamente afetado pela ruptura da Barragem da Mina Córrego do Feijão, e constataram elevação dos níveis de vários metais como o ferro (Fe), alumínio, (Al), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e urânio (U), apresentando concentrações acima da permitida pela legislação brasileira^{3,4}. Os peixes expostos à água contaminada acumularam metais no seu tecido muscular, o que sugere um comprometimento e enfatiza a necessidade do monitoramento de longo prazo dos níveis dessas substâncias³. A presença desses sedimentos também propicia um meio ideal para a transferência horizontal de genes bacterianos - inclusive genes de resistência antimicrobianas (ARGs), detectando-se ARGs que conferem resistência a antibióticos, tais como os β -lactâmicos, quinolonas, aminoglicosídeos, entre outros grupos⁵.

Em desastres, a população local tende a ser impactada de diferentes formas. Muitas reações e consequências psicossociais podem ser confundidas com o adoecimento biológico, tais como cansaço intenso, perda de apetite, insônia e dores inespecíficas que são comumente citadas⁶. Em catástrofes, a experiência adversa vivenciada contribui para o desenvolvimento de trauma psicológico. A destruição de paisagem e da mudança na dinâmica social de maneira brusca pode conturbar o sentido de pertencimento do indivíduo com sua terra⁷. Há reações imediatas ou sintomas que podem persistir por um período maior de tempo, como no caso dos Transtornos de Estresse Pós-Traumático (TEPT). Sabe-se que a maior parte da população afetada não apresentará transtornos psiquiátricos em médio e longo prazos, contudo a gravidade e o número dos transtornos que precisarão de intervenção de saúde mental podem ser intensos e demandam cuidados^{6,7}.

Os impactos são numerosos - alguns até difíceis de serem mensurados ou caracterizados como sendo decorrentes do evento. Diversos autores têm pesquisado sobre esses efeitos, entretanto, nota-se que em sua maioria o enfoque é em apenas um único aspecto desse desastre, que influenciará de forma multifatorial a região envolvida. Segundo o plano de manejo de risco para emergências da Organização Mundial de Saúde (2016), o acesso, planejamento e implementação das ações incluem prevenção e mitigação envolvendo toda a sociedade.⁸ Busca-se, por meio desta revisão sistemática da literatura, compilar e relatar impactos já identificados e pontuados

Observação: Todos integrantes participaram na revisão de todas etapas do artigo.

Autor correspondente:

Bruna Amélia de Oliveira Coelho

E-mail: brunacoelho201819@gmail.com

Conflito de Interesse:

Não há.

Recebido em: 27/04/2021.

Aprovado em: 21/06/2021.

Data de Publicação: XX/XX/2021.

DOI: 10.5935/2238-3182.2021e31212

na literatura, relacionados ao rompimento da barragem de Brumadinho sobre a saúde da população local.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática baseada na recomendação Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), norteada a partir da seguinte pergunta: “Quais os efeitos na saúde da população de Brumadinho após o rompimento da barragem?”

A revisão foi realizada utilizando as bases de dados informatizadas Pubmed (U.S. National Library of Medicine), Scopus e Web of Science. Dentre essas buscas ainda foram detalhados no Scopus (Title and abstract and Key), e nas bases Pubmed e Web of Science (All Fields). Os idiomas pesquisados foram em português e inglês, e restringiu-se a data de publicação para os últimos cinco anos, possibilitando uma análise na saúde da população de Brumadinho pré e pós rompimento. Além disso, alguns artigos incorporados à pesquisa foram encontrados em referências de textos resultantes das buscas com os descritores realizadas nas bases de dados citadas. A fonte desses últimos estudos foi caracterizada como “outras fontes” no fluxograma e na tabela. Apesar da restrição de últimos cinco anos nas buscas, consideramos um estudo descrito como “outras fontes”, cuja data de publicação é anterior a esse período.

ESTRATÉGIA DE BUSCA

Para esta revisão sistemática foi utilizada uma combinação de palavras-chaves que atendessem à pergunta da investigação. Utilizaram-se as seguintes estratégias de busca nas respectivas bases bibliográficas: Pubmed, Scopus e Web of Science - (Brumadinho and disaster and dam OR Brumadinho and disease OR dam and Brumadinho). Tais termos foram pesquisados nos títulos, resumos ou descritores. Em seguida, foram utilizados os critérios de inclusão e exclusão, visando a qualidade dos trabalhos a serem analisados.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Como critérios de inclusão, buscou-se estudos que abordassem os determinantes relacionados à saúde dos envolvidos no desastre da barragem, principalmente em Brumadinho, tendo sido usados os seguintes critérios:

- estudos que se enquadrem em artigo científico estruturado;
- estudos que tinham como objetivo analisar os impactos da contaminação ambiental na saúde humana;
- pesquisas sobre os efeitos da elevação de concentrações de metais na água do rio Paraopeba e seus afluentes, avaliando a magnificação nos níveis tróficos da cadeia alimentar ou a seleção de microrganismos patógenos;
- análise dos efeitos de catástrofes ambientais na saúde fetal;
- investigação sobre os efeitos do desastre em Brumadinho na saúde mental dos indivíduos;
- análise sobre as formas de mitigação.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Os critérios de exclusão corresponderam aos aspectos metodológicos que não adequaram à metodologia e estrutura de artigo científico, tendo sido descartados os seguintes estudos:

- reportagens, comentários em revistas científicas e cadernos de saúde;
- artigos que se referiam a aspectos de investigação jurídica das causas do desastre do rompimento da barragem;
- abordagem focada em aspectos ambientais, geológicos e econômicos sem englobar saúde humana;
- estudos para derivar mapas de deslocamento do solo para uso no monitoramento de segurança de barragens relacionados à geoenharia.

COLETA DE DADOS

O estudo consistiu em seis etapas distintas, a saber: (I) estabelecimento da pergunta norteadora da revisão; (II) busca de estudos científicos publicados em bases de dados informatizadas; (III) criação do banco de dados em planilhas Excel, facilitando a visualização dos descritores; (IV) por meio dos critérios de inclusão e exclusão: artigos relevantes por análise de títulos e resumos, leitura crítica de artigos completos de forma aprofundada das partes que realmente contemplavam o tema (título e resumos). Em seguida, houve o registro das informações extraídas dos artigos (autores, ano de publicação, idioma, objetivos, aspectos metodológicos, indicadores utilizados, estratégia de análise dos autores e os principais resultados). Em todas as etapas, três avaliadores independentes participaram do processo e, quando houve discordância, o artigo era lido novamente para reavaliação. Em uma primeira busca, o período da análise foi de um mês e a busca bibliográfica foi realizada de abril a maio de 2020; (V) discussão dos resultados; e (VI) síntese do conhecimento. Respeitando os mesmos métodos, fizemos uma nova busca em Abril de 2021 a fim de atualizar o presente estudo.

RESULTADOS

Na primeira busca, de abril a maio de 2020, por meio da frase descritora 1 “brumadinho and disaster and dam”, foram encontrados 51 artigos (pubmed = 8 + total scopus = 35 + total web of science = 8); na frase descritora 2 “brumadinho and disease”, no total foram encontrados 15 artigos (pubmed = 3 +

total scopus = 11 + total web of science = 1); e na frase descritora 3 “dam and brumadinho” foram encontrados 43 artigos (pubmed = 10 + total scopus = 19 + total web of science = 14). Na busca inicial, foram identificadas 109 publicações no total. Desse total, 60 foram excluídas por duplicata. Além disso, foram incorporados 13 artigos oriundos de outras fontes, tais como referências de artigos encontrados por meio dos buscadores. Em seguida, 49 artigos foram analisados quanto ao título e ao resumo, e 25 deles foram descartados. Após essa avaliação, foram considerados 37 artigos para serem lidos na íntegra nesta revisão. Desses, somente 21 (56,7%) apresentaram elegibilidade para o presente estudo.

Em Abril de 2021, assim como previsto pelo Prisma, refizemos a busca, a fim de deixar presente estudo atualizado. Os resultados obtidos nas etapas de triagem do estudo são representados no fluxograma da Figura 1. Por meio da frase descritora 1 “Brumadinho and disaster and dam”, foram encontrados 57 artigos (pubmed = 10 + total scopus = 26 + total web of science = 21); na frase descritora 2 “Brumadinho and disease”, no total foram encontrados 11 artigos (pubmed = 4 + total scopus = 5 + total web of science = 2); e na frase descritora 3 “dam and Brumadinho” foram encontrados 89 artigos (pubmed = 12 + total scopus = 41 + total web of science = 36).

Na busca inicial, foram identificadas 157 publicações no total. Desse total, 127 foram excluídas por duplicata. Além disso, foram incorporados 13 artigos oriundos de outras fontes, tais como referências de artigos encontrados por meio dos buscadores. Em seguida, 43 artigos foram analisados quanto ao título e ao resumo, e 13 deles foram descartados. Após essa avaliação, foram considerados 30 artigos para serem lidos na íntegra nesta revisão. Desses, somente 19 (63,3%) apresentaram elegibilidade para o presente estudo. A análise desses artigos está sintetizada no Fluxograma da Figura 1. Na discussão, além dos 19 artigos incluídos, também foram utilizados 14 artigos buscados a fim de realizarmos um paralelo com a literatura mundial, somando um total de 33 estudos para o escopo deste artigo. Assim, 11 artigos, encontrados com as frases descritoras e incluídos pelos critérios de elegibilidade, foram sintetizados no Quadro 1.

Em alguns artigos selecionados, foram encontradas limitações. No artigo de Furlan, Santo e Moretto⁵, observa-se que a presença de determinantes de resistência em áreas de contaminação por metais ainda é pouco estudada. Além disso, em alguns locais não afetados pelo rompimento da barragem, há valores ligeiramente altos de metais devido ao longo histórico de poluição nesses locais. Vergilio et al³ propõe que uma das limitações de seu estudo é o fato de os níveis de metais dissolvidos a montante serem resultado de impactos anteriores na região, devido à criação de gado, plantações, urbanização, entre outros fatores. Já no estudo de Thompson et al¹, a mortalidade pode estar associada a outros fatores, como a poluição local dos esgotos e descarte inapropriado do lixo. No de Izidoro et al⁹, as amostras utilizadas na pesquisa foram fornecidas pela Samarco, a mesma empresa em que ocorreu o rompimento da barragem de Mariana.

DISCUSSÃO

É importante ressaltar que apesar do imenso impacto em número de vidas perdidas, o tema é pouco estudado. Alguns paralelos precisam ser estabelecidos com outras situações de desastres e novos estudos devem ser desenvolvidos para que se possa ampliar o conhecimento de riscos e impactos, para

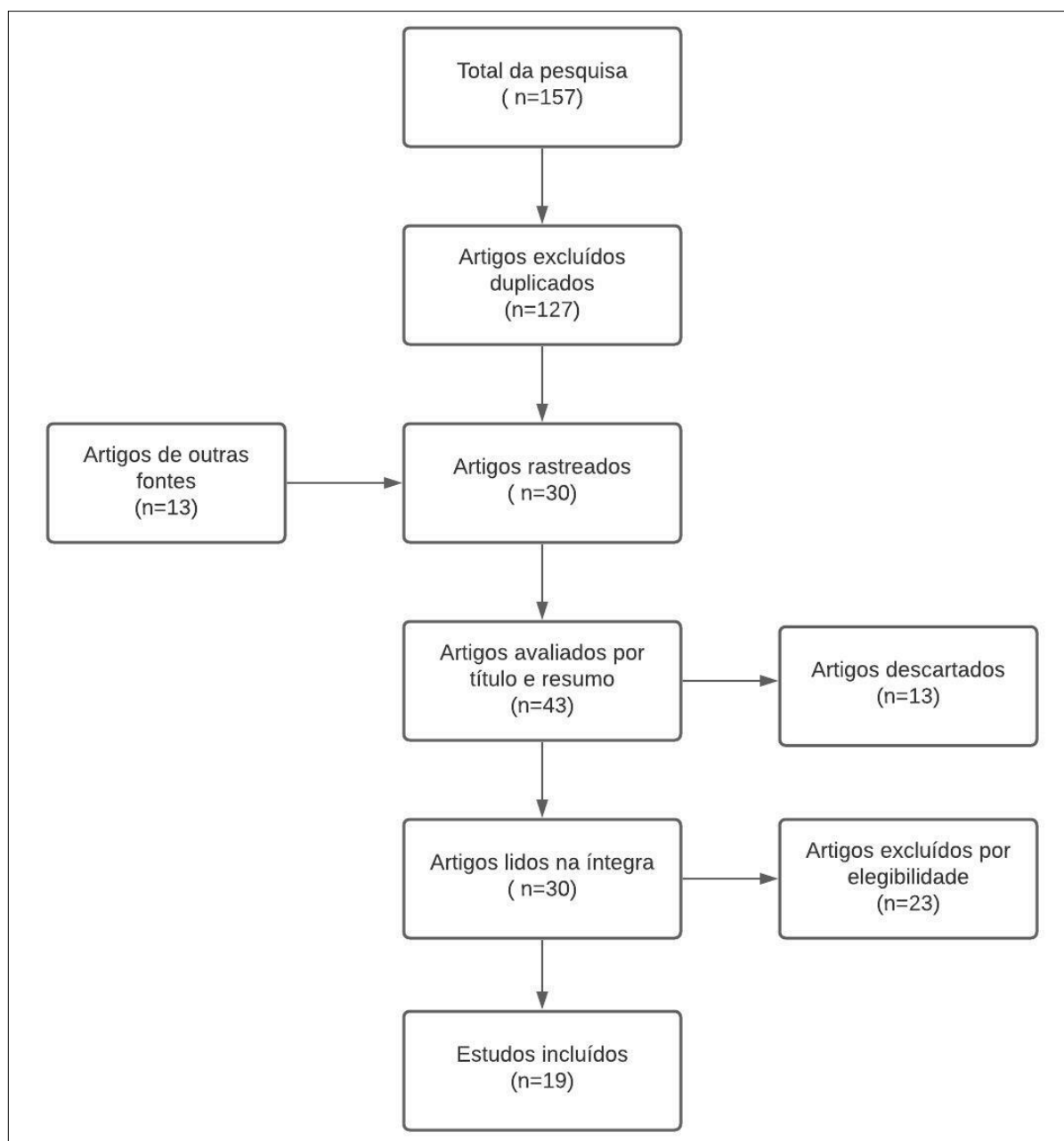


Figura 1. Fluxograma da síntese dos resultados da revisão sistemática.

Fonte: Elaborado pelo autor. Belo Horizonte, 2021.

que, assim, sejam realizadas as ações de mitigação conforme os achados locais. Reconhece-se que este estudo, no formato em que foi concebido, não aborda a totalidade de subtemas existentes sobre o desastre de Brumadinho, visto que houve delimitação dos riscos relacionados ao tema saúde da população especificada, bem como compilar informações que possam facilitar a mitigação dos efeitos da tragédia. Foram desenvolvidas, portanto, restrições que permitissem a seleção de estudos com maior afinidade com o tema desta revisão. Uma das limitações deste estudo foi a restrição da busca pela escolha de descritores específicos incluindo apenas estudos relativos à tragédia de Brumadinho, uma vez que supõe-se que os artigos aparecem com a busca de determinadas palavras-chaves que se referem ao

tema de forma ampla. Apesar das limitações deste estudo, foi possível identificar importantes efeitos na saúde da população afetada pela tragédia da ruptura da barragem de rejeitos ocorrida em Brumadinho.

1) RISCOS À SAÚDE EM GERAL

Foram identificados cinco artigos sobre as consequências dos poluentes nas águas disponíveis localmente. Esses estudos avaliaram as concentrações de múltiplos elementos e os efeitos biológicos em micro-organismos, na água e nos sedimentos do rio Paraopeba, após a ruptura da barragem de Brumadinho.

O rompimento da barragem em Brumadinho foi responsável pelo despejo de cerca de 11 milhões de m³ de rejeitos e lama,

Quadro 1. Estudos considerados na revisão, Objetivos.

Autor / ano / idioma	Título	Objetivo
Furlan et al., 2020/ Inglês.	Occurrence and abundance of clinically relevant antimicrobial resistance genes in environmental samples after the Brumadinho dam disaster, Brazil. (Microorganismos patológicos).	Este estudo teve como objetivo detectar e quantificar genes de resistência antimicrobiana (AGRs) clinicamente relevantes em amostras ambientais após o desastre da barragem de Brumadinho.
Vergilio, 2020/Inglês.	Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil).	O presente estudo tem como objetivo avaliar as concentrações de múltiplos elementos e os efeitos biológicos na água e nos sedimentos do rio Paraopeba após a ruptura da barragem de Brumadinho.
Thompson, 2020/ Inglês.	Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River.	O objetivo da análise foi realizar um estudo biogeoquímico, microbiológico e ecotoxicológico por amostra da água na semana após o desastre e 4 meses depois para divulgar possíveis impactos de curto prazo dos rejeitos de mineração na saúde do Rio Paraopebas.
Mrejen, 2020/Inglês.	Environmental disasters and birth outcomes: Impact of a tailings dam breakage in Brazil.	O objetivo do trabalho foi avaliar se o rompimento da barragem de Mariana em 2015, afetou a saúde dos recém-nascidos que foram expostos aos rejeitos ainda no útero.
Noal, 2019/Inglês.	The mental health impact on individuals affected by the vale dam rupture [O impacto na saúde mental dos afetados após o rompimento da barragem da vale].	Nesses termos, este artigo tem como objetivo fazer uma reflexão crítica com base no relato de experiência de uma das autoras, valendo-se de sua participação na articulação da estratégia de saúde mental e atenção psicossocial juntamente às equipes de gestão e atenção dos três entes federados responsáveis pela resposta na cidade de Brumadinho, bem como na condução das capacitações em atenção psicossocial e saúde mental pós desastres junto aos trabalhadores que estiveram na linha de frente do cuidado do SUS.
Quadra, 2019/Inglês	Water pollution: One of the main limnology challenges in the anthropocene.	Objetivo: neste estudo, revisamos alguns aspectos da grande influência antrópica sobre os ecossistemas: a poluição hídrica. Fala sobre uma visão geral dos metais como poluentes e fala brevemente sobre mitigação.
Freitas, 2019/Inglês	From Samarco in Mariana to Vale in Brumadinho: mining dam disasters and Public Health.	Este artigo procura discutir a complexidade desse tipo de evento para a Saúde Pública e o Sistema Único de Saúde (SUS), utilizando como referência os desastres recentes. "Da Samarco em Mariana para Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. Do ponto de vista da saúde pública, a importância de compreender desastres está ligada não apenas ao número de mortes e danos à saúde imediatos, mas também à identificação do surgimento de novos problemas e necessidades de saúde ao longo do tempo, o que significa que mobilizam quase todo o público.
Asmus, 2019/Inglês	Health and disasters in Brazil: a reflection on the aspects involved in hydrological events and dam rupture.	Reflexão sobre as políticas públicas setoriais envolvidas na gestão de risco de desastres no Brasil, tendo como casos ilustrativos as inundações e o desastre da Vale, decorrente do rompimento da barragem de rejeito de minério em Brumadinho/MG. Também aborda sobre efeitos na saúde humana e ações preventivas na saúde primária.
Izidoro et al., 2019/ Inglês	Synthesis of zeolite A using the waste of iron mine tailings dam and its application for industrial effluent treatment.	O objetivo foi estudar a síntese de zeólitos a partir dos rejeitos de minério e sua aplicação para o tratamento da água.
Teramoto et al., 2019/ Inglês	Metal speciation of the Paraopeba river after the Brumadinho dam failure.	O objetivo do estudo foi avaliar a concentração de metais nas águas do rio Paraopeba e dessorção de metais de sedimentos como meio de realizar a avaliação de risco das águas, usando a técnica de gradiente difusivo em filmes finos (DGT).
Parente et al., 2020 Inglês	First year after the Brumadinho tailings' dam collapse: Spatial and seasonal variation of trace elements in sediments, fishes and macrophytes from the Paraopeba River, Brazil.	O objetivo foi avaliar a contaminação por oligoelementos, incluindo o arsênio potencialmente tóxico (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb), em amostras de sedimentos, peixes e macrófitas aquáticas, a montante e a jusante do local de ruptura da barragem, em estações secas e chuvosas.

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro 1. Continuação, estudos considerados na revisão, resultados e conclusões.

Autor / ano / idioma	Resultados	Conclusões e implicações dos achados principais
Furlan et al., 2020/ Inglês	A contaminação pelos rejeitos da represa de Brumadinho resultou em um aumento na quantidade e abundância de AGRs no meio ambiente.	O episódio do rompimento da barragem representa uma oportunidade para investigar a resistência bacteriana em resposta ao estresse ambiental. Este estudo mostra que o ambiente tem sido um importante reservatório de AGRs clinicamente relevantes e a contaminação pelo rejeito em Brumadinho pode resultar em um aumento na quantidade e abundância de AGRs no meio ambiente.
Vergilio et al., 2020/ Inglês.	Diferenças nas concentrações de metais na água e nos sedimentos entre os lados a montante e a jusante da barragem e testes toxicológicos para diferentes níveis tróficos, de algas a microcrustáceos e peixes ilustram o efeito dos rejeitos no rio Paraopeba após o rompimento da barragem.	Os peixes expostos à água e aos sedimentos contendo minério também acumularam metais no tecido muscular. Essa avaliação enfatiza a necessidade de monitoramento de longo prazo dos níveis de metais ao longo do curso dos resíduos de mineração liberados na área afetada.
Thompson et al., 2020/ Inglês	Na primeira amostragem imediatamente após o rompimento observou-se um aumento de unidades formadoras de colônias microbianas resistentes ao ferro até 115 km a jusante da barragem em maio de 2019. Na segunda amostragem as análises toxicológicas indicaram uma maior taxa de mortalidade de embriões de peixe-zebra de aproximadamente 85% 304 km do local da falha da barragem, como um possível efeito do deslocamento de rejeito do minério de ferro atingindo uma área maior do rio Paraopeba. Peixe Zebra criado em águas contaminadas do rio Paraopeba que sofreu anormalidades fisiológicas.	O estudo evidenciou a alta toxicidade das águas do rio Paraopebas após o desastre da barragem em Brumadinho. Além disso, o crescimento microbiano potencialmente patogênico representa uma ameaça à saúde humana. Portanto, devido às diversas utilidades da água do rio Paraopebas, faz-se necessário um acompanhamento com monitoramento contínuo nas múltiplas áreas da saúde do sistema fluvial para avaliar e intervir por meio de outros projetos científicos de acordo com a necessidade de cada região.
Mrejen et al., 2020/ Inglês	#	Os resultados mostraram que houve relação entre a catástrofe e o maior número de recém nascidos, bem como diminuição no peso dos recém nascidos, devido principalmente ao estresse provocado pela tragédia.
Noal et al., 2019/ Inglês.	Foram observados resultados físicos como cansaço intenso, perda de apetite, insônia e dores inespecíficas e mentais como crise emocional, estresse intenso, que podem ser um potencial traumático, desenvolvendo transtornos a longo prazo.	O modelo de intervenção adotado focou na priorização da atenção imediata, minimizando dessa forma os impactos mentais na população de Brumadinho.
Quadra et al., 2019/ Inglês	#	A demanda de água está aumentando e sua poluição também, é preciso adotar medidas que reduzam a poluição antropocêntrica.
Freitas, 2019/Inglês	#	Os desastres tecnológicos que envolvem contaminantes exigem decisões urgentes. São carregados de incertezas, mas devem buscar acabar ou reduzir as exposições e os riscos, além de tratar de danos e doenças de curto, médio e longo prazo.
Asmus, 2019/Inglês	Trata-se de um estudo descritivo onde, primeiro, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental para identificar os principais fatores que influenciam a ocorrência de desastres, as vulnerabilidades sociais e seus efeitos sobre a saúde das pessoas e sobre os serviços de saúde, bem como seu processo de gestão do risco.	Análise de vulnerabilidades e resiliência devem ser vistas levando em consideração a multicausalidade, políticas públicas influenciam o grau de vulnerabilidade e a capacidade de resiliência de uma população ou região.
Izidoro et al., 2019/ Inglês	O zeólito sintetizado foi testado para o tratamento de efluentes da indústria galvanizadora. A adsorção removeu 98% utilizando 50 ml de solução, 2,5 g de zeólito A 60 min e pH 6,4. A eficácia do zeólito decresce à medida que ele é reutilizado.	O aumento da quantidade de zeólito A em contato com metais em solução aumenta o número de atividades do adsorvente.

Quadro 1. Continuação, estudos considerados na revisão, resultados e conclusões.

Autor / ano / idioma	Resultados	Conclusões e implicações dos achados principais
Teramoto et al., 2020/ Inglês	Os resultados do monitoramento DGT in-situ revelaram que as concentrações lábeis de metais eram baixas em relação às respectivas concentrações totais e dissolvidas. Cálculos de especiação química mostraram que os metais pesados não eram estáveis no rio Paraopeba. Os experimentos de dessorção sugeriram que os sedimentos podem liberar uma quantidade limitada de As e Cu, mas grandes quantidades de Mn na água do rio. Maiores concentrações de Fe e Mn indicou uma possível associação com o impacto dos rejeitos da mina.	Em geral, as concentrações totais de metal durante a estação chuvosa foram maiores do que durante a estação seca, enquanto o inverso foi geralmente o caso de formas lábeis. Este padrão revela que a especiação de metais é intrinsecamente dependente da variação sazonal das condições hidrológicas.
Parente et al., 2020 Inglês	Amostras de sedimentos registraram concentrações mais baixas da maioria dos elementos na seção a jusante do impacto, enquanto uma bioacumulação significativamente maior de Fe, Mn, Ni e Zn em peixes e aumento da maioria dos elementos em macrófitas foi observado, indicando aumento da biodisponibilidade de oligoelementos nesta seção do rio. Por outro lado, nos trechos mais distantes do rio Paraopeba e nos dois grandes reservatórios de barragens hidrelétricas, os efeitos dos desastres não são claros. Nessas seções, as concentrações atuais de substâncias tóxicas elementos em amostras de peixes estão no mesmo intervalo relatado por estudos, realizados antes do rompimento da barragem. A contaminação de chumbo acima do limite de segurança para o consumo de pescado já representava uma questão de saúde pública problema antes do desastre e continua a ser motivo de preocupação.	Concentrações dos elementos potencialmente tóxicos em amostras de peixes em peso úmido foram menores do que aqueles relatados antes do desastre. Além disso, as concentrações de As e Pb excedeu o limite de segurança para consumo de peixe em 3% e 41% das amostras, respectivamente, representando motivo de preocupação para a saúde pública.

Fonte: Elaboração do autor.

destruindo 300 km do rio Paraopeba que se direciona para o Rio Francisco. Esse fato causou significativa mudança na morfologia da bacia hidrográfica. O alto teor de metais pode favorecer a transferência horizontal de genes, incluindo genes de resistência a antimicrobianos (ARGs). Em um estudo recente, amostras do solo e da água foram coletadas ao longo do Paraopeba em menos de 30 dias após o incidente (de 13 a 17 de fevereiro de 2019). Foram feitas análises físicas e químicas, obtendo 65 genes de ARGs; o DNA, por sua vez, foi analisado pela técnica de PCR. No final da análise, encontrou-se a existências de ARGs de importância crítica para a medicina, como β -lactamas, quinolonas, aminoglicosídeos, tetraciclina e sulfonamidas. Essa amostra evidencia que houve uma diversificação e aumento de ARGs nos locais afetados pelo desastre de Brumadinho. A ocorrência de ARGs relevantes clinicamente, como os genes resistentes à quinolona mediada por plasmídeo, tem revelado um alerta para saúde pública, uma vez que diferentes pesquisadores no mundo alertam sobre esse aumento de genes resistentes em águas contaminadas por rejeitos de minério⁴. Isso reforça que

a existência de metais advindos de rejeitos de minério exercem uma pressão seletiva para ARGs⁵. Há evidências alertando que a ruptura ou extravasamento da barragem pode interferir nas comunidades microbianas, comprometendo múltiplas gerações. Alguns micro-organismos podem ser selecionados devido aos metais, o que pode favorecer a prevalência de bactérias multirresistentes¹⁰.

Em uma outra pesquisa, foram feitas análises microbiológicas e ecotoxicológicas no rio Paraopeba, no dia 1º de fevereiro de 2019 e quatro meses depois (27 a 29 de maio de 2019). Imediatamente após o desastre, a turbidez da água era 30 vezes maior que o padrão limítrofe recomendado pela Resolução Brasileira de Qualidade da Água¹¹. O aumento de metais pesados no rio foi significativo, já que o nível de mercúrio estável estava 21 vezes acima do aceitável. Observou-se uma elevação da formação de unidades formadoras de colônias bacterianas tolerantes a ferro em até 115 km a jusante do local atingido primariamente pelos rejeitos. Na segunda amostragem, as análises ecotoxicológicas indicaram altas taxas de mortalidade

dos embriões do peixe-zebra. Tal mortalidade já ocorria em menor quantidade devido à poluição por esgoto, por exemplo, mas com a propagação do rejeito de minério essa mortalidade foi acentuada¹². Estudos de 2010 e 2012 mostram alterações histopatológicas no tecido dos peixes nas localidades de Igarapé e Retiro Baixo¹. Houve a detecção de zinco, mercúrio, cobre, cromo e ferro acima dos limites determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)^{1, 4}. Assim, não se pode atribuir a mortalidade dos peixes unicamente ao desastre, já que o processo de poluição já era presente em proporções mais baixas. No entanto, o que se pode afirmar é que houve uma intensificação desse processo de degradação. Os impactos imediatos da tragédia já trazem alterações dos perfis metabólicos dos microrganismos e alteram o equilíbrio na cadeia alimentar aquífera. O Rio Paraopeba apresenta alta toxicidade, o que favorece o crescimento de micro-organismos patogênicos que colocam em risco a saúde humana, além de afetar a sobrevivência de seres autóctones¹.

De acordo com o estudo de Vergílio³, os testes toxicológicos demonstraram que tanto na água quanto nos rejeitos, os excessos de minérios são potencialmente indutores de toxicidade em diferentes níveis tróficos. Organismos indicadores de atividades poluidoras são implementados em diversos países e auxiliam na inspeção ambiental de testes toxicológicos, auxiliando também no monitoramento da qualidade da água¹³. Os testes utilizados na pesquisa de Vergílio³ foram com as algas *chlorophyceae* *Raphidocelis subcapitata* (produtor primário), o mini crustáceo *Daphnia similis* (consumidor primário) e o peixe *Danio rerio* (consumidor secundário). O primeiro nível atingido foi o mais sensível e demonstrou inibição no crescimento celular, após a exposição à água de todos os locais que foram colhidas as amostras. Já os consumidores primários, microcrustáceos do segundo nível trófico, apresentaram imobilidade após serem expostos à água contaminada de Brumadinho (a 5,2 km da barragem). Considerando o peixe representante do terceiro nível trófico, ele não demonstrou mortalidade à exposição da água, entretanto, ao ser exposto aos sedimentos, tanto à montante (61,3 km) quanto em alguns locais à jusante, como Brumadinho, Juatuba e São José da Varginha, ocorreu mortalidade em 20% desse peixe. Dessa forma, é possível detectar as consequências toxicológicas em diferentes organismos ao longo da cadeia alimentar, e o potencial risco de contaminação do ser humano por meio do consumo de metais^{14,3}. Os rejeitos ricos em minérios de ferro e apresentam muitas semelhanças ao Quadrilátero Ferrífero¹⁵. Assim, os efeitos fisiológicos e citogenotóxicos relatados no rompimento da barragem de Fundão (Mariana) podem ocorrer também no rompimento da barragem de Brumadinho, por conta da toxicidade a longo prazo no DNA e da citotoxicidade^{16,17}.

O Rio Paraopeba é uma fonte de água importante para consumo de uma numerosa população, além disso essa fonte hídrica é utilizada para a agricultura e pesca¹⁸. Reconhece-se que literatura ainda é incipiente em relação a estudos a respeito das consequências da contaminação por metais pesados sobre a saúde humana em Brumadinho, todavia é possível vislumbrar alguns desdobramentos. As secretarias estaduais de Saúde, de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e de Agricultura e Abastecimento do estado de Minas Gerais avaliaram essas águas após o rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho e determinaram que a água do Rio Paraopeba é inapropriada para o consumo humano¹⁹.

Os peixes dessa rede aquífera ao serem consumidos podem transferir para os humanos metais pesados, como mercúrio que é amplamente absorvido pelos peixes²⁰. Estudos mostram que

o contato crônico com mercúrio elementar em doses acima do esperado, assim como foi detectado no Rio Paraopeba, pode desencadear sintomas neurológicos²¹. Entre as manifestações possíveis estão tremor, diminuição da acuidade visual, distúrbios de equilíbrio e movimentos bruscos e involuntários. Somado a isso, há risco de problemas neuropsiquiátricos que incluem irritabilidade e depressão²². Esse metal também tem um potencial carcinogênico, supostamente através da promoção de dano oxidativo por meio do acúmulos de Espécies Reativas de Oxigênio, reconhecido por causar danos ao DNA, que em situação normal seriam eliminados pelos antioxidantes celulares^{23, 24}.

Segundo Parente⁴, a análise do músculo de peixes encontrados no Rio Paraopeba tem níveis significativos de Cádmio. A ingestão desses animais contaminados pode ser uma importante via de exposição a esse metal, o qual pode causar danos agudos e crônicos, como nefrotoxicidade e imunotoxicidade⁴. Contudo, Teramoto¹⁸ destaca que foram encontrados altas concentrações de Arsênio em amostras de sedimentos a montante da área afetada pelo rompimento da barragem do Feijão, semelhantes aos encontrados a jusante. Assim, a contaminação por Arsênio pode não estar associada aos rejeitos da mina¹⁸. Reconhece-se que não foram encontrados registros de achados clínicos na população de Brumadinho até o presente momento.

2) SAÚDE MATERNO INFANTIL

Apesar das buscas por relações com a saúde materno infantil, não foram encontrados artigos que associam esse tema com a catástrofe de Brumadinho. Entretanto, encontramos um estudo que demonstra a íntima relação entre situações de catástrofes com estresse materno e com impactos na saúde fetal, no contexto de tragédia semelhante, em Mariana²⁵. Esses prejuízos encontrados foram: diminuição da idade gestacional, maior número de nascimentos prematuros e menor peso dos recém-nascidos.

Observa-se, contudo, a necessidade de estudos voltados aos impactos na gestação em Brumadinho, uma vez que já existem evidências de efeitos teratogênicos na população de Mariana, que também foi exposta ao estresse e a contaminantes semelhantes aos de Brumadinho. Quanto aos impactos biopsíquicos sobre a prole gestada durante e após a ruptura da barragem, precisam ser avaliados e estão por ser feitos.

3) IMPACTOS NA SAÚDE MENTAL

Entre os estudos analisados, apenas um observou efeitos na saúde mental da população afetada pelo desastre de Brumadinho e foi selecionado pelos critérios de elegibilidade⁶. Considerando que a ruptura da barragem promoveu um transtorno significativo no dia-a-dia das pessoas e cursou com mortalidade expressiva na população local, consideramos que o estudo sobre os impactos ainda é incipiente. A literatura aponta a necessidade de se monitorar a saúde mental da população afetada por desastres naturais, visto que a recuperação da comunidade em sua ampla faixa etária, após eventos catastróficos precisa incluir tratamento, monitoramento e prevenção de transtornos mentais, além do acompanhamento com relação à saúde física^{26, 27}.

Os achados a respeito do município de Brumadinho estão de acordo com outros estudos publicados, que mostram grande relação entre a ocorrência de desastres naturais com aumento de relatos de transtornos e sintomas associados à saúde mental, tais como depressão, ansiedade, instabilidade emocional, raiva e transtorno de estresse pós-traumático²⁸.

O artigo encontrado mostra que os impactos do rompimento da barragem de minérios vão além dos ambientais

e econômicos, visto que a saúde mental da população foi afetada significativamente. Nesse estudo, Noal⁶ relata as principais reações emocionais e psicológicas percebidas na população vítima da catástrofe de Brumadinho no primeiro mês após a tragédia e é possível observar que estão de acordo com aqueles comuns aos desastres ambientais ou a eventos súbitos e traumáticos, tais como humor deprimido, choro, tristeza, raiva, sentimento de culpa, ansiedade e até tentativas de suicídio, podendo culminar em consequências mais graves, como o Transtorno de Estresse Pós-Traumático (TEPT). Além disso, reações físicas, como cansaço, dificuldades no sono e falta de apetite também foram observadas. No município, a quantidade de pessoas afetadas diretamente pelo rompimento da barragem é alta, contudo torna-se ainda maior se levados em consideração aqueles que se beneficiavam dos recursos naturais da região, como rios, solo e matas. Diversos indivíduos perderam sua fonte de renda com o deslizamento da barragem, devido principalmente à contaminação do rio Paraopeba, que inviabilizou atividades comerciais de pesca e da criação de gado⁶. Nesse contexto de muitos estressores, as perdas de recursos financeiros encontradas se relacionam com sintomas psicológicos, como sentimentos de irritabilidade, desesperança, incerteza do futuro, tristeza e raiva, conforme achados de outros estudos^{28, 26}, o que nos possibilita vislumbrar que o índice de transtornos mentais aumente no município de Brumadinho⁶.

Além do estresse imposto por uma catástrofe como a cursada, o alto surgimento de reações negativas na população foi atribuído, em Brumadinho, ao fato de que a maioria das vítimas fatais trabalhava na mineradora onde ocorreu o rompimento da barragem. Assim, os sobreviventes perderam amigos próximos, colegas de trabalho e familiares, constituintes de boa parte de seu ciclo social, gerando lacuna emocional e social.⁶ De acordo com Hayes²⁹, desastres ambientais trazem diversos impactos para a dinâmica social, com perdas para o meio ambiente, para a econômica e para a saúde. Todavia, essa adversidade leva a danos mais significativos à saúde mental, sendo que esses efeitos ultrapassam os danos físicos em uma proporção de 40:1. Apesar disso, ainda há a necessidade de estudos a fim de esclarecer sobre os impactos psiquiátricos decorrentes de qualquer catástrofe²⁹, em especial, a de Brumadinho. Embora a maioria dos indivíduos desenvolva resiliência e consiga enfrentar o pós-desastre, uma proporção terá comprometimento psicológico e outra menor, desenvolverá transtornos mentais mais graves³⁰.

Portanto, a intervenção nesse grupo de pessoas pelos órgãos do governo e da empresa responsável pela tragédia parece fundamental, como forma de suporte para a população, de modo a mitigar os impactos psicossociais gerados nessas pessoas⁶. Contudo, ainda que haja necessidade de mais estudos sobre a saúde mental da população de Brumadinho de médio e longo prazos, é importante estar alerta quanto à necessidade de detectar e ser capaz de readaptar as pessoas a sua atividade.

4) MITIGAÇÃO E ENFRENTAMENTO DE DESAFIOS

A vulnerabilidade da população e sua resiliência também determinam a dimensão dos impactos sobre as condições sociais, ambientais e econômicas. Esses dois fatores interferem na recuperação e manutenção da integridade física e psíquica dos afetados pela tragédia. A efetividade da implementação de medidas por instituições, comunidade ou pela política pública é capaz de promover alterações nos determinantes para as condições de vida da população. Para diminuir a fragilidade social e aumentar a capacidade das pessoas de terem uma reação positiva frente a essa adversidade, ações preventivas e de

preparação do setor de saúde são fundamentais para mitigar a situação após a ocorrência de um desastre. Nesse âmbito, são tomadas ações de redução de risco, de resposta à emergência e de recuperação. Isso envolve a organização da atuação em curto, médio e longo prazo³¹.

A amenização de curto prazo aplicado a essas tragédias está relacionada à elaboração de um protocolo assistencial contendo informações sobre as vítimas, com intuito de fazer cadastro e triagem para identificar os sobreviventes e falecidos. No caso de Brumadinho, também foi acionado um plano de crise de um hospital da capital mineira e foram repassadas recomendações para a atenção primária e vigilância em saúde. Somado a isso, foram adotadas medidas de vacinação, assistência psicológica e social². De curto a médio prazos, houve a instrução de comitês cooperativos e implementação de protocolos de atenção à saúde com objetivo de organizar o apoio às comunidades afetadas e aos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente. Em tal fase são cruciais a vigilância em saúde, a estrutura das unidades de saúde e dos fluxos de atendimento. O suporte laboratorial é utilizado para o monitoramento da qualidade da água e dos alimentos, controle de vetores de doenças e agravos à saúde culminados pelo desastre tecnológico².

No longo prazo é preciso trabalhar com diversos efeitos irreversíveis e de difícil gestão, tais como a perda de parentes e amigos, o sofrimento de uma lesão ou o agravamento de doenças crônicas pré-existentes. Há duas ações necessárias: a primeira é o monitoramento epidemiológico dos expostos aos rejeitos da lama, que danificou o solo e as águas, levando em consideração a contaminação química, além da realização de um inquérito em saúde para dimensionar e tratar os impactos físicos e psíquicos na população. A outra alternativa é o fortalecimento de planos de contingência, em conjunto com a capacitação dos agentes de saúde da região, além do fortalecimento dos planos de saúde nas localidades afetadas².

Além dos efeitos desencadeados pelas perdas materiais e humanas, o rompimento de uma barragem e a liberação de rejeitos tóxicos representam um risco à saúde humana e ambiental. Esse é um dos poucos riscos à saúde humana já mapeados no acidente de Brumadinho. Os humanos podem ser expostos a esses metais pesados por meio do consumo de água contaminada ou pela ingestão de metais retidos em diferentes níveis tróficos. A emissão e o acúmulo de metais nos ecossistemas aquáticos precisam ser tratados pela sociedade, pois a ingestão deles em excesso pode comprometer o crescimento, a reprodução e causam efeitos genotóxicos em todas as formas de vida. Existem diversas atitudes que podem reduzir os impactos, sendo uma delas o investimento em tecnologias para remoção de poluentes. A preservação dos recursos naturais pode contar com ferramentas transdisciplinares para mitigar e recuperar recursos hídricos. É importante melhorar o compartilhamento de informações entre comunidade, empresa e poder público, a fim prover uma gestão eficaz da água de rios contaminados³² e dirimir o impacto sobre a cadeia de afetados.

Existem projetos que visam a reutilização dos rejeitos de minas de ferro. Os rejeitos de mineração podem ser utilizados como matéria prima para síntese do zeólito A, mineral utilizado para o tratamento de água com resíduos. O principal componente para a síntese do zeólito A é o silício, que pode ser encontrado em barragens. O subproduto das mineradoras têm alto teor de ferro, que é misturado com NaOH (1: 1) e fica exposto a uma temperatura entre 350 a 650 graus Celsius. Após isso, o material é misturado com alumínio. Com a síntese artificial, tem-se um material utilizado para o tratamento de

águas residuais de indústrias. Em experiência prévia em Mariana, a remoção de 98% de zinco presente em águas contaminadas por rejeitos da Barragem de Fundão, foi possível por meio de uma solução de 2,5 g de zeólito A, 60 min e pH 6,4. O zeólito pode ser reutilizado com perda progressiva de eficácia a cada ciclo de uso⁹.

A ampliação do conhecimento de desastres ambientais subjacentes à intervenção humana e sua remediação são fundamentais para desenvolver estratégias de enfrentamento dos danos psicossociais e evitar catástrofes³³.

CONCLUSÃO

Em nossa revisão sistemática foram identificados apenas 19 artigos. O estudo dos riscos e impactos à saúde em decorrência do desastre da ruptura da barragem de rejeitos é incipiente, como a contaminação com poluentes de rejeito de mineração e o desajuste na saúde mental das vítimas. Em destaque, observamos risco à saúde como resultante direta de fatores como o aumento da resistência dos patógenos a antimicrobianos, risco de impactos toxicológicos e riscos à saúde geral. As medidas de mitigação apesar de empregadas foram pouco registradas quanto à sua eficiência em contornar efeitos negativos sobre a população local. Ações preventivas, de preparação para situações similares e mitigação dos impactos registrados através de envolvimento de todas as partes são fundamentais para reestruturar a comunidade local e ainda não estão registradas na literatura.

COPYRIGHT

Copyright © 2021 Coelho BAO, et al. Este é um artigo em acesso aberto distribuído nos termos da Licença Creative Commons Atribuição que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.

REFERÊNCIAS

- Thompson F, Oliveira BC, Cordeiro MC, et al. Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. *Sci Total Environ*. 2020 Feb;25705:135914. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135914. Epub 2019 Dec 5. PMID: 31838417.
- Freitas CMD, Silva MA, Menezes FC. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. *Cienc. Cult.* [Internet] 2016. Sep [cited 2021 Apr 17]; 68(3):25-30. Available from: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000300010&lng=en. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300010>.
- Vergilio CDS, Lacerda D, Oliveira BC, Sartori E, Campos GM, Pereira ALS, et al. Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil). *Sci Rep*. 2020 Apr 3;10(1):5936. doi: 10.1038/s41598-020-62700-w. PMID: 32246081; PMCID: PMC7125165.
- Parente CET, Lino AS, Carvalho GO, Pizzochero AC, Azevedo-Silva CE, Freitas MO, et al. First year after the Brumadinho tailings' dam collapse: Spatial and seasonal variation of trace elements in sediments, fishes and macrophytes from the Paraopeba River, Brazil. *Environ Res*. 2021 Feb 193:110526. doi: 10.1016/j.envres.2020.110526. Epub 2020 Nov 27. PMID: 33249035.
- Furlan JPR, Dos Santos LDR, Moretto JAS, et al. Occurrence and abundance of clinically relevant antimicrobial resistance genes in environmental samples after the Brumadinho dam disaster, Brazil. *The Science of the Total Environment*. 2020 Jul 726:138100. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138100.
- Noal DS, Rabelo IVM, Chachamovich E. O impacto na saúde mental dos afetados após o rompimento da barragem da Vale. *Cad. Saúde Pública* [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 17] 35(5):e00048419. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2019000600503&lng=en. Epub May 20, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00048419>.
- Najarian LM, Sunday S, Labruna V, Barry I. Twenty-year follow-up of adults traumatized during childhood in Armenia. *J Affect Disord*. 2011 Dec 135(1-3):51-5. doi: 10.1016/j.jad.2011.06.038. Epub 2011 Jul 20. PMID: 21767881.
- World Health Organization. A strategic framework for emergency preparedness. Geneva; 2016. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Izidoro JC, Kim MC, Bellelli VF, et al. Synthesis of zeolite A using the waste of iron mine tailings dam and its application for industrial effluent treatment, *Journal of Sustainable Mining*, [Internet] 2019;18(4):277-286. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2019.11.001>.
- Dos Santos et al. Biological attributes of rehabilitated soils contaminated with heavy metals. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 2016;23:6735-6748. doi:10.1007/s11356-0155904-6.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. [Internet] 2018 Oct 11 [cited 2021 Apr 17] Available from: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.
- Savassi LA. Metais Pesados e Histopatologia. [dissertation] Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais. 2019. 59 p.
- Ekelund NGA, Häder DP. Environmental monitoring using bioassays. *Bioassays*. Elsevier: 2018:419-437. doi:10.1016/b978-0-12-811861-0.00021-8.
- Pandey L, et al. Towards a multi-bioassay-based index for toxicity assessment of fluvial waters. *Environ Monit Assess*. 2019 Jan 28;191(2):112. doi: 10.1007/s10661-019-7234-5. PMID: 30693376.
- Vicq RFC, Matschullat J, Leite M, Nalini H, Jr, Mendonça FPC. Iron Quadrangle stream sediments, Brazil: Geochemical maps and reference values. *Environ. Earth Sci*. 2015;74:4407-4417. doi: 10.1007/s12665-015-4508-2.
- Quadra GR, Roland F, Barros N, et al. Far-reaching cytogenotoxic effects of mine waste from the Fundão dam disaster in Brazil. *Chemosphere*. 2019 Jan;215:753-757. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.10.104. Epub 2018 Oct 17. PMID: 30347368.

17. Segura FR, Nunes EA, Paniz FP, et al. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). *Environ Pollut*. 2016 Nov 218:813-825. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.005. Epub 2016 Aug 11. PMID: 27524249..
18. Teramoto EH, Gemeiner H, Zanatta MBT, et al. Metal speciation of the Paraopeba river after the Brumadinho dam failure. *Sci Total Environ*. 2021 Feb 25;757:143917. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143917. Epub 2020 Dec 3. PMID: 33321338
19. Neves-Silva P, Heller L. Rompimento da barragem em Brumadinho e o acesso à água das comunidades atingidas: um caso de direitos humanos. *Cienc. Cult.* [Internet]. 2020 Apr [cited 2021 Apr 17]; 72(2):47-50. Available from: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200013&lng=en. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602020000200013>.
20. Muniz DHE, Oliveira-Filho EC. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da saúde*, 2006;4;(1/2):83-100. ISSN: 1678-5398 83.
21. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, et al. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl*. 2012;101:133-64. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6. PMID: 22945569; PMCID: PMC4144270.
22. Rocha JB, Aschner M, Dórea JG, et al. Mercury toxicity. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:831890. doi: 10.1155/2012/831890. Epub 2012 Sep 3. PMID: 22988426; PMCID: PMC3440017.
23. Hua MS, Huang CC, Yang YJ. Chronic elemental mercury intoxication: neuropsychological follow-up case study. *Brain Inj*. 1996 May 10(5):377-84. doi: 10.1080/026990596124386. PMID: 8735667.
24. Crespo-López ME, Macêdo GL, Pereira SI, Arrifano GP, Picanço-Diniz DL, do Nascimento JL, Herculano AM. Mercury and human genotoxicity: critical considerations and possible molecular mechanisms. *Pharmacol Res*. 2009 Oct;60(4):212-20. doi: 10.1016/j.phrs.2009.02.011. Epub 2009 Mar 9. PMID: 19446469.
25. Mrejen M, Perelman J, Machado DC. Environmental disasters and birth outcomes: Impact of a tailings dam breakage in Brazil. *Soc Sci Med*. 2020 Feb 22;250:112868. doi: 10.1016/j.socscimed.2020.112868. Epub ahead of print. PMID: 32113135.
26. Chen Z, Zhang Y, Liu Z, Liu Y, Dyregrov A. (2012) Structure of the Children's Revised Impact of Event Scale (CRIES) with children and adolescents exposed to Debris Flood. *Plos One*, 7(8): 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041741>.
27. Herman H. Promoting Mental Health and Resilience after a Disaster. *J Exp Clin Med*. 2012;4(2):82-87. doi: 10.1016/j.jecm.2012.01.003.
28. Favero E, Sarriera JC. Disaster Perception, Self-efficacy and Social Support: Impacts of Drought on Farmers in South Brazil. *Int J Ap Psyc*. 2012;2(5):126-136. doi: 10.5923/j.ijap.20120205.08.
29. Hayes K, Blashki G, Wiseman J, Burke S, Reifels L. Climate change and mental health: risks, impacts and priority actions. *Int J Ment Health Syst*. 2018 Jun 1;12:28. doi: 10.1186/s13033-018-0210-6. PMID: 29881451; PMCID: PMC5984805.
30. Goldmann E, Galea S. Mental health consequences of disasters. *Annu Rev Public Health*. 2014;35:169-83. doi: 10.1146/annurev-publhealth-032013-182435. Epub 2013 Oct 25. PMID: 24159920.
31. Silva E. et al. Health and disasters in Brazil: a reflection on the aspects involved in hydrological events and dam rupture. *Confins-Franco-Brasiliense Geography Revue*, 2019;42. doi: 10.4000/confins.23114.
32. Quadra GR, Teixeira JRPVA, Barros N, Roland F, Amado AM. Water pollution: one of the main Limnology challenges in the Anthropocene. *Acta Limnol. Bras.* [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 17]; 31: e203. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2019000100802&lng=en. Epub Nov 14, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x5118>.
33. Lee TM, Markowitz EM, Howe PD, Ko CY, Leiserowitz AA. Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *Nature Climate Change*, 2015;5(11):1014.

