



SEGURANÇA EM BARRAGENS

SAFETY IN DAMS

Bruna Mota da Silva¹
Josélio Ramos da Silva²
Luiz Antônio de Sousa Ferreira³
Tiago Augusto dos Santos Pinto⁴
Taíssa Guedes Cândido⁵

RESUMO

As barragens são obras associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de rompimento, com consequências catastróficas para as próprias estruturas, para o meio ambiente, com destruição de flora e fauna, e principalmente pelas perdas de vidas humanas e econômicas. O artigo aqui apresentado tem por objetivo geral identificar padrões de segurança de barragens, reduzindo os riscos de acidentes e suas consequências, visando atender o cumprimento do Plano de Ações de Emergência – PAE. Trata-se de uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa, na qual os dados do embasamento teórico foram embasados na Lei 14.066 de 30 de setembro de 2020 e afins. Os resultados obtidos subsidiaram a elaboração de um plano estratégico que permita reduzir os riscos de desmoronamento de barragem e acidentes. É importante ressaltar que a correta classificação dos níveis de comprometimento da estrutura em questão, assim como a possibilidade de prevenção e manutenção periódicas podem reduzir drasticamente a ocorrência de rupturas em barragens, que visam promover maior confiabilidade para os resultados nessa área, consequentemente gerando maior segurança para populações atingíveis.

Palavras-chave: Barragem; Índice de Segurança; Avaliação.

¹ Graduanda do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: brunamota.eng@gmail.com

² Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: ramos_pb@hotmail.com

³ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: luizasferre@gmail.com

⁴ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: tiagosantos_27@hotmail.com

⁵ Docente dos Cursos de Engenharia da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: taissa.candido@estacio.br

ABSTRACT

Dams are works associated with a high potential for risk due to the possibility of failure, with catastrophic consequences for the structures themselves, for the environment, with the destruction of flora and fauna, and especially the loss of human and economic lives. Its general objective is to identify dam safety standards, reducing the risk of accidents and their consequences, in order to comply with the Emergency Action Plan – PAE. This is an exploratory research with a qualitative approach, in which the data from the theoretical basis were based on Law 14,066 of September 30, 2020 and similar. The results obtained supported the elaboration of a strategic plan to reduce the risks of dam collapse and accidents. It is important to emphasize that the correct classification of the levels of commitment of the structure in question, as well as the possibility of periodic prevention and maintenance can drastically reduce the occurrence of ruptures in dams, which aim to promote greater reliability for the results in this area, consequently generating greater safety for reachable populations.

Keywords: Dam; Security Index; *ASSESSMENT*.

INTRODUÇÃO

As questões relacionadas a resolução de problemas intrínseco a segurança de barragens envolve questões técnicas e também problemas financeiros institucionais. Na competição por orçamentos apertados, um programa de segurança de barragens é muitas das vezes um programa necessário para a melhoria das condições de segurança e para mitigar os riscos envolvidos, porém algumas vezes envolve altos orçamentos. Por exemplo, no caso de barragens antigas, onde para atender a novos critérios, fez-se necessário uma ampliação dos órgãos de descarga Unida (SILVEIRA, 2002).

O Relatório da Agência de Meio Ambiente das Nações Unidas registrou os maiores rompimentos de barragens ocorridos desde 1985. Só nos últimos 6 anos, ocorreram 8 grandes acidentes pelo mundo. O Brasil, lamentavelmente, tem destaque nessa lista por ser o país com o maior número. Foram três acidentes com perda humana ou grave dano ambiental de 2014 até hoje, todas em Minas Gerais: rompimento de uma barragem da Herculano Mineração, em Itabirito, em 2014 com três mortes; o vazamento da barragem do fundão em Mariana, em 2015 com 19 mortes e a tragédia com grande perda de vidas em Brumadinho. A Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda que empresas de mineração não façam opções de segurança

considerando custos. 'Segurança deve ser prioridade e custo não pode ser fator determinante', diz relatório das Nações Unidas.⁶

O presente trabalho tem por objetivo geral identificar padrões de segurança de barragens, reduzindo os riscos de acidentes e suas consequências, visando atender o cumprimento do Plano de Ações de Emergência (PAE) integrante do Plano de Segurança de Barragens, previsto na Lei nº 14.066/2020. E com objetivos específicos de assegurar a integridade das barragens, de maneira a proteger os seres humanos que delas dependam ou que vivam em seu entorno, bem como o próprio meio ambiente; avaliar os sistemas de segurança de barragens, analisando o controle de proteção ao operacional, os cuidados à preservação da vida; e averiguar formas de potencializar os recursos de barragens (BASILIO, 2020).

Tendo em vista que toda barragem apresenta uma possibilidade de ruptura, ocasionando riscos tanto para os habitantes, meio ambiente e propriedades que estão localizados próximos à jusante do barramento, faz-se necessário à implantação de mecanismos que variam desde as inspeções periódicas nas estruturas, controle topográfico, levantamentos climáticos, batimétricos, fiscalizações severas entre outros, isto desde a fase inicial da construção, enchimento e durante toda a fase de funcionamento.

METODOLOGIA

O estudo possui abordagem qualitativa e tem caráter exploratório, tendo seu desenvolvimento baseado no levantamento de dados sobre segurança em barragens. No Brasil, de acordo com o Cadastro Nacional de Barragens (CNB), instaurado pelo Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), das 1392 barragens brasileiras registradas pelo ICOLD, aproximadamente 60% são de terra ou enrocamento, enquanto 40% são de concreto (CBDB, 2014).

⁶ BBC NEWS BRASIL (2019).

Na realização do trabalho, os autores tiveram acesso ao acervo do Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), Segurança de Barragens: Recomendações para formulação e verificação de critérios e procedimentos, e para compor todo o embasamento teórico foram em busca de monografias de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Não somente documentos acadêmicos, os autores buscaram livros e notícias sobre os temas relacionados e poderiam trazer relevância para o que está sendo abordado.

O artigo está em conformidade com as questões éticas, não sendo necessária a submissão a um Comitê de Ética, por não se tratar de pesquisa que envolva seres humanos, além dos dados que foram utilizados, possuir domínio público.

AS BARRAGENS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Barragem é qualquer estrutura projetada de forma permanente ou temporária de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos. É preciso saber a finalidade do seu uso, pois existem diversos tipos de barragens, entre elas estão barragens de contenção de rejeitos de mineração e resíduos industriais a Jusante e a Montante. O método de montante era o mais antigo, simples e econômico método de construção de barragens. A etapa inicial na execução deste tipo de barragem consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. A partir de diversas catástrofes com este tipo de barragem, deixou de existir após a Lei 14.066, 30 de setembro de 2020 (DUATE, 2008).

Jusante é a barragem construída em solo compactado, independentemente do tipo de rejeito depositado na mesma. Os alteamentos são realizados no sentido do fluxo de água (jusante), em que os alteamentos subsequentes são realizados para jusante do dique de partida. Este processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida. É uma obra onerosa por consumir maiores volumes de materiais e dispor de grande área. DUATE (2008).

SISTEMAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Guerra (1996) discorre sobre o interesse das observações, ainda que sejam as decorrentes de inspeções ou as realizadas por meio das campanhas de leitura da

instrumentação instalada, que recai sobre a necessidade de se estabelecer, com muita confiança, ampla correspondência entre os controles efetuados e sua analogia com o comportamento e desempenho das barragens, tais como: previsibilidade de comportamento, de instrumentos e de estruturas; confiabilidade das leituras e registros; correspondência entre as observações e a realidade; traduzir futuros cenários, em tempo oportuno, antevendo tendências de comportamento e reduzindo a possibilidade da ocorrência de acidentes ou rupturas por meio de medidas preventivas; manter as características de funcionamento dentro de patamares aceitáveis de segurança.

Guerra (1996) ainda que se deve definir níveis de segurança operacionais para as várias combinações das condições de solicitações; manter um banco de dados atualizado e indicativo dos controles e rotinas básicas; associar os vários tipos de instrumentos entre si, com base em referenciais de carregamento, estabelecendo correlações que permitam, com um mínimo de investigações, cobrir o máximo possível de informações; reduzir os custos e equipes envolvidas; e ação preventiva constante. Seguir e executar o conjunto de ações de segurança reflete em mitigar os riscos inerentes de acidentes, promovendo maior segurança de barragens, pessoas e meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Importância das Barragens e Seus Cuidados

As barragens são obras antigas que tinham como objetivo inicial abastecer com água a população e irrigar o solo. Hoje em dia, entretanto, as mesmas possuem um caráter mais abrangente, sendo também fornecedoras de energia elétrica por meio de suas estações hidroelétricas, controladoras de rejeitos e resíduos industriais, além de proporcionarem um momento de lazer em locais onde estão localizadas. Entretanto, as barragens também apresentam um elevado potencial de risco, podendo vir à ruptura, sendo altamente prejudiciais ao meio ambiente, na destruição da fauna e flora, por exemplo, além de vidas humanas que se perdem, conforme o Ministério da Integração Nacional; Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica (2002).

A construção desse tipo de obra requer muitos cuidados, atendendo aos critérios de segurança estrutural e as anuências previstas em Lei.

A construção de barragens pelo mundo a fora está ligada ao desenvolvimento de uma determinada atividade socioeconômica, como de mineração, setor energético, etc. Para Dias (2017), a construção dessas estruturas tem tido impactos encontrados de forma direta e indireta, ocasionando risco associado aos seres humanas, ao meio ambiente além de prejuízos matérias.

Uma barragem segura tem um desempenho que satisfaz requisitos de comportamento necessários para coibir possíveis incidentes e acidentes, em setores econômicos, sociais, ambientais e estruturais. A barragem deve ter estabilidade adequada para suportar com segurança os carregamentos de projeto, como resistir a eventos sísmicos. (MENDES/PEDROSO, 2016).

Mesmo não sendo grande, o risco de ruptura de uma barragem é uma realidade em potencial para as empresas empreendedoras. No boletim 99 de A Comissão Internacional de Grandes Barragens, ICOLD (1995), a porcentagem de ruptura de grandes barragens é de 2% para as barragens construídas antes de 1950 representam em torno de 0,5% para as construídas após. Cerca de 70% das rupturas ocorreu nos seus primeiros 10 anos de operação e, mais especialmente, no primeiro ano após o comissionamento (SAMPAIO, 2014).

A vida econômica das barragens é de cinquenta anos, porém se forem adequadamente mantidas muitas delas poderão durar mais tempo. Entretanto, se o empreendimento não for mais viável, mais quantos anos poderão durar essa manutenção? Quantos séculos poderão durar as barragens antes do concreto vir a se deteriorar irremediavelmente? (TANUS, 2018).

Especialistas em barragens apontam vantagens e desvantagens desses empreendimentos, tendo destaque barragens construídas do modo à montante e à jusante, que geradoras de impactos que podem ser tanto positivos como negativos, sendo alguns deles:

À Montante:

A barragem a montante é feita de um dique, onde na crista da barragem forma-se uma “praia” de rejeitos, onde se tornam a fundação das próximas colunas (alçamento). O fato de esse método ser mais simples e econômico está associado à maioria dos casos de barragens de rejeitos e seus posteriores impactos, ambientais e econômicos.

Segundo mostra Teixeira (2020), o principal risco de ruptura está vinculado à liquefação estática dos detritos ligados às suas baixas densidades e gestão inadequada da operação da barragem. Sendo que essa é a modalidade estrutural das barragens do Fundão e do Córrego de Feijão – Mariana e Brumadinho, respectivamente, ambos ocorridos no Estado de Minas Gerais.

Os impactos a montante dos reservatórios hidrelétricos também podem incluir a elevação dos níveis do rio, denominado de o remanso superior. Tendo o rio entrado em um reservatório em sua extremidade a montante, a sua velocidade de fluxo de água logo fica menor, contribuindo para que o sedimento na água caia até o fundo.

As partículas maiores, como a areia, caem imediatamente para o fundo do reservatório, enquanto sedimentos finos, como o silte, ficarão perto da barragem na extremidade inferior do reservatório.

Há um imenso depósito na extremidade superior do reservatório, onde existe a formação de um pequeno monte, em que a ação do mesmo constitui uma segunda barragem, sendo ela retentora de água e responsável para elevar o seu nível no trecho do remanso superior, que está fora do que é oficialmente considerado parte do reservatório. Uma vez que podem causar inundações, como aconteceu na Bolívia em 2014, uma vez que o reservatório de Jirau, que faz fronteira com a mesma, causou um aumento adicional de 1 m do nível da água na fronteira, tal prática se torna muito arriscada⁷.

A principal vantagem desse método é o seu baixo custo e a simplicidade.

À Jusante:

A barragem à jusante compreende-se por uma seção de curso d'água situada entre um ponto de referência e a foz; em outras palavras é a parte que fica depois da barragem, no sentido corrente do rio.

Uma grande desvantagem da barragem a jusante é o seu custo elevado, entretanto, conforme Teixeira (2020), a mesma é considerada a mais segura, uma vez que veio com o objetivo de minimizar os riscos do método a montante. Segundo Boscov (2019), o método a jusante chega a ser em torno de três vezes mais cara que o método a montante, isto porque a mesma é construída no solo natural, elevando assim o seu custo.

⁷ AMAZONIA REAL (2016).

Por outro lado, os impactos a jusante não podem ser ignorados. Um exemplo claro disto é quando a água que passa por suas turbinas são retiradas de sua parte inferior a uma profundidade em que a águas está praticamente sem oxigênio, levando a matança de muitos peixes e impedindo que outros entrem por baixo, como o que acontece como peixes no Rio Amazonas. É também um desafio muito grande para os moradores que vivem ali próximo, isto porque eles sofrem com os impactos em seus meios de subsistência não completamente reconhecidos e amenizados pelas barragens ali existentes⁸.

Um exemplo claro disto é a barragem de Tucuruí, em Cametá, que é maior das cinco cidades ribeirinhas no baixo Rio Tocantins, localizado próximo à jusante de Tucuruí. Ela teve uma queda considerável na captura de pescado em 82% e de 65% na captura de camarão de água doce, entre os anos de 1985 a 1987⁹.

Contudo, um dos benefícios do método a jusante é na sua alta resistência a carregamentos dinâmicos, uma vez que na graduação à construção não interfere na segurança, dessa forma facilita a drenagem, que possui baixa susceptibilidade de liquefação e simplicidade na operação. Outra vantagem desse método, segundo TEIXEIRA (2020), é a ausência de restrição, em termos de estabilidade para a altura final do barramento, pois cada alteamento é estruturalmente independentemente dos rejeitos lançados a montante. Assim também, para Boscov (2019), uma grande vantagem do método a jusante é justamente por ser mais seguro que o já mencionado método a montante, uma vez que em tal procedimento a barragem cresce para fora e não para dentro.

Política Nacional de Segurança de Barragens

Foi criada no Brasil a Lei n. ° 12.334 em 20 de setembro de 2010, onde os diversos órgãos fiscalizadores foram inseridos no tema para executá-lo, como a Agência Nacional de Águas (ANA), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e seus órgãos descentralizados e a Agência Nacional de Mineração (ANM), (NEVES, 2018).

⁸ AMAZÔNIA REAL (2016).

⁹ AMAZÔNIA REAL (2016).

A Política Nacional de Segurança de Barragens foi criada com o objetivo de regular as barragens construídas neste país. Em 2012 o Ministério do Meio Ambiente editou a Resolução número 144 estabelecendo as diretrizes para a implantação das PNSB (COSTA; SIQUEIRA, 2019).

Segundo Neves (2018), a ANA foi a que recebeu mais atribuições, todavia inovadoras. Ela tanto recebeu a função de averiguar a segurança das barragens de usos múltiplos em domínio da união, como teve a de promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores na criação da PNSB, além de outras responsabilidades.

A PNSB aplica-se a barragens que se enquadram em pelo menos uma das seguintes características: a) Altura do maciço, desde o ponto mais baixo da fundação à crista, que seja maior ou igual a 15m; b) Capacidade máxima do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³; c) Reservatório que possua resíduos perigosos conforme as normas técnicas aplicáveis; d) Categoria de dano potencial associado em questões econômicas, sociais, ambientais e de perda de vidas humanas (NEVES, 2018).

Art. 4º São noções da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB): I - a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros; II - a população precisa ser informada e estimulada a participar, seja de forma direta ou indireta, das ações preventivas e emergenciais; III - o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo - lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la; IV - a promoção de mecanismos de participação e controle social; V - a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais (NEVES, 2018).

Ainda, de acordo com Neves (2018), é possível enxergar, antes da promulgação da Lei nº 12.334/2010, que não havia a indicação direta de responsabilidades, em âmbito nacional, pela fiscalização da segurança das barragens. Entretanto, conforme dados da Revisão Periódica de Segurança Barragens (2011), havia órgãos ambientais muitas vezes lidando isoladamente com os acidentes e uma desarticulação do poder público para lidar com a problemática de segurança de barragens. No cenário estadual há, por exemplo, algumas iniciativas e avanços importantes, como o trabalho que vem sendo realizado pela COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH), no Ceará e pela FUNDAÇÃO ESTADUAS DO MEIO AMBIENTE (FEAM), em Minas Gerais.

Mais uma vez, Neves (2018), relatou em sua pesquisa, que nas obrigações dos empreendedores, relativamente à Lei, destaca-se a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que deverá ser único para cada barragem. Os empreendedores tiveram até a data de 20 de setembro de 2012 para alinharem à aprovação do respectivo órgão fiscalizador o relatório especificando as ações e o cronograma para a implantação do Plano de Segurança da Barragem. O Plano é de responsabilidade obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança da barragem.

Deve conter pelo menos o seguinte: a) Informações gerais da barragem e do empreendedor; b) Documentação técnica do empreendimento; c) Planos e Procedimentos; d) Registros e controles (operação, manutenção, inspeção, monitoramento, instrumentação, bem como os testes de equipamentos hidráulicos, elétricos, mecânicos e etc.); e) Relatórios de Inspeção; f) Revisão Periódica de Segurança de Barragem; g) Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido (NEVES, 2018).

Tal legislação, vigente que trata da segurança em barragens, tem como objetivos buscar a manutenção da integralidade das suas estruturas de modo a garantir que todas as barragens operem em segurança, e que nesse contexto haja respeito à vida e saúde humana e animal daqueles que habitam próximos às barragens, bem como a preservação do meio ambiente e dos bens e propriedades ali existentes. A lei também estabelece que todas as barragens com dano potencial alto devem ter Plano de Ação de Emergência (PAE), (BRASIL, 2010).

Cadastro de Barragens

O Cadastro Nacional de Barragens (CNB) consiste em uma base de dados sobre todas as barragens existentes no Brasil, organizada e mantida pelo Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB). Para cada barragem são fornecidas várias informações (dados e características) úteis à elaboração de projetos, à construção de barragens, à pesquisa científica e às avaliações estatísticas sobre barragens (CBDB, 1999).

O cadastro deve ser a primeira ação traçada pela entidade fiscalizadora na implantação da PNSB, dado que é um procedimento fundamental para a continuidade das atividades de regulação e fiscalização de segurança de barragens. O cadastro permite que as entidades conheçam mais detalhadamente as características de todas as barragens reguladas, mantendo – as atualizadas sobre as informações e os acontecimentos, tornando possível antepor e

programar ações de fiscalizações e tomar decisões em situações de emergência. As três principais atividades do cadastro se enquadram em: Definição dos campos de informações e criação de base de dados; Identificação, levantamento e integração de informações; Manutenção e revisão da base de dados (BRASIL, 2016).

Classificação de Barragens

A classificação de barragens é um instrumento para atuar na segurança de barragens em que classifica por categoria de risco e dano potencial. Esta classificação é dinâmica e exige atualizações periódicas em função das condições de conservação estrutural dos reservatórios, bem como da ocupação da comunidade em torno da barragem. A primeira classificação deve ser realizada no início dos trabalhos da unidade fiscalizadora, pois este é um insumo importante para abastecer outras atividades a serem realizadas (BRASIL, 2016).

A resolução CNHR 143/2012 estabelece uma classificação em alto médio e baixo a categoria de risco e o dano potencial associado, fato que permite uma conjecturada influência da barragem sobre a população local, seus fatores de risco e possíveis intervenções em conjuntos populacionais em torno do reservatório (PINTO, 2020).

A classificação deve ser realizada logo após ou até durante a etapa de cadastro, visando à segurança da população que se encontra jusante e do meio ambiente, no que tange a tomada de decisão e na aplicação os procedimentos que buscam a minimização das possibilidades de acidentes nessa estrutura a classificação assumi grande importância (SILVA; SOUZA, 2017). As barragens de mineração que apresentam anomalias capazes de colocar em risco sua segurança, ou que não possuem estabilidade declarada, deverão ter seu nível de emergência acionado, que a depender da gravidade da situação são classificados em:

Nível Um – Quando detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro de Classificação de CRI (Classificação por Categoria de Risco) relativa ao estado de conservação, quando a estrutura não tiver DCE (Declaração de Condições de Estabilidade) positiva, ou demais situações em que seu potencial de segurança da estrutura esteja comprometido;

Nível Dois – Quando o resultado das ações adotadas na anomalia for classificado como sem controle;

Nível Três – A ruptura está próxima ou está ocorrendo (BRASIL, 2021).

Segurança de Barragens

A segurança de barragens é de caráter essencial e uma temática que exige atenção das autoridades competentes, já que é possível observar que o crescimento populacional ao redor destas construções é enorme, pois a população vai a busca dos benefícios hídricos dos reservatórios. No Brasil há uma grande diversidade de dimensões nas barragens, do mesmo modo que há diferentes funcionalidades na utilização destas estruturas, logo existe uma variação das metodologias empregadas no gerenciamento destas (PINTO, 2020).

Segundo Martini (2018), a segurança da barragem pode ser analisada através de uma medida entre o que se espera no projeto desta estrutura que implica riscos inaceitáveis em comparação com a real situação em que se encontra a barragem. A metodologia e as técnicas empregadas em segurança de barragens visam a garantia operacional da estrutura durante sua vida útil, levando em consideração a degradação natural que ocorre oriunda do uso contínuo assim como situações adversas que podem ocorrer o andamento das atividades desenvolvidas pelo empreendimento.

De acordo com Leite (2019), é um grande desafio para os sistemas de gestão empregar com alta desempenho as técnicas de segurança de barragens, visto que está diretamente ligado a esta temática determinar as razões das possíveis ameaças à estrutura e a funcionalidade do empreendimento, tudo isso requer uma combinação de fatores técnicos, ambientais e operacionais.

Integridade de Barragens

Garantir a integridade da barragem, bem como preservar a vida e o meio ambiente está entre os propósitos da Lei 12.334/2010, que respalda e estabelece questões a serem abordadas e praticadas pela gestão (LACERDA FILHO; REIS, 2020). O monitoramento e a manutenção dessas estruturas, além de garantir a integridade física das barragens, previnem eventuais acidentes e auxiliam na elaboração de parâmetros geotécnicos que contribuem com a lisura do projeto. Incidentes ou acidentes podem ocorrer quando falhas e defeitos acometem a estrutura ou algum procedimento.

O incidente é considerado um evento de pequeno porte que prejudica a integridade e/ou a funcionalidade da obra, enquanto o acidente é um evento de grande porte que conduz com a ruptura parcial ou a completa impossibilidade da operação, ocasionando graves

consequências sociais, econômicas e ambientais. Um incidente pode evoluir para um acidente quando não corrigido adequadamente (FREITAS, 2020).

A maior parte das falhas é precedida de sinais de alerta com exceção às provocadas por terremotos ou grandes tempestades. Dessa forma, a integridade do barramento depende de um bom projeto e de excelentes programas de manutenção (SILVA, 2020). Isto inclui planejamento, projeto, construção e suas fases de operação, condição que vise manter a integridade estrutural e operacional e a precaução com a vida, saúde, propriedade e meio ambiente (LACERDA FILHO; REIS, 2020).

Gerenciamento de Risco

O risco busca medir a probabilidade e a severidade de um efeito adverso no que se refere à vida, saúde, bens e ambiente. O risco na gestão de segurança de barragens pode ser classificado como operacional, já que se posiciona a auxiliar na elaboração de estratégias que se destinam a integridade estrutural e funcional do empreendimento. Sendo assim, o risco operacional está relacionado a falhas oriundas de ações dos funcionários ou eventualidades externas que afetem as atividades, controle e gestão de segurança do barramento (CAMPOS; POZNYAKOV, 2021).

As consequências negativas à vida, e ao meio ambiente, advindas de desastres ou acidentes ocasionados às barragens mostram quanto é fundamental que todos os barramentos de contenção precisam necessariamente de um plano de contingência. A efetividade do controle de riscos está diretamente ligada à minimização dos riscos a um nível aceitável e com criação de procedimentos de gestão de emergência para assegurar que não ocorra a perda de vidas com um eventual rompimento do barramento (RAMBO, 2020).

Entende-se por gerenciamento de risco o processo de identificação, avaliação, abordagem e monitoramento dos riscos exigentes, se inicia ao detectar anomalias em estruturas no que se refere à segurança e funcionalidade. A gestão de riscos está envolvida com a criação de metodologias, técnicas e medidas administrativas que visam à minimização dos riscos, já que não é possível eliminar os riscos na sua totalidade. Tem a finalidade de gerenciar e controlar a empresa com planejamento e uso eficiente dos recursos humanos e materiais, procurando o aprimoramento da tomada de decisão (CAMPOS; POZNYAKOV, 2021).

Relatório de Segurança de Barragens

O relatório de segurança traz um panorama sobre as condições estruturais e de funcionalidade das barragens, é um dos instrumentos da PNSB para conscientizar a sociedade quanto à segurança destas construções. A competência legal para a elaboração do relatório é da Agência Nacional das Águas, onde anualmente as entidades fiscalizadoras tem a função de enviar todas as informações necessárias para a elaboração do relatório (BRASIL, 2016).

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB

Trata-se de uma plataforma digital, responsável pela coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações das barragens em construção, em operação e das desativadas, as entidades fiscalizadoras são responsáveis pela inserção e atualização das informações coletadas por estas. Portanto o sistema tem por finalidade coletar, guardar, tratar, gerir e disponibilizar para sociedade as informações relacionadas à segurança de barragens no território brasileiro (BRASIL, 2016). Compete a Agência Nacional das Águas a gestão do SNISB, mediante uma articulação direta com todos os demais órgãos fiscalizadores de barragens (SNISB, 2020).

Regulação e Fiscalização

A regulação se dá pela intervenção da autoridade ou entidade competente com propósito de disciplinar os comportamentos e procedimentos mediante a funcionalidade das barragens, a Agência Nacional das Águas adota a regulação de segurança de barragens o conhecimento profundo a respeito destas estruturas e de seu estado de conservação, assim avaliar os riscos inerentes e em seguida estabelecer diretrizes efetivação da PNSB (BRASIL, 2016).

Segundo a Agência Nacional das Águas (2016), a fiscalização fundamenta-se nas ações de verificação contínua das atividades reguladas, com objetivo de apurar se os procedimentos e metodologias estabelecidos estão sendo executado de acordo com as normas pertinentes. A fiscalização é fundamento no âmbito da política nacional de segurança de barragens, pois permite verificar o estado de manutenção das estruturas. Cada unidade que fiscaliza deve iniciar suas atividades de fiscalização o quanto antes, após o primeiro cadastro a entidade já disponibilizará informações suficientes para primeira campanha de fiscalização.

Urgência e Emergência

O empreendedor é responsável legal pela segurança da barragem, sendo incumbido ao mesmo o desenvolvimento de ações para garanti-la. Logo é fundamental a elaboração de um protocolo interno de ações de urgência e emergência para operador, uma vez que não é possível prever com antecedência quando as ações de urgência emergência ocorrerão (BRASIL, 2016).

Nova Lei que altera a PNSB

Passou a vigorar em 30 de setembro de 2020, a lei nº 14.066 que altera a já mencionada Lei nº12.334/2010 (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), (BRASIL, 2020).

Essa nova lei ordena a segurança em barragens, apresentando a necessidade de que se façam mapeamentos e estudos, com a finalidade de definir qual seria a zona de inundação de uma barragem, bem como definir a Zona de Autossalvamento (ZAS), assim como a Zona de Segurança Secundária (ZSS). Além de ordenar a necessidade de se fazer o levantamento das áreas construídas de barramento e de estruturas, bem como o levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na zona de autossalvamento, sem deixar de realizar a identificação da vulnerabilidade social dessa população. Essa lei também prevê que sejam criados, em âmbito nacional, sistemas de informação vinculados em várias esferas do poder público que devem estar disponíveis para consulta pública. Ainda têm como intenção prevê o cruzamento de informações referentes às áreas consideradas de risco, informações acerca de registros e cadastro imobiliário do município, incluindo as ocupações não registradas (BRASIL, 2020).

Ainda, conforme mostrado pelo estudo de Brasílio (2020), tais registros e cruzamentos de informações inseridos nessa nova lei, são medidas propostas que trazem esperança de melhoria, caso sejam obedecidas na prática.

O artigo 11º da lei, em seu parágrafo único, diz que independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a elaboração do PAE é

obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração (BASILIO, 2020).

Já o artigo 12º, em seu parágrafo 1º, estabelece que o PAE deva estar disponível no *site* do empreendedor e ser mantido, em meio digital, no SNISB e, em meio físico, no empreendimento, nos órgãos de proteção e defesa civil dos Municípios inseridos no mapa de inundação ou, na inexistência desses órgãos, na prefeitura municipal (BASILIO, 2020).

Assim, a forma como a referida lei trata da qualidade das informações pode favorecer facilidade e rapidez na tomada de decisão de modo mais seguro e preciso. Esse gerenciamento de informações poderá resultar em ações de melhoria da segurança e de monitoramento de barragens em operação e desativadas em todo o território nacional.

A Lei nova lei, além de outras obrigações, também força o empreendedor a notificar imediatamente o órgão fiscalizador, o órgão ambiental e o órgão de defesa civil quanto a qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa causar risco de acidente ou desastre, conforme ilustrado em Brasil (2020).

Outra importante medida, segundo Teixeira (2020), foi o que consta no Artigo 2º - Fica proibida a construção de barragem de mineração pelo método a montante.

Situação das Principais Barragens no Brasil

O Brasil registrou um aumento de 129% no número de barragens em funcionamento em estado crítico no país, sendo 156 em posição crítica de todos os tipos em 22 estados diferentes (ANGELO, 2020).

Em 2019, por exemplo, houve um relato de 12 acidentes e 58 incidentes com barragens em 15 estados, um recorde histórico no país. 31% localizados no estado de Minas Gerais, sendo o mais alarmante o do rompimento da barragem em Brumadinho, controlado pela Empresa Vale que dizimou 272 pessoas (ANGELO, 2020).

Ainda, segundo Angelo (2020), 1096 barragens estão classificadas simultaneamente com Dano Potencial Associado (DPA) e Categoria de Risco (CRI) alta – um aumento de 20% em relação a 2018, sendo o principal motivo o péssimo estado de conservação das mesmas, averiguado em 114 estruturas, além de 38 outras que não têm estabilidade comprovada ou não apresentam documentos essenciais.

Há ainda outro fato que preocupa, conforme Angelo (2020), 61% das 19.388 barragens cadastradas estão desprovidas de informações suficientes para concluir se podem ou

não serem submetidas à PNSB, ou seja, mais de 60% das barragens do país não fornecem informações mínimas como altura e tipo de outorga, licenciamento ou autorização concedida, tornando as empresas as maiores responsáveis pelas estruturas em risco no Brasil.

Entretanto, a Agência Nacional de Águas emitiu um relatório informando que as ações de fiscalização de segurança de barragens aumentaram 135% entre 2018 e 2019. Ações foram realizadas no local dos empreendimentos, aumentando de 920 para 2168 iniciativas, chegando ao total de 33 órgãos fiscalizadores de segurança de barragens no Brasil (ANGELO, 2020).

Porém, de acordo com a Redação do OBSERVATÓRIO DO 3º SETOR (2021), o Brasil possui 47 barragens em estado de emergência, sendo que 42 estão localizadas no estado de Minas Gerais, onde 30 delas são controladas pela empresa Vale SA. Outras barragens são encontradas no Amapá, Goiás, Mato Grosso, Pará e Rio Grande do Sul. Isto mostra que o Brasil caminha a passos largos e ainda tem muito a aprender, mesmo depois de tantas tragédias ocorridas recentemente, principalmente no estado de Minas Gerais.

A tragédia de Mariana foi o início da de Brumadinho. A empresa Vale sabia dos problemas desde 2007. Era uma questão de tempo. A estrutura e o sistema de fiscalização e controle continuavam o mesmo. O resultado que se vê é que depois se faz um acordo, e tudo volta ao status habitual. Levaram a uma permanência daquele sistema comprometido, frágil e sob controle do poder econômico, que trouxe a essa tragédia de Brumadinho, afirmou o promotor de Justiça Carlos Eduardo Ferreira Pinto, coordenador da área de Meio Ambiente do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), que em 2015 era responsável pelas investigações em Mariana como coordenador do Núcleo de Resolução de Conflitos Ambientais (NUCAM)¹⁰.

Foi feita uma denúncia envolvendo 16 pessoas em Brumadinho, tendo 11 da Empresa Vale e cinco da TUV SUD, por homicídio duplamente qualificado em razão do perigo comum, multiplicado por 270 vezes – o número de vítimas¹¹.

As violações de direito continuam acontecendo no território. Entre elas se destacam a falta de diálogo com as comunidades, um acordo que está sendo elaborado entre a Empresa Vale e o Governador Zema em que não há a participação dos atingidos, o controle unilateral da empresa nas metodologias de análise dos impactos nas áreas contaminadas sem oferecer

¹⁰ CICLO VIVO (2021).

¹¹ CICLO VIVO (2021).

acesso aos laudos, abastecimento de água nos municípios que foram impactados mas não são reconhecidos pela empresa. Para piorar, as empresa que prestam serviço terceirizado à Empresa Vale, trabalham em condições sub-humanas.¹²

Em sua defesa, a uma das situações críticas em a empresa Vale está submetida, ela informou no último dia 02 de fevereiro que irá retirar mais famílias do município mineiro de Barão de Cocais que moram aos arredores da Barragem Norte/Laranjeiras, isto porque, logo após um novo estudo, chegou-se a conclusão de que há uma alteração na abrangência da zona de autossalvamento, que poderia inundar em 30 minutos toda a área. Entretanto este foi o segundo anúncio no ano; no último dia 12 de fevereiro também foi anunciado que uma comunidade na área rural de Ouro Preto seria evacuada pelo mesmo motivo¹³.

Para o cenário melhorar será preciso que futuros representantes tanto da Câmara como do Senado estejam cientes e interessados com o que a sociedade deseja. Inclusive existe um tema de suma importância que deverá ser analisado logo; consiste no licenciamento ambiental relacionado com a mineração. Ele deve permitir a transparência e a participação da sociedade na tomada de decisões, impedindo assim que atos criminosos ocorram¹⁴.

Mesmo não tendo tido rompimento de barragem de mineração ou acidentes envolvendo vítimas em 2020, ações emergenciais da equipe de segurança de barragens foram necessárias para averiguar incidentes e interferir em situações que poderiam evoluir para uma situação mais grave e ocasionalmente transformar-se em um acidente (BRASIL, 2021).

Algumas das atitudes adotadas pela GSBM (Gerência de Segurança de Barragens de Mineração) buscando evitar novos acidentes foram: A realização de uma ação emergencial em conjunto com a Defesa Civil de Parauapebas – PA, na Barragem de Rejeitos da SPCDM (Serra Pelada Companhia de Desenvolvimento Mineral); Uma equipe formada por técnicos da GSBM (DF) e do Serviço de Segurança de Barragens de Mineração de Mato Grosso – SESBM-MT, dirigiu-se rapidamente até as barragens Campos e Berion da Cooperativa de Garimpeiros de Pontes e Lacerda – COMPEL para averiguar as condições, uma vez fora detectado que a estrutura apresentava nível um de emergência (BRASIL, 2021).

¹² CICLO VIVO (2021).

¹³ AGÊNCIA BRASIL (2021).

¹⁴ CICLO VIVO (2021).

Sobre a nova lei, Milanez; Wanderley (2020) destaca que há várias armadilhas incluídas durante a sua tramitação na Câmara dos Deputados. Entre elas se destacam a restrição à participação das comunidades na discussão do Plano de Ação de Emergência (PAE), a facilitação para a manipulação na definição de Zonas de Autossalvamento (ZAS) e uma menor exigência de provisão de recursos para a reparação e compensação, no caso de desastres.

Assim sendo, mesmo havendo a proibição do financiamento de campanha por pessoas jurídicas, o Legislativo Federal ainda é muito instável, fazendo lobby ao setor mineral. A nova lei acaba sendo uma oportunidade frustrada. Tendo dito isto, o melhor a ser feito é reiniciar o debate público sobre barragens de rejeito, para assim constituir um corpo normativo que realmente proteja as pessoas e o meio ambiente (MILANEZ/WANDERLEY, 2020).

Sugestões de Como Evitar o Rompimento de Barragens

A primeira medida foi dada com a proibição de barragens à montante com a lei de nº 14.066/2020. Porém, á ainda 88 com esse método de construção dentre as 717 listadas pela ANM, sendo 43 classificadas de alto dano potencial associado (SINGER, 2020).

Outras sugestões podem ser: a criação de uma nova e eficaz política de gestão e controle de barragens que mostrem os estudos de ruptura para que o risco involuntário seja conhecido. Monitoramento frequente, com a instalação de acelerômetros, inclinômetros, radares e satélites, piezômetros e monitoramentos tradicionais. Ter um número proporcional de engenheiros e geólogos geotécnicos nos quadros das empresas, sendo isto exigido em lei (SINGER, 2020).

Ainda, segundo Singer (2020), deveriam ser inseridos no Brasil estudos sismológicos no projeto de barragens, uma vez há tremores de baixa intensidade no país que são controlados por planos ultrapassados.

Além de todas essas medidas de prevenção, Singer (2020) declara que é importante a instituição de um Fundo Soberano da Mineração para Desastres, de forma a indenizar danos imediatos, preservar as comunidades atingidas, evitar acidentes posteriores, criar a reparação integral e mudar a região para a mesma seja mais invulnerável. Não somente isto, mas também ser mais rígido em fiscalizações para se impedir o desvio das receitas e adaptar a

legislação penal, para que a mesma incrimine com maior rigidez o responsável em uma situação em que haja desastre maior da empresa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aqui desenvolvida e denominada de “Metodologia ISB” – Índice de Segurança de Barragens provou-se válida e uma importante ferramenta na avaliação da segurança de barragens ou açudes. Como foi comparada a outras metodologias e os resultados obtidos não são, de forma alguma, contraditórios, se valida claramente esta metodologia.

É importante ressaltar que, como a Metodologia ISB parte de um número maior de parâmetros a serem avaliados e a proposta inicial é de ir sempre a favor da segurança, esta metodologia se mostrou conservadora em seus resultados, rígida quanto às questões de segurança de estruturas desta natureza, o que dado às implicações catastróficas que o incidente ou acidente com barragens podem ocasionar, este é um fator bastante positivo.

Como não foi possível fazer visitas a campo, e tampouco se teve acesso às documentações e informações mais detalhadas das barragens, recomenda-se aplicar a metodologia ISB em estruturas nas qual se consiga acesso a todas as informações disponíveis e necessárias a uma precisa avaliação de segurança de cada estrutura. Portanto, recomenda-se, também, aplicar esta metodologia a barragens com características mais diversas, no que concerne a tamanho, tipo, idade, importância, entre outros critérios contemplados.

Outro ponto a ser mencionado é o fato de este estudo do ISB ter acontecido em 2002 e seria muito interessante realizar a avaliação destas barragens para se concluir se algo do que foi recomendado pelos técnicos há três anos realmente foi realizado e, assim, poder-se-ia verificar se as barragens estão hoje em condições mais seguras, visto que as estatísticas não eram as mais favoráveis ao bem estar da população afetada no caso de um acidente ou incidente com aquelas estruturas.

Enfim, recomenda-se para os órgãos responsáveis pela fiscalização destas barragens a verificação da avaliação da segurança das mesmas e de todas as outras estruturas localizadas em todos estados da federação onde haja barragens.

REFERENCIAS

AGÊNCIA BRASIL: Vale removerá mais famílias por causa de riscos em barragens, 2021. Disponível em: < <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-02/vale-removera-mais-familias-por-caoa-de-riscos-em-barragens> >. Acesso em novembro de 2021.

AMAZÔNIA REAL. Alumínio e Barragens: 19 – **Os Impactos a Jusante**. Manaus, 2016. Disponível em: < <https://amazoniareal.com.br/aluminio-e-barragens-19-os-impactos-a-jusante/#:~:text=Os%20impactos%20a%20jusante%20s%C3%A3o,quase%20sem%20oxig%C3%AAnio%20%5B7%5D> >. Acesso em novembro de 2021.

ANGELO, M.: **Número de barragens em condição crítica aumentou 129% no Brasil, mostra relatório**, 2020. Disponível em: < https://brasil.mongabay.com/2020/09/numero-de-barragens-em-condicao-critica-aumentou-129-no-brasil-mostra-relatorio_ >. Acesso em junho de 2021.

BASILIO, K. M.: **Barragens de mineração: a eficiência da fiscalização pelo poder público**, 2020. Disponível em: < [https://jus.com.br/artigos/86975/barragens-de-mineracao-a-in-eficiencia-da-fiscalizacao-pelo-poder-publico#:~:text=pelo%20poder%20p%C3%ABablico,Barragens%20de%20minera%C3%A7%C3%A3o%3A%20a%20\(in\)efici%C3%AAncia,da%20fiscaliza%C3%A7%C3%A3o%20pelo%20poder%20p%C3%ABablico&text=Publicado%20em%2011%2F2020%20.,Elaborado%20em%2011%2F2020%20.&text=Analisam%2Dse%20os%20casos%20de,barragens%20de%20rejeitos%20no%20Brasil.](https://jus.com.br/artigos/86975/barragens-de-mineracao-a-in-eficiencia-da-fiscalizacao-pelo-poder-publico#:~:text=pelo%20poder%20p%C3%ABablico,Barragens%20de%20minera%C3%A7%C3%A3o%3A%20a%20(in)efici%C3%AAncia,da%20fiscaliza%C3%A7%C3%A3o%20pelo%20poder%20p%C3%ABablico&text=Publicado%20em%2011%2F2020%20.,Elaborado%20em%2011%2F2020%20.&text=Analisam%2Dse%20os%20casos%20de,barragens%20de%20rejeitos%20no%20Brasil.) > Acesso em maio de 2021.

BBC NEWS BRASIL: **Tragédia com Barragem da Vale em Brumadinho pode ser a pior no mundo em 3 décadas**, 2019. Disponível em: < <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47034499> >. Acesso em junho de 2021.

BOSCOV, M. E. G.: **Tragédia em Brumadinho revela falta de aprendizado com Mariana**, 2019. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/atualidades/tragedia-de-brumadinho-revela-falta-de-aprendizado-com-mariana/> >. Acesso em junho 2021.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Manual de políticas e práticas de segurança de barragens para entidades fiscalizadoras**. Superintendência Reguladora (SER). Brasília-DF, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração: **II Relatório Anual de Segurança de Barragens de Mineração**, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/RelatorioAnual2020Final.pdf> >. Acesso em novembro de 2021.

BRASIL DE FATO. **Número de barragens em situação crítica aumentou 129% entre 2018 e 2019 no Brasil**, 2020. Disponível em: < <https://www.brasildefato.com.br/2020/09/02/numero-de-barragens-em-situacao-critica-aumentou-129-entre-2018-e-2019-no-brasil#:~:text=Em%202019%2C%20houve%20um%20aumento,subiu%20de%2068%20para%20156.> > Acesso em maio de 2021.

CAMPOS, N. N.; POZNYAKOV, K. **A gestão de riscos em barragens de rejeitos no Brasil. Boletim do Gerenciamento**, [S.I.], v.22, n.2, p. 53-66, jan. 2021.

CBDB: **Comitê Brasileiro de Barragens**. Disponível em: < <http://cbdb.org.br/> > Acesso em junho de 2021.

CICLO VIVO: **Com quase 50 barragens em nível de emergência, Brasil mostra que nada aprendeu**, 2021. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/50-barragens-emergencia-brasil-nada-aprendeu/>. > Acesso em junho de 2021.

COSTA, B. S.; SIQUEIRA, L. N.. **Do licenciamento ambiental á politica de segurança de barragens no estado de Minas Gerais: vedação ao retrocesso e retrocesso por omissão**. Revista Direitos Difusos, v. 71. São Paulo, 2019. Disponível em: < https://www.google.com/search?q=Do+licenciamento+ambiental+%C3%A1+politica+de+seguran%C3%A7a+de+barragens+no+estado+de+Minas+Gerais%3A+veda%C3%A7%C3%A3o+ao+retrocesso+e+retrocesso+por+omiss%C3%A3o&rlz=1C1CHBD_pt-PTBR926BR926&oq=Do+licenciamento+ambiental+%C3%A1+politica+de+seguran%C3%A7a+de+barragens+no+estado+de+Minas+Gerais%3A+veda%C3%A7%C3%A3o+ao+retrocesso+e+retrocesso+por+omiss%C3%A3o&aqs=chrome..69i57.948j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8 >. Acesso em junho de 2021.

DIAS, M. V. L. **Avaliação da Segurança de Barragens por meio da Análise de Instrumentação Geotécnica**. Ouro Preto, 2017. Disponível em: < https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/397/1/MONOGRAFIA_Avalia%c3%a7%c3%a3oSeguran%c3%a7aBarragens.pdf >.

DNPM. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Disponível em <http://www.defesacivil.pr.gov.br/sites/defesa-civil/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/guia_rapido_de_barragens.pdf>. Acesso em maio de 2021.

DUARTE, A. P.: **CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO E DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM RELAÇÃO AO POTENCIAL DE RISCO**, 2008. Disponível em: < <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/502M.PDF> >. Acesso em Junho de 2021.

FAÍS, Laura Maria Canno Ferreira; FREIRIA, Rafael Costa; SILVA, Daniela Carolina da Costa. **Segurança de barragens: panorama histórico da legislação brasileira**. Revista ATHENAS, ano IX, vol. 1, 2020.

LACERDA FILHO, E. S. S.; REIS, M. S. **A importância do monitoramento e controle de barragens em mineradoras**. FACEG. Goianésia – GO, 2020.
FREITAS, Maria Duarte Nogueira. Análise da integridade física de barragens de terra a partir de métodos sísmicos. Unesp. Rio Claro – SP.

LEITE, Sérgio Ribeiro. **Modelo para avaliação de riscos em segurança de barragens com associação de métodos de análise de decisão multicritério e conjuntos Fuzzy**. UnB. Brasília, 2019.

OBSERVATÓRIO DO 3º SETOR: **Brasil possui 47 barragens em estado de emergência**, 2021. Disponível em: < <https://observatorio3setor.org.br/noticias/brasil-possui-47-barragens-em-estado-de-emergencia/#:~:text=Ap%C3%B3s%20cinco%20anos%20do%20rompimento,estado%20de%20emerg%C3%Aancia%20no%20Brasil.&text=Dentro%20da%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20E2%80%9Csitua%C3%A7%C3%A3o,emerg%C3%Aancia%20de%20E2%80%9D%20existem%20tr%C3%AAs%20n%C3%ADveis>>. Acesso em junho 2021.

MARTINI, Bruno Diniz. **Sistema web para gestão de segurança de barragens**. Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais, 2018.

MILANEZ, B. / WANDERLEY, L. J. : **O número de barragens sem estabilidade dobrou, “e daí?”: uma avaliação da (não) fiscalização e da nova Lei de (in) Segurança de Barragens**, 2020. Disponível em: < <http://emdefesadosterritorios.org/wp-content/uploads/2020/10/Milanez-2020-O-nu%CC%81mero-de-barragens-sem-estabilidade-dobrou-Versos.pdf>>. Acesso em maio de 2021.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL; SECRETÁRIA DE INFRA-ESTRURA HÍDRICA: **Manual de Segurança e inspeção de Barragens**, 2002. Disponível em: < <http://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-41368/manual-de-seguranca-e-inspecao-de-barragens>>. Acesso em maio de 2021.

MENDES, N. B. e PEDROSO, L. J. **Um estudo do Acoplamento Barragem em Arco-Reservatório Sob Ação de Um Sismo**. Brasília: Universidade de Brasília, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/21464/19793>>.

NEVES, L. P. **Segurança de Barragens**, 2018. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/e-book-livre-legislacao-federal-brasileira-em-seguranca-de-barragens-autor-luiz-paniago-neves>> Acesso em maio de 2021.

PINTO, Willian Leandro Henrique. **Índice de Segurança de Pequenas Barragens (ISPB) como método para a avaliação de segurança de pequenas barragens de água**. UNICAMP, Limeira, 2020.

RAMBO, Luis Henrique. **Avaliação da segurança da barragem Lambourrie/AP à luz de diferentes metodologias**. UFPA. Tucuruí, 2020.

SAMPAIO, M. V. N., **Segurança de Barragens de Terra: Um Relato da Experiência do Piauí. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará**, 2014. Disponível em: < file:///D:/AREA%20DE%20TRABALHO/segurna%C3%A7a%20em%20barragem/2014_dis_mvnsampaio.pdf>.

SILVA, Jaqueline Maria Cavalcante. **Programa de compliance ambiental: ferramenta com possibilidade de auxiliar no gerenciamento dos riscos de barragens de rejeito mineral**. Revista Teoria e Prática, v. 29, n. 3, p.59-73, 2020.

SILVA, Igor Martins Costa Ferreira; SOUZA, Jonatã Gomes. **Classificação de barragem quanto à categoria de risco e dano potencial associado** – um estudo de caso. IV EREEC. João Pessoa – PB, 2017.

SILVEIRA, J. F. A.: **A ANÁLISE DE RISCO APLICADA A SEGURANÇA DE BARRAGENS DE TERRA**, 2002. Disponível em: <<http://www.portaldageotecnia.com.br/wp-content/uploads/2018/06/An%C3%A1lise-de-Risco-Aplicada-%C3%A0-Seguran%C3%A7a-de-Barragens-de-Terra-%E2%80%93-Instrumenta%C3%A7%C3%A3o-de-Barragens-de-Terra-e-Concreto.pdf>>. Acesso em Junho de 2021.

SINGER, E. : **O fazer para evitar novas tragédias como a de Brumadinho**, 2020. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/artigo-o-que-fazer-para-evitar-novas-tragedias-como-a-de-brumadinho/#:~:text=Tamb%C3%A9m%20se%20sugere%20adequar%20a,tr%C3%A1gicos%20como%20o%20de%20Brumadinho>>. Acesso em maio de 2021.

SNISB – **Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens**. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/>> Acesso em: 09 de Novembro de 2020

TANUS, H. M., **Importância na Prevenção de Falhas em Barragens: Estudo de Caso**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<file:///D:/AREA%20DE%20TRABALHO/segurnaça%20em%20barragem/monopoli10023356.pdf>>.

TEIXEIRA, J. P. F.: **O avanço do Brasil nas políticas de segurança de barragens**. Disponível em: <<https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/o-avanco-do-brasil-nas-politicas-de-seguranca-de-barragens/>>. Acesso em maio de 2021.

ZUFFO, M. S. R.: **Metodologia para Avaliação da Segurança de Barragens**, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257858/1/Zuffo_MonicaSoaresResio_M.pdf>. Acesso em Junho de 2021.