



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análises dos rompimentos de barragens no Brasil: *uma revisão integrativa*¹

Juliana Carla Morais Lopes², José Elesbão de Almeida³

²Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4082-1390>. E-mail: karla.juh@hotmail.com. ³Doutor em Economia do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES e do Departamento de Economia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9411-7300>. E-mail: elesbaoalmeida@uern.br.

Artigo recebido em 19/05/2025 e aceito em 15/06/2026

RESUMO

A construção de açudes e barragens, entre outras obras de engenharia, infraestrutura e fornecimento de eletricidade destinadas a melhorar os serviços e atenuar os efeitos das constantes secas no Brasil, foi iniciada no início do século XX. Nesse período, foram executadas diversas obras com o objetivo de proporcionar água e outros serviços para atender às necessidades da população mais carente. Contudo, muitos desses reservatórios foram construídos há décadas e não receberam as reparações e manutenções adequadas, ocasionando fissuras e rompimentos. A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no Brasil define atribuições e mecanismos de controle necessários para assegurar as condições de segurança dos reservatórios. O objetivo deste artigo é realizar uma revisão integrativa das principais publicações que tratam do rompimento de barragens no Brasil e de seus efeitos a jusante sobre os moradores das áreas adjacentes aos referidos reservatórios. Para isso, será realizado um levantamento da literatura disponível nos periódicos da Capes, abrangendo o período de 2019 a 2023.

Palavras-Chave: Açudes. Rupturas. Riscos.

Analysis of dam breaks in Brazil: *an integrative review*

ABSTRACT

The construction of dams and reservoirs, along with other engineering, infrastructure, and electricity supply projects aimed at improving services and mitigating the effects of recurring droughts in Brazil, began in the early twentieth century. During this period, several projects were carried out to provide water and other essential services to meet the needs of the most vulnerable populations. However, many of these reservoirs were built decades ago and have not received adequate maintenance and repairs, resulting in structural cracks and dam failures. The Brazilian National Dam Safety Policy (PNSB) establishes the responsibilities and control mechanisms required to ensure the safety conditions of reservoirs. This article aims to conduct an integrative review of the main publications addressing dam failures in Brazil and their downstream effects on residents living in areas adjacent to these reservoirs. To this end, a survey of the literature available in the Capes database was conducted, covering the period from 2019 to 2023.

Keywords: Reservoirs. Dam Failures. Risks.

¹ Trabalho apresentado no VII Seminário de Desenvolvimento Regional, Estado e Sociedade – SEDRES, 25 a 28 de setembro de 2024, Florianópolis/SC.

Introdução

De acordo com a Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), em 2023 existiam 61.988 grandes barragens cadastradas no mundo. Consideram-se grandes barragens aquelas com altura superior a 15 metros ou capacidade de armazenamento superior a 3 hectômetros cúbicos de água, equivalente a 3.000.000 de metros cúbicos. A China lidera o ranking mundial, com 24.089 barragens, seguida pelos Estados Unidos da América, com 10.158. O Brasil ocupa a oitava posição, com 1.280 grandes barragens. As barragens de terra predominam mundialmente, representando aproximadamente 67% do total. Trata-se do método construtivo mais antigo e de ampla aplicabilidade, devido à diversidade de condições geotécnicas que admite. A principal finalidade dessas estruturas é garantir o abastecimento de água para irrigação, consumo doméstico e uso industrial durante os períodos de estiagem, além de contribuir para a mitigação dos impactos negativos das cheias (ICOLD, 2023).

No que se refere ao número de barragens existentes no Brasil, destaca-se que essas estruturas passaram a ser cadastradas e monitoradas de forma mais sistemática a partir de 2011, por meio do Relatório de Segurança de Barragens, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente. A elaboração do primeiro relatório, em 2011, atendeu às exigências da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essa política foi concebida como instrumento para reduzir e mitigar a ocorrência de rompimentos, bem como aperfeiçoar a gestão da segurança dessas estruturas (Brasil, 2010). O relatório contou com a participação de órgãos estaduais e federais responsáveis pela fiscalização da segurança de barragens, além dos empreendedores responsáveis pelo fornecimento das informações exigidas pela legislação (ANA, 2011).

Caracterização das barragens no Brasil

Após a implantação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), os relatórios passaram a ser elaborados anualmente, contemplando todas as informações exigidas pela legislação vigente. Das 23.977 barragens cadastradas no Brasil, todas são classificadas e monitoradas pelos Órgãos Fiscalizadores de Segurança de Barragens (OFSBs), considerando-se o Dano Potencial Associado (DPA), a Categoria de Risco (CRI) e o volume armazenado.

Em comparação com os dados de 2021, o Relatório de Segurança de Barragens de 2022 apontou aumento de 7% no número de estruturas classificadas quanto ao DPA e de 8% quanto à CRI. Entre as barragens consideradas mais críticas pelos OFSBs, destacam-se aquelas localizadas nos estados do Pará (35), Minas Gerais (14), Pernambuco (13), Rio Grande do Sul (13) e Espírito Santo (10).

O relatório também identificou que 51% dessas estruturas são barragens de terra homogênea ou terra-enrocamento. Além disso, com base na Lei Federal nº 12.334/2010, considera-se acidente a ruptura da estrutura de contenção, acompanhada por escoamento não controlado decorrente do colapso parcial ou total da barragem ou de suas estruturas associadas. Por sua vez, incidente corresponde a qualquer ocorrência que altere ou comprometa o comportamento da barragem ou de suas estruturas anexas e que, caso não seja controlada, possa evoluir para um acidente (ANA, 2023). A Figura 1 apresenta, respectivamente, os registros de incidentes envolvendo barragens no Brasil, considerando os cinco relatórios mais recentes de segurança de barragens da ANA.

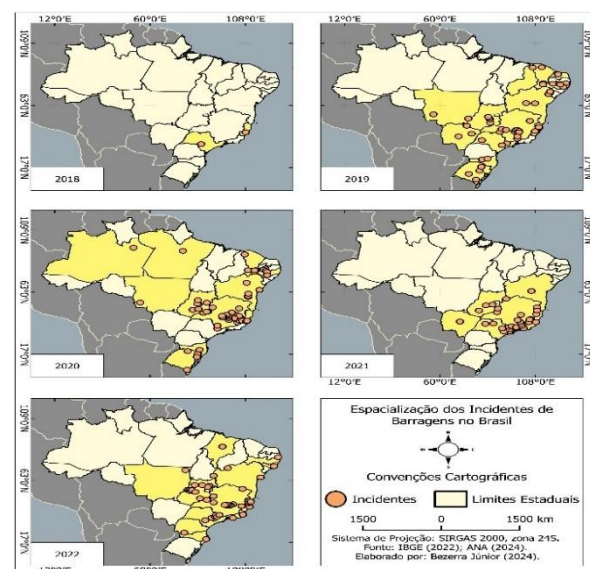


Figura 1 – Incidentes de Barragens no Brasil, entre 2018 e 2022. Fonte: IBGE (2022); ANA (2024); elaborado por Bezerra (2024).

O incidente caracteriza-se como um evento físico de pequena magnitude, porém indesejável, uma vez que pode comprometer a funcionalidade e a integridade da obra. Nesse contexto, mediante a adoção das precauções e dos cuidados necessários, é possível evitar a ocorrência de diversos tipos de acidentes. Os incidentes podem ser compreendidos como falhas de desempenho que, dependendo de sua natureza e gravidade, podem ocasionar danos à

operação da barragem tanto no curto quanto no longo prazo (Menescal, 2005).

Considerando os cinco relatórios anuais mais recentes de segurança de barragens, o número de incidentes registrados foi o seguinte: 2 em 2018, 58 em 2019, 95 em 2020, 37 em 2021 e 58 em 2022, totalizando 250 ocorrências em barragens brasileiras durante o período analisado. A Figura 2 demonstra os acidentes de barragens no Brasil, entre 2018 e 2022, de acordo com dados extraídos dos relatórios da Agência Nacional das Águas (ANA).

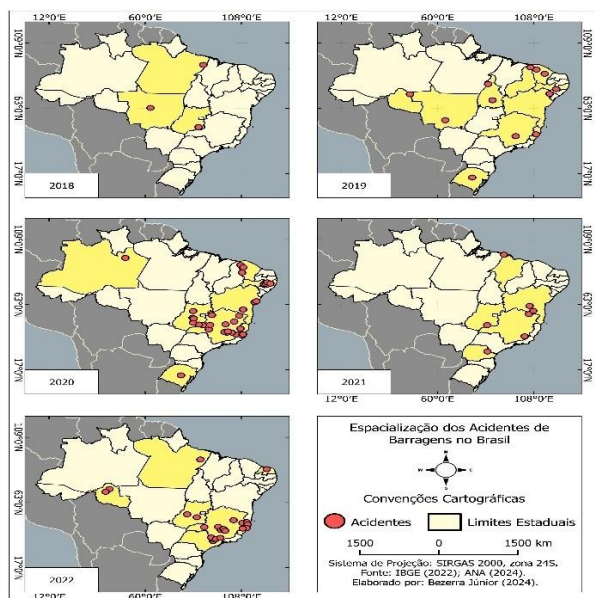


Figura 2 – Acidentes de Barragens no Brasil, entre 2018 e 2022. Fonte: IBGE (2022); ANA (2024); elaborado por Bezerra (2024).

Os termos "acidente" e "incidente", embora frequentemente empregados no contexto da segurança de barragens, distinguem-se principalmente pela gravidade e pelas consequências dos eventos. Entretanto, essa diferenciação pode apresentar certo grau de subjetividade, gerando interpretações distintas. Em razão disso, alguns autores optam pela utilização do termo "anomalia", por considerarem que ele engloba ambas as situações (Menescal, 2005).

Quanto aos acidentes registrados nos mesmos relatórios, observou-se a seguinte distribuição: 3 ocorrências em 2018, 12 em 2019, 44 em 2020, 13 em 2021 e 24 em 2022, totalizando 96 acidentes decorrentes de diferentes circunstâncias em barragens brasileiras ao longo do período analisado.

Dessa forma, o objetivo deste artigo consiste em realizar uma revisão integrativa da literatura acerca dos rompimentos de barragens no Brasil, com base nas publicações veiculadas em

periódicos nacionais no período de 2019 a 2023, buscando identificar os principais avanços, abordagens e contribuições científicas relacionadas à temática.

Revisão integrativa

A revisão integrativa da literatura é um método de pesquisa que tem como objetivo a realização de estudos e análises sobre o conhecimento produzido, por meio de pesquisas já desenvolvidas a respeito de um tema definido. Para a construção da pesquisa foram utilizadas as seis etapas de uma revisão integrativa da literatura, as quais são descritas da seguinte maneira: 1 – identificação do tema e formulação da questão da pesquisa; 2 – estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; 3 – obtenção dos estudos selecionados e pré-selecionados; 4 – categorização dos estudos selecionados; 5 – análise e discussão dos resultados; 6 – apresentação da revisão integrativa (Botelho, Cunha e Macedo, 2011).

Foram realizadas buscas de artigos em duas bases de dados, o Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a plataforma SciELO (Scientific Electronic Library Online ou Biblioteca Eletrônica Científica Online), com o intuito de atender à questão-problema e aos objetivos desta fundamentação teórica. As buscas foram realizadas por meio da combinação das seguintes palavras-chave: riscos, barragens, impactos e rompimentos. A aplicação dos critérios de inclusão considerou os artigos publicados entre os anos de 2019 e 2023, resultando em um total de 435 artigos, sendo 420 localizados na Capes e 15 na SciELO. Além disso, foi adotado como critério de inclusão o filtro de artigos revisados por pares, o que reduziu o quantitativo para 200 artigos.

Após essa etapa, foram analisados os temas, os objetivos e os resultados dos estudos, sendo selecionados aqueles que apresentavam semelhança com o objeto desta pesquisa. Foram excluídos os artigos duplicados e aqueles que não apresentavam compatibilidade com o tema investigado. Dessa forma, foram selecionados e utilizados 12 artigos para compor esta revisão integrativa da literatura.

Destarte, a pesquisa também incluiu estudos relacionados à temática no Semiárido brasileiro, visto que essa área constitui objeto de investigação de outro trabalho desenvolvido pelos autores. Assim, foram realizadas novas buscas de artigos utilizando as mesmas bases de dados da etapa anterior. Contudo, nessa fase, foram combinadas as seguintes palavras-chave: riscos,

rompimentos, barragens e semiárido. Os resultados desse levantamento geraram um total de 238 artigos na Capes e 10 na SciELO.

No que se refere aos critérios de inclusão, houve uma alteração em comparação às primeiras buscas, com o intuito de alcançar um maior número de trabalhos. Dessa forma, foram considerados os artigos publicados entre os anos de 2000 e 2023, resultando em um total de 245 estudos. Desses, foram analisados os temas, os objetivos e os resultados. Como critério de exclusão, foram eliminados os artigos duplicados, bem como aqueles cujos temas não apresentavam compatibilidade com o objetivo proposto. Esse procedimento resultou na seleção de mais seis artigos, que complementaram a presente revisão. Assim, a revisão integrativa contou com a análise de 18 artigos, os quais serviram de base para a elaboração deste referencial teórico.

Resultados

Para o desenvolvimento da revisão integrativa foi imprescindível uma análise crítica das abordagens dos estudos, avaliando o rigor científico e as características de cada um. Com isso, foram criadas três categorias para a organização deste estudo, quais sejam: categoria 1 – aborda o rompimento de barragens no Brasil; categoria 2 – enfatiza as medidas preventivas e mitigatórias para rompimentos de barragens no Brasil; categoria 3 – apresenta discussões sobre a gestão e o gerenciamento de barragens no Brasil. Para isso, foram selecionados 18 artigos para a classificação de acordo com os objetivos do trabalho, distribuídos em três categorias, apresentando o título, ano de publicação e o método utilizado (ver Quadros 1, 2 e 3, à frente). Salientamos, não obstante, que três artigos foram utilizados nas três categorias.

CATEGORIA 1	
Título/ano de publicação	Método utilizado
Metodologia para análise de danos ambientais do rompimento da barragem de Fundão em Bento Rodrigues (MG) – 2019.	Estudo experimental, utilizando o método Maxver.
O Mapeamento da área de risco à jusante do lago igapó em Londrina – PR - Brasil, no caso de rompimento hipotético da barragem – 2020.	Mapeamento por meio do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG).
Análise da Sustentabilidade Ambiental na Operação de Barragens de Rejeitos – 2022.	Revisão bibliográfica com análise de trabalhos científico.
Acidentes e incidentes em barragens brasileiras: uma análise dos dados disponíveis nos relatórios de segurança de barragens e da legislação vigente – 2021.	Estudos de levantamento e catalogação de dados.
Verde que vira marrom, reputação que vira lama: extrativismo mineral, desastres e as imagens do “invisível” – 2021.	Estudos por meio de iconografia.
Segurança nas barragens Gangorra e Itaúna contra erosão interna – 2018.	Estudo de campo, utilizando o método de Terzaghi.
Tailings dam scenario: knowing to avoid new catastrophes – 2022.	Estudo e pesquisa em dados secundários.

Quadro 1 – Rompimentos de Barragens no Brasil

CATEGORIA 2	
Título/ano de publicação	Método utilizado
Simulação do rompimento de barragens em cascata em uma bacia hidrográfica semiárida – 2022.	Utilização do software HEC-RAS para simulação de cheias.
O barato pode custar caro: desastres ambientais envolvendo a Vale S.A. e relações com riscos empresariais – 2022.	Estudo de caso.
Diagnóstico e execução de ações corretivas em barragem de terra: Estudo de caso da barragem Poleiros em Barra de Santa Rosa-PB – 2020.	Estudo de campo, utilizando a técnica de inspeção visual.
Segurança nas barragens Gangorra e Itaúna contra erosão interna – 2018.	Estudo de campo, utilizando o método de Terzaghi.
Design e Tecnologia na Cidade: impactos da morfologia de um Dispositivo Individual de Notificação sobre a segurança de pessoas residentes em zonas de risco de rompimento de barragens – 2024.	Entrevistas semiestruturadas com preenchimento de formulários manuseados por membros da equipe do projeto DIN (Dispositivo Individual de Notificação).
Mapeamento de Índice de Risco de Inundação de Área a Jusante de uma Barragem em Caso de Rompimento – 2023.	Utilização do software HEC-RAS 2D; o índice de perigo proposto por Stephenson (2002); o índice de vulnerabilidade proposto por Goerl, Kobiyama e Pellein (2012).
Dam safety in Sergipe: Jacarecica I and Jacarecica II hypothetical cascade dam-break simulation - 2023.	Utilização do software HER-RAS.
Modelagem de superfície de custo aplicado ao mapeamento de áreas vulneráveis ao rompimento de barragens, Quadrilátero Ferrífero – MG – 2021.	Analytic Hierarchy Process (AHP) e o software DINAMICA EGO.

Quadro 2 – Medidas Preventivas e Mitigatórias para Rompimentos de Barragens no Brasil

CATEGORIA 3	
Título/ano de publicação	Método utilizado
Rompimento das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão em Minas Gerais, Brasil: decisões organizacionais não tomadas e lições não aprendidas – 2021.	Ensaio com base em pesquisa documental.
Aspetos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no Alto Rio das Velhas (MG) – 2019.	Estudo bibliográfico e uso de técnicas de cartografia e geoprocessamento.
A identidade dos sujeitos em Stuart Hall e a catástrofe da Barragem de Fundão, na cidade de Mariana – 2020.	Abordagem qualitativa com uma fase exploratória fundada na pesquisa bibliográfica, seguida de fase descritiva analítica com suporte no método dedutivo.
Distribuição espacial de barragens de rejeito de mineração e configuração de bacias de risco nas regiões hidrográficas brasileiras – 2022.	Estudos e levantamentos de publicações técnicas, normas e bases de dados georreferenciadas.
Tailings dam scenario: knowing to avoid new catastrophes – 2022.	Estudo e pesquisa em dados secundários.
Análise da Sustentabilidade Ambiental na Operação de Barragens de Rejeitos – 2022.	Revisão bibliográfica com análise de trabalhos científicos.

Quadro 3 – Gestão e o Gerenciamento de Barragens no Brasil

Discussões

Após a seleção, leitura e análise do material coligido, foram discutidas Após a seleção,

individualmente as seguintes categorias: i) rompimentos de barragens no Brasil; ii) medidas preventivas e mitigatórias para rompimentos de barragens no Brasil; e, iii) gestão e gerenciamento de barragens no Brasil.

Rompimentos de barragens no Brasil

As barragens desempenham funções de suma importância em diversos setores no Brasil, contribuindo para a geração de energia elétrica, a formação de reservas hídricas destinadas ao abastecimento da população, o suprimento industrial, a irrigação agrícola e o controle de cheias. Ao longo dos anos, os tipos de barragens foram se diversificando para atender a diferentes finalidades, como as barragens de rejeitos, utilizadas para o armazenamento de resíduos industriais; as barragens de controle de cheias, destinadas à prevenção de inundações em áreas povoadas; as barragens integrantes dos sistemas de abastecimento de água para zonas urbanas e industriais; e as barragens com finalidade paisagística, como é o caso do Lago Igapó, localizado em Londrina, no estado do Paraná (Junior e Osvaldo, 2020).

No que se refere aos materiais empregados na construção de barragens, Silva et al. (2021) relatam que o Brasil apresenta grande diversidade, em razão da ampla disponibilidade de matérias-primas, bem como das diferentes necessidades de uso associadas às distintas condições geomorfológicas existentes no território nacional. Em termos numéricos, predominam as barragens de terra, nas quais são observadas deficiências relacionadas tanto à manutenção quanto à fiscalização, acarretando uma série de problemas associados a esse tipo de estrutura.

Macedo Fideles e Costa Malveira (2018), fundamentando-se em estudos desenvolvidos por Franco (2008), Pimenta Filho (2013) e Dias (2015), salientam que as barragens, em razão do grande acúmulo de água que armazenam, podem tornar-se vulneráveis diante de falhas de projeto ou de execução, representando elevado risco para vidas humanas, animais e propriedades localizadas a jusante. Os autores destacam que esse fenômeno apresenta maior probabilidade de ocorrência em barragens de terra, uma vez que a percolação da água no interior da estrutura pode desencadear processos erosivos, considerados uma das principais causas de rompimentos de barragens no mundo, juntamente com o fenômeno denominado galgamento (overtopping).

Em relação às barragens de rejeitos, a literatura apresenta numerosos estudos sobre os rompimentos dessas estruturas. Nesse sentido, Monteiro e Ottoni (2022) destacam alguns exemplos de acidentes e incidentes ocorridos entre os anos de 2000 e 2015 em barragens de contenção de rejeitos no Brasil, dentre os quais se destacam:

i) a Barragem dos Macacos, da Mineração Rio Verde, em 2001, localizada no município de Nova Lima (MG), que resultou em cinco óbitos; ii) a Barragem de Cataguases, da Indústria Cataguases de Papel, em 2003, localizada no município de Cataguases (MG), cujo rompimento contaminou o rio Paraíba do Sul, provocou a morte de diversos animais e peixes e deixou mais de 600 pessoas sem abastecimento de água por quase um mês; iii) a barragem da Mineração Rio Pomba, em 2007, localizada no município de Mirai (MG), que deixou mais de 400 pessoas desalojadas; iv) a Barragem B1, da Mineradora Herculanô, em 2014, localizada no município de Itabirito (MG), cujo rompimento causou a morte de três pessoas; e v) a Barragem do Fundão, da Samarco Mineração, em 2015, localizada no município de Mariana (MG), que teve como consequências a morte de 19 pessoas, o desaparecimento de oito e o desalojamento de aproximadamente 600 moradores.

Uma pesquisa desenvolvida por Leão e Santiago (2022) relata que o setor de mineração é marcado por recorrentes rompimentos de barragens. No referido estudo, as autoras realizaram uma análise do cenário atual das barragens de rejeitos utilizando informações contidas no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), considerando o número de barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), bem como as respectivas categorias de risco, danos potenciais associados e níveis de emergência. Os resultados apontaram que o estado de Minas Gerais demanda atenção especial, sobretudo no que se refere à atuação do poder público na garantia da segurança das áreas localizadas a jusante dessas estruturas.

No dia 5 de novembro de 2015, o Brasil se deparou com um dos maiores desastres ambientais de sua história, provocado pelo rompimento da Barragem do Fundão, localizada no município de Mariana, no estado de Minas Gerais. A estrutura armazenava aproximadamente 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro. A tragédia ocasionou a morte de 19 pessoas e lançou cerca de 50 milhões de metros cúbicos de lama na bacia hidrográfica do rio Doce. Menos de quatro anos depois, Minas Gerais voltou a registrar outro desastre de grandes proporções. Em 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, localizada no município de Brumadinho. Além dos graves impactos ambientais provocados pela dispersão de rejeitos de mineração na bacia do rio Paraopeba, o desastre resultou na morte de 272 pessoas, gerando danos

humanos, sociais e ambientais de caráter irreversível (Scotto, 2021).

Oliveira et al. (2019) analisam os impactos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem do Fundão, em Mariana (MG). Segundo os autores, o município é composto por nove distritos, entre os quais se destaca Santa Rita Durão, que abriga o subdistrito de Bento Rodrigues, uma das localidades mais afetadas diretamente pelo desastre. O estudo demonstra que o rompimento atingiu extensas áreas próximas à barragem por meio de um grande volume de lama, alcançando aproximadamente 944 hectares. Desse total, cerca de 249,29 hectares correspondiam à vegetação da Mata Atlântica, ocasionando a destruição da vegetação ciliar e de áreas de preservação permanente (APPs).

Medidas preventivas de rompimentos de barragens no Brasil

Um estudo desenvolvido por Lima Neto e Oliveira (2022) destaca a importância do Plano de Ação de Emergência no estado do Ceará, uma vez que a maioria das barragens cearenses apresenta elevado dano potencial associado. A pesquisa teve como foco o maior aglomerado habitacional do município de Quixeramobim, analisando aspectos relacionados à segurança de barragens e à preparação para situações de emergência.

Barbosa et al. (2020) abordam as medidas corretivas adotadas para a recuperação da Barragem Poleiros, localizada no município de Santa Rosa, no estado da Paraíba. A estrutura é classificada como uma barragem de terra, e o objetivo do estudo consistiu em diagnosticar e propor soluções para os problemas identificados nesse reservatório, construído na década de 1980. A preocupação em diagnosticar e buscar uma solução para esse caso levou em consideração o rompimento da barragem de Camará, localizada na cidade de Alagoa Grande, na Paraíba, situação agravada pela instabilidade do reservatório Poleiros, tendo em vista que o mesmo desde a sua construção, não havia sido restaurado, apresentando erosões e rachaduras. Para a realização da pesquisa, os autores efetuaram duas visitas de campo e empregaram a técnica de inspeção visual, seguindo as recomendações estabelecidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens. Os resultados obtidos evidenciaram a existência de anomalias nas canaletas de drenagem e no maciço da barragem. Com base nesses achados, foram propostas medidas corretivas com o objetivo de mitigar os riscos

potenciais para a população localizada a jusante e para o meio ambiente (Barbosa et al., 2020).

Macedo Fideles e Costa Malveira (2018) verificaram a ocorrência do fenômeno da erosão interna nas barragens Gangorra e Itaúna, localizadas no estado do Ceará. Essa análise mostra-se relevante em razão da localização desses reservatórios, uma vez que a região é caracterizada pela ocorrência de secas prolongadas. Quando ocorrem períodos de recarga e enchimento dos reservatórios, o solo pode sofrer processos de desgaste, favorecendo a ocorrência de erosão interna.

Para evitar o carreamento de partículas do maciço, os filtros desempenham papel fundamental, pois são construídos com materiais granulares e têm como principal função reter partículas sólidas e promover a drenagem da água. Dessa forma, contribuem significativamente para a estabilidade e a segurança estrutural das barragens.

Santos, Brito e Moreira (2022) evidenciam que, após os rompimentos das barragens de Mariana e Brumadinho, ambas associadas às atividades da mineradora Vale, foi estabelecido um novo marco regulatório com o objetivo de ampliar as exigências relacionadas à segurança de barragens de mineração. Nesse contexto, foi publicada a Lei nº 14.066, de outubro de 2020, que introduziu alterações na Política Nacional de Segurança de Barragens. Entre as principais determinações da referida legislação, destaca-se a proibição da construção e da manutenção de barragens pelo método de alteamento a montante, além da previsão de multas que podem variar de R\$ 2 mil a R\$ 1 bilhão em caso de descumprimento. Em resposta às novas exigências legais, a Vale contratou especialistas em gestão de riscos para contribuir com a implementação de medidas preventivas e mitigatórias.

Santos, Brito e Moreira (2022) também destacam algumas das medidas adotadas pela empresa, dentre as quais se incluem: i) a melhoria do sistema de gestão da segurança de barragens de mineração até janeiro de 2020; ii) a conclusão da documentação de projeto das barragens, com a entrega dos documentos “as built” ou “as is”, até dezembro de 2020; iii) a descaracterização das barragens alteadas a montante dentro dos prazos estabelecidos pela legislação; e iv) o desenvolvimento de projetos voltados à adoção de métodos alternativos para disposição de rejeitos até dezembro de 2023.

Os autores relatam ainda que a empresa eliminou sua sétima barragem construída pelo método de alteamento a montante em 2021. Além disso, a Vale instituiu o Comitê Independente de

Assessoramento Extraordinário de Segurança de Barragens, um Conselho de Administração e um Comitê de Riscos específico para questões geotécnicas. A empresa também mantém um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), cujo objetivo é reduzir os impactos ambientais e sociais decorrentes de eventuais acidentes, bem como preservar vidas e proteger as populações vulneráveis (Santos, Brito e Moreira, 2022).

No que tange às medidas preventivas e mitigatórias em casos de acidentes em barragens de rejeitos, Monteiro e Ottoni. (2022) relatam que as barragens de rejeitos precisam de um plano de ação a ser implementado em caso de acidente. Vazamentos de rejeitos têm consequências negativas tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente. Portanto, é essencial ter planos de resposta à emergência que envolvam as comunidades, garantindo que todos saibam como agir em caso de acidente.

Em relação à realização de simulações de rompimentos hipotéticos como medidas preventivas, Santa Rita et al. (2023), em seus estudos, assumiram como propósito desenvolver a mancha de inundação da ruptura hipotética das barragens Jacarecica I e Jacarecica II, ambas no estado de Sergipe, uma vez que as estruturas não possuem Planos de Segurança elaborados. Utilizando o software 2D HEC-RAS (HR), concluíram, a partir de uma simulação, que as profundidades máximas (com velocidades de 10 m e 4,5 m.s⁻¹), com uma enchente as ondas com um tempo mínimo de 6 a 8 horas, poderiam atingir o município de Riachuelo/SE, cidade mais próxima a jusante das barragens, atingindo terrenos agrícolas, aldeias, residências e infraestrutura de transporte, evidenciando, assim, a urgência da elaboração de um PAE (Plano de Ação de Emergência).

Vale salientar que simulações hipotéticas são imprescindíveis para uma análise dos pontos atingidos em caso de rompimentos de barragens. A esse respeito, uma pesquisa desenvolvida por Dutra et al. (2021) concluiu, por meio da técnica de superfície de custo (auxiliada pela análise de AHP – Analytic Hierarchy Process), que é possível antecipar a identificação de possíveis áreas vulneráveis em caso de rompimento das barragens da região do Quadrilátero de Ferro, localizado em Minas Gerais. A simulação constatou que a população localizada na zona rural é a mais prejudicada e que a maior parte das mineradoras existentes naquela região fica alocada nas proximidades dos povoados e vilas, onde prevalecem as atividades agrícolas e pecuárias.

Nessa perspectiva, Alves Júnior et al. (2023) avaliaram, em seu estudo, o índice de risco de inundação por meio do modelo hidrodinâmico HEC-RAS 2D. Foi realizada a simulação do rompimento da barragem, levando em consideração a formação da brecha e a propagação da onda de cheia. Os autores avaliaram o índice de perigo de inundação apontado por Stephenson (2002) e construíram um índice de vulnerabilidade devido ao rompimento hipotético da barragem de São Bento, no sul de Santa Catarina, com o objetivo de avaliar o risco de inundação da área a jusante da barragem com base na metodologia proposta por Goerl, Kobiyama e Pellein (2012).

No referido estudo, foi detectada uma área de inundação de 64,8 km², impactando várias comunidades localizadas a jusante da barragem e uma vasta área de plantação de arroz. Assim, foi possível elaborar um mapeamento de risco, antecipando ações preventivas que poderiam ser adotadas. Esse mapeamento pode ser uma grande ferramenta para a elaboração de um plano de ação emergencial, bem como uma técnica que pode ser utilizada para realizar a educação nas comunidades e, acima de tudo, para o planejamento territorial de futuras gerações.

No que diz respeito às medidas para mitigar os impactos causados por rompimentos de barragens, Horta e Damas (2024) analisam, em seu estudo, quatro modelos do dispositivo DIN (Dispositivo Individual de Notificação), os quais podem ser utilizados como ferramenta de alerta para os moradores de zonas de risco de alagamento em caso de rompimento de barragens em duas cidades do interior do estado de Minas Gerais: Piau e Carmo do Cajuru. Os equipamentos serão doados à população que reside em áreas de inundação, por meio da Defesa Civil de Minas Gerais. Os moradores passarão a contar com essa ferramenta em suas residências, com informações sobre o monitoramento da barragem próxima, permitindo que recebam alertas de evacuação em caso de risco de rompimento.

No referido estudo, os autores analisaram os modelos Retrô, Sentinela, Pet e Alarmista. Contudo, o primeiro modelo foi considerado mais eficaz pelos moradores, por meio de entrevistas realizadas com os mesmos, os quais relataram sentir-se mais seguros com o modelo DIN Retrô.

Botelho et al. (2021) focam suas discussões na gestão e no gerenciamento da Barragem de Rejeitos do Fundão (BRF), pertencente à mineradora Samarco S.A., e da Barragem B1, pertencente à mineradora Vale S.A., ambas localizadas no estado de Minas Gerais. Os autores apontam, separadamente para cada uma das

barragens, cinco fatores que podem ter contribuído para o rompimento dessas estruturas, quais sejam: fatores gerenciais, operacionais, de manutenção, de engenharia e do ambiente de trabalho.

Botelho et al. (2021) ainda citam que as duas barragens foram construídas pelo método a montante, considerado o mais inseguro. Nas operações, por exemplo, não foram seguidas as orientações contidas nos manuais de operação das barragens, além da utilização de parâmetros técnicos inadequados. Não houve um planejamento adequado para um possível sinistro em relação às duas barragens, uma vez que, na BRF, não existia nenhuma sirene de alerta e, na B1, além disso, as sirenes não emitiram sinal sonoro no momento do rompimento.

Cota et al. (2019) discutem sobre a limitação que os órgãos fiscalizadores têm em relação à implementação dos instrumentos de gestão e citam o exemplo da Bacia do Alto Rio das Velhas, localizada no estado de Minas Gerais, que apresenta um total de 88 barragens de rejeito de minério, sendo que 34 não estão inseridas no PNSB (Política Nacional de Segurança de Barragens). Ainda relatam que dentre essas últimas, 30 foram detectadas com um dano potencial alto ou médio, o que significa que deveriam estar incluídas na política de segurança. Dessa forma, percebe-se que o estado de Minas Gerais apresenta um índice considerável de rompimentos de barragens e o não enquadramento desses reservatórios na PNSB, o que indica uma situação preocupante, visto que, a ausência dos Planos de Ações de Emergências, deixa as comunidades a jusante dessas barragens em situação de elevada vulnerabilidade. Vale a pena acrescentar ainda que as barragens de rejeitos da referida Bacia são a jusante umas das outras, ou seja, em caso de rompimento de uma poderá causar o efeito cascata.

Ainda sobre a ineficiência da gestão, Leão e Santiago (2022) utilizam o embasamento de outros estudos e relatam que existem, com frequência, acidentes relacionados às barragens de rejeitos e que muitos deles estão associados a uma gestão de segurança ineficiente. Além disso, abordam as resoluções e portarias federais que estabelecem critérios, diretrizes e prazos para o atendimento das exigências previstas pela PNSB no que diz respeito à gestão e à segurança das barragens de contenção de rejeitos no Brasil. Frisam também que a fiscalização tem o intuito de verificar a efetivação das obrigações previstas no PSB e de inspecionar as estruturas físicas das barragens.

Ainda sobre a ineficiência da gestão, Leão e Santiago (2022) utilizam o embasamento de

outros estudos e relatam que existem, com frequência, acidentes relacionados às barragens de rejeitos e que muitos deles estão associados a uma gestão de segurança ineficiente. Além disso, abordam as resoluções e portarias federais que estabelecem critérios, diretrizes e prazos para o atendimento das exigências previstas pela PNSB no que diz respeito à gestão e à segurança das barragens de contenção de rejeitos no Brasil. Frisam também que a fiscalização tem o intuito de verificar a efetivação das obrigações previstas no PSB e de inspecionar as estruturas físicas das barragens.

Conclusões

Na pesquisa de revisão integrativa, ficou evidenciado que, nos últimos anos, o Brasil vivenciou desastres ambientais catastróficos e irreparáveis, acarretados por rompimentos de barragens. No levantamento de revisão, foi observado que os trabalhos disponíveis são, em sua maioria, sobre barragens de rejeitos, havendo poucos estudos sobre barragens de água.

É impossível tratar de rompimentos de barragens no Brasil sem mencionar os casos de rompimento das barragens de Brumadinho e Mariana, no estado de Minas Gerais, considerados algumas das maiores tragédias sociais e ambientais já registradas no país.

Essas catástrofes evidenciaram a urgência de se aprimorarem a regulamentação e a fiscalização das barragens no Brasil, buscando uma gestão compartilhada adequada e a aplicação rigorosa da legislação, inclusive com a utilização dos avanços tecnológicos para a realização de inspeções. A partir de 2010, a Política Nacional de Segurança de Barragens tornou-se um marco em termos de regulamentação, exigindo, de maneira rigorosa, inspeções e relatórios de grau de risco das barragens, cujo propósito era mitigar os impactos sociais e ambientais. Faltam, não obstante, fiscalização rigorosa e medidas punitivas por parte dos órgãos competentes para o cumprimento das normativas.

Ficou evidente que, para prevenir falhas estruturais e promover a proteção das comunidades localizadas a jusante desses reservatórios, é de suma importância a institucionalização de um conjunto de ações de vistoria, monitoramento e políticas públicas voltadas para impedir ou amenizar os impactos causados por rompimentos de barragens. O Plano de Ação de Emergência é um importante instrumento para a prevenção e a proteção das populações localizadas a jusante, buscando medidas de mitigação para que, em caso

de rompimento, seja possível salvar o maior número de vidas e amenizar os impactos decorrentes do rompimento de barragens sobre o meio ambiente.

Referências

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2011. Relatório de segurança de barragens 2011. Brasília, DF. ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023. Relatório de segurança de barragens 2022. Brasília, DF. ANA.
- Alves Junior, A.P.A., Osvaldo, O.C.P.N., 2020. O mapeamento da área de risco à jusante do lago Igapó em Londrina – PR – Brasil, no caso de rompimento hipotético da barragem. *Territorium* [Online] 27(II), 29–40. Disponível: https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-2_3. Acesso: 20 jun. 2026.
- Alves Júnior, F.M., Kobiyama, M., Corseuil, C.W., 2023. Mapeamento de índice de risco de inundação de área a jusante de uma barragem em caso de rompimento. *Mercator* (Fortaleza) [Online] 22. Disponível: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/bYfg3jbMfi7cgqNzyZq5dyDKt/>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Barbosa, R.A., et al., 2020. Diagnóstico e execução de ações corretivas em barragem de terra: estudo de caso da barragem Poleiros em Barra de Santa Rosa-PB. *Revista Principia* [Online] 1(51), 86–96. Disponível: <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2020v1n51p86-96>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Botelho, L.L.R., Cunha, C.C.A., Macedo, M., 2011. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade* [Online] 5, 121–136. Disponível: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Botelho, M.R., Faria, M.P., Mayr, C.T.R., Oliveira, L.M.G., 2021. Rompimento das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão em Minas Gerais, Brasil: decisões organizacionais não tomadas e lições não aprendidas. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* [Online] 46. Disponível: <https://doi.org/10.1590/2317-6369000018519>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Brasil, 2020. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, que altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). *Diário Oficial da União*, seção 1, p. 3, 1 out. 2020.
- Carvalho, R.P.B., Reis, M.O., Magalhães Júnior, A.P., Batista, P.H., 2022. Distribuição espacial de barragens de rejeito de mineração e configuração de bacias de risco nas regiões hidrográficas brasileiras. *Geografia: Ensino & Pesquisa* [Online] 26, e28. Disponível: <https://doi.org/10.5902/2236499465978>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Costa, G.P., Rondon Filho, E.B., 2020. A identidade dos sujeitos em Stuart Hall e a catástrofe da barragem de Fundão, na cidade de Mariana. *Campo Jurídico*, 8(1), 1–21.
- Cota, G.E.M., et al., 2019. Aspectos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no Alto Rio das Velhas (MG). *Geografia* [Online] 21(45).
- Dias, F.M.S.C.R., 2015. Filtros em barragens de aterro: caracterização da sua permeabilidade. *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Dutra, D.J., et al., 2021. Modelagem de superfície de custo aplicado ao mapeamento de áreas vulneráveis ao rompimento de barragens, Quadrilátero Ferrífero – MG. *Caderno de Geografia*, 31(65).
- Franco, C.S.S.P. de A., 2008. Segurança de barragens: aspectos regulatórios. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Goiás. Repositório Institucional da UFG.
- Goerl, R.F., Kobiyama, M., Pellein, J.R.G.M., 2012. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. *Boletim de Geografia*, 30(1), 81–100. Acesso: 20 jun. 2026.
- Horta, A., Damas, P., 2024. Design e tecnologia na cidade: impactos da morfologia de um dispositivo individual de notificação sobre a segurança de pessoas residentes em zonas de risco de rompimento de barragens. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación* [Online] (209), 113–133. Disponível: <https://doi.org/10.18682/cdc.vi209>. Acesso: 20 jun. 2026.
- ICOLD. International Commission on Large Dams, 2023. World register: general synthesis. Paris. Disponível: https://www.icold-cigb.org/article/GB/world_register/general_synthesis/general-synthesis. Acesso: 20 jun. 2026.
- Leão, S.R., Santiago, A.M.S., 2022. Tailings dam scenario: knowing to avoid new catastrophes. *Ambiente & Sociedade* [Online] 25. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1809-22asoc20210066r1vu2022l2oa>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Lima Neto, I.E., Oliveira, L.C.S., 2022. Simulação do rompimento de barragens em cascata em uma bacia hidrográfica semiárida. *Revista DAE*

- [Online] 70, 203–216. Disponível: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.031>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Macedo Fideles, B.T., Costa Malveira, V.T., 2018. Segurança nas barragens Gangorra e Itaúna contra erosão interna. *Revista Tecnologia* [Online] 38(2). Disponível: <https://doi.org/10.5020/23180730.2017.V38.2.6778>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Menescal, R.A. (Org.), 2005. A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos no Brasil. Proágua.
- Monteiro, R.S., Ottoni, A.B., 2022. Análise da sustentabilidade ambiental na operação de barragens de rejeitos. *Revista Internacional de Ciências* [Online] 12. Disponível: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Oliveira, T.R., et al., 2019. Metodologia para análise de danos ambientais do rompimento da barragem de Fundão em Bento Rodrigues (MG). *HOLOS* [Online] 35(7), e6187. Disponível: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.6187>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Pimenta Filho, M.A., 2013. Análise da erosão interna de solos em barragens com base na distribuição de vazios. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Santa Rita, L.C.S., Oliveira, A.N., Almeida, A.Q., Mendes, L.A., 2023. Dam safety in Sergipe: Jacarecica I and Jacarecica II hypothetical cascade dam-break simulation. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [Online] 28, e32. Disponível: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.282320230041>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Santos, A.S., Brito, A.D., Moreira, C., 2022. O barato pode custar caro: desastres ambientais envolvendo a Vale S.A. e relações com riscos empresariais. *Revista Gestão em Análise* [Online] 11(3), 169–182. Disponível: <https://doi.org/10.12662/2359-618xregea.v11i3.p169-182.2022>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Scotto, G., 2021. Verde que vira marrom, reputação que vira lama: extrativismo mineral, desastres e as imagens do “invisível”. *Vértices (Campos dos Goitacazes)* [Online] 23(1), 213–233. Disponível: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v23n12021p213-233>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Silva, R.S.A., Medeiros, A.B.S., Oliveira Júnior, A.P., Freitas Neto, O., Santos Júnior, O.F.S., 2021. Acidentes e incidentes em barragens brasileiras: uma análise dos dados disponíveis nos relatórios de segurança de barragens e da legislação vigente. *HOLOS* [Online] 37(6), e10245. Disponível: <https://doi.org/10.15628/holos.2021.10245>. Acesso: 20 jun. 2026.
- Stephenson, D., 2002. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. *Urban Water* 4, 425–430.