

ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE DOS DADOS DISPONÍVEIS NOS RELATÓRIOS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS E DA LEGISLAÇÃO VIGENTE

R. S. A. SILVA¹, A. B. S. MEDEIROS, A. P. OLIVEIRA JÚNIOR, O. FREITAS NETO, O. F. SANTOS JÚNIOR

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

<https://orcid.org/0000-0002-9246-6961>¹

romario.amaro.071@ufrn.edu.br¹

Submetido 25/05/2020 - Aceito 10/03/2021

DOI: 10.15628/holos.2021.10245

RESUMO

No Brasil, o desenvolvimento da engenharia de barragens se vê diretamente relacionado ao próprio desenvolvimento social e econômico do país. Embora fundamentais, as atividades de construção e operação de barragens invariavelmente envolvem algum grau de risco. Esse risco deve ser gerenciado através de diversos mecanismos e ferramentas amparados por uma legislação adequada à realidade a qual se aplica. Objetiva-se neste trabalho analisar os dados sobre acidentes e incidentes contidos nos relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA), publicados anualmente desde a promulgação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essas informações foram catalogadas

e analisadas sob diversos filtros, buscando identificar tendências quanto aos tipos de acidentes e incidentes, tipos de materiais componentes do barramento e tipos de empreendedores responsáveis, bem como disparidades entre os dados disponíveis das distintas regiões do Brasil. Notou-se a ausência de dados básicos sobre diversos eventos reportados, dificultando a elaboração de análises estatísticas mais aprofundadas. Frente à situação constatada percebeu-se a recorrência desse tipo de falha, evidenciando a necessidade de melhoria nas metodologias empregadas para a aplicação das diretrizes do PNSB.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança de Barragens, PNSB, Acidentes em Barragens, Incidentes em Barragens

ACCIDENTS AND INCIDENTS AT BRAZILIAN DAMS: ANALYSIS OF DATA AVAILABLE IN DAM SAFETY REPORTS AND CURRENT LEGISLATION.

ABSTRACT

In Brazil, the development of the dam engineering can be directly correlated to social and economic progress. Although fundamental, a dam construction and operation invariably involve some level of risk, which must be managed through different mechanisms and tools governed by appropriate laws. This paper aims to scrutinize the data contained in National Water Agency (ANA) reports, published annually following institution of the National Dam Safety Policy (PNSB), pertinent to dams accidents and incidents. This information was cataloged

and analyzed in order to identify trends associated to types of accidents and incidents, dam component materials and entrepreneurs involved, as well as the disparities between data available from the different regions of Brazil. There is a lack of basic data in numerous reports, hindering more in-depth statistical analyses. The recurrence of this deficit was observed as well as the need to improve the methodologies used to apply the PNSB guidelines.

KEYWORDS: Dam safety, PNSB, Dam accidents, Dam incidents



1 INTRODUÇÃO

A necessidade de construir barramentos está intrinsicamente ligada à necessidade de subsistência e produção de riqueza, uma vez que direta ou indiretamente a maioria das atividades econômicas necessita de barragens para seu pleno desenvolvimento. No Brasil, os reservatórios criados a partir da implantação de barragens viabilizam uma expressiva parte dos sistemas de reserva para abastecimento de água e para as mais diversas destinações. A participação conjunta dos setores agropecuários e de produção mineral representa cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, segundo dados disponibilizados pelo IBGE para o primeiro trimestre de 2019. Bem como a maior parte da matriz energética do país é composta por meio de usinas hidrelétricas. A influência dos diversos setores relacionados ao uso de barragens, no contexto da dinâmica socioeconômica nacional, exemplifica a importância dessas, independentemente de sua finalidade.

De acordo com Mello (2011), em um recorte histórico nacional, o ano de 1887 ficou marcado como o início de um período de grande seca que atingiu fortemente o nordeste brasileiro. Apesar de na época já se possuírem barragens em operação, esse evento marcou o início das construções de grandes barragens brasileiras, na busca de mitigar efeitos negativos provenientes dos períodos de escassez de água. A primeira dessas foi a Barragem de Cedros, concluída em 1906. Posteriormente, os anos de 1950 e 1960 ficaram conhecidos como os “anos dourados para a construção de barragens contra as secas”, sendo o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), o responsável pela execução de praticamente todas essas barragens no nordeste brasileiro.

Da mesma forma, a partir da metade do século XX o Brasil experimentou um intenso crescimento industrial, sobretudo no que diz respeito ao setor de geração de energia elétrica. Datam desse período o início da concepção e construção das maiores barragens hoje em operação, apoiadas em projetos e técnicas de engenharia de alta qualidade, que contribuíram para o fomento do desenvolvimento de centros de pesquisa e formação voltados para o estudo desse tipo de construções. A partir disso, desenvolveu-se e consolidou-se a engenharia nacional de barragens.

Contudo, advém dessa consolidação a importância em notar que o avanço na disseminação de barragens aumenta diretamente os riscos inerentes a essas construções, tornando os acidentes e incidentes cada vez mais numerosos, sobretudo quando não há legislação própria para guiar a operação e, conseqüentemente, não há fiscalização para que a manutenção seja mantida. A expansão urbana e industrial, da mesma forma, contribui para tornar esses eventos cada vez mais catastróficos, visto que a ocupação do solo se estende inclusive para áreas próximas aos reservatórios, muitas vezes a jusante destes, sobretudo em função da ausência de regulação adequada.

Com o objetivo de dar um norte para o controle e monitoramento dos eventos adversos e garantir maior segurança às estruturas já existentes no Brasil, em 2010 foi sancionada a lei nº 12.334, conhecida com a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essa nova legislação foi aprovada após sete anos de discussão e décadas depois da construção da maioria das barragens

brasileiras e, apesar desse atraso temporal, é tida como um avanço para a área de barragens do país.

É válida a ressalva de que a PNSB só se aplica a barragens que tenham uma ou mais das características descritas a seguir, sendo elas definidas na própria legislação: altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros); capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Muito antes do Brasil, vários países já possuíam legislação consolidada sobre segurança de barragens. A Inglaterra, por exemplo, teve sua primeira lei regulamentada pelo parlamento em 1930 (Charles, 2002). Os Estados Unidos da América desde 1972 autorizaram a elaboração de um programa nacional de inspeção de barragens (Graham, 2009), e várias entidades nacionais trabalham na área de segurança de barragens, como a Bureau Of Reclamation (BUREC), U.S. Army Corps Of Engineers (USCE), Federal Energy Regulatory Commission – FERC e a FEMA – U.S. Department Of Homeland Security Federal Emergency Management Agency. No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a recém-criada Agência Nacional de Mineração (ANM), são as responsáveis nacionais pela fiscalização de barragens.

Após a promulgação da lei, a ANA é obrigada a emitir anualmente o Relatório de Segurança de Barragens. Nesse relatório devem ser publicadas as informações mais relevantes a respeito da situação das barragens brasileiras, bem como os acidentes e incidentes registrados pelos órgãos competentes ao longo do período vigente. Os órgãos de fiscalização estaduais são responsáveis por repassar esses dados para a entidade federal e discriminar em formulário próprio cada evento adverso que tenha acontecido no ano anterior à publicação, de forma a tornar esta informação pública e transparente.

Há hoje no Brasil 2399 empreendedores que possuem barragens que se enquadram na PNSB (Agência Nacional de Águas [ANA], 2019). Essas barragens cadastradas e verificadas em sua maioria são para fins de irrigação e abastecimento humano.

Esses empreendedores dividem entre si as 4830 barragens cadastradas na ANA que se submetem ao PNSB, que equivalem a 28% de todas as barragens cadastradas no sistema. 11% do total das barragens brasileiras cadastradas não apresentam os requisitos necessários para enquadramento, enquanto as outras 61% não possuem sequer informações suficientes disponíveis que viabilizem a definição da aplicabilidade da PNSB sobre elas.

Nesse sentido, propor uma discussão a respeito da eficácia da legislação e da forma como os mecanismos por ela criados são empregados no contexto da fiscalização da situação das barragens brasileiras é uma forma de contribuir para o desenvolvimento das práticas atualmente empregadas pelas autoridades competentes, bem como com a engenharia de barragens de maneira geral.

Portanto, toma-se por objetivo principal deste trabalho analisar os dados de acidentes e incidentes ocorridos no Brasil por meio dos relatórios da ANA após a promulgação da Lei conhecida como Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Dentro da análise de dados, procura-se identificar tendências existentes nos acidentes e incidentes reportados, de forma a tentar encontrar falhas sistemáticas na engenharia de barragens brasileira. Da mesma forma, pretende-se catalogar e organizar os dados disponibilizados pela ANA em forma de tabelas e gráficos, com a utilização de filtros que propiciem a percepção dos aspectos considerados relevantes.

Ademais, pretende-se elaborar uma análise da legislação vigente, objetivando levantar questionamentos acerca de sua concepção, eficácia e aplicabilidade, baseado na representatividade dos dados disponíveis e nas possíveis falhas encontradas.

2 METODOLOGIA

A partir dos objetivos adotados, foi feito um levantamento e posterior catalogação de todos os dados disponíveis nos Relatórios de Segurança de Barragens disponibilizados pela ANA ao longo dos 10 anos de vigência da lei no que diz respeito às informações sobre acidentes e incidentes relatados. Eventualmente, complementou-se as informações encontradas nos relatórios através das informações contidas na planilha de dados disponibilizada pela ANA em seu site oficial. Todo o conjunto de dados reunido foi processado e interpretado sob diversos filtros de análise, e organizados em gráficos e tabelas de forma a destacar os resultados consideradas mais relevantes.

De posse desses dados, buscou-se entender como se dá o comportamento da engenharia de barragens nacional através da perspectiva dos seus mecanismos de fiscalização e controle vigentes, bem como quanto à qualidade e clareza das informações reportadas ao público, com a intenção de identificar maneiras de aperfeiçoar as técnicas de segurança e prevenção atualmente empregadas no âmbito brasileiro.

Seguindo a análise de eficácia da lei a longo prazo, fez-se questionamentos acerca de seu formato e do que ela toma como essencial. Ademais, avaliou-se as diversas formas de aplicabilidade da legislação atual e o modo como a segurança de barragens vem sendo encarada no Brasil, inclusive como campo de pesquisa acadêmica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A eficiência das etapas de identificação e correta descrição de eventos adversos em barragens fica a cargo de um bem elaborado e padronizado conjunto de terminologias a serem empregadas em todos os documentos que objetivem reportar tais situações. Neste sentido, cabe aos órgãos fiscalizadores e de controle determinar classificações apropriadas, que funcionem como embasamento e facilitem o processo de compilação e posterior tratamento dos dados.

Segundo o próprio Relatório de Segurança de Barragens de 2018 (mais atual em relação a este trabalho), define-se acidente como qualquer evento associado a um colapso total ou parcial do barramento ou de suas demais estruturas componentes, que leve a um comprometimento da estabilidade desse e da liberação incontrolável de seu conteúdo. Já o termo incidente abrange toda ocorrência que afete o comportamento da barragem ou de suas estruturas anexas, e que pode vir a desencadear um acidente, caso seja negligenciado.

O Ministério da Integração brasileiro, por meio do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (2002), fornece a caracterização das falhas mais comumente observadas, dividindo-as em categorias e associando-as com suas possíveis causas.

Destacam-se a deterioração da fundação quando da ocorrência de rachaduras, afundamentos e perda de material; a instabilidade da fundação devido à presença de material ativo; a observação de defeitos nos vertedouros em função de cheias maiores do que as previstas em projeto, ocorrência de obstruções e demais problemas relativos à falta de manutenção; a observação de defeitos no corpo da barragem relativos à estabilidade do maciço, existência de fraturas, erosão interna, erosão dos taludes, liquefação e excesso de fluxo; e ainda defeitos nas margens do reservatório, principalmente na forma de erosões acentuadas e ruptura de taludes.

O comportamento de cada barragem é bastante distinto. Também é característico de cada barramento as condicionantes do local onde se insere, as particularidades do material utilizado e das técnicas empregadas na execução. Portanto, entende-se que a utilização da terminologia padronizada não gera prejuízo à necessidade de proceder-se a elaboração de relatórios completos e detalhados, que descrevam em minúcias as possíveis causas da falha, suas características e consequências para a estrutura.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Política Nacional de Segurança de Barragens, instaurada a partir da Lei Nº 12.334/2010, lista como alguns de seus objetivos a reunião de dados que tenham como finalidade o gerenciamento da segurança de barragens e o fomento da cultura de gestão de riscos. Ela define este objetivo em seus artigos 16 e 17, explicitando a necessidade de comunicação de qualquer caso de acidente ou incidente que tenha ocasionado ou possa vir a ocasionar problemas ao bom funcionamento de alguma barragem. Esta transmissão de dados dá-se por meio das entidades fiscalizadoras competentes, que devem se reportar para a ANA e o Sistema Nacional de Defesa Civil. Baseados nos dados disponíveis nos relatórios no período definido entre os anos de 2011 e 2018, é possível fazer análises sobre a situação dos barramentos do Brasil no que diz respeito a acidentes e incidentes.

No período para o qual há dados disponibilizados, identificou-se um total de 85 eventos adversos. A Figura 1 mostra os números de acidentes e incidentes reportados. Conforme a Figura 1, percebe-se que uma parcela expressiva deste total é de acidentes. A quantidade de eventos citados pelos relatórios anuais é pequena, frente à quantidade total de barragens existentes e enquadradas na PNSB. Chama a atenção esse aspecto, visto que ele levanta questionamentos acerca da existência de um número significativo de subnotificações, principalmente no que se refere a pequenos eventos ou pequenas barragens. A grande quantidade relativa de casos de acidentes pode ser explicada pela tendência de dar-se mais importância aos protocolos estabelecidos quanto à necessidade de notificação para as ocorrências mais significativas. Entretanto, isso afronta a lógica intrínseca ao processo de manutenção eficiente das estruturas componentes de uma barragem, visto que é o procedimento composto por identificação, descrição, diagnóstico e posterior adoção de medidas corretivas adequadas ao problema classificado como incidente que garantem que esse não venha a

evoluir para a ocorrência de um acidente, garantindo assim a segurança da barragem e de seu entorno.

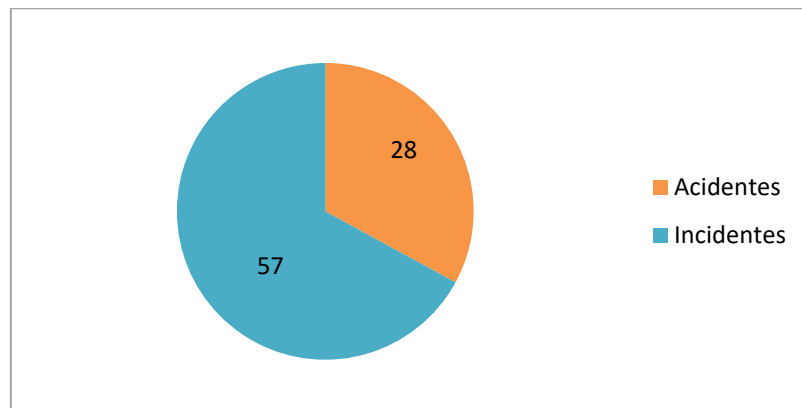


Figura 1: Eventos adversos em barragens, 2011-2018.

A Figura 2 mostra a proporção de barragens cadastradas e a proporção de eventos adversos por região do país, sendo a circunferência externa a proporcionalidade de barragens cadastradas por região, e a circunferência interna a proporcionalidade de eventos adversos notificados também por região. Os dados disponibilizados a partir do Relatório de Segurança de Barragens de 2018 dão conta de que a região com o maior número de barragens cadastradas é a Sul (cerca de 70%), seguida pela região Nordeste (cerca de 15%). A região Sudeste apresenta o menor número de barragens cadastradas (cerca de 2%). Exclui-se dessas estatísticas as barragens classificadas como de competência federal.

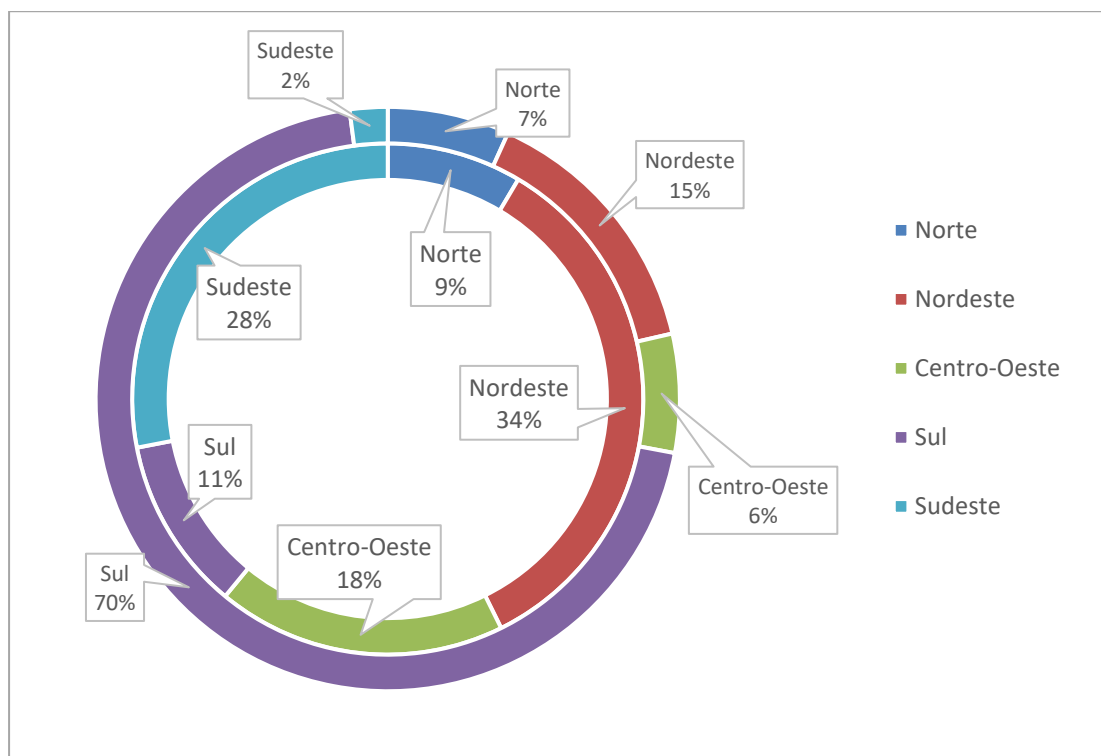


Figura 2: Proporcionalidade entre número de barragens cadastradas e eventos adversos notificados por região.

A Tabela 1 apresenta as ocorrências identificadas nos relatórios anuais publicados até então. Conforme indicam os dados da Tabela 1, as regiões Sudeste e Nordeste são as que mais contribuem com casos reportados. O gráfico exposto na Figura 2 ilustra de maneira mais clara a relação entre a quantidade de barragens cadastradas e eventos adversos registrados nos relatórios anuais, para cada uma das regiões do Brasil.

A quantidade de eventos adversos em relação à quantidade de barragens cadastradas em cada região varia entre 0,7% a 1,3% para o caso das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste. Assim, chamam a atenção os casos da região Sudeste, para a qual esta relação é de cerca de 7%, e da região Sul, para a qual a mesma relação é menor do que 0,1%. Tal constatação expõem a necessidade da realização de uma análise mais aprofundada dessas situações, uma vez que não há como inferir se a disparidade desses valores dá-se em função de aspectos tais como o maior ou menor grau de conservação das barragens, periodicidade de fiscalizações e sistematização da coleta e publicação de dados relativos à situação das barragens por parte dos órgãos competentes, ou se apenas reflete particularidades regionais.

Tabela 1: Quantidade de eventos adversos e de barragens cadastradas por região.

	Acidentes	Incidentes	Total de Barragens	Relação eventos adversos/Barragens cadastradas
Norte	3	4	1052	0,7%
Nordeste	5	23	2278	1,2%
Centro-Oeste	11	4	1022	1,5%
Sul	4	5	10884	0,1%
Sudeste	3	20	326	7,1%

A Figura 3 mostra os dados disponíveis de acidentes e incidentes a partir de uma divisão regional. Conforme mostrado na Figura 3, além das questões expostas anteriormente, é possível destacar a situação da região Centro-Oeste, cujo número de eventos classificados como acidentes é o maior, contrastando com a quantidade de barragens cadastradas para essa mesma região, que é relativamente pequena. Percebe-se que não há uma tendência geral a respeito da proporção entre casos de incidentes e acidentes, embora a situação das regiões Sudeste e Nordeste assemelhe-se ao que inicialmente se espera, visto que a maioria das ocorrências enquadradas como acidentes ocorrem a partir do agravamento de uma situação inicialmente menos danosa ou manifestam-se tal qual, de modo que a princípio sejam potencialmente classificáveis como incidentes. Para tanto, uma maior proporção no número de incidentes identificados e reportados, em comparação com o número de acidentes, pode vir a ser um indicativo de campanhas de fiscalização mais abrangentes, eficientes e regulares, além de um maior comprometimento por parte dos proprietários e operadores quanto ao cumprimento dos protocolos vigentes, especialmente no que diz respeito à necessidade de manter os órgãos responsáveis devidamente informados à respeito da situação das estruturas das quais são responsáveis.

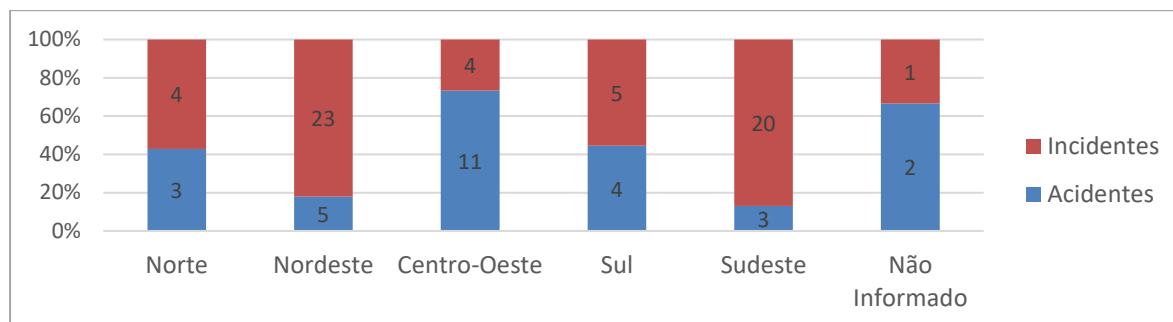


Figura 3 : Acidentes e incidentes por região geográfica.

A Figura 4 mostra a quantidade de eventos adversos tendo em vista os tipos de empreendedores existentes. A Figura 4 demonstra que o número de acidentes e incidentes reportados por empreendedores privados representa mais do que o dobro do número de eventos reportados pelas entidades públicas. É preciso notar, porém, que segundo os dados disponibilizados a partir do Relatório de Segurança de Barragens de 2018, a quantidade de empreendedores privados representa cerca de 88% do total dos empreendedores com barragens cadastradas. Ainda que se espere um grande número de barragens públicas carentes de cadastro adequado, chama a atenção o fato de o número relativo de eventos reportados para esse tipo de empreendedor ser bastante expressivo, quando visto a partir da perspectiva do universo total de barragens segundo sua natureza pública ou privada. Por fim, ressalta-se que o processo de averiguação dos eventos reportados demonstra limitações, visto que em 6 casos sequer foi possível identificar a natureza do empreendedor responsável pela estrutura na qual registrou-se a ocorrência.

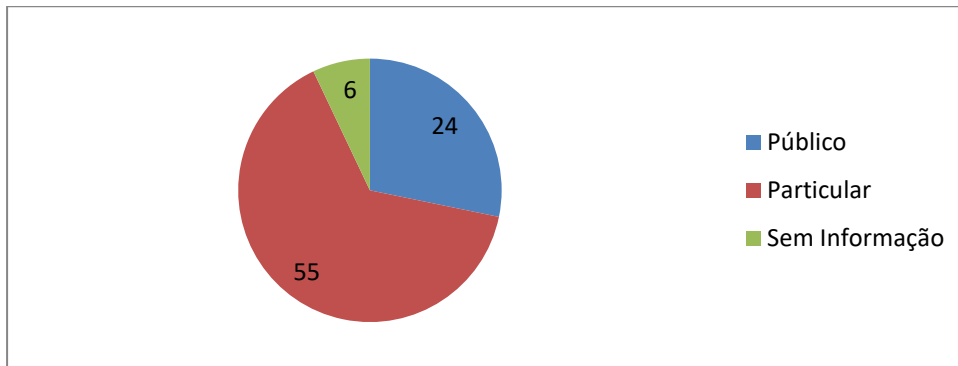


Figura 4: Número de acidentes e incidentes por tipo de proprietário.

O gráfico apresentado na Figura 5 diz respeito à distribuição temporal dos eventos adversos que constam nos relatórios publicados a partir de 2011. Percebe-se uma variação no número de incidentes reportados, tendo em vista que os órgãos da esfera estadual são os que geralmente possuem competência para a averiguação e disponibilização das informações relacionadas às ocorrências, e cada uma destas entidades possui uma dinâmica de funcionamento distinta das demais, portanto possivelmente prejudicando a periodicidade da divulgação. Também, é necessário perceber que cabe o aumento do empenho de recursos federais e regionais no sentido de ampliar os esforços de fiscalização e acompanhamento, criar mecanismos que incentivem a adoção do procedimento correto de comunicação da ocorrência desse tipo de evento por parte dos empreendedores e operadores, e divulgar ainda mais os aspectos da legislação que dizem respeito

à necessidade da disponibilização desse tipo de dados para fins da composição de um banco de dados capaz de subsidiar análises estatísticas cada vez mais confiáveis.

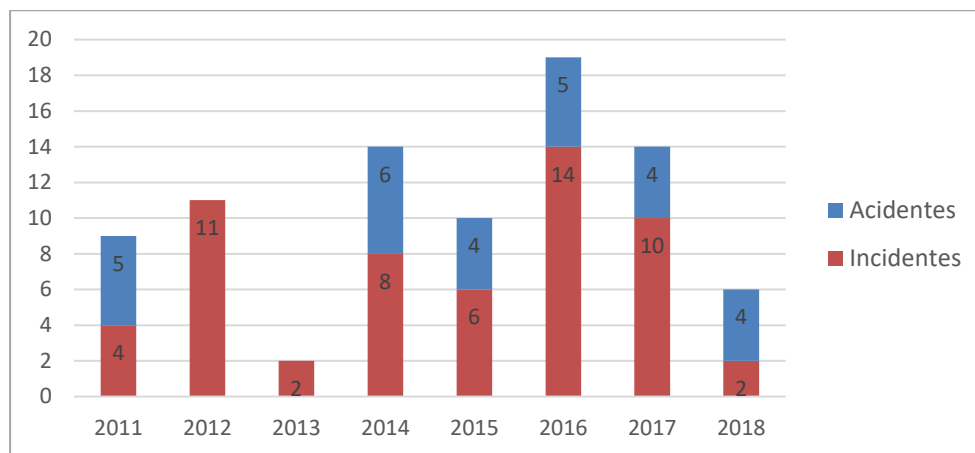


Figura 5: Número de acidentes e incidentes por ano.

A Figura 6 apresenta a quantidade dos diversos tipos ou causas de acidentes registrados. Analisando a Figura 6, pode-se perceber uma maior concentração de casos apontados como rompimento. O termo “rompimento”, entretanto, incide em uma ampla variedade de possibilidades de eventos, tendo em vista as suas diversas formas de ocorrência, possíveis causas e graus de severidade deste para com a estrutura da barragem e para o com o seu entorno. Porém, percebe-se que a diferenciação dos eventos tidos como “rompimentos” limita-se ao local da barragem onde estes ocorreram, dividindo-a nas regiões do maciço, das ombreiras e nas enseadeiras. O próprio processo de notificação de ocorrências de rompimentos parece guardar relação com a gravidade dos danos associados, visto que a maior parte dos eventos apontados carece de dados adquiridos a partir de uma campanha de investigação mais extensa. Os casos de maior repercussão naturalmente destacam-se em termos do preenchimento mais detalhado dos questionamentos presentes no modelo de formulário disponibilizado pelo órgão responsável. Ademais, destaca-se também a grande quantidade de casos reportados sem maiores informações, impossibilidade sequer a sua classificação quanto ao tipo de ocorrência. O cenário, de modo geral, indica uma tendência de dificuldade quanto à correta disponibilização de dados técnicos, pautados a partir de investigações de campo que consigam descrever de maneira satisfatória o acidente ocorrido. A consequência da ausência de informações suficientes e confiáveis está justamente na dificuldade ou mesmo impossibilidade de proceder avaliações que culminem em ajustes e modificações nos mecanismos e procedimentos adotados pelos órgãos competentes, baseados na legislação aplicável, de forma a promover um contínuo ciclo de aperfeiçoamento da prática nacional relativa ao monitoramento de barragens.

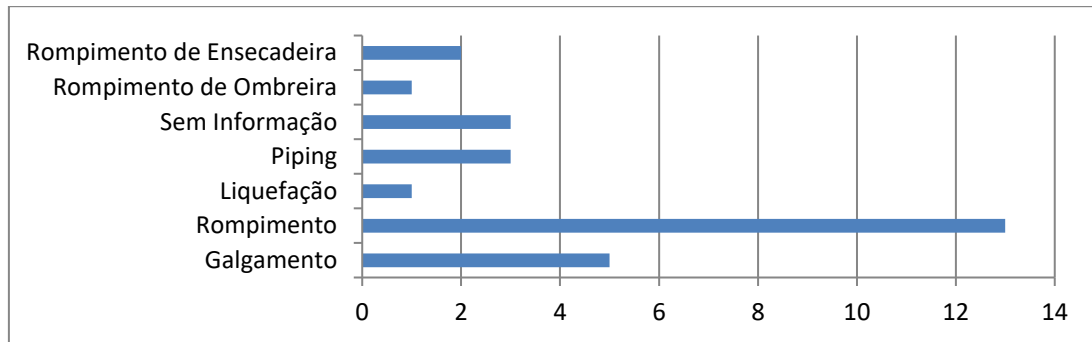


Figura 6: Tipos de acidentes registrados no período 2011-2018.

A Figura 7 mostra a quantidade dos diversos tipos ou causas de incidentes registrados. No período estudado, pode-se notar a partir da Figura 7 uma maior diversidade de classificações adotadas para a descrição do problema. Casos de erosão foram os mais comuns. Embora esse tipo de incidente seja abrangente, está normalmente relacionado a problemas de conservação da estrutura. Também chama a atenção o número de vertedores identificados como insuficientes, sendo este tipo de falha comumente oriundo de deficiências no processo de elaboração do projeto. A ocorrência de fissuras, alagamentos, vazamento e excesso de percolação geralmente mantêm correlação, embora sejam reportados separadamente, tendo em vista que derivam quase sempre das mesmas causas. De todo modo, assim como observado para o caso dos acidentes, as descrições dos incidentes relatados divulgadas nos relatórios anuais via de regra carecem de detalhamento. Salienta-se que, para o caso de um incidente, esta ausência de informações, sobretudo as mais básicas, é ainda mais prejudicial, visto que um incidente é naturalmente um evento que pode vir a deflagrar uma situação catastrófica, caso não tratado de maneira adequada. O tratamento do incidente, por sua vez, depende de uma análise acurada dos diversos fatores que levaram à deflagração do problema, partindo de uma identificação precisa e detalhada das características possíveis de serem observadas pela fiscalização ou pelo responsável em campo.

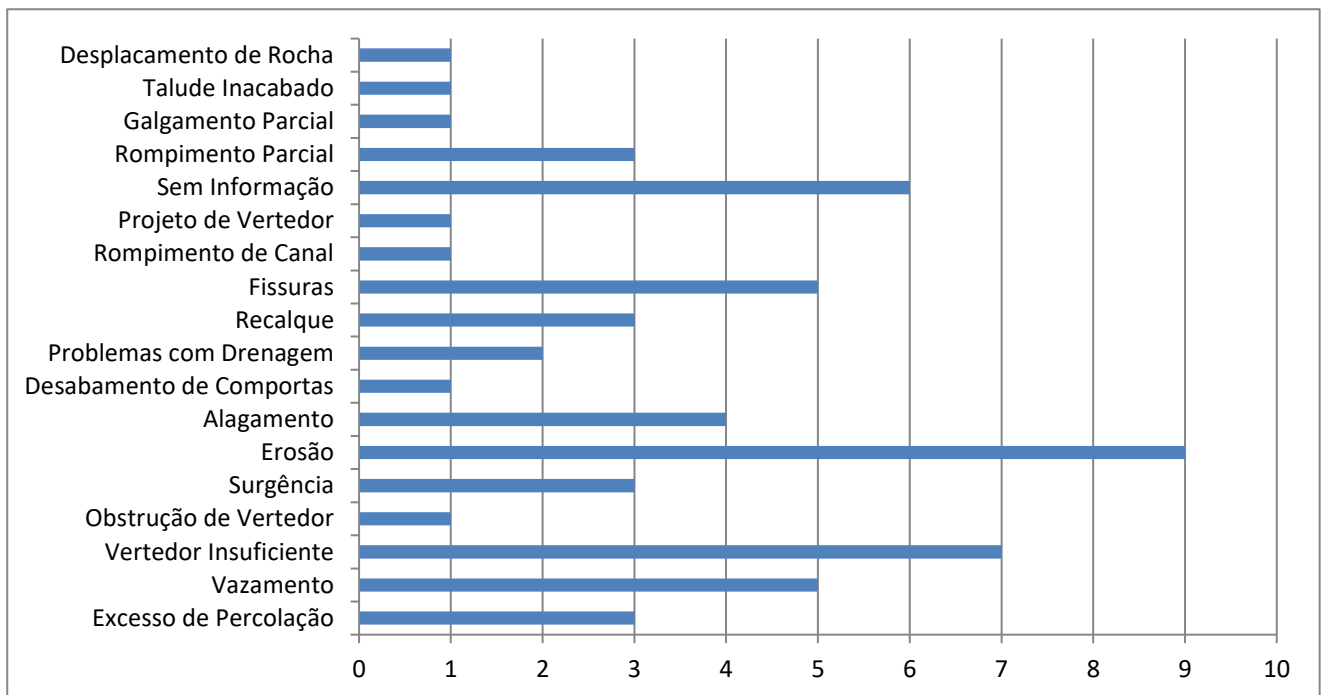


Figura 7: Tipos de incidentes registrados no período 2011-2018.

A Figura 8 mostra a classificação das barragens por tipo de material empregado na sua construção. De acordo com esse critério de classificação, o Brasil apresenta um cenário bastante diverso, devido tanto a sua abundância de variedades de matérias primas, como também pela existência de inúmeras necessidades diferentes de uso aliadas a condições geomorfológicas distintas. A partir da análise da Figura 8 é possível destacar a grande quantidade de eventos adversos ocorridos em barragens de terra, frente às demais. Esta opção de material associa-se ainda mais comumente às barragens de menor porte, nas quais tanto a manutenção quanto a fiscalização mostram-se mais deficientes. Apesar da quantidade total de barragens de terra ser maior do que as demais, estes fatores provavelmente também influenciam na grande recorrência de problemas em barragens deste tipo.

Ressalta-se que não se encontrou informações catalogadas sobre a composição de 13 barragens associadas à ocorrência de problemas. A ausência dessas informações torna inviável o uso de alguns dos dados catalogados na elaboração de modelos estatísticos.

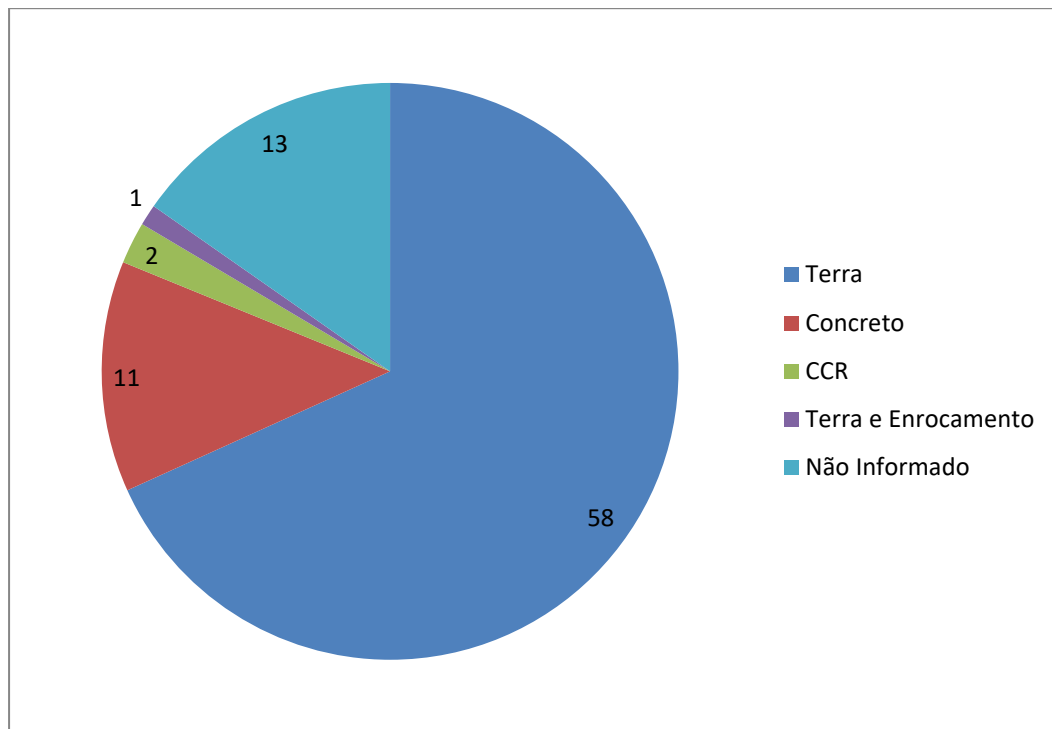


Figura 8: Relação entre o material do corpo das barragens e proporção de eventos adversos – 2011-2018.

Para Warren (2011), a análise de informações sobre o gerenciamento da segurança de barragens e fomento da cultura de gestão de riscos, sobretudo quanto à ocorrência de acidentes e incidentes, leva a melhorias no projeto e na construção de barragens, gerando como consequência uma redução no risco de novas falhas. Neste sentido, é importante observar que a qualidade dos resultados obtidos está direta e indivisivelmente ligada à precisão dos dados analisados.

O processo de aquisição e catalogação de dados inicia-se no cadastro do empreendimento e na revisão do conjunto de projetos apresentados através do processo de licenciamento junto aos órgãos competentes, prosseguindo pela fase de construção e pelo posterior período de operação, quando o foco das investigações passa a ser a condição de funcionamento da barragem, sobretudo no que se refere à integridade e estabilidade do dique e de seus dispositivos auxiliares. Em tese, o conjunto de informações disponíveis sobre cada uma das barragens existentes no país deveria compor um banco de dados capaz de prover de forma satisfatória e transparente sistemas de gerenciamento baseados em modelos estatísticos e desenvolvidos com o propósito de mensurar a segurança e eficiência dos mais diversos tipos de barramentos, inseridos nas várias condições características do cenário nacional e dotados dos mais variados dispositivos e soluções que fazem parte da prática corrente da engenharia de barragens. O tratamento dado a estas referências subsidiaria diversos estudos científicos, bem como forneceria background para a elaboração de novos projetos de reservatórios, assim como serviria de parâmetro na identificação da condição atual da engenharia de barragens ora praticada no Brasil, além de embasar tomadas de decisão por parte dos órgãos responsáveis pelo controle desses barramentos.

Em função disto, a observação das diversas lacunas apontadas durante a análise dos dados obtidos a partir dos relatórios anuais publicados pela Agência Nacional de Águas (ANA) representa

uma falha tanto na questão do interesse pela transparência na gestão dos reservatórios quanto no provimento satisfatório de condicionantes que passem a nortear futuros projetos e avaliações, tendo em vista a mitigação da possibilidade de ocorrência de problemas recorrentes, em face da identificação de causas e consequências através de estudos aprofundados realizados por profissionais habilitados. Neste sentido, Warren (2011) aponta que incidentes em barragens são muito mais frequentes do que a ocorrência de grandes eventos catastróficos, principalmente devido à execução de intervenções com o objetivo de evitar o colapso. Esta afirmação se faz comprovada mediante a análise dos resultados previamente expostos, reiterando a importância da identificação e do estudo desse tipo de notificação, para tanto, observando que a investigação destes incidentes deve ser procedida com o mesmo afinco que geralmente se dedica para as ocorrências de maior expressão, almejando sobretudo a observação da influência das diversas variáveis associadas a cada barramento em particular na sua eficácia e confiabilidade.

Assim, é pertinente ressaltar que os dados provenientes das observações de campo devem buscar dar enfoque às avaliações de defeitos de qualquer natureza, tal como de suas possíveis causas identificáveis, independentemente de sua gravidade, com o intuito de fornecer um panorama geral das condições da estrutura ao longo da sua vida útil, de maneira a correlacionar as alterações existentes com eventuais casualidades ou patologias ligadas a questões de projeto e construtivas.

A ausência de especificações aprofundadas, quando não de dados básicos, percebida em grande parte dos reportes presentes no Sistema de Segurança de Barragens (SNISB), através dos Relatórios de Segurança de Barragens, constitui um entrave na expectativa da adoção de práticas de projeto centradas em experiências adquiridas de casos reais de obras, como é corrente em nações tais como o Reino Unido, onde a implementação de programas contínuos de fiscalizações periódicas e sistemáticas é um dos motivos da ausência de relatos de acontecimentos catastróficos nas últimas décadas. Da mesma forma, esta ausência ou baixa qualidade dos dados disponíveis é um empecilho para a evolução da engenharia de barragens nacional, empobrecendo o conhecimento por tornar inviável o avanço nacional enquanto campo de estudos acadêmicos, visto que a coleção de problemas apresentados torna a elaboração de estudos tais como este um trabalho de pesquisa muito mais árduo do que o necessário.

Desta forma, a necessidade de mudanças na forma de aquisição e tratamento de dados sobre acidentes de barragens se faz evidente, afim de possibilitar um relatório mais técnico, que não apenas sirva como objeto fim de uma legislação existente.

Um dos principais pontos a serem analisados diz respeito à forma como as informações são reportadas a partir do local, que se dá a partir do preenchimento de fichas de ocorrência, cujo modelo é fornecido pelo órgão responsável. Mostra-se pertinente avaliar a facilidade em campo do preenchimento total das informações requeridas pelas fichas, uma vez que a maioria das fichas divulgadas pela ANA ao longo do período estudado não possuíam todas as informações requisitadas preenchidas de maneira satisfatória, tornando assim difícil a identificação rápida das características das barragens e de suas patologias, dificultando desta forma o entendimento das situações ocorridas.

A adoção de fichas técnicas menos subjetivas em sua forma de preenchimento pode vir a ser uma forma de diminuir essa evasão de dados. Informações sobre a concepção das barragens, como altura, material do barramento e destinação devem ser previamente coletadas, quando da regulamentação das mesmas ou através de campanhas de fiscalização in loco. Restaria ao fiscal ou responsável apenas assinalar características encontradas em campo quando da identificação do evento adverso, de forma muito mais intuitiva, tornando mais difícil assim a observação de lacunas nas informações enviadas.

De forma análoga, poderiam constar no texto das fichas os mais recorrentes relatos de acidentes e incidente, devendo também apenas serem assinaladas pelo responsável técnico, de forma a evitar preenchimentos inconclusivos. Junto à notificação do tipo de evento ocorrido, deveriam ser inseridos possíveis causas identificáveis em campo, afim de nortear os interessados na informação das possibilidades causadoras dos eventos, evitando a ocorrência apenas a identificação patológica ampla, de forma de subsidiar estudos de manutenção e avaliação de técnicas corretivas.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os dados disponíveis sobre acidentes e incidentes ocorridos em barragens brasileiras, divulgados através dos Relatórios de Segurança de Barragens, produzidos anualmente pela Agência Nacional de Águas (ANA). A partir desta análise, foi avaliada a eficácia da legislação ora em vigor no Brasil, denominada Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Ressalta-se o inegável avanço que o PNSB representa quanto à cultura de segurança de barragens no âmbito nacional. Este plano estabelece diversas diretrizes e ferramentas fundamentais para a instituição de programas abrangentes e funcionais de fiscalização das barragens em construção ou operação no país. Ainda orienta práticas voltadas para a prevenção e controle de eventos adversos, bem como preza pela transparência das informações geradas a partir da atividade dos órgãos de inspeção e controle. Nesse sentido, destaca-se a criação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), que significa uma concreta melhoria no método de gerenciamento e disponibilização dos dados disponíveis sobre as barragens brasileiras.

Não obstante, pelo que pode ser inferido a partir da análise das informações sobre eventos adversos ocorridos e reportados nos relatórios de segurança de barragens, existe uma dispersão entre as realidades regionais. Não está claro se esta dispersão se deve a particularidades locais ou a diferenças entre periodicidade, rigor e eficiência quanto ao emprego dos procedimentos estabelecida para a fiscalização e acompanhamento destes eventos. Da mesma forma, a proporção entre casos de acidente e incidentes observada torna necessária uma avaliação mais cuidadosa a respeito da possibilidade de ocorrência de subnotificações, sobretudo para o caso de eventos de menor gravidade.

Foram identificadas algumas tendências quanto aos tipos de acidentes e incidentes mais recorrentes, bem como quanto aos tipos de materiais componentes do barramento e tipos de empreendedores que mais se relacionaram com a ocorrência de problemas. Todavia, a tentativa de proceder análises estatísticas mais acuradas esbarra na falta de profundidade, clareza e completude

dos dados disponibilizados para o público. Neste sentido, percebe-se a ausência de um tratamento mais apropriado à forma como os eventos adversos são avaliados, descritos, classificados e comunicados.

Considera-se que alguns procedimentos de sistematização das informações sobre as barragens que se enquadram nos critérios do PNSB, bem como quanto aos casos de acidentes e incidentes reportados no período, devem passar por melhorias, principalmente em função do preenchimento de dados básicos. Nesse sentido, também é pertinente reavaliar a eficácia das metodologias de investigação e preenchimento de relatórios adotadas. Destaca-se que são medidas como estas que efetivamente contribuem na prevenção de catástrofes.

6 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Planilha de Dados**. Recuperado em 11 de maio, 2020, http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/barragens/relatorio_barragens.csv
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2013). **Relatório de Segurança de Barragens 2011**. Recuperado em 10 de março, 2020, de http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2011/RelatorioSegurancaBarragens_2011.pdf
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2015). **Relatório de Segurança de Barragens 2012/2013**. Recuperado em 10 de março, 2020, de http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2013/RelatorioSegurancaBarragens_20122013.pdf
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2015). **Relatório de Segurança de Barragens 2014**. Recuperado em 10 de março, 2020, de http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2014/RelatorioSegurancaBarragens_2014.pdf
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2016) **Relatório de Segurança de Barragens 2015**. Recuperado em 10 de março, 2020, de http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2015-1/RelatorioSegurancaBarragens_2015.ZIP
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2017). **Relatório de Segurança de Barragens 2016**. Recuperado em 10 de março, 2020, de <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/rsb-2016/relatorio-de-seguranca-de-barragens-2016.pdf>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2018). **Relatório de Segurança de Barragens 2017**. Recuperado em 10 de março, 2020, de <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017/rsb-2017-versao-enviada-ao-cnrh.pdf>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2019). **Relatório de Segurança de Barragens 2018**. Recuperado em 10 de março, 2020, de http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2018/rsb2018_0312.pdf
- CHARLES, J.A. (2002). **A historical perspective on reservoir safety legislation in the United Kingdom**. Reservoirs in a Changing World for the 12th International Conference organised by the British Dam Society. London, UK, 12. <https://doi.org/10.1680/riacw.31395.0039>
- GRAHAM, W. J. (2009). Major U.S. Dam Failures: Their Cause, Resultant Losses, and Impact on Dam Safety Programs and Engineering Practice.

Great Rivers History: Proceedings and Invited Papers for the EWRI Congress and History Symposium. Kansas City, USA. [https://doi.org/10.1061/41032\(344\)7](https://doi.org/10.1061/41032(344)7)

Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010 (2010). Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

MELLO, F. M. (Coord.), Piasentin, C. (Ed.). (2011). **A História das Barragens no Brasil, Século XIX, XX e XXI: Cinquenta Anos do Comitê Brasileiro de Barragens**. Rio de Janeiro: CBDB.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. (2002). **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Recuperado em 12 de março, 2020, de <http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/inspecao/ManualdeSegurancaeInspecao deBarragens.pdf>

WARREN, A.L. (2011). Investigation of dam incidents and failures. **Forensic Engineering**, 164(1), p. 33-41. <https://doi.org/10.1680/feng.2011.164.1.33>

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

R. S. A. SILVA, A. B. S. MEDEIROS, A. P. OLIVEIRA JÚNIOR, O. FREITAS NETO, O. F. SANTOS JÚNIOR (2021). Acidentes e incidentes em barragens brasileiras: uma análise dos dados disponíveis nos relatórios de segurança de barragens e da legislação vigente. *Holos*. 37 (6), 1-17.

R.S.A. da SILVA

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN; Graduado em Engenharia Civil (Brasil). E-mail: romario.tw@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9246-6961>

A. B. S. MEDEIROS

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN; Graduado em Engenharia Civil (Brasil). E-mail: allanbenicio08@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9936-3028>

A. P. OLIVEIRA JÚNIOR

Especialista em Ensino de Matemática do Ensino Médio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte/IFRN; Graduado em Engenharia Civil e Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN; Professor da Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Rio Grande do Norte/SEEC-RN (Brasil). E-mail: a.j.mat@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9491-7287>

O. FREITAS NETO

Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN; Engenheiro Civil pela UFRN, Mestre em Geotecnia pela Universidade de São Paulo (USP) e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB). E-mail: osvaldocivil@ufrn.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9488-4123>

O. F. SANTOS JÚNIOR



Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN; Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Pós-Doutor pelas University of British Columbia, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE e Gasglow Caledonian University; Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: olavo.santos@ufrn.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7552-6646>

Editor(a) Responsável: Elenice Schons Silva



Recibido 25 de maio de 2020

Aceito: 10 de março de 2020

Publicado: 30 de setembro de 2021