

Gestão empresarial de emergências: uma análise dos Planos de Ação Emergencial de barragens de alto dano potencial associadas instaladas no município de Ouro Preto/MG

Business management of emergencies: an analysis of the Emergency Action Plan (EAP) of dams with the high potential for causing damage installed in the municipality of Ouro Preto/MG

Camilla Adriane de Paiva¹ - Universidade Federal de Ouro Preto

José Francisco do Prado Filho² - Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Ambiental

RESUMO

O presente trabalho analisou o conteúdo dos Planos de Ação Emergencial (PAE), documento exigido pela Lei Federal nº 12.334/10, a Política Nacional de Segurança de Barragens, das barragens de alto Dano Potencial Associado (DPA) instaladas no município de Ouro Preto, MG. Para tanto utilizou-se o método de estudo a análise de conteúdo documental dos PAE arquivados nos órgãos responsáveis. Após acesso aos PAEs, verificou-se na época que das onze barragens de DPA instaladas em Ouro Preto, apenas sete possuíam planos protocolizados na Defesa Civil do município. Ao se analisar o conteúdo dos Planos (PAE), viu-se que, de modo geral, todos apresentam os itens mínimos exigidos por lei, mas a maioria deles apresenta estudo deficiente de cenários hipotéticos em eventual ruptura da estrutura de contenção, problema que se espera ser melhor estudado com o lançamento da Portaria DNPM nº 70.389 de 2017. Por fim, viu-se que após grandes desastres como o da barragem de Fundão da Samarco Mineração, há uma tendência de maior concretização, valorização e efetivação do PAE como principal instrumento para adoção de medidas emergenciais por parte dos proprietários de barragens em eventuais situações de risco e desastres.

Palavras-chave: Política Nacional de Segurança de Barragens, Plano de Ação Emergencial de barragens, Segurança em barragens.

Editor Responsável: Prof.
Dr. Hermes Moretti Ribeiro da
Silva

ABSTRACT

The present study analyzed the contents of the Emergency Action Plans, a document required by Federal Law nº 12.334/10, the National Dam Safety Policy, of the dams with High Damage Associated Potential deployed in the municipality of Ouro Preto, MG. In order to do so, the analysis of the documentary content of the PAEs filed in the appropriate government departments was used as the study method. After access to the PAEs, it was verified at the time that of the eleven DPA dams installed in Ouro Preto, only seven had protocolized plans with the Civil Defense of the municipality. When analyzing the content of the Plans (EAPs), it was observed that, in general, they all present the minimum items required by law, but most of them present a poor study of hypothetical scenarios in cases of eventual rupture of the containment structure, a problem that it is expected to be studied more effectively with the launching of DNPM Ordinance nº 70.389, dated 2017. Finally, it was observed that after major disasters such as the dam of Fundão, of Samarco Mineração, there is a trend towards greater concretization, valorization and effectiveness of PAE as the principal instrument for the adoption of emergency measures by the owners of dams in situations of risk and disasters that may occur.

Keywords: National Dams Security Policy, Emergency Dam Action Plan, Dam Safety.

1. Morro do cruzeiro, Bauxita, Ouro Preto – MG, CEP 35400-000, camilladriane_paiva@hotmail.com; 2. jfprado@ufop.edu.br. PAIVA, C.A.; PRADO FILHO, J.F. Gestão empresarial de emergências: uma análise dos Planos de Ação Emergencial de barragens de alto dano potencial associadas instaladas no município de Ouro Preto/MG. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 2, p. 111 - 134, 2020.
DOI: 10.15675/gepros.v15i2.2451

1. INTRODUÇÃO

Barragens são estruturas civis complexas que carregam consigo um elevado risco potencial ambiental, social e humano, demandando especial atenção do ponto de vista de segurança, sobretudo de modo a prevenir a ocorrência de um evento extremo, como o seu rompimento, resultando em consequências custosas com danos bastante significativos (MEDEIROS, 2009).

Sabe-se que no Brasil está em vigor desde 2010 a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), regulamentada pela Lei Federal 12.334, que exige de proprietários de barragens um Plano de Segurança de Barragens (PSB) e ainda o Plano de Ação Emergencial (PAE), este último de domínio público e obrigatório para todas as barragens de alto Dano Potencial Associado (DPA).

O Plano de Ação Emergencial (PAE) é um documento fundamental na preparação e execução de ações de resposta em uma situação de emergência, a fim de salvaguardar a população a jusante da barragem e bens ambientais, patrimoniais e econômicos (FEMA, 2013; SILVEIRA E MACHADO, 2005; VÉROL *et al.*, s/d).

Dada sua importância, o PAE é regulamentado não só pela supracitada Lei Federal, mas também por outros órgãos fiscalizadores de barragens, como o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atualmente Agência Nacional de Mineração – ANM, na forma da Portaria DNPM nº 70.389 de 2017, nesse caso, adquirindo caráter próprio para as barragens de mineração, denominando-se Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM).

Como amplamente divulgado e discutido, no dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão da Samarco Mineração S.A., em Mariana, Minas Gerais, Brasil, provocando 18 mortes, uma pessoa desaparecida e um rastro com inúmeros e significativos danos sociais, econômicos e ambientais. Foi o maior desastre ambiental do mundo com barragens de rejeito, onde o rompimento abrupto da estrutura da barragem, que reservava um volume de aproximadamente 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro, liberou um total de 32,6 milhões de metros cúbicos do material acumulado, atingindo primeiramente o distrito de Bento Rodrigues (Mariana, MG), situado a oito quilômetros da estrutura, chegando posteriormente nos rios Gualaxo do Norte e do

Carmo até atingir o fluxo do Rio Doce e chegar no distrito de Regência, município de Linhares, estado do Espírito Santo. A lama escapada pelo rompimento da barragem atingiu mais de 600 quilômetros, 39 municípios, chegando ao litoral da costa capixaba em pouco mais de duas semanas (PROUS, 2015; SAMARCO, 2016; LACAZ *et al.* 2017; SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

Pouco depois de 3 anos do acidente da Samarco, no dia 25 de janeiro de 2019, vivenciou-se em Minas Gerais outro desastre de rompimento de barragem de rejeito de mineração, desta vez a Barragem I da mineradora Vale S.A., localizada no distrito de Córrego do Feijão (Brumadinho, MG). Este foi marcado como um dos maiores desastres do mundo quanto ao número de perda de vidas humanas. Até a data de 26 de abril de 2019, três meses depois do desastre, tinham-se identificados 233 mortos e 37 continuavam desaparecidos, e estima-se que cerca de 11,7 milhões de m³ de resíduos de lama oriunda do processamento de minério ferrífero foram liberados da barragem, causando danos sociais e ambientais ao longo de 8,5 km até o rio Paraopeba, estendendo-se por mais de 300 km ao longo do leito do rio Paraopeba em direção ao rio São Francisco (G1, 2019; PORSANI *et al.*, 2019)

Ambos eventos, demonstraram concretamente falhas, deficiências, improvisações e imperícias nas fases de preparação, condução, monitoramento e execução das ações do Plano de Ação Emergencial, que nestes casos poderiam ter prevenido ou minimizado os impactos decorrentes destes graves desastres tecnológicos.

Isso posto, o presente trabalho se propôs a identificar, obter, conhecer e analisar o conteúdo dos Planos de Ação Emergencial (PAE) das barragens classificadas de alto Dano Potencial Associado (DPA) instaladas no município de Ouro Preto, vizinho a Mariana, estado de Minas Gerais, tendo como orientação e referência principais as legislações federais e estaduais vigentes sobre o tema. O conhecimento da existência, treinamento, simulações e execução das ações e orientações do PAE refletem na caracterização da postura das empresas quanto a gestão de ações preventivas e contingenciais em situação de emergências. Além disso, Ouro Preto (MG) é, dentre os 853 municípios de Minas Gerais, um dos que mais possui barragens instaladas em seu território, totalizando 33 estruturas, daí a necessidade dessa atenção no presente trabalho. Entretanto, vale destacar que a pesquisa foi conduzida antes do evento de Brumadinho (MG).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), na forma da Lei nº 12.344/2010 define barragem como “qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas” (BRASIL, 2010).

Devido à complexidade dessas estruturas civis, elas carregam consigo risco potencial ambiental e humano elevados, demandando maior atenção do ponto de vista de segurança, sobretudo de modo a prevenir a ocorrência de um evento extremo, como o seu rompimento, resultando em consequências custosas com danos e perdas bastante significativos (MEDEIROS, 2009), haja vista os acontecidos nos recentes desastres com barragens de rejeitos ocorridos em Minas Gerais.

No caso das barragens de rejeitos, que além de água também retêm resíduos sólidos oriundos dos processos de beneficiamento do minério, o risco eminente de rompimento é quase sempre alto e os danos associados a um evento de emergência, são geralmente graves. Apenas em Minas Gerais, desde 1987, ou seja, em pouco mais de vinte anos, foram seis eventos de rompimento dessas estruturas trazendo prejuízos ambientais e grande número de perdas humanas (ÁVILA, 2015). Nesse contexto surge a figura do Plano de Ação Emergencial, PAE, um documento integrante do Plano de Segurança de Barragens, instrumento da PNSB de 2010, exigido para todas as barragens de alto Dano Potencial Associado (DPA).

O PAE visa a identificar antecipadamente as “possíveis condições de emergência em uma barragem e especifica ações pré-planejadas a serem seguidas para minimizar os danos à propriedade e a perda de vidas” (FEMA, 2013; DAY, 2016). Além das ações a serem cumpridas pelo empreendedor, o PAE ainda identifica os agentes a serem notificados em um evento de emergência.

Conforme o artigo 12 da PNSB o PAE deve contemplar no mínimo:

- I - Identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- II - Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- III - Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- IV - Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.” (BRASIL, 2010).

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

Em termos de segurança, as barragens de rejeito de mineração, podem ser consideradas mais vulneráveis que as barragens de água, podendo uma situação de má gestão de uma emergência, facilmente tornar-se um desastre de grandes proporções em função do volume e do tipo de resíduos armazenado (RICO *et al.*, 2008). Somado a má gestão outro fator determinante recorrente em análises históricas de acidentes é precariedade da operação da barragem estimulada por maiores retornos financeiros o que compromete significativamente a segurança das barragens de rejeito (SANTAMARINA *et al.*, 2019).

Quando são específicos para barragens de tipologia de mineração, os PAE são nomeados de Planos de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), os quais apresentam exigências mais restritivas e maior detalhamento de conteúdo. O PAEBM é regulamentado pela Portaria DNMP n° 70.389 publicada em maio de 2017.

Acrescenta-se que o planejamento e resposta a emergências pode ocorrer em diversos setores de uma empresa os quais possam apresentar algum risco de acidentes, e de forma análoga ao conteúdo do PAEBM, o que pode ser chamado do inglês de *EPR - Emergency Planning and Response* - (MAJID *et al.*, 2016). O conteúdo do EPR é composto das seguintes seções: informações específicas de negócios, seção de contato de emergência, papéis e responsabilidades, operações críticas que identificam operações críticas de segurança, planos de evacuação e planos de comunicação.

No contexto internacional, Martin e Davis (2000), afirmam que o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Conselho Internacional de Metais e Meio Ambiente (ICME) têm atuado nos últimos anos apoiando eventos e publicações de estudos relacionados à gestão de rejeitos, onde a maioria destes passa por questões de administração, destacando-se, dentre outros, as “políticas e procedimentos corporativos relacionados à administração de instalações de rejeitos; definições de papéis e responsabilidades; aplicação de técnicas de avaliação de risco; preparação e resposta a emergências; e educação e treinamento.” (MARTIN; DAVIS, 2000).

Constata-se, assim, que esses itens associados às questões administrativas da gestão da barragem de rejeito de mineração, são comuns ao conteúdo do Plano de Ação Emergencial (PAE), o que demonstra a importância desse documento na gestão empresarial de emergências e na adoção de medidas contingenciais em eventuais acidentes e desastres.

Vale acrescentar que a operação e a gestão da segurança da barragem são questões implícitas aos riscos corporativos, devido à complexidade dessas estruturas. Toda barragem

carrega consigo um risco que não pode ser negligenciado, sendo os operacionais e os de conformidade os que merecem mais atenção por parte dos gestores corporativos. Segundo Nascimento *et al.* (2009), os riscos operacionais estão associados às condições de operação dos processos, controles, sistemas e informações, e os riscos de conformidade estão associados a capacidade da organização em cumprir leis e normas específicas.

Nesse sentido, é de se considerar que o PAE mostra ser além de um instrumento de gestão de emergências, um instrumento de gestão do risco corporativo que todo empreendimento que possua uma barragem está sujeito.

Um item fundamental do PAE, recentemente exigido, é o estudo de *dam break*, o que prevê o comportamento da inundação decorrente da ruptura da barragem. Este estudo deve mostrar através de mapas de inundação áreas de jusante prioritárias para as ações de contingência (FEMA, 2013). Juliastuti e Setyandito (2017) reforçam que o mapeamento da inundação e a identificação das zonas de risco a inundação são imprescindíveis para a formulação de qualquer ação para a gestão de emergência.

Sampaio (2016) também atesta sobre a importância do estudo de cenários de inundação na caracterização adequada dos danos decorrentes de uma eventual ruptura, além disso o autor também reforça a exigência legal de conteúdo do PAEBM o qual deve conter os cenários de ruptura com suas devidas metodologias e o mapa de inundação com as áreas potenciais de afetação. Complementarmente, a recente Portaria DNPM nº70.389 de 2017, exige que os mapas de inundação exibam “em gráficos e mapas georreferenciados as áreas a serem inundadas, explicitando a Zona de Autossalvamento (ZAS) e a Zona de Salvamento Secundário (ZSS), os tempos de viagem para os picos da frente de onda e inundações em locais críticos abrangendo os corpos hídricos e possíveis impactos ambientais (...)” DNPM (2017).

Para uma maior eficiência do PAE ou PAEBM, em uma situação de emergência, medidas de conscientização, educação e treinamento interno e externo à empresa são fundamentais inclusive para proteção à vida de funcionários e vizinhança. Silveira e Machado (2015) confirmam que “já foi verificado na prática que mesmo sistemas considerados extremamente eficientes, não apresentaram o retorno esperado, justamente pela falta de treinamento, implementação ou uso adequado” do Plano de Ação Emergencial.

O treinamento dos recursos humanos da empresa e das comunidades envolvidas/afetadas na emergência são fundamentais para a validação do PAE e sua correta

execução em uma situação real de emergência (FEMA, 2013). Nesse sentido, dada suas diversas e importantes funções, o PAE deve ser considerado propriamente um instrumento de Gestão de Emergências em empresas com elevado risco de acidentes.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Objeto de estudo

O presente estudo consiste em uma pesquisa documental qualitativa, realizada no período entre maio de 2016 e junho de 2018 na Defesa Civil dos municípios de Ouro Preto e posteriormente em Congonhas, Minas Gerais/Brasil.

O município de Ouro Preto assenta-se no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, região mundialmente conhecida pela heterogênea riqueza geológica e mineralógica, principalmente manganês, ouro, topázio imperial, esmeraldas e principalmente o minério de ferro (ROESER; ROESER, 2010). O Quadrilátero Ferrífero, além de sua relevância econômica e ambiental, tem destaque por ser alvo de conflitos de interesse entre as atividades minerárias, a ocupação urbana e as ações conservacionistas. Atualmente a região sofre forte pressão de mercados compradores de *commodities* minerais, principalmente o minério de ferro (MINAS GERAIS, 2009).

Nesse cenário de diversidade de usos do meio e da exploração das riquezas minerárias, a presença das atividades minero-metalúrgicas impõe a instalação e operação de inúmeras minerações de portes variados e, por conseguinte, as barragens, seja para reservação de água ou para a disposição de rejeitos oriundos do processo de beneficiamento mineral.

3.2 Procedimentos de coleta de dados

3.2.1 Identificação das barragens instaladas em Ouro Preto para análise dos PAE

As barragens para análise dos PAEs foram identificadas utilizando-se a classificação dessas estruturas apresentadas nas Deliberações Normativas nº 62 de 2002 e nº 87, de 2005 do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) do Estado de Minas Gerais e na Política Nacional de Segurança de Barragens, Lei Federal nº 12.334/2010. Desta feita, inicialmente todas as barragens de Classe III (alto potencial de dano ambiental) instalados nos domínios do município de Ouro Preto, conforme a Deliberações normativas estaduais foram identificadas. Posteriormente, as barragens pré-selecionadas foram classificadas quanto ao Dano Potencial Associado (DPA), conforme a legislação federal.

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

Os dados sobre as barragens, como classe, volume reservado, proprietário, entre outros, foram extraídos do Inventário Anual de Barragens do estado de Minas Gerais (2016), publicado pela FEAM (2017) e complementarmente do Inventário de 2017, publicado em 2018. Conhecendo-se a classe das barragens instaladas em Ouro Preto, pôde-se verificar quais delas exigiam por força legal o Plano de Ação Emergencial (PAE) e quais delas não se enquadravam no estabelecido pelo Política Nacional de Segurança de Barragens.

3.2.2 Análise documental

Quanto ao procedimento metodológico dessa etapa, adotou-se as fases definidas por Gil (2002): (i) identificação das fontes de informação; (ii) localização das fontes e obtenção do material (dados); (iii) tratamento dos dados; (iv) por fim, construção lógica e redação do trabalho em questão.

3.2.3 Levantamento documental – localização das fontes de dados e aquisição do material

Com base na bibliografia específica e nos instrumentos legais (Lei Federal nº 12.334/2012), identificou-se que o Plano de Ação Emergencial (PAE) da barragem deve ficar disponível para consulta pública na empresa responsável pelo empreendimento, nas prefeituras locais e também nos órgãos competentes (no caso de barragens de mineração, a Agência Nacional de Mineração – ANM, extinto Departamento Nacional de Produção Mineral) e no organismo da Defesa Civil local.

Assim sendo, buscou-se inicialmente acesso aos Planos de Ação Emergencial das barragens na Defesa Civil do município de Ouro Preto e posteriormente na Defesa Civil do município de Congonhas, circunvizinho a Ouro Preto, e isso se fez por questões da localização geográfica de duas barragens, já que se constatou inicialmente que estas não tinham os respectivos PAE arquivados na Defesa Civil de Ouro Preto.

Não houve a intenção de obter acesso aos Planos de Ação Emergencial diretamente nas empresas proprietárias das barragens devido às dificuldades de contato e eventuais exigências burocráticas e por se entender que o caminho mais fácil e correto seria obtê-los nos órgãos públicos específicos definidos pela lei, ou seja a Defesa Civil.

3.3 Procedimentos de análise de dados

Após a obtenção dos planos, foi feita a leitura e análise dos mesmos à luz do que estabelece a legislação pertinente, a saber: em nível federal, a Lei Federal nº 12.334/2010 que instituí a Política Nacional de Segurança de Barragens, e a Portaria nº 526/2013 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

A análise constituiu-se da verificação do conteúdo dos PAE, checando se o documento atendia aos critérios mínimos exigidos no artigo 6º da Portaria nº 526 do DNPM para os Planos de Ação Emergencial de Barragens de Mineração (PAEBM), e o artigo 12º da PNSB, para os planos de demais atividades industriais. Optou-se em não utilizar na análise dos planos os novos itens da Portaria nº 70.389/2017, também do DNPM, já que após a sua publicação, que se deu em maio de 2017, as empresas responsáveis por essas estruturas, tinham legalmente um prazo de até 12 meses (findando em maio de 2018), para se adequarem e atualizarem seus Planos de Ação Emergencial de Barragens de Mineração (PAEBM) às novas exigências, não se aplicando os novos itens aos planos já então elaborados.

As interpretações acerca do conteúdo dos planos seguiram as seguintes etapas: breve introdução das informações e descrição geral das barragens de estudo; *check-list* de constatação do cumprimento do conteúdo mínimo dos planos, conforme estabelece a legislação supracitada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação das barragens instaladas no município de Ouro Preto

A partir do Inventário de Barragens do Estado de Minas Gerais de 2016 (FEAM, 2017), verificou-se que Minas Gerais tinha 737 barragens cadastradas, sendo 210 (28,5%) da Classe I, 293 (38,8%) da Classe II e 234 (31,8%) da Classe III. Do total, 439 (59,6%) são barragens de mineração. Para o Inventário de 2016, o município de Ouro Preto possuía 32 barragens localizadas em seu território, sendo destas, 16 barragens classificadas como de Classe III (50%), as da categoria de alto Potencial de Dano Ambiental.

Como esperado, e pela própria tradição econômica do estado de Minas Gerais, as barragens construídas no município de Ouro Preto são aquelas de tipologia de mineração, tipologia de barragens predominantes no Estado, sendo 29 das 32 barragens instaladas no município, ou seja 90,6% de barragens de mineração. A maioria delas é de posse de grandes e

tradicionais empresas do setor minero-metalúrgico brasileiro. No cadastro mais recente, de 2017, o número de barragens do município passou para 33, sendo 32 de tipologia de mineração (FEAM, 2018).

Nesse ponto, foi possível constatar que das 16 barragens Classe III do cadastro do ano de 2016, 11 são classificadas como sendo de alto Dano Potencial Associado (DPA), equivalente a 68,75 %, conforme Portaria DNPM nº 416/2013 e Resolução Conselho Nacional Recursos Hídricos nº 143 de 2012, sendo destas, dez de mineração e uma barragem industrial (Barragem de Marzagão), como vê-se na Tabela 1 .

Tabela 1 - Informações gerais sobre as barragens de Classe III instaladas em Ouro Preto em 2016, MG.

(Continua)

Código da Estrutura-Barragem	Tipologia	Material retido	Situação^a	Classificação quanto ao DPA^b	Localização em Ouro Preto (Distrito)
B1	Mineração de Ferro	Rejeito	Em operação	Alto	Miguel Burnier
B2	Mineração de Ferro	Rejeito	Desativada	Alto	Miguel Burnier
B3	Mineração de Ferro	Água	- ^c	Alto	Miguel Burnier
B4	Mineração de Ferro	Rejeito	Em operação	Alto	Antônio Pereira
B5	Mineração de Ferro	Água	Desativada	Alto	Antônio Pereira
B6	Mineração de Ferro	Rejeito	Desativada	Alto	Antônio Pereira
B7	Mineração de Ferro	Rejeito	Em operação	Médio	Miguel Burnier
B8	Mineração de Ferro	Rejeito	- ^c	Médio	Miguel Burnier
B9	Mineração de Ferro	Rejeito	-	Médio	Miguel Burnier
B10	Mineração de Ferro	Rejeito	-	Alto	Miguel Burnier
B11	Mineração de Ferro	Rejeito	Desativada	Baixo	Miguel Burnier
B12	Mineração de Ferro	Rejeito	Desativada	Alto	Miguel Burnier
B13	Mineração de Ferro	Rejeito	-	Alto	Miguel Burnier
B14	Mineração de Topázio	Rejeito	Em operação	Alto	Rodrigo Silva

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

BI 15	Indústria metalúrgica/ alumínio primário	Rejeito lama vermelha	Em operação	Alto	Sede Ouro Preto
BI 16	Indústria metalúrgica/ alumínio primário	Rejeito lama vermelha	Desativada	- ^d	Sede Ouro Preto

Fonte: Autores, 2017.

^a Situação referente a maio de 2017.

^b Dano Potencial Associado (DPA).

^c Não se tinha informação quanto a situação da barragem.

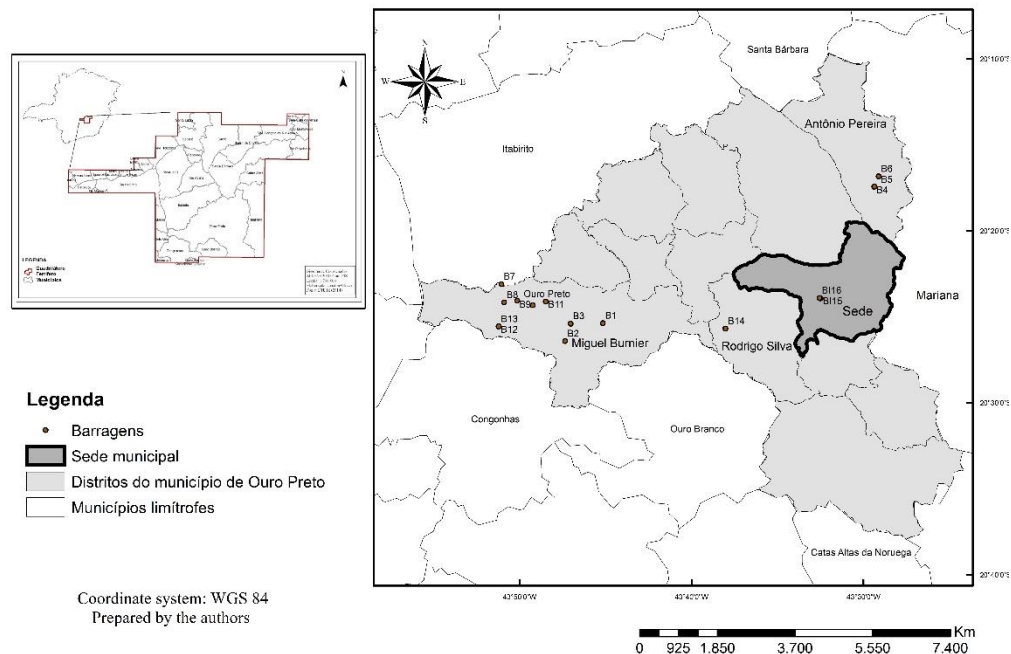
^d A estrutura BI16 não se caracteriza mais como uma barragem que se enquadre na classificação federal.

Conforme o Inventário de Barragens de Minas Gerais da FEAM de 2017, constatou-se que houve a inclusão de uma barragem de Classe III localizada no município de Ouro Preto. A barragem que foi incluída é de tipologia de mineração e é classificada como sendo de alto DPA, logo, também se enquadrando na categoria que exige a elaboração do PAE, ou PAEBM no caso. Outra mudança nos cadastros verificada entre os anos de 2016 e 2017, foi a exclusão de uma da barragem industrial, por esta se encontrar na situação de desativada (Barragem BI 16).

Na Figura 1 é possível observar a localização do Quadrilátero Ferrífero no contexto de Minas Gerais e a localização das barragens de alto DPA no município de Ouro Preto, MG.

Com a publicação da Portaria nº 70.389 de 2017 do DNPM e alterações posteriores na matriz de classificação de barragens e na obrigatoriedade de apresentação do PAE (PAEBM), as barragens B7, B8 e B9, por exemplo, mesmo sendo classificadas como de Dano Potencial Associado médio, poderão ter seu PAEBM exigido, caso se verifique em análise posterior, conforme previsto na Portaria, o atingimento da pontuação máxima de classificação para a existência de população humana a jusante da estrutura e concretização de impactos ambientais decorrentes de eventuais rompimentos.

Figura 1 – Localização de Ouro Preto no contexto do Quadrilátero Ferrífero e Minas Gerais e das barragens de Classe III instaladas no município em 2016.



Fonte: dados da pesquisa.

4.2 Os Planos de Ação Emergencial (PAEs) obtidos na Defesa Civil

Na Defesa Civil de Ouro Preto, em 16 maio de 2016, encontraram-se apenas sete PAEs (os das barragens B1, B2, B3, B4, B5, B6 e BI 15) das onze (11) barragens que deveriam ter os documentos (PAEs) disponíveis para fins de acesso público.

Em posterior visita, em maio de 2017, na mesma Defesa Civil de Ouro Preto, não foi encontrado nenhum outro plano, além dos anteriormente obtidos. No entanto, três planos dos sete anteriormente identificados, haviam sido retirados e revisados pelas empresas (os das barragens B4, B5 e BI 15) tendo sido posteriormente protocoladas novas versões do PAE.

No mesmo mês maio de 2017, porém, na Defesa Civil de Congonhas, foram obtidos os planos de duas barragens instaladas no município de Ouro Preto (os das barragens B12 e B13). Talvez por engano ou falha dos órgãos envolvidos e devido provavelmente à proximidade dos distritos minerários entre os municípios de Ouro Preto e Congonhas, as duas barragens em questão estavam cadastradas, no ano de 2015, no município de Congonhas, sendo que ambas se localizam efetivamente no distrito ouropretano de Miguel Burnier, limítrofe a Congonhas. Apenas no Inventário de Barragens da FEAM de 2016, publicado em

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

2017 (FEAM, 2017), esse “erro locacional” foi sanado mas, mesmo assim, os referidos PAEs encontravam-se apenas disponíveis para consulta pública na Defesa Civil de Congonhas e não na de Ouro Preto.

Por último, em julho de 2018, numa nova pesquisa na Defesa Civil de Ouro Preto, afim de se verificar se novos PAEs haviam sido protocolizados no órgão e quais deles teriam sido atualizados em conformidade com Portaria DNPM nº 70.389 de 2017, constatou-se que não houve o registro de nenhum outro documento, além dos anteriormente arquivados. Salienta-se, porém, que a barragem B14, classificada com alto DPA é tida como uma das sete barragens de alto risco do Brasil, segundo Agência Nacional de Mineração (ANM, 2018), e que ainda não tinha seu PAE protocolado até a data da última visita na Defesa Civil local (ocorrida em julho de 2018).

Quanto às atualizações dos PAEs, conforme exigência da Portaria DNPM nº 70.389 de 2017, viu-se que as barragens B1, B2, B3, B4, B5 e B6, incorporaram no documento (PAE) o capítulo referente ao estudo de cenário de ruptura atualizados e com a devida definição da Zona de Auto Salvamento (ZAA) e Zona de Salvamento Secundária (ZSS). Além disso, constatou-se que todos os planos tinham registros recentes de treinamentos internos com as equipes integrantes da execução do PAE.

4.3 Análise dos Planos de Ação Emergencial (PAE)

A análise constituiu-se de uma breve descrição da barragem com suas principais informações e a verificação do cumprimento dos itens mínimos exigidos pela legislação pertinente, de modo a explorar o conteúdo dos planos. Foram também levantados os empreendimentos responsáveis pelas barragens, a empresa de consultoria responsável pela elaboração do PAE, a data de emissão e de sua protocolização na Defesa Civil de Ouro Preto e a identificação das considerações técnicas do ponto de vista do diagnóstico, a prevenção e a gestão de riscos.

Ao se analisar as datas de emissão inicial dos PAEs pelas empresas responsáveis, vê-se que, mesmo com a vigência da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que exige o PAE desde 2010, apenas após o lançamento da Portaria DNPM nº 526 de 2013, onde é detalhado o conteúdo mínimo do PAE para barragens de mineração (PAEMB), é que foram elaborados seis dos onze planos estudados.

Neste ponto faz-se necessário a diferenciação entre data de emissão dos PAE e a data de protocolização do documento na Defesa Civil. A data de emissão dos planos (PAE) é quando sua elaboração foi concluída pela empresa de consultoria (emissão inicial) e, posteriormente, quando após os comentários e solicitações de alterações por parte das empresas contratantes o plano adquire seu caráter final (emissão para conhecimento). Já a data de protocolização é a data de apresentação do PAE na Defesa Civil do município, cumprindo a exigência legal de dar a publicidade do documento. Aqui cabe esclarecer que a empresa responsável pela barragem cumpriu burocraticamente e legalmente ao que exige as regulamentações específicas, ficando as eventuais iniciativas preventivas e de treinamento a cargo da Defesa Civil local.

Dos planos estudados, cinco tinham data de emissão de meados de 2015, antes mesmo do rompimento da Barragem de Fundão da Samarco e um deles foi protocolado em 2 de fevereiro de 2016, data relativamente próxima posterior ao rompimento. A falta de informação concreta sobre a data exata de protocolização dos planos da Defesa Civil local cria margem de dúvida sobre o conhecimento dos Planos pela Defesa Civil antes do rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana. Os únicos PAE, com registro de protocolização antes do desastre de Fundão, feitos em 9 de junho de 2015, foram os das barragens B1, B2 e B3. Essa situação mostra que muitas empresas responsáveis por barragens de rejeitos se encontravam inadimplentes quanto ao cumprimento da apresentação do Plano de Ação de Emergencial (PAEBM) aos órgãos competentes municipais, estaduais e federais. Além disso, a situação evidenciou como um desastre extremo, como o de Fundão, fez por influenciar na postura das empresas do setor frente às exigências já anteriormente regulamentadas, mas que tinham sido apenas parcialmente cumpridas pelos empreendedores responsáveis. Isso demonstra que a maioria delas (as empresas) ainda possui um comportamento ou uma cultura legalista, ou até mesmo negligente, quanto ao atendimento de algumas das exigências definidas pelo Estado, abrindo brechas para situações de riscos corporativos ligados a conformidade legal (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

Segundo Sampaio (2016), a falta da efetiva publicidade do PAE bem como do conhecimento de seu conteúdo por parte dos organismos de Defesa Civil, e do próprio poder público envolvido, afetam diretamente a funcionalidade (ou efetividade, segundo os autores do presente trabalho) do instrumento para fins de planejamento a respostas a emergências. Portanto, apenas existir ou ter o PAE da barragem na empresa e estando o mesmo protocolado

nas instâncias exigidas por lei não resolve concretamente as questões para minimização dos efeitos e impactos provocados em situações críticas, oriundas de desastres com essas estruturas.

Por outro lado, mesmo sendo obrigação legal, as empresas protocolarem o PAE na Defesa Civil e órgãos públicos competentes, apenas após o rompimento da barragem de Fundão é que se observou uma maior aproximação entre o organismo de Defesa Civil de Ouro Preto e as empresas proprietárias de barragens na definição de estratégias iniciais e ações contingenciais para situações de emergência que envolvam as barragens do município.

Cabe anotar neste ponto que concretamente não era interesse e conhecimento geral da população ter o acesso a esse documento e o conhecimento de seu conteúdo, como preconiza a legislação vigente. Considera-se, porém, que com os desastres ocorridos com a barragem de Fundão da Samarco em Mariana e da barragem B1 da Vale em Brumadinho a população vizinha tenha desenvolvido maior interesse para com essas estruturas, principalmente aquelas pessoas que habitam áreas próximas às barragens e também de organizações e grupos sociais que tenham interesse e se envolvem diretamente com o assunto (ex. Movimento de Atingidos por Barragens-MAB).

De acordo com o conteúdo, todos os Planos disponíveis na Defesa Civil de Ouro Preto seguem um padrão de apresentação, principalmente os PAEBM, que sempre devem ter capa vermelha e seguir uma sequência do conteúdo em volumes predeterminados pelas Portarias DNPM. Na Tabela 2, pode-se ver os itens e conteúdos verificados dos PAE das barragens estudadas.

Tabela 2 – Verificação Geral da existência dos itens mínimos exigidos pela Portaria DNPM nº 526/2013 nos PAE estudados

Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM)	I - Informações gerais da barragem	II - Procedimentos preventivos e corretivos a para emergências	III - Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência	IV - Fluxograma e procedimentos de notificação	V - Responsabilidades gerais no PAEBM	VI - Análise do estudo de cenários de uma hipotética ruptura de barragem	VII - Anexos e apêndices
B4	S	S	S	S	S	P	S
B5	S	S	S	S	S	P	S
B6	S	S	S	S	S	P	S
B1	S	S	S	S	P	S	S
B2	S	S	S	S	P	S	S
B3	S	S	S	S	P	S	S
B12	S	S	S	S	S	S	S
B13	S	S	S	S	S	S	S
B8	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
B9	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
B10	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
B7	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
B11	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
B14	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
BI 16	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P
BI 15 ^a	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Sim (S); Não (N); Parcialmente (P); Não possui PAE (S/P); Não se aplica os itens da Portaria DNPM nº 562/2013 (N/A)

^a A análise do conteúdo do PAE de BI15 foi realizada com referência nos itens mínimos da PNSB, já que a barragem é industrial, não se aplicando a ela a Portaria DNPM nº 526/2013.

Complementarmente, todos os planos estudados apresentavam em seus apêndices todos itens exigidos pela Portaria DNPM a saber: registros dos treinamentos; lista de meios e recursos disponíveis para serem usados nas situações de emergência; formulário de declaração de início da situação de emergência; formulário de declaração de encerramento da situação de emergência; relatório de encerramento do evento de emergência; e formulário de controle de atualização do PAEBM.

Destaca-se que apenas o PAEBM das barragens B4 e B5, tinham em seus apêndices o registro de treinamentos preenchidos, atestando “documentalmente” que parte de seus funcionários têm conhecimento do PAE e que passaram por treinamentos. A adoção de treinamentos e o conhecimento do plano por parte dos recursos humanos das empresas são ações que permitem a execução de correções e adequações no PAE de modo que ele tenha resultado satisfatório em situações reais (SAID *et al.* 2016; SILVEIRA e MACHADO, 2005).

Com respeito aos treinamentos e simulações com a população sob influência da barragem, é digno de registro que os treinamentos externos são de responsabilidade dos organismos de Defesa Civil e do poder público, mas as empresas devem apoiar, participar e fornecer informações técnicas para estes (DNPM, 2017). Nos levantamentos feitos, por falta de informações e registros na Defesa Civil de Ouro Preto, não foi possível verificar se tinha havido algum treinamento com a população sob influência e com funcionários das barragens identificadas pelos PAEs estudados.

Nesse contexto, vale pontuar que apenas uma empresa proprietária de barragem em que foi estudado o PAE elaborou uma cartilha informativa para seus funcionários e populações a jusante de suas estruturas, de forma a informar e capacitar as pessoas de forma lúdica e com uma linguagem de fácil entendimento sobre o PAE e as ações a serem tomadas em situações de emergência. Registra-se, porém, que esse documento teve divulgação interna apenas em início de agosto de 2018 e que infelizmente ele não tem data da sua publicação. Do visto, constata-se que o desastre da Samarco parece ter sido determinante para as empresas de mineração local iniciarem concretamente ações internas com o quadro de funcionários e com a comunidade sob influência de barragens visando a divulgação de ações preventivas e emergenciais em situações de acidentes com aquelas estruturas.

Avaliando a função dos PAE dentro do Ciclo de Gerenciamento de Risco e Emergências de uma barragem, apesar de nove planos apresentarem o volume VI (referente aos estudos de cenários de ruptura – *dam break*), 4 deles - barragens B4, B5, B6 e BI 15, - podem ser considerados deficientes em termos de informações e simulações desses eventuais cenários.

O estudo dos cenários de rupturas e seus mapas de inundação são uma das partes mais importantes do conteúdo do PAE, já que permitem a predição do comportamento da onda de cheia após o rompimento e assim predizer e analisar seus possíveis impactos (VÉROL *et al.*, 2011) sobre o meio ambiente e a população a jusante. Para Juliastuti e Setyandito (2017),

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

fragilidades nesse item tão importante do PAE, podem comprometer todo o planejamento e gerenciamento de situações de emergências. Porém, uma deficiência geral que compromete a análise de conteúdo do PAE, conforme Sampaio (2016), é que “a legislação brasileira não cria mecanismos que possibilitem um exame apurado do PAE, elaborado pelo empreendedor, tratando apenas de um dever de entrega do documento a algumas autoridades públicas e de prestação de informações adicionais”. Por outro lado, Sampaio (2016) afirma que a elaboração do PAE pelos empreendedores é (ou seria) considerada apenas uma política de *compliance* ou o receio deles estarem em descumprimento com as normas, o que em caso de um desastre acarretaria em gastos adicionais e ampliação das implicações jurídicas.

Uma solução proposta por Souza Jr. (2019) afim de tornar a gestão de segurança e emergência de barragens mais transparente é a divulgação de dados e metadados de operação das barragens, de falhas e acidentes anteriores, afim de garantir que os dados de auditorias e exercícios de diligência sejam mais eficazes, representando um avanço significativo na prevenção de desastres.

Diante do visto neste trabalho, pode-se identificar que os empreendedores responsáveis pelas barragens de estudo tiveram uma postura negligente demonstrado principalmente e documentalmente pelo cumprimento tardio da lei, já que se percebeu-se um atraso de cerca de cinco anos para atendimento das exigências da PNSB e quanto aos empreendimentos minerários cerca de dois anos para atendimento do que estabelece da Portaria DNPM nº 526/2013.

A visita à Defesa Civil de Ouro Preto, exatamente um ano após o lançamento da Portaria DNPM nº 70.389 de 2017, com a constatação de que apenas seis PAEs foram atualizados dentro do prazo firmado pela portaria, reitera a importante deficiência dos empreendedores proprietários de barragens em cumprir de pronto com as leis voltadas à segurança e também da fragilidade do organismo de Defesa Civil local quanto ao corpo técnico e equipamentos para fiscalização, além de um precário ou mesmo falho envolvimento integrado entre os entes envolvidos com as questões de segurança de barragens.

Com a Portaria DNPM nº 70.389, de 2017, espera-se que a fragilidade com relação ao estudo de cenários de ruptura (*dam break*) seja sanada, principalmente com a recente exigência do Mapa de Inundação com inúmeros detalhamentos até então não explicitados nas Portarias DNPM nº 416 de 2012 e nº 526 de 2013, vigentes quando se elaborou esse trabalho.

Os demais itens do conteúdo dos PAE estudados, como os procedimentos preventivos e corretivos, detecção, avaliação e classificação das situações de emergências, fluxogramas e procedimentos de notificação e responsabilidades gerais no PAE, apresentam as informações dentro do escopo exigido pela Portaria nº 526/2013 e a PNSB, trazendo particularidades e detalhes específicos de cada barragem e condutas internas a serem tomadas pela empresa proprietária de barragens.

No caso das barragens industriais, como a BI 15, de certo modo, também deverão ter parte da deficiência de conteúdo sanada, dado que o Governo do Estado de Minas Gerais, no início de 2016, ao lançar uma nova regulamentação para o licenciamento ambiental no Estado, instituiu que todos os empreendimentos que venham a ter o PAE exigido, também terão que instalar “sistema de alerta sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficiência” (MINAS GERAIS, 2016). Além do mais, ao incluir o PAE no licenciamento ambiental, o Governo do Estado, expande a abordagem quanto às tipologias de barragens, já que que geralmente as barragens de rejeito de mineração atualmente são as que tem maior preocupação e atenção sobre esse tema.

Contudo, mesmo com o avanço e vigor das novas legislações sobre barragens, estas só serão efetivamente cumpridas se houver uma fiscalização frequente e rígida por parte dos órgãos competentes, sendo no caso de barragens de mineração, a Agência Nacional de Mineração e instituições estaduais competentes, como a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD).

Finalmente, conforme Sampaio (2016) e Said *et al.* (2016), a falta de fiscalização eficiente transfere uma falsa impressão de autocontrole às empresas, que desconhecendo as deficiências do PAE e por falta de treinamentos e simulações não sabem como concretamente executá-lo em situações reais de emergências, não evitando ou minimizando perdas de vidas humanas e os danos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de um rompimento com escapamento de volumes significativos do material confinado.

5. CONCLUSÕES

O estado de Minas Gerais possui mais de setecentas e trinta estruturas de barragens cadastradas, sendo a maior parte delas barragens de rejeitos de mineração. Do total, 234 são da Classe III. Já o município de Ouro Preto possui 32 barragens localizadas em seu território,

sendo destas, 16 classificadas de Classe III e dessas 11 são classificadas como sendo de alto Dano Potencial Associado (DPA). Segundo a legislação vigente todas as barragens de alto DPA têm por obrigação apresentar aos órgãos competentes o Plano de Ação Emergencial (PAE), que para as barragens de rejeito são chamados de PAEBM.

Após acesso aos Planos de Ação Emergencial (PAE) nos organismos de Defesa Civil locais, viu-se que das 11 barragens classificadas (em 2015) como de alto Dano Potencial Associado instaladas em Ouro Preto, apenas sete possuíam o PAE protocolado na Defesa Civil local, enquanto duas outras tinham o PAE protocolado na Defesa Civil de Congonhas (MG). Duas delas não apresentaram os respectivos PAEs, estando claramente em desrespeito com as recentes exigências de órgãos controladores oficiais.

Apesar de no geral os planos estudados apresentarem todos os itens mínimos exigidos pela lei, destaca-se que quatro dos nove planos apresentaram estudos de cenários de ruptura deficientes, sem informações detalhadas da onda de cheia, com apresentação de mapas de inundação incompletos e deficiências na definição das Zonas de Auto Salvamento e Zonas de Salvamento Secundário. Espera-se que esse tema seja melhor resolvido ou sanado com a publicação da Portaria DNPM nº 70.389 de 2017.

Por outro lado, observou-se que no período pós desastre da barragem de Fundão da Samarco Mineração SA fez surgir em nível federal e estadual diversas regulamentações de segurança, prevenção e respostas às emergências próprias de barragens. Nesse contexto, há a expectativa de uma maior valorização e concretização do PAE como instrumento de gestão efetiva de ações emergenciais em caso de acidentes e desastres, fazendo com ele deixe de ser definitivamente um documento de prateleira das empresas (e também dos órgãos públicos envolvidos) e faça parte da operação rotineira dos responsáveis, e também ocupe maior importância nas ações de fiscalizações e iniciativas da Defesa Civil dos municípios. Com isso, os empreendedores deverão ter a perspectiva que apenas o cumprimento da elaboração do PAE, a fim de se evitar riscos de conformidade legal não são suficientes para evitar riscos corporativos se o instrumento (o PAE) não fizer parte da operação e gestão rotineira de segurança da barragem.

Considera-se também que o ponto chave para que de fato o PAE e todas as novas exigências de segurança de barragem impostas pelas recentes regulamentações sejam efetivamente cumpridas, será a necessária melhor fiscalização com maior frequência e responsabilidade por parte dos órgãos competentes, sejam da esfera local, estadual ou federal.

Um outro ponto observado nesse trabalho e que abre oportunidades para pesquisas futuras é a questão da falta de uniformidade entre os sistemas de classificação das barragens na esfera federal e estadual, fato que ficou evidente ao se estabelecer os critérios de escolha das barragens para o presente estudo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Classificação de barragens de mineração**. 2018. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/plano-de-seguranca-de-barragens> >. Acesso em: 16 de julho de 2018.

ÁVILA, J.P. **Acidentes em Barragens de Rejeitos no Brasil**. Segurança de Barragens de Rejeito. Consultoria Pimenta de Ávila, 2015. Disponível em: < <http://www.energia.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/ACIDENTES-EMBARRAGENS-Joaquim-Pimenta-Pimenta-de-%C3%81vila-Engenharia.pdf> >. Acesso em 23 de maio de 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Diário oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 12 ago. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm. Acesso em: 12 ago. 2016.

DAY, C. A. Modeling potential impacts of a breach for a high hazard dam, Elizabethtown, Kentucky, USA. **Applied Geography**, v. 71, p.8, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Portaria nº 416, de 03 de setembro de 2012**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-416-em-03-09-2012-do-diretor-geral-do-dnpm>. Acesso em: 12 ago. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Portaria nº 526, de 09 dezembro de 2013**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-526-em-09-12-2013-do-diretor-geral-do-dnpm>. Acesso em: 12 ago. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Portaria nº 70.389 de 17 de maio de 2017**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-70-389-de-2017/view>. Acesso em: 12 ago. 2016.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA). **Federal guidelines for dam safety - Emergency Action Planning for dams**. Estados Unidos da América, julho de 2013. Disponível em: http://www.damsafety.org/media/documents/fema/508_fema_p-64_fed_guidelines_for_dams.pdf. Acesso em: 21 nov. de 2016.

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, nº 2, p. 111 - 134, 2020.

G1 MINAS GERAIS. **Sobe para 225 o número de mortos identificados no desastre da Vale em Brumadinho.** 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/04/10/sobe-para-225-o-numero-de-mortos-identificados-no-desastre-da-vale-em-brumadinho.ghtml>. Acesso em: 20 abr. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora atlas, 4ª edição. São Paulo, 2002.

JULIASTUDI; SETYANDITO, O. Dam break analysis and flood inundation map of Krisak dam for Emergency Action Plan. *In: 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND BUILDING ENGINEERING. Anais...* (ICONBUILD 2017). 2017.

LACAZ, F. A. C.; PORTO, M. F. S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.** 12 p., 2017.

MAJID, N. D. A.; SHARIFF, A. M.; LOQMAN, S. M. Ensuring emergency planning & response meet the minimum Process Safety Management (PSM) standards requirements. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v.40, p. 248-258, 2016.

MARTIN, T.E.; DAVIES, M.P. Trends in the stewardship of tailings dams. **Proceedings of Tailings and Mine Waste'00**, Fort Collins, January, Balkema, 2000. p. 393-407.

MEDEIROS, C. H. Fatores de risco em barragens: técnicos e organizacionais. *In: 3º SIMPÓSIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS E RISCOS ASSOCIADOS. Anais...* Salvador, 2008.

MINAS GERAIS. Conselho de Políticas Ambientais (COPAM). **Deliberação normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005.** Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idnorma=8251>. Acesso em 15 ago 2016.

MINAS GERAIS. **Comissão Especial das Serras da Calçada e da Moeda:** relatório final. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2009. 88p.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais 2016.** Belo Horizonte, 2016, 47 p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2017/residuo_minera%20e%20residuo%20de%20barragens_2016.pdf. Acesso em: 27 jun 2017.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais 2017.** Belo Horizonte, 2018, 40 p.

MINAS GERAIS. **Lei 21.972 de 21 de janeiro de 2016.** Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) e dá outras providências. Belo Horizonte, 27 de janeiro de 2016. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idnorma=40095>. Acesso em 15 ago 2016.

NASCIMENTO, C.; ESPEJO, M. M. S. B.; PITELA, A. C.; NASCIMENTO, W. S. Gestão de Riscos Corporativos: uma análise da percepção dos gestores das empresas paranaenses. In: 3º CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS. **Anais ...** Florianópolis, 2009.

PORSANI, J. L.; JESUS, F. A. N.; STANGARU, M. C. GPR Survey on an Iron Mining Area after the Collapse of the Tailings Dam I at the Córrego do Feijão Mine in Brumadinho-MG, Brazil. **Remote Sensing**, v.11, n. 860, 2019.

PROUS, A. (Ed.). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**, v.. 24. Belo Horizonte, 2015. 249 p.

RICO, M.; BENITO, G.; DÍEZ-HERRERO, A.. Floods from tailings dam failures. **Journal of Hazardous Materials**, v.154, p.79–87, 2008.

ROESER. H. M. P., ROESER, P. A. O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. **Geonomos** , v.18, n.1, p.33 – 37, 2010.

SAID, N. F. M.; SIDEK, L. M.; MUDA, R. S.; RAZARD, A. Z. Introduction of an emergency response plan for flood loading of sultan Abu Bakar dam in Malaysia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN RENEWABLE ENERGY AND TECHNOLOGIES. **Anais... ICARET**, 2016.

SAMARCO. **Balço de ações**: um ano do rompimento de Fundão. 2016. Disponível em:http://www.samarco.com/wp-106content/uploads/2016/11/dossiee_um-ano_03-11_v4.pdf. Acesso em: 10 nov 2016.

SAMPAIO, J. A. L. As deficiências do Plano de Ação Emergencial das Barragens no Brasil. **Revista Brasileira de Direito.**, v.12, n. 2, p. 7-17, 2016.

SÁNCHEZ, L.E.; ALGER, K.; ALONSO, L.; BARBOSA, F.; BRITO, M.C.W.; LAUREANO, F.V. MAY, P.; ROESER, H., KAKABADSE, Y. Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente. **Relatório Temático nº 1 do Painel do Rio Doce**. Gland, Suíça: UICN. 2018.

SANTAMARINA, J. C.; TORRES-CRUZ, L. A.; BACHUS, R. C. Why coal ash and tailings dam disasters occur. **Science**, v. 364, p.4, 2019.

SILVEIRA, J. F.A.; MACHADO, J. A. A importância de implementação de Planos Emergenciais para as barragens à montante de centros urbanos. Comitê Brasileiro de Barragem. In: XXVI SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS. **Anais...** Goiânia, 2015.

SOUZA JR., P. A. Open data could have helped us learn from another mining dam disaster. **Nature – Scientific Data**, p.2, 2019.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **A Global report Reducing Disaster Risk: a challenge for development.** 2004. 161 p.

VÉROL, A. P.; MIGUEZ, M. G.; MASCARENHAS, F. C. B. Emergency Action Plans: assessment of the main elements for dam break flood maps. Safety and Security Engineering IV. **Wit Transactions on The Built Environment**, v. 117. 2011.