



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E DO MEIO
AMBIENTE

GESTÃO DE CRISES E EMERGÊNCIAS ENVOLVENDO BARRAGENS REJEITOS DE
MINERAÇÃO NO BRASIL: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO
INCIDENT COMMAND SYSTEM

Tamara Fain

Projeto de Graduação
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental da Escola Politécnica,
Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Engenheira.

Orientador(es): Heloisa T. Firmo
Monica Pertel

Rio de Janeiro

Fevereiro/2019

Fain, Tamara

Gestão de Crises e Emergências Envolvendo Barragens de Rejeitos de Mineração no Brasil: Proposta de aplicação da Metodologia do *Incident Command System* / Tamara Fain – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2019.

xix, 85 p. : il.; 29,7 cm.

Orientadoras: Heloisa T.Firmo e Monica Pertel

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 81-85.

1. Barragens de Rejeitos. 2. Gestão de Emergências. 3. Barragem de Fundão. I. T. Firmo, Heloisa, orient. II. Pertel. Monica, oriente. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. IV. Título.

GESTÃO DE CRISES E EMERGÊNCIAS ENVOLVENDO BARRAGENS DE REJEITOS
MINERAÇÃO NO BRASIL: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO
INCIDENT COMMAND SYSTEM

TAMARA FAIN

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira.

Examinado pela banca:

Professora Heloisa T. Firmo

Professora Monica Pertel

Professor Flavio Miguez de Mello

Fevereiro/2019

RESUMO

Os acontecimentos recentes no Brasil envolvendo barragens de rejeitos de atividade mineradora evidenciaram a importância do campo de Segurança de Barragens. O acidente da Barragem de Fundão, em 2015, trouxe muitas dúvidas acerca das causas que levaram ao rompimento desta estrutura e a todos os eventos subsequentes a essa tragédia. Muito vem se discutindo acerca dos processos de licenciamento ambiental, gestão de riscos e sobre o quanto as empresas mineradoras, os órgãos públicos e a população estão prontos para lidar com situações de emergência envolvendo estas estruturas. Esse trabalho apresenta uma crítica ao atual sistema de Segurança de Barragens no Brasil, mais precisamente em seu campo de Gerenciamento de Emergências, e traz uma proposta de se formalizar a adoção de um sistema de gerenciamento de emergências, que unifica os treinamentos e simulados envolvendo barragens de mineração, por meio do *Incident Command System* (ICS), metodologia que vem sendo crescentemente utilizada em diversos países, para lidar com incidentes e acidentes. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica com (i) um breve histórico da importância da atividade mineradora no Brasil, incluindo seus riscos e impactos, (ii) a legislação aplicável ao setor e (iii) o *Incident Command System* (Sistema de Comando de Incidentes). Em seguida, é apresentado um estudo de caso da resposta à emergência da Samarco no acidente com a barragem de Fundão, em 2015. Por fim, na conclusão, apresenta-se de que maneira o ICS poderia beneficiar os envolvidos numa resposta à emergência envolvendo barragens de rejeitos de mineração.

Palavras chave: Barragens de Rejeitos; Gestão de Emergências; Barragem de Fundão.

ABSTRACT

The recent events in Brazil involving tailings dams from the mining activity directed a lot of attention to the Dam Safety field. The Fundão Dam accident, in 2015, brought with it many doubts about the reasons that led to the abrupt collapse of this structure and all the subsequent events of this tragedy. Much is being discussed in the academia about the environmental licensing processes of mining activities, risk management, and how mining companies, government agencies, and the potentially affected population are ready to deal with emergency situations involving these structures. With that being said, this paper criticizes the current system of Dams Safety in Brazil, more precisely in its field of Emergency Management, bringing the proposal of formalizing the adoption of an emergency management system, unifying training and drills for all those involved in an emergency response involving mining dams, through the Incident Command System. To do this, a bibliographical review was developed, presenting the history of the mining activity in Brazil, including its risks and impacts. The legislation applicable to the sector was presented and, then, a case study of Samarco's emergency response strategy in 2015 was developed, where its main failures were identified. Finally, the Incident Command System was presented, showing how it could benefit all those involved in an emergency response involving mining dams, facing the failures identified in the study case.

Key-words: Tailings Dams, Emergency Management, Fundão Dam.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Barragens de Rejeitos de Mineração no Brasil	5
3.1.1. Beneficiamento do Minério.....	8
3.2. A Disposição dos Rejeitos Gerados pela Atividade de Mineração	10
3.3. Aspectos Construtivos de Barragens de Rejeitos Mineração.....	11
3.3.1. Alçamento a montante.....	13
3.3.2. Alçamento a jusante	15
3.3.3. Método da linha de centro	17
3.3.4. Considerações sobre os aspectos construtivos de barragens	19
3.4. Emergências Envolvendo Barragens de Rejeitos de Mineração	19
3.5. Principais Impactos Ambientais Associados a Acidentes e Emergências Envolvendo a Atividade Mineradora.....	23
3.6. Análise da Legislação e instrumentos institucionais aplicáveis à gestão de riscos e emergências relacionados com incidentes envolvendo barragens de rejeitos.....	25
3.6.1. Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.....	26
3.6.2. Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012	29
3.6.3. Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012	30
3.6.4. Portarias DNPM 416/12 e 526/13.....	31
3.6.5. Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.....	32
3.6.5.1. Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração –PAEBMs	
34	
3.6.5.2. Definição de Emergência segundo Portaria DNPM 70.389/17.....	36
3.7. Gestão de emergências.....	39
4. METODOLOGIA.....	41
5. RESULTADOS	43
5.1. Estudo de caso: a resposta à emergencia da Samarco.....	43

5.2. Proposta de metodologia para gerenciamento de emergências: Incident Command System (ICS)	51
5.2.1. Histórico do ICS	52
5.2.2. Conceitos Básicos do ICS	53
5.2.2.1. Comando	53
5.2.2.2. Comando Unificado	54
5.2.2.3. Terminologia Comum	54
5.2.2.4. Organização Modular	57
5.2.2.5. Gestão por Objetivos	57
5.2.2.6. Controle de Expansão	58
5.2.2.7. Comunicação Integrada.....	58
5.2.2.8. Cadeia de Comando e Unidade de Comando.....	58
5.2.2.9. Gestão da Informação e Inteligência	59
5.2.2.10. Estrutura Organizacional de Resposta.....	59
5.2.3. Ferramentas do ICS.....	60
5.2.3.1. Formulários	60
5.2.3.2. Quadro de Situação	61
5.2.3.3. Reuniões.....	61
5.2.3.4. Colete de identificação	61
5.2.4. Gestão de Comunicação do ICS.....	62
5.2.4.1. Comunicação Formal.....	63
5.2.4.2. Comunicação Informal.....	63
5.2.4.3. Comunicação Externa.....	63
5.2.4.4. Registro e Segurança das Comunicações	64
5.2.5. Gestão de Recursos do ICS.....	64
5.2.6. Planejamento de Resposta a Emergência	64
5.2.6.1. Resposta Inicial – Fase Reativa	66
5.2.6.2. Resposta Continuada – Fase Proativa	69
5.2.7. Plano de Ação do Incidente.....	72
5.2.8. Treinamentos previstos pelo ICS	74
5.3. Inter-relação das falhas diagnosticadas na gestão de emergências da Samarco com a Portaria DNPM 70.389 e os princípios básicos do ICS.....	75
6. CONCLUSÕES.....	77

7. RECOMENDAÇÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Formulários ICS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção mineral metálica brasileira comercializada no ano de 2016. Fonte: DNPM, 2017.	7
Figura 2 – Principais regiões do Brasil com depósitos minerais no ano de 2016. Fonte: DNPM, 2017.	7
Figura 3– Número de minas por porte e classe de mineral em 2010 no território brasileiro. Fonte: Autoria Própria. Adaptado de ANM, 2010.	8
Figura 4 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento de ferro. Fonte:Elaboração própria.	9
Figura 5 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento de cobre.Fonte:Elaboração própria.	9
Figura 6 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento do ouro.Fonte:Elaboração própria.	9
Figura 7 – Disposição de rejeitos pelo método de alteamento a montante. Fonte: Adaptado de BALDI (2017)	14
Figura 8 – Disposição de rejeitos pelo método de alteamento a jusante. Fonte: Adaptado de BALDI (2017).....	16
Figura 9 – Disposição de rejeitos pelo método de linha de centro. Fonte: Adaptado de BALDI (2017).....	18
Figura 10 - Causas de falhas de barragens . Fonte: Autoria própria. Adaptado de Azam e Li (2010).	21
Figura 11 – Impactos ambientais de rupturas de barragens de mineração. Fonte: Autoria Própria. Adaptado de PNUMA (2016).	24
Figura 12 - Características de uma barragem que se insere na PNSB. Fonte: NEVES(2018)	27
Figura 13 - Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação). Fonte: Anexo V da Portaria DNPM 70.389/17.....	38
Figura 14 – Fluxograma explicativo da metodologia utilizada neste trabalho. Fonte: Elaboração própria.	42
Figura 15 – Caminho da lama oriunda da Barragem de Fundão. Fonte:G1 MG (2015).	44
Figura 16 – Representação visual da estrutura das barragens do Complexo de Germano – Mariana/MG. Fonte: SAMARCO (2018).....	46
Figura 17 – Município de Bento Rodrigues, a jusante do Complexo de Germano, tomado pela lama. Fonte: G1 MG (2015).....	48
Figura 18 – Representação simplificada de uma Estrutura Organizacional de Resposta. Fonte: Elaboração própria. Adaptado de FEMA, 2013.....	60

Figura 19 – Figura explicativa do Ciclo “P” do <i>Incident Command System</i> . Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.....	66
Figura 20 – Figura explicativa do Ciclo “P” do <i>Incident Command System</i> – Fase reativa do planejamento das ações de resposta em vermelho. Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.....	67
Figura 21 – Figura explicativa do Ciclo “P” do <i>Incident Command System</i> – Fase proativa do planejamento das ações de resposta em vermelho. Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA (2008).....	70
Figura 22 – Figura explicativa do Ciclo “P” do <i>Incident Command System</i> , com indicação dos formulários ICS preenchidos em cada etapa. Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Principais tipos de minerais disponíveis em reservas brasileiras.....	6
Quadro 2- Seleção (5 de 200) de acidentes envolvendo barragens de rejeitos no cenário internacional.	21
Quadro 3- Seleção de acidentes envolvendo barragens de rejeitos no Brasil.....	22
Quadro 4 – Divisão quanto ao volume das barragens de mineração/industrial e para acumulação de água.....	30
Quadro 5 – Níveis de Emergência para Barragens Rejeitos de Mineração.....	37
Quadro 6– Padronização de títulos no ICS.	55
Quadro 7– Instalações previstas pelo ICS e suas características. Adaptado de Dealet al (2006).	56
Quadro 8- Cores padrão para identificação visual das equipes de resposta.	62
Quadro 9 - Proposta de treinamentos, exercícios e simulados para capacitação da Estrutura Organizacional de Resposta no Sistema de Comando de Incidentes (ICS).	74
Quadro 10 – Resultados obtidos através do estudo de caso proposto, análise da Portaria DNPM 70.389/17 e estudo dos manuais do <i>Incident Command System</i>	75

1. INTRODUÇÃO

As barragens, em geral, compreendem diversas estruturas como entre outras, as próprias barragens, extravasores e reservatório. São obras necessárias para uma adequada gestão dos recursos hídricos para geração de energia e prevenção de cheias, abastecimento de água, irrigação, navegação interior, contenção de rejeitos da mineração ou de resíduos industriais, dentre outras finalidades. A construção e a operação das barragens podem, no entanto, envolver danos potenciais para as populações e para os bens materiais e ambientais existentes no entorno. (ANA, 2016)

Diante dos acontecimentos recentes na história das barragens brasileiras, como o rompimento da Barragem de Fundão, no ano de 2015, em Mariana/MG, a temática de Segurança de Barragens vem ganhando mais espaço a cada ano. O histórico de gestão de segurança de barragens no Brasil é recente, sendo a Política Nacional de Segurança de Barragens da ANA, disposta na Lei Federal 12.334/2010, elaborada somente após 2010.

O aumento do número de barragens dos diversos tipos existentes, assim como o crescimento da população, torna cada vez mais próximo o convívio da sociedade com estas estruturas, levando também à necessidade de se melhorar os marcos regulatórios, que regulamentam a construção e gestão destas estruturas, assim como o estabelecimento de procedimentos padrão que diminuam os impactos negativos destes gigantescos empreendimentos essenciais para a sociedade a qual conhecemos.

Segundo a Lei Federal 12.334/2010, o proprietário é o responsável pela segurança da barragem em todas as fases, isto é, construção, comissionamento, operação e eventual abandono, respondendo pelas consequências de uma eventual ruptura.

Todas as barragens devem ser classificadas quanto às consequências de uma ruptura em potencial, onde devem ser considerados, entre outros, os seguintes fatores: populações a jusante, danos materiais, danos ao meio ambiente e danos à infra-estrutura.

Ainda segundo a Lei Federal 12.334/10, as barragens classificadas com Dano Potencial Alto devem, obrigatoriamente, elaborar um Plano de Ação de Emergência (PAE). O PAEBM (Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração) deve estabelecer as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificar os agentes a serem notificados dessa ocorrência.

Alinhado com a Política Nacional de Segurança de Barragens, a proposta deste trabalho é de apresentar a aplicação de uma ferramenta de gestão de resposta às emergências chamada *Incident Command System* – ICS (em português, Sistema de Comando de Incidentes), que pode ser utilizada para a elaboração e treinamento de Planos

de Ação de Emergência (PAEs) para qualquer tipo de barragem. O ICS foi desenvolvido para atender a diferentes tipos e níveis de complexidade de emergências, na medida em que prevê um método flexível de ativação e estruturação das equipes de resposta (organização modular) e estabelece princípios e fundamentos de comando e controle das ações de gerenciamento.

Através do ICS, é possível uniformizar as estratégias dos empreendedores e dos órgãos públicos envolvidos nas ações de resposta à emergência (Defesa Civil e IBAMA, por exemplo), em atividades críticas como: a avaliação contínua do status do incidente; o prévio estabelecimento dos papéis e responsabilidades das equipes envolvidas; os protocolos de comunicação entre as funções; o processo de planejamento e documentação das ações de resposta; e a gestão dos recursos.

O ICS já se mostra uma eficaz ferramenta de gestão de emergências, sendo utilizado de forma oficial pelo Departamento de Segurança Nacional dos Estados Unidos para a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Incidentes (*National Incident Management System* – NIMS), sendo inclusive utilizado nos Planos de Ação de Emergência para barragens dos EUA. No Brasil, o ICS já é utilizado para emergências da indústria de óleo e gás, justificando como este trabalho apresentará, um sistema de gerenciamento de Emergências com verdadeiro potencial de aplicação na área de barragens.

Enfim, por meio deste trabalho, deverá ser possível estabelecer, através do que demanda a legislação brasileira e dos procedimentos propostos, quem são os atores chave e suas principais funções a serem preenchidas, num processo de gestão integrado, que deverá agilizar o tempo de resposta, salvar mais vidas, com uma melhor utilização de recursos e responsabilidades devidamente divididas e compartilhadas.

O assunto de Segurança de Barragens abrange diversas áreas como legislação e licenciamento ambiental, procedimentos de gestão de riscos (ações de prevenção de acidentes) e processos de gestão de emergências (preparação e ações de mitigação de acidentes).

Desta maneira, este trabalho tratade procedimentos e análises de resposta à emergência, ou seja, de procedimentos e análises a serem colocados em prática após a eclosão de uma emergência.

É importante ratificar que a proposta deste trabalho não é de servir como manual do ICS para eventos envolvendo emergências de barragens de rejeitos, mas sim, apresentar como o ICS seria válido e interessante para a gestão destas emergências. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, coletadas informações a partir da leitura de artigos, trabalhos de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado, além

de normas envolvidas relativas ao assunto. Além disso, foi realizado um estudo de caso sobre a Resposta à Emergência da Barragem de Fundão da Samarco, a partir do qual foi possível identificar as principais falhas na operação da mesma, e como o ICS poderia atuar para remediar elas.

Dessa forma, o **Capítulo 2** apresenta os objetivos geral e específicos deste trabalho.

O **Capítulo 3** traz uma revisão bibliográfica que contempla:

- o tema de segurança de barragens, abordando o histórico e importância da atividade mineradora no Brasil, os aspectos construtivos das barragens de rejeitos de mineração, um histórico de acidentes com estas estruturas e suas principais falhas, além de uma apresentação dos principais impactos ambientais e sociais carreados por eles;
- A legislação brasileira referente ao assunto de Segurança de Barragens e
- O Incident Command System (ICS).

O **Capítulo 4** apresenta a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos do trabalho, de forma detalhada.

O **Capítulo 5** apresenta os resultados obtidos através das análises realizadas, unindo todos os pontos apresentados no Capítulo de Metodologia.

O **Capítulo 6** traz as conclusões obtidas após a análise dos resultados.

O **Capítulo 7**, por fim, apresenta algumas recomendações para a continuidade deste trabalho, de temática tão relevante para o estudo de segurança de barragens.

É importante citar que este projeto de graduação já se encontrava pronto quando ocorreu a catástrofe de Brumadinho (2019), colocando ainda mais em evidência a importância e urgência de se adotarem metodologias tais como a aqui proposta de forma a evitar que tragédias como a citada se desenvolvam e/ou sejam minimizados os seus impactos. Não houve tempo hábil nem foi escopo do presente trabalho tecer considerações sobre o Acidente ocorrido no município de Brumadinho, MG em janeiro de 2019.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Mostrar como a adoção do *Incident Command System* como ferramenta de gestão de emergências pode alinhar as ações do empreendedor de mineração e dos agentes públicos envolvidos em respostas de emergências como Defesa Civil, ANM (ex-DNPM) e IBAMA, a fim de facilitar tomadas de decisão conjuntas em seus processos mais críticos, atendendo os requisitos da legislação e das boas práticas do setor.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a legislação vigente de Segurança de Barragens para entender o nível de avanço da mesma;
- Apresentar um estudo de caso, apresentando um diagnóstico sobre a Gestão da Emergência da Barragem de Fundão em 2015;
- Apresentar os conceitos básicos que norteiam as ações estabelecidas pelo *Incident Command System* em uma linguagem de fácil entendimento para pessoas que não atuam na área;
- Justificar, conectando as informações do estudo de caso e do ICS, como as principais falhas diagnosticadas em estudos do IBAMA, da Ministério Público Federal e de especialistas em comunicação de crise seriam minimizadas caso a Samarco fosse adepta ao *Incident Command System*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata de uma revisão bibliográfica sobre aspectos históricos, econômicos e construtivos/operacionais das barragens de rejeitos no Brasil. Também apresenta o estado da arte jurídico mais relevante sobre o tema de Segurança de Barragens.

3.1. Barragens de Rejeitos de Mineração no Brasil

Segundo Luz e Liz (2010), um mineral é todo corpo inorgânico com composição química e propriedades físicas definidas, encontrado na crosta do Planeta Terra. Já o minério pode ser definido como uma rocha ou solo constituídos de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente através da atividade da mineração.

A atividade de mineração consiste em operações coordenadas que objetivam o aproveitamento industrial de jazidas minerais, desde extração do minério de camadas da crosta terrestre, passando pelo seu beneficiamento até a destinação final dos resíduos gerados pela mesma. (BALDI, 2018)

No Brasil, a mineração faz parte da ocupação territorial e da formação do país e, a partir dos anos 1960, foi um dos setores econômicos escolhidos como estratégicos e uma das principais alavancas para dinamizar o crescimento nacional. (FERNANDES et al., 2011)

O Brasil detém um enorme patrimônio mineral, sendo um dos maiores produtores e exportadores de minérios do mundo. Produz 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45, não-metálicas e 4, energéticas. (FERNANDES et al., 2014)

A indústria mineral se destaca por contribuir decisivamente para gerar superávits à balança comercial brasileira. O Brasil exportou em 2017 um volume de mais de 403 milhões de toneladas de bens minerais, e gerou divisas de US\$ 28,3 bilhões. Este valor representou 13% das exportações totais do Brasil, e 30,5% do saldo comercial. (IBRAM, 2018)

A indústria extrativa mineral também tem participação fundamental no Produto Interno Bruto (PIB) e representa 1,4% de todo o PIB Brasil, segundo o IBGE. (IBRAM, 2018)

Em 2017, o setor gerou quase 2 milhões de vagas de emprego de forma direta, indireta ou induzida. (IBRAM, 2018)

De acordo com CBDB(2011), a história da mineração no Brasil remonta ao século XVIII, sendo a lavra de ouro inicial estabelecida em 1729 com a Mina da Passagem, em Mariana. A primeira companhia mineradora do país foi uma empresa de capital privado, com

o nome de Sociedade Mineralógica da Passagem, que foi montada a partir da aquisição, junto com concessões vizinhas, da Mina da Passagem pelo Barão de Eschwege.

Em 1729 também, segundo BALDI (2018), foram descobertas as primeiras jazidas de diamante em território brasileiro, onde hoje em dia localiza-se o município de Diamantina.

Ao final do século XIX, 21 mineradoras com interesse em ouro já estavam organizadas no Brasil, evidenciando efeitos das descobertas e aproveitamentos pioneiros do século XVIII. (MME, 2009)

Com a constituição do DNPM, em 1934, a geração e difusão de informações geocientíficas, mercadológicas e tecnológicas tornaram-se pouco a pouco mais sistematizadas, promovendo oportunidades e atraindo novos investimentos, que não focavam apenas na produção de ouro. (MME, 2009)

O Brasil, em 2018, pode agrupar suas principais reservas de minerais conforme Quadro 1 :

Quadro 1– Principais tipos de minerais disponíveis em reservas brasileiras.

Metálicos	Ferro, Alumínio, Berílio, Bismuto, Nióbio, Níquel, Ouro, Titânio, entre outros.
Não Metálicos	Calcário, amianto, areia, Felspato, Enxofre, entre outros.
Gemas e Diamantes	Diamante, esmeralda, safira, turmalina, opala, topázio,
Energéticos	Carvão Mineral, Turfa, Urânio e radioativos, Xisto e Betuminosas.

Fonte: BALDI, 2018

Dentre esses tipos de minerais apresentados, tem-se que a classe mais representativa em quantidade e economicamente é a classe dos minerais metálicos.

Em 2016, DNPM (2017) contabilizou em seu Anuário Mineral que as substâncias da classe dos metálicos responderam por cerca de 77% do valor total da produção mineral comercializada brasileira. Oito destas substâncias (alumínio, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro) corresponderam a 98,6% do valor da produção comercializada da classe.

A comercialização dessas oito substâncias totalizou 71,9 bilhões de reais, com destaque para a expressiva participação do ferro nesse montante. Os estados de Minas Gerais e Pará (região de Carajás) concentraram a maior parte da produção. (DNPM, 2017)

A Figura 1 mostra a participação das principais substâncias metálicas no valor comercializado de minérios em 2016 no Brasil.

PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS METÁLICAS NO VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA - 2016

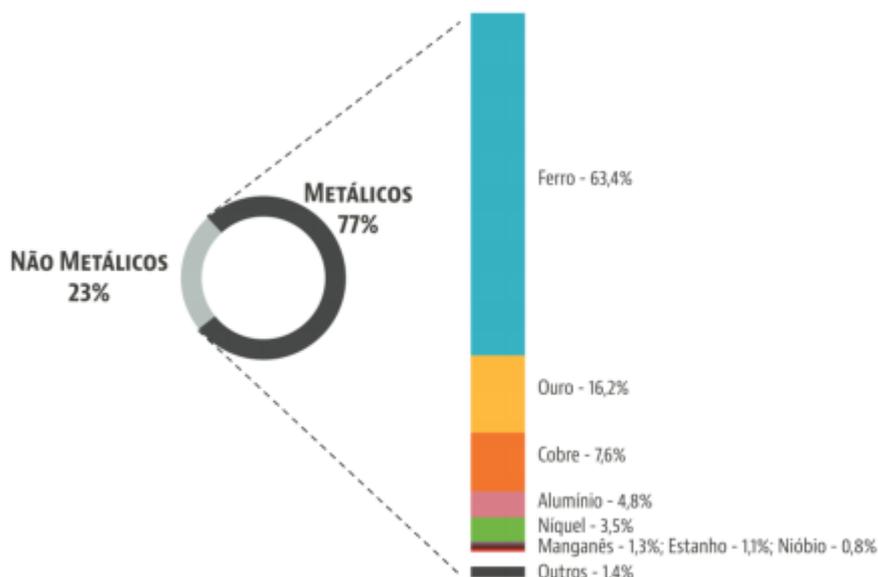
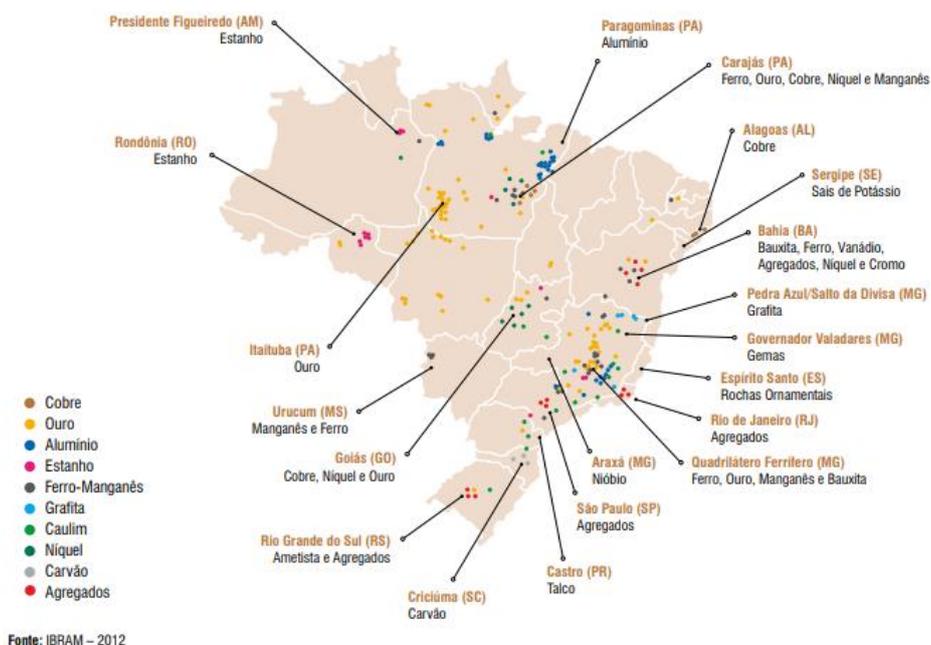


Figura 1 – Produção mineral metálica brasileira comercializada no ano de 2016.

Fonte: DNPM, 2017.

A Figura 2 mostra as principais regiões do Brasil com depósito mineral, segundo DNPM (2017).



Fonte: IBRAM – 2012

Figura 2 – Principais regiões do Brasil com depósitos minerais no ano de 2016.

Fonte: DNPM, 2017.

Observa-se, dessa maneira, que a região Sudeste é a que possui a maior concentração de depósitos minerais metálicos do país, sendo também a que possui a exploração mais antiga. Deve-se destacar, dentre eles, o Quadrilátero Ferrífero, em MG, conhecido como uma das principais regiões produtoras de minério de ferro do país.

Considerando todos os tipos de minerais, os dados mais recentes encontrados, de 2010, mostraram que no Brasil contabilizavam-se 3.354 minas, sendo 159 delas de grande porte, conforme ilustra a Figura 3. (AMB, 2010).

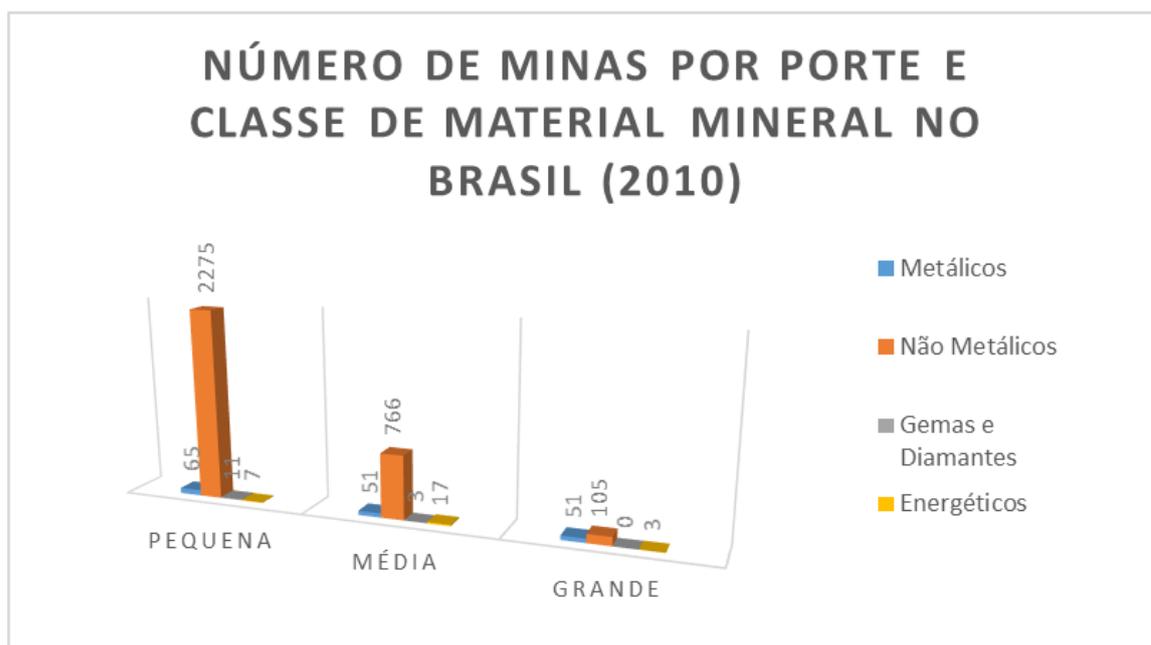


Figura 3– Número de minas por porte e classe de mineral em 2010 no território brasileiro.
Fonte: Autoria Própria. Adaptado de ANM, 2010.

3.1.1. Beneficiamento do Minério

Nem sempre os minerais explorados apresentam-se na natureza na forma em que serão consumidos pela indústria, quer seja por suas granulometrias (tamanhos), quer por estarem associados a outros minerais, que não têm interesse ou são indesejáveis para o processo industrial a que se destinam. (MME, 2018)

Para adequar os minerais brutos aos processos industriais aos quais eles serão utilizados como insumos, utilizam-se processos de beneficiamento destes materiais.

Segundo Luz e Lins (2010), o processo de beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais que visam modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais.

Já ESPÓSITO (2000) afirma que os processos de beneficiamento visam uniformizar o tamanho dos fragmentos, remover os minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final.

Dessa forma, entende-se que, para possibilitar a adição de valor econômico aos minerais e torná-los aptos à atividade industrial, o processo de beneficiamento divide a massa retirada dos depósitos minerais em produto final, que será comercializado como insumos para outras indústrias, e em rejeitos.

Segundo a NBR 13028:2006, rejeito é todo e qualquer material não aproveitável economicamente.

Segundo BALDI (2018), as razões médias entre o produto final e o rejeito gerado para os principais minérios comercializados pelo Brasil são as apresentadas na Figura 4, na Figura 5 e na Figura 6.

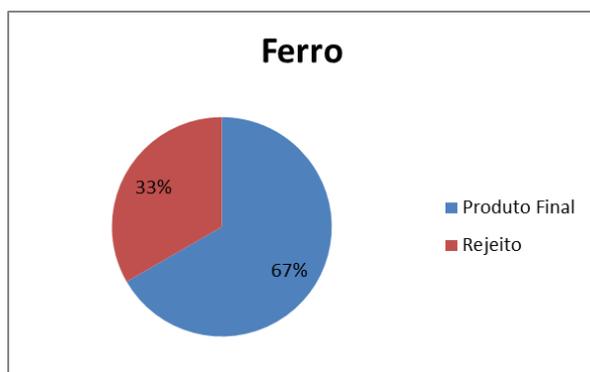


Figura 4 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento de ferro. Fonte:Elaboração própria.

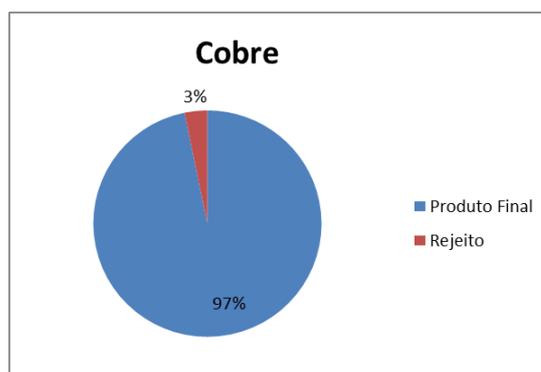


Figura 5 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento de cobre. Fonte:Elaboração própria.

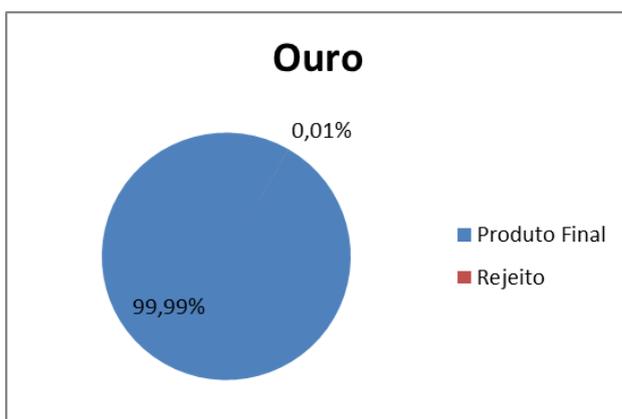


Figura 6 – Razão de produto final e rejeito após beneficiamento do ouro. Fonte:Elaboração própria.

Segundo BEZERRA (2017) os rejeitos de mineração são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento, sob a forma de polpa ou lama, ou seja, mistura sólido – água, que são dispostos em reservatórios, conhecidos como as barragens de contenção. Entretanto a designação correta é barragem ou pilha de rejeitos.

Segundo PNUMA (2016), as propriedades físicas e químicas dos rejeitos de mineração são variáveis e dependem de diversos fatores como a mineralogia das rochas de origem, os métodos de beneficiamento utilizados, granulometria e tipo de material a ser extraído. Além disso, os rejeitos a serem retirados podem conter material perigoso como metais pesados, metais radioativos e reagentes de processos (ex. Cianeto utilizado em minas de ouro).

Dessa maneira, vê-se que para todo processo de beneficiamento, geram-se rejeitos que precisam ser devidamente geridos e dispostos, de forma a evitar-se contaminação de solos, de recursos hídricos e do ar, além de prevenir que o material, que pode vir a ser tóxico, alcance as populações que habitam os entornos das minas.

Na atividade de mineração são gerados grandes volumes de dois tipos de resíduos. Além dos rejeitos, já abordados, pode-se produzir também os estéreis. Os estéreis são os materiais que são escavados e movimentados durante as atividades de extração ou lavra no decapeamento e lavra da mina, não possuindo valor econômico e ficando geralmente dispostos em pilhas. (BEZERRA, 2017).

3.2. A Disposição dos Rejeitos Gerados pela Atividade de Mineração

Em relação aos rejeitos gerados, as atividades de mineração no mundo, e incluindo no Brasil, por muito tempo descartaram seus resíduos na natureza, em cursos d'água ou lançando-os em terrenos adjacentes, formando depósitos sem nenhuma preocupação de ordenação e sistematização. (CBDB, 2011)

Antes do século XIX, a geração de rejeitos pelas empresas de mineração e os impactos decorrentes de sua disposição no meio ambiente eram considerados desprezíveis. (CBDB, 2011)

Por outro lado, com a introdução da força a vapor e com o aumento significativo da capacidade de processamento dos minerais de interesse econômico, a geração de rejeitos aumentou significativamente e estes precisavam ser removidos da área de produção, sendo então encaminhados para algum local conveniente, geralmente próximo a rios ou cursos d'água. (CBDB, 2011)

A partir do século XIX, o desenvolvimento tecnológico aumentou ainda mais a habilidade de minerar corpos com baixo teor mineral, resultando na produção ainda maior de rejeitos, com cada vez menor granulometria. (CBDB, 2011)

Entretanto, as práticas de disposição de rejeitos permaneceram inalteradas e, como resultado, mais rejeitos estavam sendo depositados e transportados por distâncias cada vez maiores das fontes geradoras para os cursos d'água, lagos e oceanos. (CBDB, 2011)

Foi a partir da década de 30 do século passado que, para a manutenção da mineração e a mitigação dos impactos ambientais, as indústrias investiram na construção das primeiras barragens de contenção de rejeitos.

As barragens construídas no início do século XIX geralmente eram projetadas transversalmente aos cursos d'água, com considerações limitadas apenas para inundações. Conseqüentemente, quando fortes chuvas ocorriam, poucas destas barragens permaneciam estáveis. Raramente existiam engenheiros ou critérios técnicos envolvidos nas fases de construção e de operação. (SABBO et al.; 2017)

Somente na década de 40, a disponibilidade de equipamentos de alta capacidade para movimentação de terras, especialmente em minas a céu aberto, tornou possível a construção de barragens de contenção de rejeitos com técnicas de compactação e maior grau de segurança, de maneira similar às barragens convencionais (CBDB, 2011).

Assim, avalia-se que os procedimentos de gestão de barragens de rejeitos, englobando desde sua construção até descomissionamento, incluindo o marco regulatório e procedimentos que assegurem a segurança estrutural delas, não possuem nem 100 anos no Brasil.

3.3. Aspectos Construtivos de Barragens de Rejeitos Mineração

Como já citado anteriormente, as atividades das mineradoras geram uma grande quantidade de rejeitos sob forma de misturas sólido-água, sendo que a fase da produção mineral que mais gera em termos de volume são as usinas de beneficiamento.

Além da finalidade para contenção de rejeitos de mineração, barragens são construídas pela humanidade há milênios para diversos fins, como armazenamento de água, controle de vazões, geração de energia hidrelétrica, entre outros.

Azam e Li (2010) através de sua pesquisa, envolvendo um inventário de 18.401 barragens, sinalizaram que 1,2% das barragens de rejeitos de mineração apresentaram algum tipo de falhas, contra 0,01% das barragens para outras finalidades, isto entre os anos

de 1910 e 2010. Ou seja, as estatísticas mostram que a chance de uma barragem de rejeitos de mineração apresentar falhas é consideravelmente maior do que as barragens implantadas para outras finalidades.

Segundo PNUMA (2016), isto se dá pois, diferentemente de barragens que acumulam água, onde a estrutura é construída geralmente de concreto ou de combinação de aterro e enrocamentos, as barragens de rejeitos de mineração são construídas a partir de projetos que utilizam os próprios rejeitos finos para o apoio estrutural, sendo o alteamento do barramento feito ao longo da vida útil do reservatório.

Para se entender os principais riscos e falhas inerentes às barragens de rejeitos de mineração, antes é necessário apreender como se comporta cada estrutura. No caso específico das barragens de mineração, existem diversos tipos de técnicas construtivas, cada qual indicada para um tipo de rejeito, terreno, disponibilidade hídrica, entre outros fatores.

A disposição dos rejeitos pode ser feita de três maneiras: a céu aberto, de forma subterrânea, ou subaquática.

A disposição subaquática não é muito utilizada pelos problemas ambientais que gera, sendo impactos a esses ecossistemas negativos e algumas vezes irreversíveis. A disposição subterrânea é feita em câmaras que restam depois da extração do minério; os rejeitos são bombeados na maioria dos casos e depositados preenchendo essas câmaras. A disposição mais comum é a céu aberto, e pode ser feita em pilhas controladas ou em estruturas de contenção localizadas em bacias ou vales (LOZANO, 2006).

Essas estruturas de contenção são o que são conhecidos como reservatórios de rejeitos.

BALDI (2018) afirma que os reservatórios de rejeitos consistem em estruturas de retenção com a função de barrar o material represado, impedindo que ocorram danos com movimentações horizontais e verticais em função do empuxo e de recalques e adensamentos.

Em relação às estruturas de contenção, conhecidas também como reservatórios de rejeitos, CARDOZO et al.; (2016), assim como BALDI (2018), PNUMA (2016) e SABO et al (2017) consideram que existem basicamente três tipos de metodologias construtivas para barragens de rejeitos:

- (i) Método da jusante;
- (ii) Método de montante e
- (iii) Método da linha de centro.

As três serão brevemente explicadas a seguir:

3.3.1. Alteamento a montante

Para o alteamento pelo método por montante, é necessário que o reservatório não seja formado apenas por água, mas por uma parcela de material sólido nas proximidades do talude de montante, sendo nesse caso, o próprio rejeito segregado. Desta forma, espera-se que o rejeito grosso, de maior densidade, fique depositado próximo à barragem, enquanto a água e a lama migram para a parte de montante do reservatório (BALDI, 2018) .Os diques de alteamento podem também ser feitos com material de empréstimo

LOZANO (2006) indica que, neste método, inicialmente, é construído um dique de partida e nos alteamentos, o eixo da barragem se desloca para montante. A polpa é descarregada ao longo do perímetro da crista do dique, formando uma praia de rejeitos, conforme Figura 7.

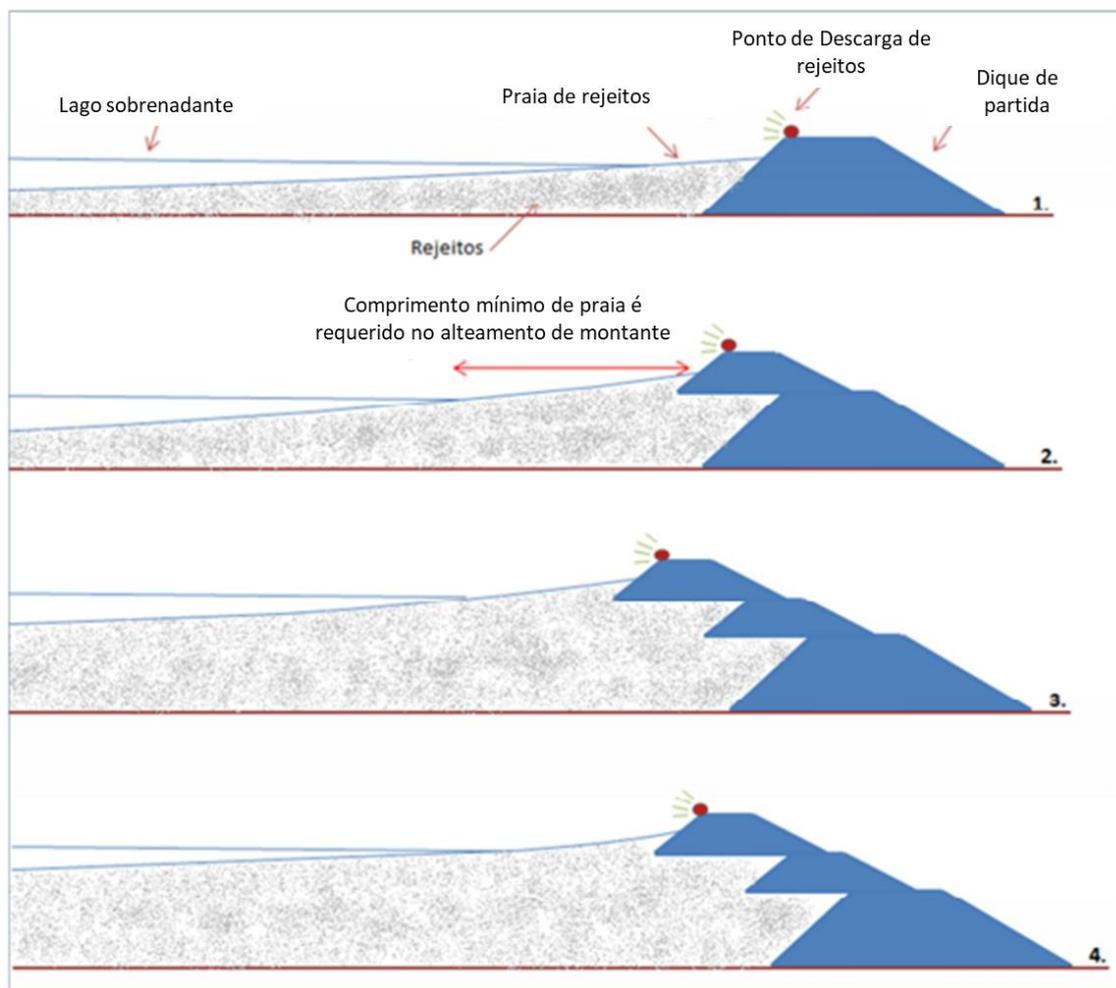


Figura 7 – Disposição de rejeitos pelo método de alteamento a montante.
Fonte: Adaptado de BALDI (2017)

SABO et al (2017) consideram que o método de montante é a técnica mais antiga, simples e econômica na construção de barragens. Além disso, concordam com os outros dois autores quando relatam que a etapa inicial na execução deste tipo de barragem consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Depois de realizada essa etapa, o rejeito é lançado por canhões em direção a montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e eventualmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento.

Como regra geral, indica-se que se tenha uma margem de 40-60% de fração arenosa no rejeito depositado nas praias.

As principais vantagens deste método são (LOZANO, 2006 e BALDI,2018):

- Os custos reduzidos, uma vez que o volume de material de empréstimo dos alteamentos é menor;

- Simplicidade de execução e operação, uma vez que o volume de material movimentado é mínimo e a manutenção é feita com poucos equipamentos e funcionários;
- Maior velocidade de alteamento;
- Barramento pode ser construído em terrenos mais íngremes, onde o limitante principal é a área de deposição.

As principais desvantagens abordadas pelos autores são em função de:

- Baixa segurança que gera necessidade de controle apurado por instrumentação e monitoramento da superfície freática, dado que deve-se evitar que a linha freática fique muito próxima do talude a jusante;
- A praia ser um sistema de propriedades viscosas e propensa a ruptura, sendo um sistema altamente suscetível à liquefação por sismos ou por vibrações decorrentes da passagem de equipamentos, recalques súbitos e detonações próximas;
- É necessário o uso de ciclones (equipamentos que são usados para separar parcialmente as partes mais finas (*overflow*) das partes menos finas (*underflow*) do rejeito transportado por via aquosa, sendo que a parte mais grossa ficando compondo a parte externa da barragem).

3.3.2. Alteamento a jusante

No método de jusante, a linha do centro (eixo da barragem), se desloca para jusante durante os processos de alteamentos. Também neste método se faz necessária a construção de um dique inicial, empregando-se normalmente material compactado proveniente de área de empréstimo e de jazidas. Este dique inicial deve ser dotado de drenagem interna (filtro chaminé e tapete drenante), além de ter seu talude de montante impermeabilizado com argila compactada ou mantas plásticas específicas para impermeabilização (SOARES, 2010).

Neste método somente os rejeitos grossos ou materiais de empréstimos são utilizados para o alteamento, e a barragem pode ser projetada para grandes alturas, incorporando sempre, neste alteamento, o sistema de impermeabilização e drenagem (SOARES, 2010).

Este tipo de alteamento preserva a geometria inicial do maciço, sendo uma alternativa mais segura do ponto de vista geotécnico, se comparado com o alteamento por montante.

Esta segurança se deve ao fato de que o aterro não estará assente sobre o material presente no reservatório (rejeitos), o qual é geralmente formado por material com baixa capacidade de suporte. Entretanto, o volume de aterro envolvido no alteamento é superior aos utilizados em outras formas de alteamento, quando comparados para se obter uma mesma cota final de reservação (BALDI, 2018).

A Figura 8 apresenta um corte de um sistema de alteamento a jusante.

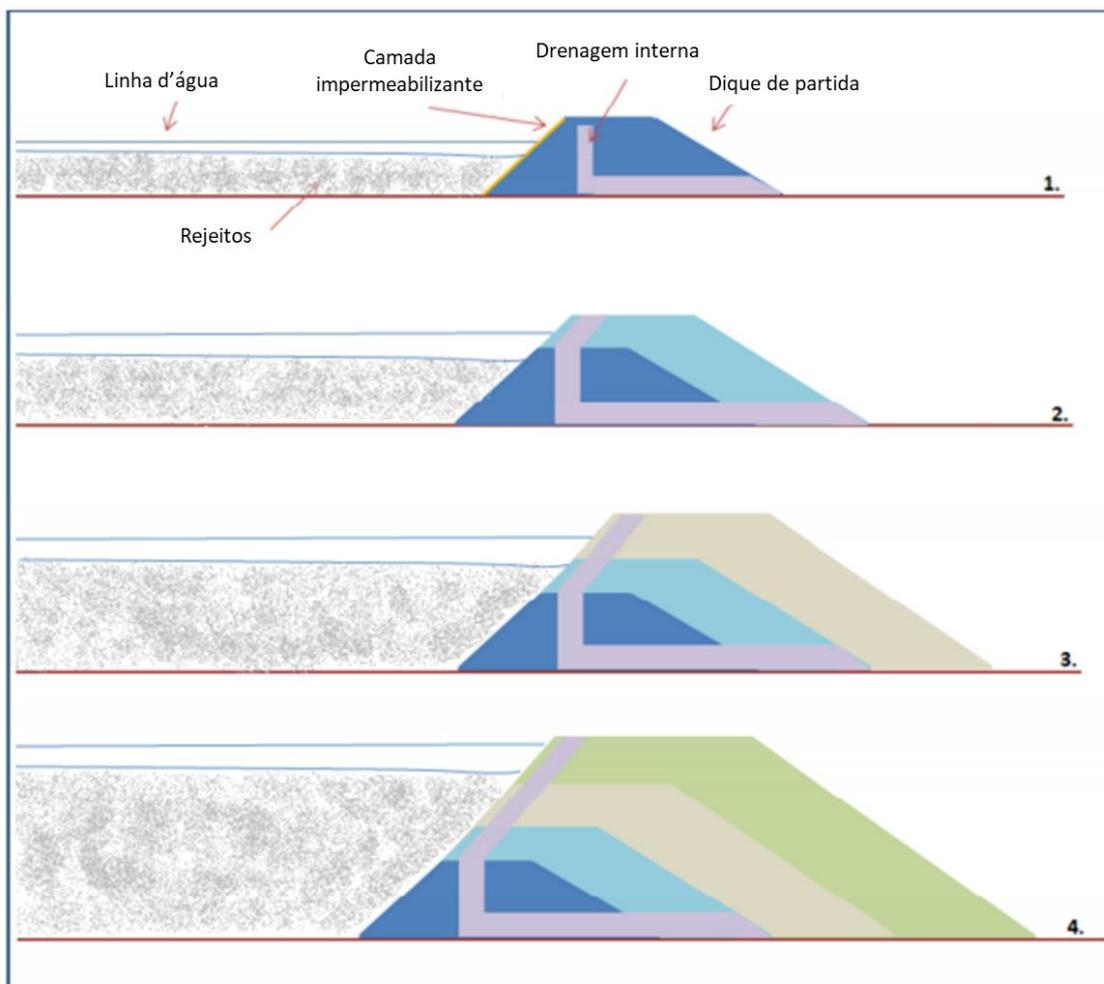


Figura 8 – Disposição de rejeitos pelo método de alteamento a jusante.
Fonte: Adaptado de BALDI (2017)

Analisando o que foi abordado por BALDI (2018), entende-se que como o volume de aterro envolvido na obra civil é maior, maiores são os custos da obra também. Além disso, a área necessária para a disposição de rejeitos deverá ser maior.

CARDOZO et al.; (2016) sugerem como melhor prática de construção de barragens a utilização do método de jusante, que, apesar de apresentar maior custo construtivo e operacional, mostra-se um método onde há um melhor controle dos materiais envolvidos e de suas propriedades.

As principais vantagens deste método são (LOZANO, 2006 e BALDI,2018) :

Vantagens:

- O método é eficiente para o controle das superfícies freáticas, pela construção de sistemas contínuos de drenagem;
- Pode ser utilizado em zonas sísmicas e utilizar equipamentos vibratórios para a compactação dos materiais;
- Taxa de crescimento de diques é irrestrita, pois a estrutura dos mesmos é independente do rejeito depositado;
- Maior segurança;
- O estéril proveniente da lavra pode ser utilizado, e/ou misturado nos alteamentos.

Desvantagens:

- Elevado custo relacionado aos grandes volumes requeridos para execução do maciço;
- Necessidade de sistemas de drenagem eficientes, havendo probabilidade de colmatação¹ dos drenos;
- Não possibilita a proteção com cobertura vegetal no talude de jusante, tampouco a drenagem superficial durante a fase construtiva, devido à superposição de rejeitos;
- É necessário o emprego de ciclones, equipamentos que possibilitam a separação física de frações de areia da lama, para garantir uma ótima separação de rejeitos.

3.3.3. Método da linha de centro

Em linhas gerais, o método da linha de centro se inicia com o estabelecimento de um dique de partida para o alteamento e a praia é formada a partir do lançamento de material através da crista da barragem.

LOZANO (2006) apresenta o método da Linha de Centro (Figura 9) como uma solução intermediária entre os métodos de montante e jusante.

¹ Preenchimento dos vazios permeáveis dos drenos, entupimento.

Tal afirmação também pode ser entendida pelo que apresentam (CARDOZO et al.; 2016). Segundo esses autores,, este método pode ser definido pela construção e alteamento da barragem tanto a montante quanto a jusante, acompanhando sempre um eixo vertical, sobre o rejeito depositado a montante e sobre o próprio barramento a jusante.

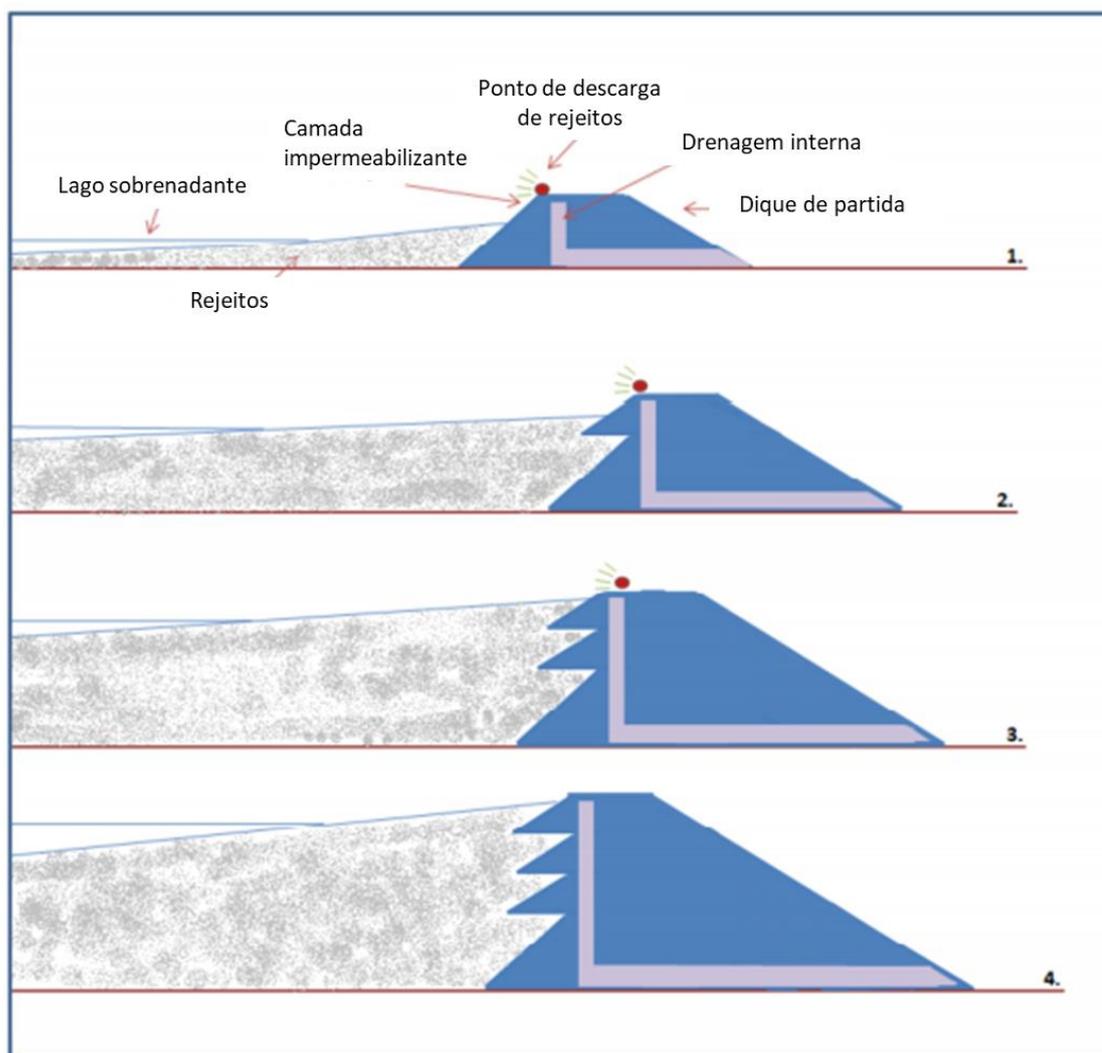


Figura 9 – Disposição de rejeitos pelo método de linha de centro.
Fonte: Adaptado de BALDI (2017)

Por ser uma solução intermediária entre os métodos de alteamento a montante e a jusante, as vantagens e desvantagens deste método abrangem basicamente os itens apontados para os outros, com melhorias visíveis nas desvantagens.

Vantagens(LOZANO, 2006 e BALDI, 2018):

- Facilidade na construção;
- Eixo dos alteamentos constante;
- Resistência a sismos considerada aceitável, principalmente em comparação com método de montante;

Desvantagens (LOZANO, 2006 e BALDI, 2018):

- Assim como no método de montante, como os diques se apoiam no rejeito, este método não é recomendado quando se deseja reservar uma quantidade alta de água, pois isso pode afetar a estabilidade do maciço.
- Necessidade de sistemas de drenagem eficientes e contenção a jusante;
- Operação mais complexa, levando a aumento de custos em comparação o método de montate.

3.3.4. Considerações sobre os aspectos construtivos de barragens

Após a apresentação das três principais formas de construção de barragens para contenção de rejeitos de mineração, entende-se que o método de jusante é o mais seguro e mais caro, seguido pelo Método de Linha centro e por último, o método de alteamento a montante.

Apesar disso, PNUMA (2016), que concorda com esta afirmação, indica que o que impera no setor são os métodos de montante e de linha de centro, ambos mais baratos e sabidamente mais instáveis, e conseqüentemente, mais propensos a rupturas e falhas estruturais, sendo assim, menos seguros.

Visto isso, serão apresentadas, considerações acerca de falhas estruturais em barragens de rejeitos de mineração que levaram a grandes acidentes e emergências.

3.4. Emergências Envolvendo Barragens de Rejeitos de Mineração

VIEIRA (2008) define que um acidente na área da engenharia é uma anomalia de grande porte correspondente à ruptura parcial ou total de uma obra e/ou a sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais.

Já um incidente é um evento físico indesejável, de pequeno porte, que prejudica a funcionalidade da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, ainda que muito pequenos, se não corrigidos a tempo.

O IBAMA(2016) define um acidente ambiental como um evento não planejado e indesejado que pode causar, direta ou indiretamente, danos ao meio ambiente e à saúde pública e prejuízos sociais e econômicos.

Já uma emergência ambiental, ainda segundo o IBAMA(2016), significa uma ameaça súbita ao bem-estar do meio ambiente ou à saúde pública em decorrência de falhas em sistema tecnológico/industrial, ou ainda, devido a um desastre natural, constituindo-se em situação de gravidade que obriga a adoção de medidas apropriadas.

As barragens de contenção de rejeitos de mineração são estruturas complexas e que evoluem em tamanho e material contido com o tempo, com diversas possibilidades de métodos construtivos, que requerem cuidados importantes na elaboração dos projetos de engenharia, implantação da obra, operação, manutenção das estruturas, bem como para o seu abandono e descomissionamento. Elas são verdadeiros potenciais de emergências ambientais se não geridas corretamente.

Segundo a Portaria DNPM 70.389/17, toda barragem de rejeitos de mineração deve ter seu Dano Potencial Associado (DPA) definido. O DPA é o dano que pode ocorrer devido ao rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais.

A probabilidade de uma falha ocorrer pode ser baixa, porém suas consequências podem ser desastrosas para comunidades locais e o meio ambiente a jusante.

O risco imposto por toda a barragem de contenção de rejeitos será específico para o local, dependendo, por exemplo, do projeto, da construção e manutenção da barragem, das características da rocha subjacente, das condições de precipitação e da atividade sísmica na área, por isso, cada aspecto deve receber devida atenção, de modo a evitar falhas e acidentes. (DUARTE, 2008)

Em 2001, o ICOLD (Comissão Internacional para Grandes Barragens) publicou um extenso estudo acerca de barragens de rejeitos de mineração, disponibilizando uma base de dados sobre acidentes envolvendo estruturas de contenção de rejeitos.

Neste estudo (ICOLD, 2001), as principais causas de rompimento de barragens de rejeitos de mineração apontadas foram:

- problemas de fundação,
- capacidade inadequada dos descarregadores de cheias,
- instabilidade dos taludes,
- falta de controle da erosão,
- deficiências no controle e inspeção pós-fechamento e
- falta de dispositivos graduais de segurança ao longo da vida útil da estrutura.

Azam e Li (2010) também apresentam uma análise histórica de acidentes envolvendo barragens de rejeito, computando 198 eventos antes do ano 2000 e 20 eventos entre os anos 2000-2010, somando um total de 218 incidentes.

As causas apresentadas neste estudo seguem a Figura 10.

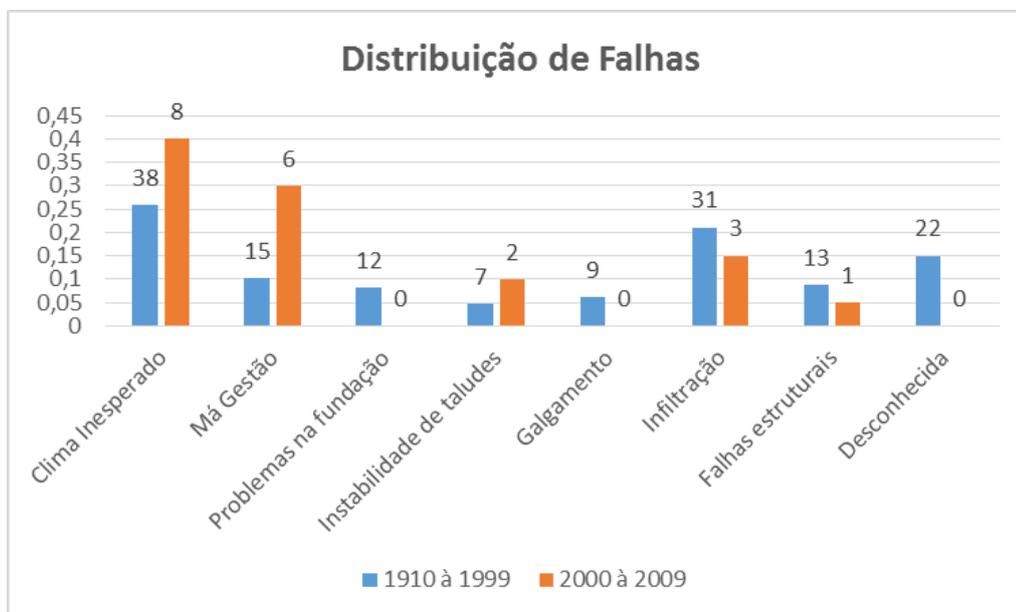


Figura 10 - Causas de falhas de barragens .
Fonte: Autoria própria. Adaptado de Azam e Li (2010).

Através dos dados obtidos por Azam e Li (2010), vê-se que a maior parte dos acidentes tiveram como causas questões relacionadas ao clima, infiltrações e má gestão das estruturas.

Em relação aos acidentes já ocorridos, o Quadro 2 apresenta uma seleção destes eventos feita em cima do histórico de ICOLD(2001) no cenário internacional e o Quadro 3 mostra uma seleção feita na literatura dos principais acidentes envolvendo barragens de rejeitos no Brasil, apresentado a data, o local e características da ocorrência.

Quadro 2- Seleção (5 de 200) de acidentes envolvendo barragens de rejeitos no cenário internacional.

Ano	Local	Ocorrência
1970	Mufilira – Zâmbia	68.000 m ³ de rejeitos derramados na área de mineração. 89 mortes.
1972	Buffalo Creek – Estados Unidos da América	500 casas destruídas a jusante da barragem. 125 mortes.
1985	Stava – Itália	Rejeitos seguiram por 8 km a jusante da barragem. 269 mortes.
1996	Marcopper – Filipinas	1.5 toneladas de rejeitos

Quadro 2- Seleção (5 de 200) de acidentes envolvendo barragens de rejeitos no cenário internacional.

Ano	Local	Ocorrência
		desceram a jusante da barragem.
2000	Borsa – Romênia	22.000 toneladas de rejeitos contaminados por metais pesados liberados para jusante, contaminando água e solo.

Fonte: Autoria própria. Adaptado de ICOLD(2001).

Quadro 3- Seleção de acidentes envolvendo barragens de rejeitos no Brasil.

Ano	Local	Ocorrência
1986	Barragem de Fernandinho – Minas Gerais	7 mortes, vazamento de rejeitos de minério de ferro.
2001	Barragem de Rio Verde – Minas Gerais	5 mortes. Lama e resíduos de mineração encobriram 2 quilômetros de uma estrada, provocando o assoreamento, degradação de cursos hídricos, destruição de mata ciliar.
2006/2007	Mirai	Sem mortes decorrentes. Vazamento de rejeitos de bauxita Interrupção de fornecimento de água
2014	Barragem de Herculano	3 mortes, vazamento de rejeitos de minério de ferro para jusante.
2015	Barragem de Fundão – Minas Gerais	19 mortes Centenas de desabrigados Interrupção de fornecimento de água, destruição de mata ciliar, destruição de patrimônio histórico, destruição de cidades, vazamento de rejeitos.

Fonte: Autoria própria. Adaptado de ICOLD(2001), Sabbo et al.:(2017), CBDB(2011).

Após a leitura dos bancos de dados citados, viu-se que no geral, as causas dos acidentes envolvendo as barragens de rejeitos na maior parte dos casos contou com a falta da compreensão dos fatores que controlam a segurança das operações, ou seja, falta ou falhas na instrumentação e monitoramento das estruturas.

Poucos são os casos de eventos que não sejam previsíveis ou causados por condições climáticas inesperadas, uma vez que o desenvolvimento tecnológico de hoje permite a previsão destes eventos. (DUARTE, 2008)

Tal afirmação de DUARTE(2008) nos leva a entender que o desenvolvimento tecnológico atual permite uma gestão de riscos e segurança elevada. Porém, vê-se que inúmeros foram os incidentes que se tornaram acidentes por não terem sido captados/evitados a tempo.

Estes são resultados de condições inadequadas de investigações de campo, projeto, construção, operação, monitoramento, ou a combinação destes e na maior parte das vezes, se mostraram letais para vidas humanas e para a natureza.

O **item 3.5** abordará as principais consequências para o meio ambiente e para a socioeconomia decorrentes de acidentes envolvendo barragens de rejeitos de mineração.

3.5. Principais Impactos Ambientais Associados a Acidentes e Emergências Envolvendo a Atividade Mineradora

Como toda atividade antrópica, a indústria extrativa mineral, apesar de gerar movimentação na economia, riquezas e criação de empregos, é responsável por inúmeros impactos ambientais e socioeconômicos negativos.

Os efeitos ambientais negativos da extração mineral (mineração e lavra garimpeira) estão associados às diversas fases de exploração dos bens minerais, desde a lavra até o transporte e beneficiamento do minério, podendo se estender após o fechamento da mina ou o encerramento das atividades. (ARAÚJO et al., 2014)

Ainda, em suas atividades rotineiras, a mineração altera de forma substancial o meio físico, provocando desmatamentos, erosão, contaminação dos corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações da paisagem, do solo, além de comprometer a fauna e a flora. Afeta, também, o modo de viver e a qualidade de vida das populações estabelecidas na área minerada e em seu entorno. (ARAÚJO et al., 2014)

Apesar dos fatores que foram citados se tratarem de impactos ambientais negativos, não são considerados incidentes/acidentes/emergências, e ao longo do processo de licenciamento, os empreendedores devem identificar as atividades impactantes bem como suas consequências, apresentando também planos e programas ambientais rotineiros para mitigar seus efeitos recorrentes, além de se utilizarem de fatores de compensação econômicos para a minimização dos mesmos.

Essas medidas de controle/compensação ambiental são abordadas por Chaves et al (2001). Segundo os autores, para estes impactos do dia a dia, existem diversos instrumentos utilizados para minimizá-los, tais como os legais (referentes ao licenciamento ambiental, estudo e relatório de impacto ambiental, plano de controle ambiental, recuperação de áreas degradadas), os econômicos (incentivos, caução ambiental) e os técnicos (desenvolvimento de novas tecnologias e parâmetros ambientais).

Já os impactos ambientais de ocorrência incerta, ou seja, aqueles que poderão ou não ocorrer, como uma rachadura na estrutura ou até uma ruptura ou uma erosão interna causada por infiltração (*piping*) devem ser tratados num Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM).

No âmbito de emergências ambientais, pensando-se nos casos mais extremos, ou seja, em caso de ruptura ou galgamento de uma barragem, em que ocorre a extrapolação de material contido para jusante da estrutura, pode-se enumerar diversas consequências ambientais, como a inundação das áreas de jusante, possíveis extravasamentos de materiais tóxicos, carreamento de vegetação, assoreamento, contaminação de recursos hídricos, mortandade de fauna e flora, morte de população a jusante, entre vários outros. (ICOLD, 2001).

PNUMA(2016) ainda separa os impactos na biodiversidade e ecossistemas decorrentes de grandes acidentes com barragens de rejeitos, como mostra a Figura 11.

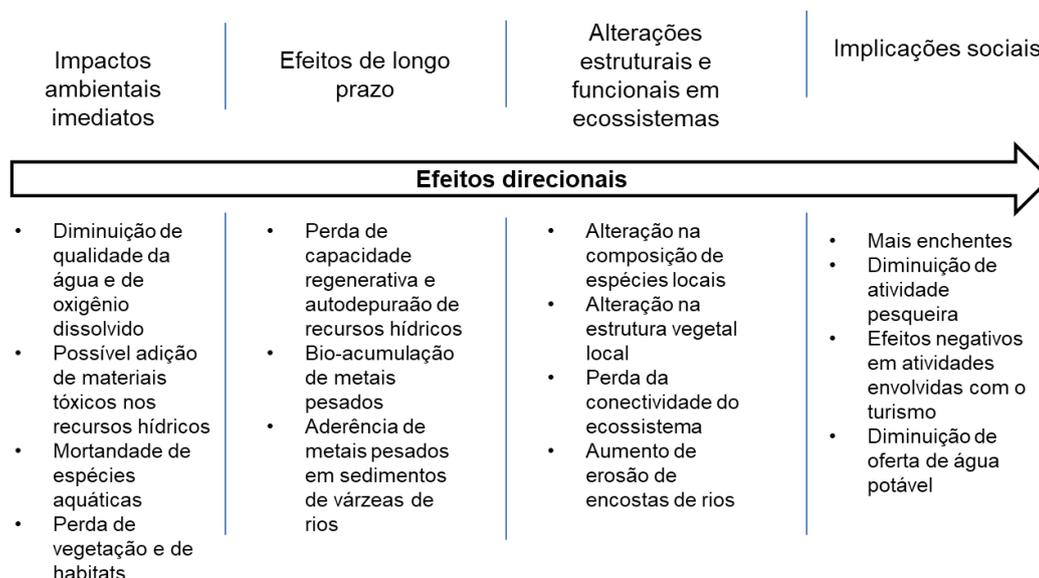


Figura 11 – Impactos ambientais de rupturas de barragens de mineração.
Fonte: Autoria Própria. Adaptado de PNUMA (2016).

Dessa forma, vê-se que são diversas as áreas que podem vir a ser impactadas no caso de um evento acidental envolvendo barragens de rejeitos de mineração, e que as

características dos impactos irão depender da classificação do resíduo acumulado e da quantidade de resíduo liberado para jusante.

Analisando-se a quantidade de potenciais impactos ambientais e socioeconômicos decorrentes de emergências envolvendo barragens de rejeitos de mineração, imagina-se que tais empreendimentos devam passar por um preciso e correto processo de monitoramento, a fim de garantir que todos os fatores determinantes para a estabilidade estrutural sejam constantemente vigiados e garantidos.

Porém, a realidade brasileira acerca da segurança de barragens não é tão acertiva quanto se espera. A verdade é que somente após os vários desastres anteriormente abordados é que o assunto entrou em pauta na sociedade brasileira.

O item 3.6 irá apresentar os principais pontos abordados no histórico da legislação brasileira acerca de Segurança de Barragens.

3.6. Análise da Legislação e instrumentos institucionais aplicáveis à gestão de riscos e emergências relacionados com incidentes envolvendo barragens de rejeitos.

Esta análise responde ao objetivo “Analisar a legislação vigente de Segurança de Barragens para entender o nível de avanço da mesma”.

Até o ano de 2010, com a Lei Federal nº 12.334/2010, não havia legislação específica no âmbito federal que tratasse de segurança de barragens. Antes dela, não havia a indicação direta de responsabilidades, em âmbito nacional, pela fiscalização da segurança das barragens. Haviam órgãos ambientais estaduais lidando isoladamente com os eventuais incidentes e uma desarticulação do poder público para lidar com esta problemática.(NEVES, 2018)

Antes de 2010, no âmbito estadual, houve algumas iniciativas e alguns avanços importantes realizados pela COGERH no Ceará e pela FEAM em Minas Gerais em sua Deliberação Normativa COPAM nº 87/2005.

Isoladamente, no Estado de São Paulo, no ano de 1977, logo após os acidentes ocorridos com as barragens de Euclides da Cunha e Armando de Salles Oliveira, emitiu-se o Decreto nº 10.752, dispendo sobre Segurança das Barragens no Estado e recomendando auditorias técnicas permanentes. Porém, por falta de regulamentação, esse decreto nunca foi implementado (CBDB, 2001). Desde 1977, por iniciativa do eng. Ferdinand M.G. Budweg, o Comitê Brasileiro de Barragens passou a propor uma legislação federal sobre segurança de barragens que resultou na Lei Nº 12.334 de 20/09/2010, 33 anos depois.

Dessa maneira, este item objetiva apresentar os pontos mais relevantes acerca da legislação de Segurança de Barragens de Rejeitos de Mineração brasileira, a começar pela Lei Federal nº 12.334/2010.

3.6.1. Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010

A inserção legal do Brasil na temática de Segurança de Barragens se deu com a promulgação da Lei n.º 12.334 de 20 de setembro de 2010, onde os diversos órgãos fiscalizadores de barragens foram inseridos no tema para executá-lo, como a Agência Nacional de Águas (ANA) para barragens de usos múltiplos, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para barragens de hidrelétricas, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e seus órgãos descentralizados para barragens de rejeitos industriais e a Agência Nacional de Mineração (ANM) para barragens rejeitos de mineração.

Os citados órgãos fiscalizadores tiveram que, de acordo com obrigações advindas da Lei 12.334/2010, criar Resoluções e Portarias com o fim de regulamentar alguns artigos da citada Lei federal.(NEVES, 2018)

A Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. A citada Política tem como objetivos garantir a observância de padrões de segurança, regulamentar, promover o monitoramento e acompanhar as ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, em especial, junto à população potencialmente afetada.

Participam da Política Nacional de Segurança de Barragens, as barragens que apresentem pelo menos uma dessas características:

- a) altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
- b) capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- c) reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- d) categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

A Figura 12 apresenta as características que uma barragem deve possuir para inserir-se na PNSB.

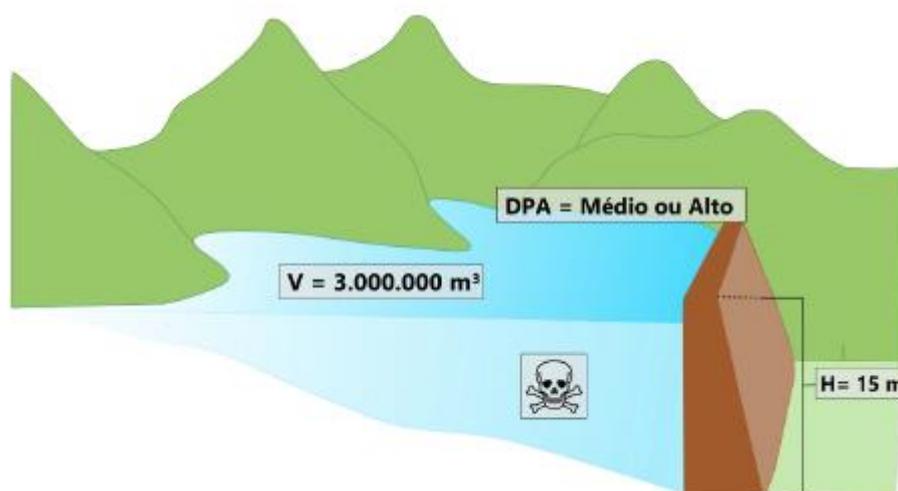


Figura 12 - Características de uma barragem que se insere na PNSB. Fonte: NEVES(2018)

Em seu artigo 3º, são definidos os objetivos da PNSB. São eles:

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

Além disso, em seu artigo 5º, ela define que a fiscalização da segurança de barragens para a disposição final ou temporária de rejeitos caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), à entidade outorgante de direitos minerários. Neste caso, a entidade citada é o

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atualmente chamado de Agência Nacional de Mineração (ANM).

A ANM, antigo DNPM, é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), que tem por finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais, e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional. Com a Lei nº 12.334/2010, teve incorporadas as competências de órgão fiscalizador da segurança das barragens de acumulação de rejeitos de mineração e suas inerentes obrigações.

O sistema de classificação, discriminado na Resolução CNRH nº 143/2012, diz que as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (com exceção da ANEEL). A classificação por categoria de risco (CRI) em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem e a classificação por categoria de dano potencial associado (DPA) à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.(NEVES ,2018)

Para este trabalho, o ponto mais importante abordado pela referida Lei é o Plano de Segurança de Barragens (PSB). Ele é o documento que formaliza todo o processo de gestão de segurança de barragens, devendo conter no mínimo, a identificação do empreendedor, dados técnicos referentes aos projetos, implantação e operação de barragens, estrutura organizacional da equipe de segurança, juntamente com o plano de comunicação e diretrizes a serem adotadas em caso de alerta e emergência. (BALDI, 2018).

Ainda, segundo a Lei 12.334/2010, toda barragem classificada com Dano Potencial Alto deve ainda conter um Plano de Ação Emergenciais, com seu conteúdo mínimo definido por cada entidade fiscalizadora, que deve também estipular a periodicidade de revisão do PSB.

A partir da análise deste documento, entendeu-se que os requerimentos para os Planos de Ação Emergenciais de barragens de rejeitos de mineração são definidos pela entidade fiscalizadora, ou seja, o DNPM, agora a ANM.

3.6.2. Resolução CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012

A Resolução CNRH nº 143/2012 estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao artigo 7º da Lei nº 12.334/2010. Os critérios nela dispostos são os que devem ser utilizados por cada entidade fiscalizadora.

A regulamentação destes pontos via CNRH foi de grande importância para obter-se nivelamento de conceitos assim como padronização entre os órgãos fiscalizadores, para a classificação de suas barragens fiscalizadas.

- Classificação quando ao risco:

Quanto à categoria de risco, as barragens são classificadas de acordo com aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, levando-se critérios gerais como características técnicas das barragens, estado de conservação e o Plano de Segurança de Barragem.

- Classificação quando ao DPA

A classificação quanto ao DPA deve ser feita a cada 05 anos. Seguem os critérios a serem utilizados

- I- existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas;
- II- existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários;
- III- existência de infraestrutura ou serviços;
- IV- existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;
- V- existência de áreas protegidas definidas em legislação;
- VI- natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados;
- VII-- volume.

- Classificação quanto ao volume do reservatório:

Neste quesito, as barragens, no geral, foram divididas em dois grupos para classificação: barragens de disposição de rejeito mineral e/ou resíduo industrial e barragens para acumulação de água. O Quadro 4 apresenta os critérios de classificação quanto ao volume.

Quadro 4 – Divisão quanto ao volume das barragens de mineração/industrial e para acumulação de água.

Porte	Mineração e industrial	Acumulação de água
Muito pequeno	$\leq 500.000 \text{ m}^3$	-
Pequeno	$>500.000 \text{ m}^3 \text{ e } \leq 5.000.000 \text{ m}^3$	$\leq 5.000.000 \text{ m}^3$
Médio	$>5.000.000 \text{ m}^3 \text{ e } \leq 25.000.000 \text{ m}^3$	$>5.000.000 \text{ m}^3 \text{ e } \leq 75.000.000 \text{ m}^3$
Grande	$>25.000.000 \text{ m}^3 \text{ e } \leq 50.000.000 \text{ m}^3$	$>75.000.000 \text{ m}^3 \text{ e } \leq 200.000.000 \text{ m}^3$
Muito grande	$>50.000.000 \text{ m}^3$	$>200.000.000 \text{ m}^3$

Fonte: Elaboração própria a partir da Resolução CNRH nº 143.

De maneira efetiva, para se classificar uma barragem deve-se somar os itens do quadro de classificação de uma barragem para o quesito Risco Crítico (que contempla 3 itens, com 17 subitens), somar os subitens do Dano Potencial Associado (que contém 1 item com 4 subitens) e verificar suas pontuações de acordo com o range de pontuação atingido. Deste modo, a barragem será classificada em baixo, médio ou alto, tanto em relação a seu Dano Potencial Associado quanto a seu Risco Crítico.

3.6.3. Resolução CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012

Esta resolução estabelece diretrizes para a implementação da PNSB, discorre sobre a aplicação de seus instrumentos (Plano de Segurança de Barragem e Relatório de Segurança de Barragem) e sobre a atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao artigo 20 da Lei nº 12.334/2010.

A Resolução CNRH nº144/2012 também apresenta o conteúdo mínimo do Plano de Segurança de Barragens (PSB), que deve ser elaborado pelo empreendedor e ter sua periodicidade de atualização estabelecida pelos órgãos fiscalizadores.

Este regulamento também estabelece Relatório de Segurança de Barragens – RSB, que apresenta à sociedade um panorama da evolução da segurança das barragens brasileiras e da implementação da PNSB, incluindo a melhoria da gestão da segurança.

São apresentadas ações por eles implementadas com vista ao cumprimento da Lei, tendo como finalidade melhorar as condições de segurança das barragens brasileiras, que deve ser elaborado, anualmente, sob a coordenação da Agência Nacional de Águas (ANA).

Neste sentido, cabe à ANA, anualmente, coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens. Para isso, todos os órgãos e agentes fiscalizadores de segurança de barragens do país, nas esferas federal e estadual (em todas as unidades da federação), devem enviar à ANA as informações pertinentes às barragens sob sua jurisdição. A ANA deverá reunir as informações passadas e, juntamente com as informações das barragens

fiscalizadas pela própria Agência, encaminhá-las ao CNRH, de forma consolidada. A este cabe apreciar o referido Relatório, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional.

O terceiro instrumento da PNSB estabelecido pela Resolução em questão é o SNISB, ou Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. É através dele que as entidades fiscalizadoras compartilham seus dados e informações com a ANA, para a elaboração do Relatório de Segurança de Barragem. O SNISB é responsável pela coleta, armazenagem, tratamento, gerenciamento e disponibilização para a sociedade das informações relacionadas com Segurança de Barragens em território nacional.

3.6.4. Portarias DNPM 416/12 e 526/13

Estas duas Portarias, dos anos de 2012 e 2013, foram as primeiras Portarias do DNPM após a promulgação da Lei nº 12.334/2010, a qual, como visto anteriormente, estabelecia diversas responsabilidades aos órgãos fiscalizadores da PNSB.

Neste caso, ambas as Portarias se referem exclusivamente às barragens de rejeito e foram revogadas pela Portaria DNPM 70.389/17, que será abordada a seguir.

Em resumo, a Portaria DNPM 416/12 definia a sistemática de cadastramento das barragens fiscalizadas pelo DNPM, a periodicidade de atualização dos dados e o conteúdo mínimo das respectivas informações a serem consideradas na elaboração do Plano de Segurança de Barragens, assim como as diretrizes para realização das Inspeções de Segurança Regulares e Especiais das barragens de rejeitos.

Já a Portaria DNPM 526/13 discorria sobre a periodicidade de atualização, qualificação do responsável técnico, conteúdo mínimo e nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergências para Barragens de Mineração, conhecido com PAEBM.

É relevante citar que o incidente com a Barragem de Fundão, da empresa Samarco, em 2015, ocorreu sob o regimento destas portarias.

Diversas definições trazidas por elas, ou a ausência destas, mostraram-se falhas ou necessárias no processo de análise dos riscos que levaram ao acidente e da gestão de emergências pós ruptura da barragem, como as frequências de inspeções obrigatórias, a falta de obrigatoriedade de treinamentos e simulados, entre outras.

Dessa forma, no ano de 2017, foi promulgada a Portaria DNPM nº 70.389, que trouxe diversas mudanças principalmente nos quesitos das Inspeções de Segurança e nas Revisões Periódicas de Segurança de Barragens, assim como na obrigatoriedade da participação dos empreendedores da mineração em simulados.

3.6.5. Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017

Esta Portaria, como já dito, revoga a Portaria nº 416/2012 e a Portaria nº 526/2013, que versavam sobre o mesmo tema. Com o novo normativo, o Departamento unifica em um só regulamento, todos os dispositivos legais imputados aos órgãos fiscalizadores a normatizar, quais sejam os artigos 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334/2010, dando maior praticidade em seu manuseio além de aprimorar e refinar os dispositivos nela constantes.

As principais mudanças que a Portaria traz, segundo o Instituto Minere (2017), são:

1. Maior detalhamento nas conceituações técnicas, evitando assim, deixar lacunas nas conceituações técnicas consagradas e que ainda estavam sem definição legal;
2. Definição mensurável da Zona de Autossalvamento em tempo ou distância, definindo assim as áreas que precisam de alarmes de evacuação obrigatoriamente;
3. Criação do Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM, o qual gerenciará as ações concernentes a segurança de barragens de mineração e também englobará o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração;
4. Alteração na matriz de classificação das barragens de mineração, deixando mais restritiva as classes em que as barragens se enquadram;
5. Obrigatoriedade de elaboração de mapa de inundação para todas as barragens de mineração, independente de seu tamanho, para auxílio na classificação referente ao Dano Potencial Associado (DPA), podendo fazer uso de estudo simplificado;
6. Obrigatoriedade de se elaborar mapa de inundação com mais elementos e detalhes para as barragens de mineração forçadas a elaborar o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM, a fim de modelar-se a possível magnitude e expansão da mancha;
7. Obrigatoriedade de implementação de sistema de monitoramento nas barragens de mineração, sendo que para as de DPA alto, com população a jusante e construída ou alteada pelo método a montante, o empreendedor é obrigado a manter monitoramento com acompanhamento em tempo integral, o que não ocorria até a promulgação da Portaria;

8. Obrigatoriedade de se ter o PAEBM (vide **item 3.6.5.1**) tanto para as barragens de mineração com DPA alto quanto para as de DPA médio com existência de população a jusante ou com impacto ambiental atingindo pontuação 10 em seu quadro de classificação;
9. Revisão Periódica de Segurança de Barragens será concluída por uma Declaração de Condição de Estabilidade com necessidade de ser feita sempre que ocorrer mudança na classe de rejeitos depositados ou quando ocorrerem alteamentos ou nos períodos de 3, 5, a depender do DPA das barragens existentes;
10. As Inspeções de Segurança Regulares, que tinham obrigatoriedade de serem elaboradas anualmente, passam a ser semestrais, sendo que uma delas deve ser produzida, obrigatoriamente, por empresa externa contratada para este fim;
11. Os Extratos de Inspeção Regulares que eram enviados ao DNPM (agora ANM) no ano subsequente, agora são enviados **quinzenalmente** via SIGBM, permitindo mais gerência pelo órgão, sendo que o não envio de quatro extratos subsequentes à ANM ensejará a interdição da barragem de mineração;
12. Inspeções de Segurança Especiais devem ser feitas diariamente sempre que encontradas anomalias de pontuação 10 no quadro de estado de conservação do normativo e enviadas via Extrato de Inspeção Especial ao DNPM pelo SIGBM, também, diariamente;
13. Obrigatoriedade dos empreendedores com PAEBM de participarem de simulados sempre que inqueridos pelos órgãos de Defesa Civil;
14. Obrigatoriedade dos empreendedores promoverem treinamentos internos, no máximo a cada seis meses, com seus colaboradores;
15. Obrigatoriedade do empreendedor alertar a ZAS com sirenes e outros equipamentos de alerta, e a ZSS caso inquerido pelas Defesas Cíveis federais ou estaduais, sempre que ocorrerem situações de emergência em nível 3;
16. Previsão legal de interdição pelo órgão das barragens de mineração;
17. Obrigatoriedade das barragens estarem com revestimento vegetal cortado quando tiverem, possibilitando a vistoria, em caso não estejam, o empreendedor será multado automaticamente;

18. Obrigatoriedade dos empreendedores de cumprirem as determinações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança no prazo ali especificado, sob pena de interdição nos casos de recomendações visando à garantia da estabilidade estrutural da barragem de mineração;
19. Alteração nos quadros de classificação das barragens de mineração (características técnicas: método construtivo e auscultação e plano de segurança (projeto “as is”));

3.6.5.1. Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração –PAEBMs

O PAEBM é, segundo a definição da Portaria DNPM 70.389/17, um documento técnico e de fácil entendimento elaborado pelo empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem. Também são estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida. Os danos citados neste caso podem incluir além da perda de vidas humanas, prejuízos no patrimônio do empreendedor, prejuízos na natureza como a qualidade dos recursos hídricos afetados e na disponibilidade de água para consumo, e destruição de cidades e vilas inteiras no caso de um eventual sinistro.

Tendo em vista que este documento é para ser usado em momento de emergência, ou seja, durante o decorrer de emergências, foi definido na Portaria DNPM 70.389/17 que deveria ter capa vermelha. O quesito de fácil entendimento abordado na definição é importante pois o PAEBM deve subsidiar a tomada de ação nas situações de emergência, sendo direto, objetivo e conversável com pessoas dos mais diferentes níveis técnicos que poderão vir a participar nas respostas às emergências. Estas instruções visam facilitar a localização e compreensão num momento de sinistro, onde o ganho de segundos é decisivo para salvar vidas e impedir que uma maior tragédia ocorra.

A elaboração do PAEBM de forma assertiva a qual atenda a suas expectativas quando de sua utilização/manuseio é a parte mais importante, segundo diversos especialistas no tema, na temática de Segurança de Barragens.

O conteúdo mínimo do PAEBM é definido no Anexo II da Portaria DNPM 70.389 /17 e está exposta na lista a seguir:

1. Apresentação e objetivo do PAEBM;
2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações;

3. Descrição geral da barragem e estruturas associadas;
4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3;
5. Ações esperadas para cada nível de emergência.
6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos;
7. Recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência;
8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta;
9. Responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil);
10. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS, assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados;
11. Declaração de Encerramento de Emergência, quando for o caso;
12. Plano de Treinamento do PAE;
13. Descrição do sistema de monitoramento utilizado na Barragem de Mineração;
14. Registros dos treinamentos do PAEBM;
15. Relação das autoridades competentes que receberam o PAEBM e os respectivos protocolos;
16. Relatório de Causas e Consequências do Evento em Emergência Nível 3, contendo, no mínimo:
 - a) Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
 - b) Relatório fotográfico;
 - c) Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados, conforme o caso;
 - d) Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas;
 - e) Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade;
 - f) Proposições de melhorias para revisão do PAEBM;
 - g) Conclusões do evento; e
 - h) Ciência do responsável legal pelo empreendimento

Como se pode observar, e como mostra a Portaria DNPM 70.389/17, estes 16 pontos são todo o suporte oferecido pela legislação brasileira para orientar o empreendedor na elaboração dos PAEBMs de seus barramentos.

Dessa forma, pode-se afirmar que, juridicamente, existe uma margem bem larga de possibilidades de estruturas, qualidade de informação, detalhamento e organização do documento.

Considerando que o Brasil possui 449 barragens cadastradas no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração² que devem estar inseridas na PNSB, seria interessante que houvesse um modelo padrão de apresentação do documento, com procedimentos de gestão de emergências já padronizados entre os empreendedores e as autoridades nacionais e estaduais que também atuarão na resposta à emergência.

Para isso, antes é necessário entender-se o que é considerada uma situação de emergência segundo a Portaria DNPM 70,389/17.

3.6.5.2. Definição de Emergência segundo Portaria DNPM 70.389/17

Segundo a Portaria DNPM 70.389/2017, considera-se iniciada uma situação de emergência em barragens de rejeitos de mineração quando:

- I. Iniciar-se uma Inspeção Especial de Segurança da Barragem de Mineração; ou
- II. Em qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.

Inspeção Especial de Segurança de Barragem é definida como uma atividade sob a responsabilidade do empreendedor que visa avaliar as condições de segurança da barragem em situações específicas, devendo ser realizada por equipe multidisciplinar de especialistas nas fases de construção, operação e desativação. Ela deve ser realizada diariamente até que a anomalia encontrada seja solucionada.

Além disso, a Portaria DNPM 70.389/2017 também estabelece que o empreendedor, ao ter conhecimento de uma situação de emergência, deve avaliá-la e classificá-la, por intermédio do coordenador do PAEBM e da equipe de segurança de barragens, de acordo com os Níveis de Emergência apresentados no Quadro 5:

² Dados retirados de <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/plano-de-seguranca-de-barragens> em Novembro de 2018.

Quadro 5 – Níveis de Emergência para Barragens Rejeitos de Mineração.

Nível de Emergência	Definição	Observações
Nível 1	Quando detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V, ou seja, quando iniciada uma ISE e para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.	Situação adversa, ainda controlável pelo empreendedor; Afeta a estrutura da barragem, porém de maneira remediável. Exemplo: Identificação de uma trinca ou recalques que podem levar a uma ruptura se não tratados.
Nível 2	Quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como "não controlado", de acordo com a definição do § 1º do art. 27 desta Portaria; ou	Situação adversa não extinta ou não controlada; Afeta a estrutura da barragem. Exemplo: Trincas e recalques que já sofreram intervenções, porém não tiveram suas fontes de problemas resolvidas.
Nível 3	A ruptura é iminente ou está ocorrendo .	Situação adversa fora de controle pelo empreendedor; Afeta a estrutura da barragem de maneira severa e irreversível; Acidente inevitável; Estrutura em colapso. Exemplo: Extravasamento visível de material contido para jusante por <i>piping</i> ou ruptura.

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de Portaria DNPM 70.389/17.

Dessa maneira, entende-se que para ser considerada uma emergência de fato, uma anomalia deverá ser analisada segundo a Figura 13. Para cada coluna, deve-se atribuir um valor numérico para a situação através de vistorias de campo e auxílio de equipamentos de instrumentação.

QUADRO 3 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)
1.2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação (g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)
EC = $\sum (f \text{ até } i)$			

Figura 13 - Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação).

Fonte: Anexo V da Portaria DNPM 70.389/17.

Ou seja, nem toda anomalia na barragem, como uma trinca ou uma detecção de instabilidade estrutural significa uma situação de emergência. Em estruturas de portes grandes como barragens de rejeitos de mineração, anomalias são consideradas rotineiras no dia a dia da operação e devem ser detectadas e tratadas conforme o Plano de Segurança de Barragens indica, através de inspeções e instrumentações rotineiras, utilizando-se as tabelas propostas na Portaria DNPM 70.389/17.

Caso, após a identificação de uma anomalia, for constatado um somatório maior ou igual a 10 no Quadro apresentado na Figura 13, o departamento responsável pela vistoria e avaliação das anomalias deve acionar o Coordenador do PAEBM da empresa, previamente estabelecido e amplamente conhecido pelos funcionários da empresa.

Após a classificação quanto aos Níveis de Emergência, o coordenador do PAEBM deve declarar Situação de Emergência e executar as ações descritas no PAEBM, iniciando assim, os procedimentos de gestão de emergências previstos e aprovados pelos órgãos reguladores.

3.7. Gestão de emergências

Visto o que é demandado pela legislação brasileira no âmbito de gestão de emergências, este item objetiva contextualizar em que contexto o *Incident Command System* entraria em ação após a eclosão de uma emergência envolvendo barragens de rejeitos de mineração.

Na resposta a situações de emergência, a empresa responsável geralmente lida com situações críticas que são diferentes daquelas com as quais ela trabalha no dia a dia, exigindo ações e uma postura reativa específica para lidar com as demandas não-rotineiras que estas situações trazem.

No caso de incidentes envolvendo barragens de mineração, principalmente numa Emergência Nível 3, os riscos envolvidos nestas situações são altos e as consequências desses resultados indesejados podem ser muito graves, tais como pessoas mortas ou feridas, perdas nas estruturas produtivas, impactos ambientais e sociais severos, além de possíveis choques na imagem da empresa para os consumidores.

Em situações críticas de emergência o cenário pode mudar com muita rapidez, em função da interação complexa de múltiplos fatores como clima, relevo, existência de comunidades a jusante, comportamento das pessoas envolvidas, desempenho e disponibilidade de equipamentos. Além disso, é comum que se tenha dificuldade para se obter informações imediatas e precisas sobre estes incidentes complexos.

Emergências de Nível 3 geralmente levam a problemas que abrangem também órgãos externos como o IBAMA, a Defesa Civil, os órgãos ambientais estaduais e municipais e, claramente, a ANM, cada um com diferentes prioridades, procedimentos e responsabilidades. Como possuem áreas de atuação diferentes numa emergência, o estabelecimento de prioridades e objetivos para operações de resposta à emergência pode ser um fator de discórdia entre os atores, fazendo com que muitas vezes recursos não sejam compartilhados de forma adequada, impactando a eficácia da resposta.

Pela bibliografia, alguns problemas específicos costumam ser frequentes na coordenação de resposta a essas situações como:

- Dificuldade no acesso às áreas afetadas
- Níveis de autoridade indefinidos;

- Comunicação inadequada com os elementos internos e externos à resposta à emergência, incluindo imprensa e órgãos públicos;
- Dificuldade de se manter um fluxo de informações adequado;
- Falta de controle sobre os recursos, gerando aumento de custos;

Segundo PNUMA (2016), a melhoria na instrumentação de monitoramento, a instalação de sistemas de alerta, a adoção de sistemas de resposta à emergência e o treinamento de funcionários e população a jusante são fatores decisivos para a melhoria da capacidade de se responder a uma emergência de grande porte envolvendo barragens de rejeitos de mineração.

O *Incident Command System* (ICS) é um destes sistemas de gerenciamento de emergências, e pode e deve ser utilizado para emergências de Níveis 1, 2 e 3 envolvendo barragens de rejeitos de mineração. Ele será minudenciado no item **5.2**, após a apresentação do estudo de caso da resposta à emergência da Barragem de Fundão, em 2015, que mostrará como procedimentos de ações de emergência coordenados fizeram falta no ocorrido.

O *Incident Command System*, através de seus conceitos básicos e procedimentos de gestão, é capaz de facilitar a elaboração e uma eventual aplicação prática em casos reais e em simulados dos PAEBMs exigidos pela Portaria DNPM 70.389/17.

4. METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos propostos, foram realizadas extensas pesquisas bibliográficas sobre o tema, apresentadas no Capítulo 3. Além disso, foram coletadas informações a partir da leitura de artigos, normas envolvidas e constante levantamento de informações com profissionais atuantes no mercado de gestão de riscos e emergências ambientais no Brasil.

De maneira objetiva, a metodologia aplicada neste trabalho foi:

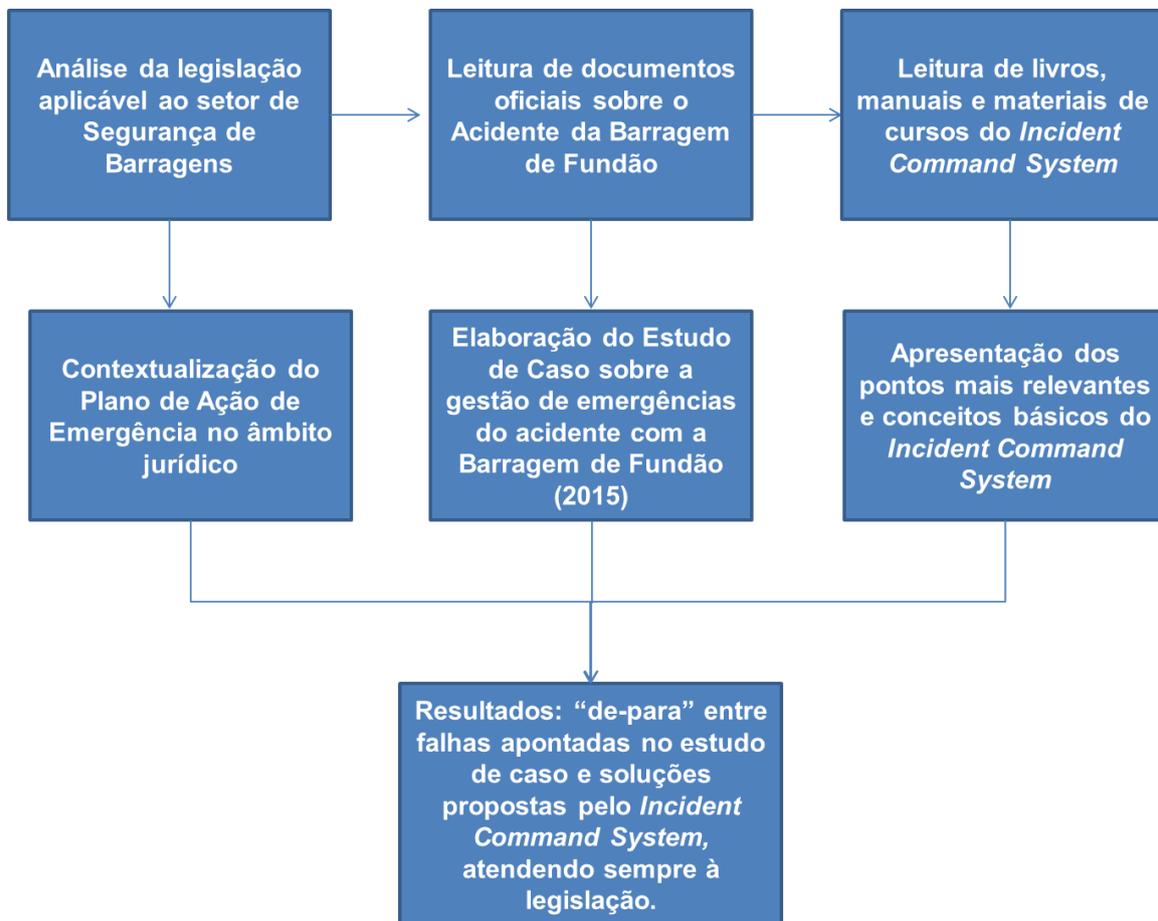
1. Análise da legislação aplicável ao setor de segurança de barragens, a fim de entender-se quais são os requerimentos para os Planos de Segurança de Barragem, no qual o PAEBM está inserido.

As leis analisadas foram:

- Lei Federal 12.334/2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens
 - Resolução CNRH nº 143, de 10 de Julho de 2012
 - Resolução CNRH nº 144, de 10 de Julho de 2012
 - Portarias DNPM 426/2012 e DNPM 526/2013
 - Portaria DNPM 70.389 de 17 de Maio de 2017
2. Elaboração de um estudo de caso da gestão de emergências do acidente com a Barragem de Fundão em 2015, da empresa Samarco. O estudo foi baseado em documentos oficiais como: Laudo Técnico Preliminar do IBAMA sobre o acidente, Denúncia do Ministério Público Federal à Samarco (POLÍCIA CIVIL MG, 2015) e seus responsabilizados, Relatório do PNUMA “*Mine Tailings Storage: Safety is no Accident*” e Dissertação de Graduação sobre Comunicação de Crises de PINTO (2016).
 3. Leitura de livros, manuais e materiais de cursos do *Incident Command System*. O capítulo de resultados apresentará os pontos mais importantes analisados segundo a bibliografia de Dean et al (2008), Corpo de Bombeiros do Paraná (2011), Corpo de Bombeiros do Distrito Federal (2011) e materiais de cursos da *Federal Emergency Management Agency* dos Estados Unidos.
 4. Após a leitura da legislação, da elaboração do estudo de caso da Samarco e da abordagem dos pontos principais do *Incident Command System*, foi realizado um “de-para” entre as falhas apontadas na gestão de emergências

da Samarco no Estudo de Caso e as soluções propostas pelo *Incident Command System* para elas.

Os passos seguidos para chegar aos resultados deste trabalho estão simplificados na Figura 14.



**Figura 14 – Fluxograma explicativo da metodologia utilizada neste trabalho.
Fonte: Elaboração própria.**

5. RESULTADOS

Apresentada a metodologia utilizada, os itens a seguir apresentarão a análise dos resultados obtidos para cada um dos objetivos propostos para este trabalho.

5.1. Estudo de caso: a resposta à emergência da Samarco

Em 5 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento abrupto da estrutura de contenção de rejeitos na barragem de Fundão, no Complexo de Germano, em Mariana (MG), operada pela Empresa Samarco.

A Barragem do Fundão era a principal estrutura para a disposição de rejeitos das operações de beneficiamento do Complexo Germano, localizado nos municípios de Mariana e Ouro Preto, no estado de Minas Gerais, a aproximadamente 150 km de Belo Horizonte. (SAMARCO, 2017).

Dezenove pessoas, entre membros da comunidade e empregados da Samarco e de empresas contratadas, desapareceram. Até junho de 2016, 18 corpos haviam sido identificados e um permanecia desaparecido. (SAMARCO, 2018)

O rompimento da barragem liberou cerca de 55 milhões de metros cúbicos de rejeito do processo de beneficiamento do minério de ferro (SAMARCO, 2018). Tal volume equivale a um cubo com aproximadamente 400 metros de lado e impactou diretamente Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, bem como fragmentos de mata ciliar. 39 municípios foram atingidos, desde Mariana (MG) até a foz na vila de Regência no município de Linhares (ES). Parte dos rejeitos foi carreada até o Oceano Atlântico, através da foz do Rio Doce, impactando a região e alterando o ecossistema marinho. (SILVA et al., 2016)

A Figura 15 mostra o caminho do material liberado pela Barragem de Fundão do município de Mariana até a Foz do Rio Doce.



Figura 15 – Caminho da lama oriunda da Barragem de Fundão.
Fonte:G1 MG (2015).

A investigação para determinar as causas da ruptura da barragem identificou uma série de fatores que acumulativamente levaram ao evento. Dentre eles, os procedimentos de construção do barramento, manutenção imprópria de sistemas de drenagem e monitoramento estrutural inadequado (Morgenstern et al. 2016).

PNUMA (2016) atesta que antes do colapso, diversos incidentes levaram a alterações do projeto original da barragem de Fundão. Foram estas mudanças que promoveram condições para a ruptura, ao proporcionarem problemas de drenagem interna do barramento, criando enormes volumes de areia saturada bem adjacentes ao barramento, aumentando o nível freático na estrutura, prejudicando a coesão e estabilidade do material constituinte. Imediatamente antes do colapso, três pequenos tremores de terra atingiram o barramento que já estava instável, liberando o material retido.

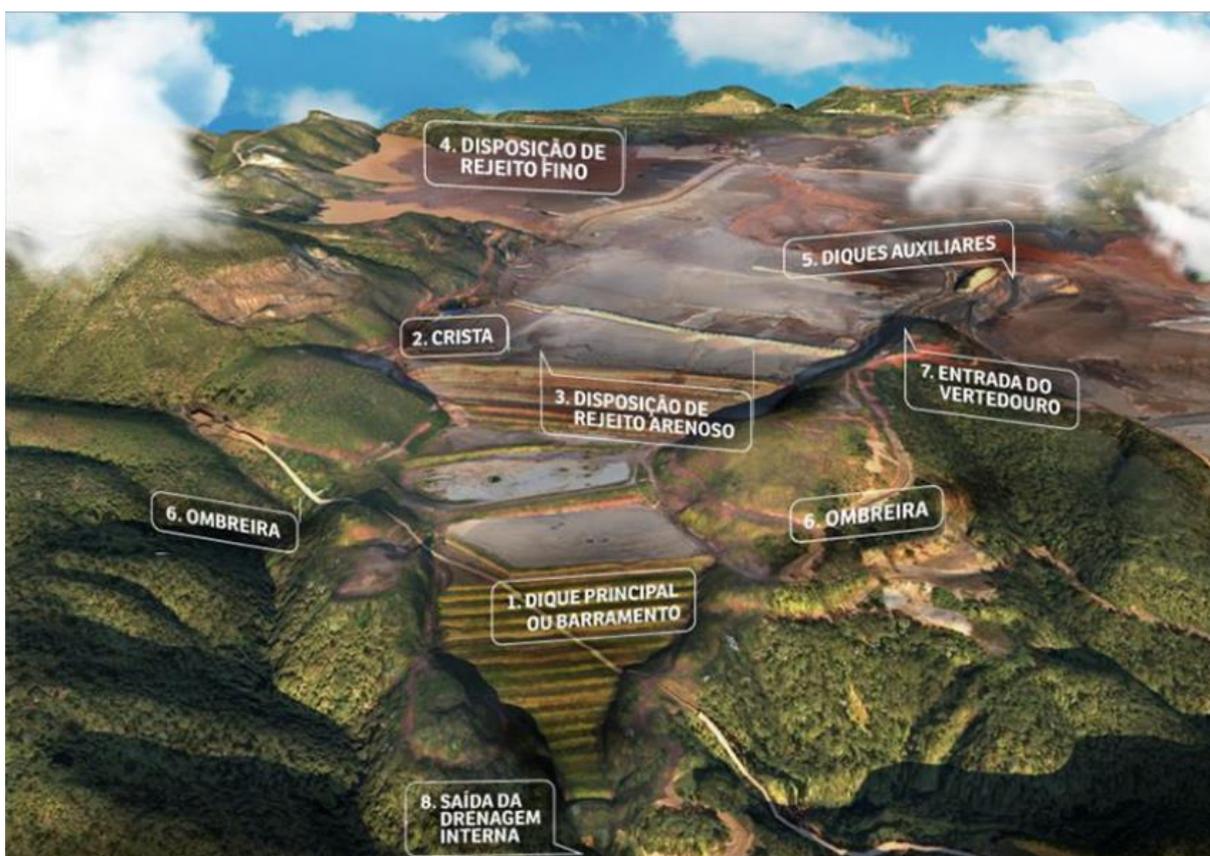
O Relatório de Segurança de Barragens referente ao ano de 2015 (ANA, 2016) também traz um diagnóstico do acidente e identificou como principais possíveis causas do incidente:

- Problemas diversos apresentados pelo sistema de drenagem interna da barragem desde a construção do seu dique de partida em 2009;
- Deposição de lamas em locais inapropriados dentro da estrutura considerando o método de **alteamento a montante**, não respeitando o limite mínimo de 200 m para a formação da praia estabelecido em projeto e,
- Alteração no projeto original de alinhamento da ombreira esquerda devido a problemas estruturais em um conduto de concreto interno para drenagem da barragem, que resultou em um recuo na posição da estrutura colocando “aterro diretamente sobre a lama previamente depositada” para com isso permitir a continuidade das operações no empreendimento.

Mais tarde, comprovou-se que a causa do colapsto foi liquefação.

Dessa maneira, os rejeitos decorrentes do rompimento de Fundão passaram por cima da barragem de Santarém – esta, usada na estocagem de água e sedimentos que se encontravam imediatamente abaixo da barragem de Fundão no Complexo de Germano. Houve erosão parcial no maciço de Santarém, com danos na parte da estrutura. O reservatório da barragem de Fundão passou por rápido rebaixamento, danificando ainda as estruturas do dique de Selinha e dos diques Sela/Tulipa, paredes laterais da barragem de Germano. (SAMARCO, 2018).

A Figura 16 mostra uma representação visual das estruturas auxiliares de uma barragem, incluindo as que foram afetadas no acidente.



**Figura 16 – Representação visual da estrutura das barragens do Complexo de Germano – Mariana/MG.
Fonte: SAMARCO (2018)**

A região entre o município de Mariana e a Hidrelétrica de Candonga foi a mais afetada, representando um trecho de 77 km de drenagem. As declividades do Ribeirão Santarém e do Rio Gualaxo do Norte favoreceram o aumento da energia cinética da massa lamosa de rejeitos, arrastando a vegetação e áreas urbanas na planície de inundação. A Usina Hidrelétrica Candonga (UHE) foi responsável pela retenção de grande parte do material carreado dos municípios e vegetações afetadas. (SILVA et al., 2016)

Para além do reservatório de Candonga, 10,5 milhões de m³ de rejeitos foram carreados, se diluindo ao longo do rio Doce, impactando cerca de 680 km de corpos hídricos da bacia hidrográfica, afetando o abastecimento público de água potável e a geração de energia em usinas hidrelétricas da região. (SAMARCO, 2018).

Em relação aos principais impactos decorrentes do acidente, em Novembro de 2015, O IBAMA publicou em seu site um Laudo Técnico Preliminar sobre o acidente, realizado após o acompanhamento in-loco da movimentação da mancha de lama de rejeitos.

Segundo o laudo, foram registrados (IBAMA, 2016):

- Mortes de trabalhadores da empresa e moradores das comunidades afetadas, sendo que algumas vítimas ainda restam desaparecidas;
- Desalojamento de populações;
- Devastação de localidades e a conseqüente desagregação dos vínculos sociais das comunidades;
- Destruição de estruturas públicas e privadas (edificações, pontes, ruas etc.);
- Destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas;
- Interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas (Candongá, Aimorés e Mascarenhas);
- Destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica;
- Mortandade de biodiversidade aquática e fauna terrestre;
- Assoreamento de cursos d'água;
- Interrupção do abastecimento de água;
- Interrupção da pesca por tempo indeterminado;
- Interrupção do turismo;
- Perda e fragmentação de habitats;
- Restrição ou enfraquecimento dos serviços ambientais dos ecossistemas;
- Alteração dos padrões de qualidade da água doce, salobra e salgada;
- Sensação de perigo e desamparo na população.

A Figura 17 mostra o estrago que o material contido na Barragem de Fundão fez no município de Bento Rodrigues (MG).



Figura 17 – Município de Bento Rodrigues, a jusante do Complexo de Germano, tomado pela lama.

Fonte: G1 MG (2015).

Além disso, com o objetivo de atribuir responsabilidade jurídica ao incidente, a Polícia Civil de MG também emitiu seu Laudo Criminal sobre o acontecido, disponibilizado na Internet. Neste documento, ela identifica as principais falhas de gestão de riscos e emergências que levaram o desastre a tomar as enormes proporções alcançadas.

Através da leitura do documento (POLÍCIA CIVIL MG, 2015), foi possível destacar alguns pontos relevantes, principalmente, para a temática de resposta a emergências, foco deste estudo:

- Foi indicado que o monitoramento da barragem era irregular e com equipamentos defeituosos;
- Foi recomendada uma atualização na carta de risco da estrutura em 2013 e 2014, mas a atualização não aconteceu até o rompimento da barragem;
- Nos dois anos sem atualização na carta de risco, houve um lapso temporal de mais de dois anos, quebrando a série de revisões anuais que vinha sendo estabelecida até então. Neste período, a barragem sofreu sucessivos alteamentos, alterando suas características estruturais, demandando novos

parâmetros de avaliação quanto à classificação das leituras dos instrumentos em situação normal, de alerta, atenção ou emergência;

- Falta de procedimentos de identificação e acionamento de emergências;
- Foi diagnosticado que o Plano de Ações Emergenciais do complexo era absolutamente ineficiente;
- A Samarco em mais de uma ocasião foi alertada sobre os problemas na barragem de Fundão e não tomou as devidas ações mitigativas;
- Foi denunciada a desorientação dos funcionários e da população sobre o que fazer em caso de emergência, sem treinamento e sem pessoas preparadas;
- Soube-se que um Plano de Ações Emergencial mais detalhado foi contratado pela Samarco, mas não foi implementado porque a empresa o considerou complexo e, conseqüentemente, mais caro, ignorando a importância da preparação para emergências;
- Os instrumentos de monitoramento e alerta encontrados estavam inativos quando a barragem rompeu;
- A Samarco retificou o Relatório Anual de Lavra pela internet, 18 dias após o rompimento. Apresentou os planos de emergência sem os nomes dos responsáveis e envolvidos;
- Não foram encontrados registros de treinamentos internos sobre os planos de emergência, tampouco de treinamentos com a população potencialmente afetada;
- Troca de emails e mensagens deixam claro que a Diretoria presidente recebia todas as informações sobre os problemas que aconteciam em Fundão;
- Escolha do tipo de barragem priorizou a minimização do custo sobre segurança;

Barbosa et al (2015), um mês após o acidente, publicou que já ficava evidente a necessidade de ações de resposta integradas a níveis local, regional, nacional. Isto se deu uma vez que as decisões, os recursos, a vontade política e a definição de ações emergenciais e continuadas se mostravam cada vez mais urgentes nestes níveis, de forma coordenada e praticamente simultânea durante as ações de emergência. Tal afirmação evidencia como a adoção de um sistema coordenado de resposta a emergência já era visto como boa prática pela academia nesse período.

Também foram encontrados depoimentos sobre as ações de comunicação do acidente da Samarco.

Segundo PINTO (2016), com base nos dados levantados pela pesquisadora em seu estudo de caso sobre comunicação corporativa de crises, a Samarco, ao enfrentar a gravíssima crise ocasionada pelo rompimento da barragem, negligenciou alguns dos preceitos básicos da gestão de crise e comunicação. Quando se deparou com o acidente, se absteve no primeiro momento de adotar procedimentos definidos como padrão de comunicação por normas pré-estabelecidas como o alerta sonoro para os funcionários que estavam na área operacional do Complexo de Germano e para que os moradores da comunidade local pudessem imediatamente se evadir da área afetada.

Ainda, segundo PINTO (2016), em segunda análise, foi possível constatar que a comunicação por parte da mineradora ao longo do evento ocorrido mostrou-se falha no que diz respeito à maneira com que as informações foram transmitidas por meio do porta-voz da empresa, gerando dúvidas, incertezas e esquivos de responsabilidades.

Vistas as causas e consequências do incidente de Mariana, além dos fatores críticos da gestão de emergência da empresa responsável, ainda segundo LOPES (2016), diversas medidas poderiam ter evitado o desastre ou minimizado seus impactos socioambientais tais como:

- a utilização de técnicas mais modernas para o descarte dos rejeitos;
- a manutenção frequente das barragens;
- a utilização de instrumentação eletrônica para o monitoramento das estruturas;
- a implementação de sistemas de alerta internos e na população a jusante, potencialmente afetada;
- a adoção de planos emergenciais eficientes e treinados e, sobretudo;
- uma fiscalização séria e eficiente pelos órgãos competentes.

PNUMA (2016) também atesta que dentre os fatores críticos que permitiram o alastre do acidente estavam o fato de a companhia minerária não possuir um plano de emergência útil, nem sinais de emergência e evacuação para os funcionários que estavam dentro do complexo de Germano bem como para as populações a jusante.

Além das perdas de vidas humanas e dos impactos ambientais imensuráveis, só de prejuízo econômico para a Samarco e seus colaboradores, de multas, foram mais de 345 milhões de reais (ZUBA, 2017). Dentro das 35 cidades afetadas de alguma maneira com o

evento, estima-se um valor de R\$ 145 milhões, com os quais as prefeituras gastaram com vigilância sanitária, abastecimento de água, de saúde pública por conta do desastre. O estado de Minas Gerais gastou mais de R\$ 12 milhões com o desastre. A parte de serviços, de agropecuária e de indústria somaram R\$ 540 milhões de prejuízos, fazendo com o que o valor gasto por terceiras partes, além da própria Samarco, chegasse a quase R\$ 1,2 bilhão em prejuízos decorrentes do acidente.(G1 MG, 2016). 22 pessoas foram indiciadas criminalmente e todas as operações e licenças ambientais da Samarco foram suspensas, paralisando totalmente o complexo industrial de Germano.

Dessa forma, este estudo de caso permite afirmar que foram diversos os fatores que fizeram a barragem de Fundão romper, e diversos também foram as falhas de resposta à emergência que permitiram que os impactos tanto se alastrassem.

Com isso, dada a análise da legislação aplicável apresentada no **item 3.6**, pode-se dizer que a Portaria DNPM 70.389/17 foi escrita, revogando as Portaria 416/2012 e 526/13, para obrigar a implementação de mudanças decorrentes do diagnóstico das principais falhas da Samarco em sua Gestão Segurança de Barragens.

Fatores como um correto e frequente monitoramento através de visitas *in site* e instrumentação eletrônica, sistemas de alerta e comunicação interna e externa e principalmente, um Plano de Ação Emergencial eficiente e treinado foram os principais pontos de melhoria trazidos pela portaria.

Feito o estudo de caso, o **Capítulo 5.2** apresenta de forma sucinta e expositiva, uma ferramenta de gestão de emergências já utilizada em diversos setores do mundo, chamada *Incident Command System*, que , assim como a Portaria DNPM 70.389/17, tem como ponto focal o tratamento de justamente o que foi sinalizado como sendo as principais falhas na gestão de emergências da SAMARCO: falta de treinamentos, falta de manutenção adequada da barragem, não-atribuição de responsabilidades para pessoas previamente, desorientação quanto ao que devia ser feito e gestão da comunicação interna e externa do evento.

5.2. Proposta de metodologia para gerenciamento de emergências: Incident Command System (ICS)

Conforme introduzido na revisão bibliográfica, este item apresentará os resultados obtidos na pesquisa sobre o ICS e sua aplicação, através da apresentação de seu histórico e de seus conceitos mais básicos e relevantes.

5.2.1. Histórico do ICS

O ICS foi desenvolvido na década de 1970 após uma série de incêndios catastróficos no Estado da Califórnia, Estados Unidos da América.

Durante um período de 13 dias, 16 pessoas morreram, 700 edificações foram destruídas e mais de meio milhão de acres foram queimados na Califórnia. (Corpo de Bombeiro Militar do DF, 2011).

Os custos totais estimados decorrentes dos incêndios foram de US\$ 18 milhões por dia (câmbio da época). Embora todas as agências e instituições que responderam aos incêndios tenham dado o melhor de si mesmas, a falta de comunicações integradas e coordenação entre elas levaram à perda de efetividade das ações desenvolvidas. (Corpo de Bombeiro do Paraná, 2018).

Após esta tragédia, o Departamento de Proteção Florestal e de Incêndios da Califórnia, a Secretaria de Serviços de Emergência e os Corpos de Bombeiros dos Condados de Los Angeles, Santa Bárbara e Ventura e o Corpo de Bombeiros da cidade de Los Angeles se juntaram ao Serviço Florestal dos EUA para desenvolver um sistema de resposta a emergências que atendesse às dificuldades encontradas no episódio. Este sistema, inicialmente, ficou conhecido como FIRESCOPE (*Fighting RESources of California Organized for Potential Emergencies*). Em 1973, a primeira equipe técnica do FIRESCOPE foi estabelecida para conduzir as pesquisas e o desenvolvimento do projeto. (Corpo de Bombeiro do Paraná, 2018).

Após analisar os resultados desastrosos da atuação integrada e improvisada de diversos órgãos e jurisdições naquele episódio, o FIRESCOPE concluiu que o problema maior não estava na quantidade nem na qualidade dos recursos envolvidos, nem nas ações táticas escolhidas para o combate, mas sim na dificuldade em coordenar as ações de diferentes órgãos e jurisdições de maneira articulada e eficiente. (FEMA, 2008)

O FIRESCOPE identificou inúmeros problemas comuns às respostas a sinistros envolvendo múltiplos órgãos e jurisdições, tais como (Corpo de Bombeiro do DF, 2011):

- Falta de uma estrutura de comando clara, definida e adaptável às situações;
- Dificuldade em estabelecer prioridades e objetivos comuns;
- Falta de uma terminologia comum entre os órgãos envolvidos;
- Falta de integração e padronização das comunicações;
- Falta de planos e ordens consolidados.

Dessa maneira, o ICS começou a ser estruturado pelo FIRESCOPE após as pesquisas realizadas sobre os episódios dos incêndios de 1970 na Califórnia.

Em 2001, nos EUA, o ICS foi então consolidado e utilizado pelo corpo de bombeiros no ataque terrorista às torres gêmeas. O destaque à boa atuação da entidade foi reconhecido e logo no ano de 2003, o presidente dos EUA, Jorge W. Bush decretou o NIMS (*National Incident Management System*), por meio da Diretiva Presidencial de nº 5 (*Homeland Security Presidential Directive nº 5 – HSPD 5*, determinando que em todo o solo americano, independentemente da causa, complexidade ou magnitude do incidente, a ferramenta ICS deve ser utilizada na gestão de emergências (CORPO DE BOMBEIROS DF, 2011).

Após a implementação por Lei em solo americano, o ICS foi utilizado em diversas outras ocorrências emergenciais na resposta ao Furacão Katrina e ao *Blowout* de Macondo³.

Cabe indicar que a adesão mundial à ferramenta é crescente, já sendo amplamente utilizada no setor de óleo e gás. No Brasil e no mundo, temos a Petrobras e a Chevron como exemplos de empresas que utilizam o ICS e treinam suas equipes para atuar em possíveis cenários de respostas emergenciais de diversas magnitudes.

Nos próximos itens são introduzidos os conceitos básicos e as ferramentas propostas pelo ICS, que visam facilitar e agilizar o trabalho dos respondedores a emergências.

5.2.2. Conceitos Básicos do ICS

O ICS, segundo o Manual da FEMA (FEMA, 2008), possui 14 conceitos básicos que norteiam todas as ações de resposta à emergência e seu planejamento.

A fim de facilitar o entendimento, serão elencados e explicados neste trabalho os 10 principais, escolhidos através da experiência profissional da autora.

5.2.2.1. Comando

Define e centraliza a atuação de comando durante a resposta a emergência, garantindo que objetivos, prioridades e orientações de resposta sejam centralizados. O comando pode ser exercitado por uma única pessoa, sendo esta chamada de Comandante do Incidente, ou por um conselho, formado por diferentes representantes das partes envolvidas na emergência, denominado Comando Unificado. (FEMA, 2013).

³ Informação obtida com profissionais atuantes na área.

No caso de emergências envolvendo barragens de mineração no Brasil, o Comandante do Incidente é o equivalente ao Coordenador do PAEBM da Portaria DNPM 70.389/17, conforme a definição:

“Agente, designado pelo empreendedor, responsável por coordenar as ações descritas no PAEBM, devendo estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência da barragem.”

5.2.2.2. Comando Unificado

No caso de emergências que envolvam diversas autoridades, não hierarquizadas entre elas, este conceito possibilita a criação de um comando formado por diferentes partes, viabilizando a tomada de decisão conjunta e o trabalho integrado e eficaz entre os mesmos sem afetar a responsabilidade/autoridade individual de cada um. (FEMA, 2008)

Para o caso de emergências grandes (Nível 3) envolvendo barragens de rejeitos de mineração, o ideal é que se forme um Comando Unificado dada a grande quantidade de atores responsáveis por diferentes áreas da resposta tais como o empreendedor, a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros (responsáveis pela evacuação da população e resgate de vítimas)⁴.

As vantagens da adoção de um Comando Unificado nesses casos são (Deal et al., 2006):

- Uma única estrutura organizacional de resposta, envolvendo todas as agências/atores;
- Um único combinado de objetivos comuns;
- Fluxo de Informação combinado entre todas as jurisdições;
- Redução de custos com instalações compartilhadas;
- Processo único de Planejamento;
- Processo coordenado e comum de solicitação de recursos;
- Diminuição de esforços duplicados.

5.2.2.3. Terminologia Comum

O conceito de Terminologia Comum preconiza o uso de nomenclatura única pelos membros da estrutura organizacional de resposta. Este conceito permite uma melhor

⁴ Informação confirmada com especialistas da área

comunicação entre toda a estrutura e facilita a interação entre organizações que estejam trabalhando em conjunto na resposta ao incidente mas que não trabalham juntas no dia a dia.

O ICS preconiza que todos os acionados devem estar familiarizados, e, para isso, treinados com as nomenclaturas utilizadas no ICS. Este alinhamento de linguagem permite a definição de uma Estrutura Organizacional clara, com os títulos e posições reconhecidas por todos integrantes da estrutura, além da identificação das instalações utilizadas durante um incidente e o conhecimento sobre os tipos de recursos disponíveis durante a emergência.

a) Em relação aos títulos/cargos envolvidos nas ações de resposta

Em relação à padronização dos títulos e posições contempladas em uma estrutura organizacional que atua em uma resposta a emergência, os Níveis organizacionais, Funções na estrutura e o Título do apoio são utilizados conforme mostra o Quadro 6:

Quadro 6– Padronização de títulos no ICS.

Nível/Equipe na EOR	Título da Autoridade	Título da Posição Suporte/Substitutiva
Comando	Comandante do Incidente	Adjunto
Equipe do Comando	Assessor	Assistente
Equipe Geral	Chefe	Adjunto
Subseção	Diretor	Adjunto
Divisões/Grupos	Supervisor	-
Unidade	Líder	Assistente
Força-Tarefa/Equipe de Intervenção	Líder	Chefe de Recursos Únicos

Ou seja, independente de qual seção da Equipe Geral estejamos falando, sempre a autoridade maior dela será chamado de Chefe da Seção. Os integrantes da Equipe do Comando, sempre serão assessores, etc.

Sobre os apoios, a nomenclatura se dá devido a sua diferença conceitual, visto que um adjunto é um profissional que recebeu os mesmos treinamentos e tem a mesma qualificação que o supervisor, sendo este o substituto daquele em caso de necessidade. O assistente atua de fato apoiando o supervisor, não possuindo a tomada de decisão como atribuição.

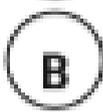
b) Em relação à padronização de instalações

O ICS prevê o estabelecimento de vários tipos de instalações de apoio às ações de resposta a um incidente, cada uma com uma função diferente. As mais comuns são: Posto de Comando, Bases, Áreas de espera e Áreas de Vivência. (FEMA, 2008).

As instalações devem ser ativadas pelo Comandante do Incidente em função da complexidade da resposta ao Incidente. Com exceção do posto de Comando do Comandante do Incidente (que deve ser instalado em todas as operações), somente devem ser ativadas aquelas instalações e áreas que se fizerem realmente necessárias, evitando desperdício de tempo e recursos. (Dealet al., 2006)

As áreas padronizadas melhoram a qualidade das operações e poupam tempo, diminuindo as dificuldades iniciais de organização de uma operação de resposta. Todas elas possuem um símbolo que deve ficar exposto em suas entradas, para reconhecimento de todos os participantes das ações de resposta, conforme apresenta o Quadro 7.

Quadro 7– Instalações previstas pelo ICS e suas características. Adaptado de Dealet al (2006).

Instalação	No que consiste	Símbolo
Posto de Comando	Posto de Comando é o lugar a partir do qual se exercem as funções de comando, devendo ser instalado em todas as operações que utilizaam o ICS, independentemente do tamanho e da complexidade da situação. Todos os integrantes do <i>Incident Management Team</i> devem se direcionar para lá quando acionados.	
Área de Espera	Refere-se ao local em campo onde recursos são alocados para pronta locação em campo. Nesta área todos os equipamentos devem estar aptos para uso, com manutenção e prazos de validade conferidos, para pronto uso. Esta área ficapróxima ao local de ocorrência do incidente, onde ocorrem as respostas de campo.	
Base	Refere-se ao local em campo onde recursos não prontos para uso são guardados. Todo equipamento que deve passar por qualquer tipo de ajuste ou manutenção antes de ir a campo, fica alocado na Base.	
Helibase	Onde aeronaves recebem todo tipo de manutenção e abastecimento	
Heliponto	Refere-se ao local de pouso e decolagem de aeronaves.	

Quadro 7– Instalações previstas pelo ICS e suas características. Adaptado de Dealet al (2006).

Instalação	No que consiste	Símbolo
Área de Vivência	Refere-se ao local onde pessoas dormem, almoçam e suprem suas necessidades básicas, estando também próxima ao incidente.	

5.2.2.4. Organização Modular

O conceito de organização modular determina a Estrutura Organizacional de Resposta (EOR) como flexível, podendo tanto contrair quanto expandir para se adequar às necessidades da emergência. (CBPR, 2011)

Cada incidente ou evento possui certas atividades ou funções que devem ser desenvolvidas para que o gerenciamento deste incidente ou evento seja possível. Se o incidente é pequeno, no caso de uma Emergência Nível 1 (identificação de uma rachadura tratável na crista da barragem, por exemplo), por exemplo, uma única pessoa pode assumir a liderança de todas as ações bem como todas as funções para gerenciá-la. Se, no entanto, o incidente ou evento for de grande magnitude ou complexidade, como uma Emergência Nível 3, muitas pessoas serão necessárias para desenvolver todas as ações e assumir todas as funções para gerenciá-lo, sendo que, cada uma dessas pessoas deverá compreender o papel que ela irá desempenhar naquela organização.

5.2.2.5. Gestão por Objetivos

A Gestão por Objetivos de uma emergência estabelece que todos os procedimentos relacionados à resposta visam o alcance de objetivos específicos estabelecidos pelo Comandante do Incidente/Comando Unificado no início da resposta.

O sistema de gestão permite que todos os envolvidos na resposta ao incidente, desde o nível mais baixo ao mais alto, tenham um objetivo comum.

A gestão por objetivos é uma das características do ICS, e neste caso, os objetivos devem ser desdobrados a partir das **prioridades** abaixo (FEMA. Material do Curso ICS 200, 2017):

- Pessoas (Garantir a Vida);
- Estabilização do Incidente
- Meio Ambiente (Preservação ambiental);
- Ativos (Preservação das instalações e reputação);

Os Objetivos da resposta para o Incidente devem, sempre que possível, atender as seguintes diretrizes “**SMART**”: (FEMA. Material do Curso ICS 200, 2017)

- *Specific*– Específico para o Incidente;
- *Measurable*– Mensurável, podem ser medidos e avaliados quanto a sua conclusão;
- *Attainable*– Atingível, com base nos recursos disponíveis;
- *Realistic*– Realística, com base nas capacidades reais das ações de resposta;
- *Time sensitive* – Orientados para a “janela de tempo” adequada para execução.

5.2.2.6. Controle de Expansão

Este conceito determina um número limite de recursos humanos (de 3 a 7, sendo 5 o ideal) a ser gerenciado por um único supervisor, para permitir a gestão adequadas dos mesmos. Caso esse número seja excedido, devem ser criados níveis de hierarquia intermediários, de modo a respeitar os valores recomendados. (Deal et al., 2006)

5.2.2.7. Comunicação Integrada

Preconiza a integração entre os meios de comunicação das unidades operacionais e de suporte envolvidos na resposta, de modo a facilitar a interação entre os mesmos e o alinhamento de informações do incidente. (FEMA, 2008)

5.2.2.8. Cadeia de Comando e Unidade de Comando

A cadeia de comando permite eficácia na atribuição de responsabilidades, garantindo que, caso um incidente real ocorra, o comando das ações de resposta seja claro e unidirecional. Cadeia de Comando consiste em uma linha ordenada de autoridades dentro dos níveis da organização de gerenciamento de incidentes. (FEMA, 2013)

Unidade de Comando é o conceito ICS que preconiza que todos os respondedores devam ter somente um supervisor designado para quem eles deverão se reportar durante a resposta ao incidente. (FEMA, 2013)

5.2.2.9. Gestão da Informação e Inteligência

Preconiza que a estrutura organizacional de resposta deva estabelecer um processo de obtenção, análise, avaliação, compartilhamento e gestão de informações relacionadas ao incidente. (FEMA, 2008)

5.2.2.10. Estrutura Organizacional de Resposta

A Estrutura Organizacional de Resposta de um plano de emergência é pré-definida dentro da instituição que utiliza o ICS. Ela consiste na definição de pessoas que ocuparão as funções emergenciais, pré-definidas. Na ocorrência de um incidente que exija o acionamento da equipe, todos já sabem com exatidão suas funções e já foram treinados, devendo estar aptos a atuar de acordo com a necessidade do cenário.

A estrutura é modular, possuindo fácil visualização e possibilitando a mobilização e desmobilização de funções de acordo com as demandas do cenário.

A EOR é dividida em duas equipes, uma que atua em campo com ações táticas e outra que atua no Posto de Comando na gestão das ações de resposta.

A primeira denomina-se Equipe de Resposta Tática - TRT, do inglês *Tactical Response Team* e a segunda, Equipe de Gestão do Incidente, do inglês IMT – *Incident Management Team*. Esta segunda equipe é dividida em Equipe de Comando (formada por assessores, que realizam atividades não operacionais) e Equipe Geral (formada pelos Chefes de Seção, que realizam com suas equipes todas as atividades operacionais da resposta).

Uma EOR pode ser exemplificada pela Figura 18, ratificando a capacidade de atendimento às necessidades e garantindo o controle de ações, possibilidade de eficiência na atenção aos objetivos e pré-definições claras das responsabilidades das equipes de resposta. Por fim, cabe ratificar que, a fim de garantir a eficácia no atendimento de emergências de diversas magnitudes, as Subseções, Unidades, Grupos, Divisões, Equipes de Intervenção e Forças Tarefa podem ser mobilizadas e desmobilizadas, expandindo ou contraindo a EOR em atenção às necessidades de resposta no cenário.

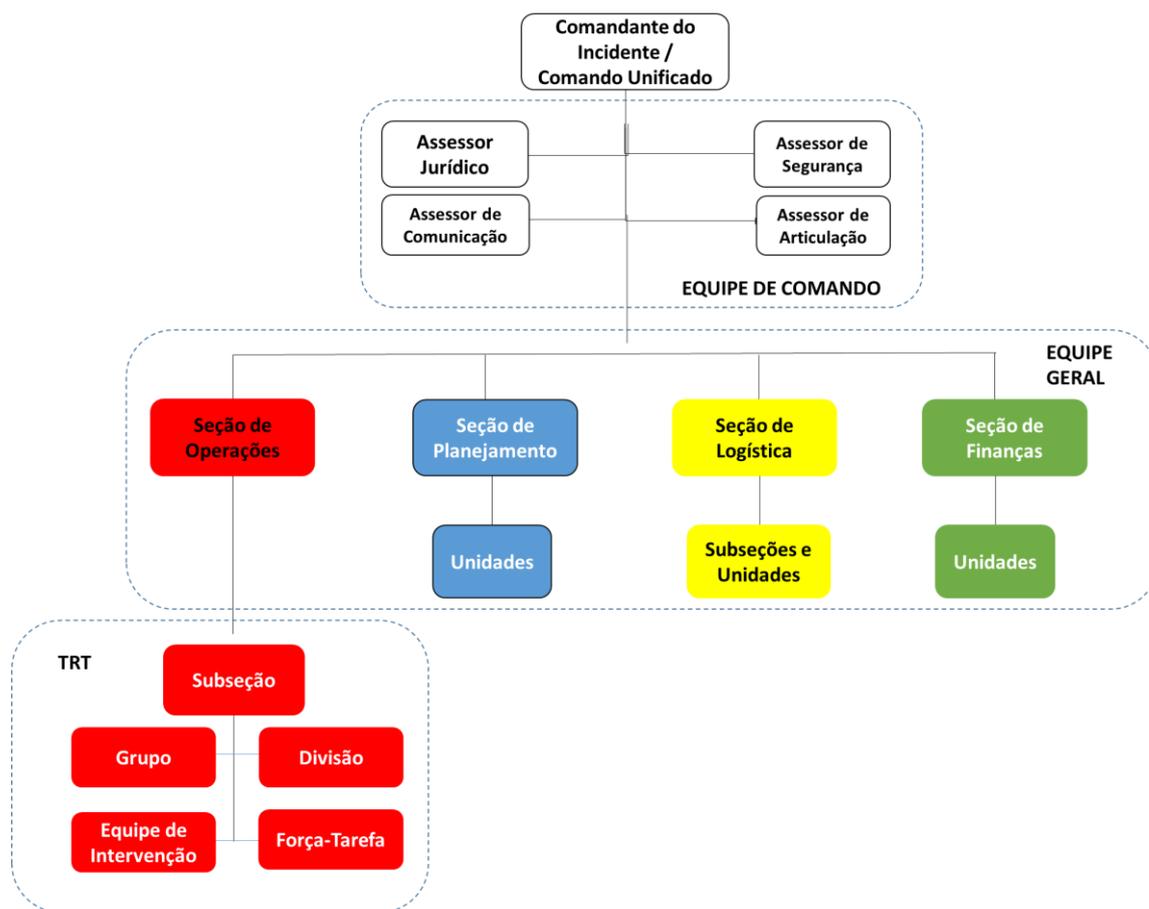


Figura 18 – Representação simplificada de uma Estrutura Organizacional de Resposta.
 Fonte: Elaboração própria. Adaptado de FEMA, 2013.

5.2.3. Ferramentas do ICS

Além dos princípios básicos norteadores das ações de emergência apresentados no item 5.2.2, o *Incident Command System* propõe uma série de ferramentas que visam facilitar a rotina dos gestores da emergência. São elas: formulários, o Quadro de Situação, reuniões com ocorrências pré-estabelecidas e o uso de coletes de identificação das pessoas que trabalham na emergência, cada um com a cor de sua respectiva área de função (Comando, Planejamento, Operações, Logística e Finanças).

5.2.3.1. Formulários

Os formulários ICS permitem a documentação e o arquivamento de informações críticas do incidente e das ações de resposta, apoiando a revisão, adequação e comunicação dos planos e procedimentos de emergência além de subsidiar eventuais ações ou processos jurídicos.

Existem formulários para as mais diversas tarefas como registro dos objetivos do incidente, atribuição de tarefas para o TRT, requisição de recursos, planos de comunicação,

planos de atividades aéreas, plano médico, definição da estrutura organizacional das equipes, análise de riscos, agendas de reuniões entre outros fatores críticos.

Esta ferramenta se dá como a principal facilitadora dos registros e da segurança jurídica que respaldará o empreendedor caso seja necessário. Através dos formulários, é possível provar o que foi feito, quanto de recursos se utilizou, os custos envolvidos, as pessoas participantes.

Existem diversos softwares como o Command Pro e o IAP Software, que fornecem os formulários de maneira integrada para o *input* de dados do incidente. Assim, cada equipe pode adicionar dados e consultar o que outras equipes estão fazendo, alimentando de forma segura e rastreável os dados da emergência.

5.2.3.2. Quadro de Situação

O Quadro de Situação é uma das principais ferramentas do ICS. Fixado no Posto de Comando, o painel ou quadro de situação expõe dados chave sobre a situação do incidente, permitindo a centralização e divulgação formal das informações.

Dispondo de forma resumida e ordenada as informações críticas do incidente, o quadro deve refletir sua situação atual bem como das ações de resposta. Sua atualização é feita mediante a obtenção de novas informações ou de alterações na situação até então conhecida.

5.2.3.3. Reuniões

O ICS possui um planejamento de reuniões que deverão acontecer em ciclos durante todo período operacional. Estas reuniões realizadas durante a gestão da emergência são bons procedimentos para alinhar demandas e comunicação, e deverão ter seu conteúdo registrado em ata de reunião, que servirá como documento oficial das decisões acordadas e informações debatidas.

Mais detalhes sobre as reuniões estabelecidas pelo ICS serão apresentados no **item 5.2.6.**

5.2.3.4. Colete de identificação

Para agilizar a identificação dos integrantes da EOR, facilitando a comunicação entre as equipes, em incidentes de grande magnitude com uma extensa estrutura organizacional de resposta (EOR), o ICS prevê que os integrantes do IMT deverão utilizar coletes de

identificação de acordo com sua seção/função, conforme definido na Figura 18 e apresentado no Quadro 8.

Quadro 8- Cores padrão para identificação visual das equipes de resposta.

Comandante do Incidente e Equipe de Comando	Seção de Operações	Seção de Finanças
	Seção de Planejamento	Seção de Logística

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de Deal et al (2006).

Os coletes deverão ter espaço para indicar nome e função do integrante, facilitando visualmente o encontro de determinada função dentro do Posto de Comando, tanto pelos demais membros da EOR quanto por visitantes externos (e.g. fiscais do órgão ambiental envolvido, defesa civil, outros), cujos coletes devem ter coloração diferenciada (e.g. cinza) dos integrantes da equipe de resposta.

5.2.4. Gestão de Comunicação do ICS

A gestão da informação do incidente do ICS pressupõe o compartilhamento, registro e arquivamento das informações críticas do incidente. A comunicação pode ocorrer tanto internamente (entre membros da EOR) quanto externamente (todos os agentes externos a EOR). Ambos os processos, interno e externo, devem ser orientados e observados pela equipe de resposta.

Gerenciar comunicação de crises e emergências significa pensar na decisão estratégica do que e como comunicar ao longo e após o evento ocorrido. Trata-se de como a organização irá se posicionar para esclarecimentos a todos os públicos com os quais se relaciona com o intuito de minimizar os impactos provocados ao negócio, imagem e reputação da empresa.(PINTO, 2016)

Funções na EOR com responsabilidades críticas na gestão da Informação:

- Comandante do Incidente/coordenador do PAEBM:
- Assessor de Comunicação:
- Assessor de Articulação:
- Assessor Jurídico:
- Seção de Planejamento: organizar, arquivar e disseminar a informação dentro da EOR .

A comunicação dentro do processo de gestão do incidente pode ser feita por via formal ou informal, conforme descrito abaixo:

5.2.4.1. Comunicação Formal

No ICS, as comunicações formais têm por objetivo garantir o registro da comunicação. Algumas ferramentas e processos ICS permitem a formalizar das comunicações durante a resposta à emergência, como o Quadro de Situação e os formulários ICS apresentados no **item 5.2.3**.

5.2.4.2. Comunicação Informal

Além da comunicação por meio formal, a troca de informações entre os integrantes da EOR é crucial para a dinâmica da resposta funcionar e para que o alinhamento sobre a evolução do incidente possa se der.

Desta forma, deve-se incentivar a livre circulação de dados, a não ser aqueles considerados críticos e restritos pelo IC, por toda a EOR.

5.2.4.3. Comunicação Externa

O estabelecimento de uma estratégia de comunicação com as partes interessadas (*stakeholders*) é de extrema importância durante a gestão da resposta a incidentes.

Essa estratégia deve contemplar procedimentos para a notificação inicial do incidente e envio de atualizações da situação da emergência e das ações de resposta (comunicação pós-incidente) aos órgãos ambientais e regulatórios, à população e outras entidades potencialmente afetadas.

Deve-se definir dados a serem reportados e listar atores prioritários para comunicação, buscando garantir integração e coerência no processo de notificação da emergência.

Segundo a Portaria DNPM 70.389/17, o empreendedor precisa notificar instituições externas que devem participar e/ou acompanhar as ações de resposta.

O ICS possui uma função da EOR exclusiva para isso. O **Assessor de Articulação**, dada a confirmação da emergência e seu acionamento, deve informar:

- Defesa civil estadual, municipal e nacional;
- Prefeituras envolvidas;

- Órgãos ambientais competentes e
- Agência Nacional de Mineração (ANM).

5.2.4.4. Registro e Segurança das Comunicações

A liberação segura de informações sobre o incidente é uma das peças chave para manter-se, dentro do possível, uma emergência sob controle.

O ICS prevê que informações sobre o incidente e sua resposta, devem ser divulgados para o mundo externo exclusivamente pela Assessoria de Comunicação, devendo ser previamente aprovados pelo Comandante do Incidente e Assessor Jurídico. Nenhum dado deve ser vinculado sem tais aprovações, para garantia da segurança da informação.

Além disso, quando autorizada, toda comunicação externa deve ser registrada e documentada pela Seção de Planejamento (Unidade de Documentação).

5.2.5. Gestão de Recursos do ICS

Uma gestão de recursos eficiente é vital para o sucesso das ações de resposta a uma emergência.

Para isso, o ICS prevê processos para categorização, solicitação, despacho, controle e otimização do emprego dos recursos. Para o controle, é utilizado o formulário ICS 213 RR.

É importante ficar claro que cada recurso utilizado no incidente, independente da instituição a que pertença passa a fazer parte do sistema, ficando sob a responsabilidade do comandante do incidente. Recursos são definidos como pessoal, equipes, equipamentos, suprimentos e instalações disponíveis ou potencialmente disponíveis para serem utilizadas no apoio ao gerenciamento do incidente ou nas atividades operacionais de resposta. (CBPR, 2011).

5.2.6. Planejamento de Resposta a Emergência

Apresentados os princípios básicos que norteiam todas as ações de resposta e as ferramentas trazidas pelo ICS, objetiva-se agora explicar como de fato funciona a rotina do planejamento e da gestão de uma emergência através deste sistema.

A fim de exemplificar, será dado um exemplo de **acionamento** de emergência envolvendo barragens de rejeitos:

- I- Ao ser detectada uma anomalia de instabilidade de talude de Pontuação 10 no Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V da Portaria DNPM 70.389/17, a Equipe de Monitoramento e Inspeção da Barragem Exemplo convoca o Coordenador do PAEBM para avaliação da mesma;
- II- Ao chegar no local, o Coordenador do PAEBM caracteriza a Emergência como Nível 3, em que há possibilidade real de ruptura de parte da estrutura e aciona o PAEBM;
- III- A primeira coisa a ser feita, demandada pela Portaria DNPM 70.389 é ordenar que sejam disparados os alarmes internos e das populações a jusante, assim como acionar a Defesa Civil, responsável pela evacuação;
- IV- Após a evacuação, o Coordenador do PAEBM deve convocar a Equipe de Resposta (EOR) que achar convenientes. Em uma emergência de Nível 3, possivelmente todas as funções das Equipes de Comando e Geral serão necessárias. Com isso, todos os membros acionados deverão se dirigir para o Posto de Comando determinado, onde lá iniciarão os preparativos para a resposta.

No Posto de Comando, deverão ser tomadas as primeiras decisões/ações determinadas pelos planos emergenciais, neste caso, o PAEBM.

A partir do momento em que a EOR estiver reunida no Posto de Comando, se inicia o processo de Planejamento das ações de resposta a emergências do ICS, que consiste numa metodologia chamada “Plano P”.

O Ciclo de Planejamento Operacional do ICS (ciclo P) é o mecanismo utilizado para desenvolver e disseminar um Plano de Ação do Incidente - IAP (*Incident Action Plan*) eficaz para cada período operacional/ciclo de vida durante a resposta. Este desenvolvimento envolve o atendimento à legislação, a realização de reuniões do Ciclo de Planejamento Operacional da Fase Reativa e a geração de documentos de controle, os formulários, que auxiliam na gestão, sendo estes últimos com o uso facultativos dentro do ICS.

A resposta divide-se em duas Fases, sendo a Resposta inicial, chamada de Fase Reativa e a Fase Proativa, que, de fato, contempla o IAP como produto para o período operacional seguinte. O chamado Período Operacional refere-se às ações de resposta em que se deseja alcançar os objetivos. A Figura 19 embasa a resposta pela metodologia ICS (DEAL et al., 2006).

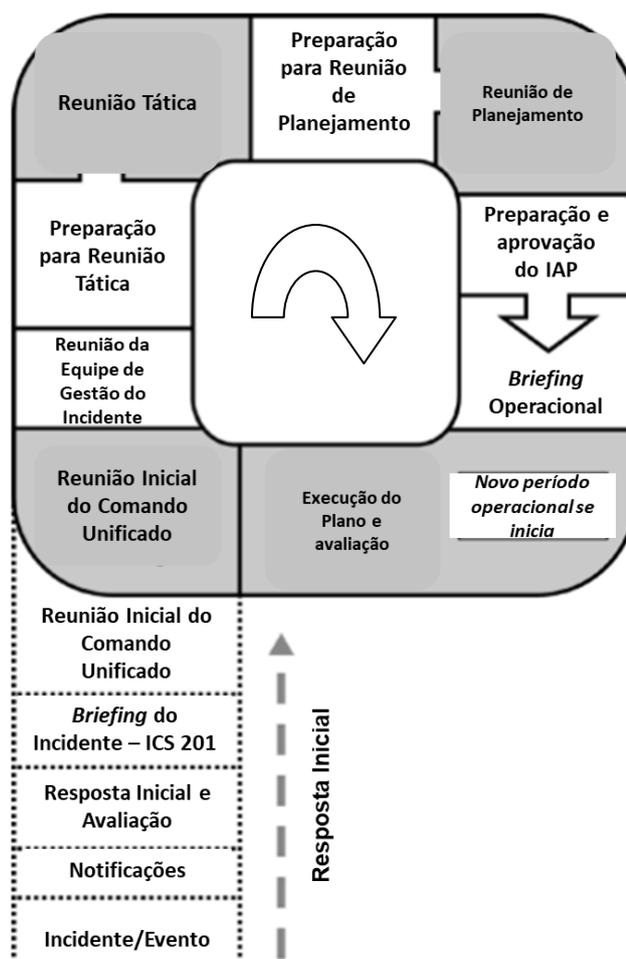


Figura 19 – Figura explicativa do Ciclo “P” do *Incident Command System*.
 Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.

5.2.6.1. Resposta Inicial – Fase Reativa

Todo incidente se inicia com a constatação de sua ocorrência. Esta constatação, os fluxos de comunicação inicial e as ações iniciais de resposta devem estar bem estruturadas dentro de uma organização que atua em um cenário de resposta à emergência. A resposta inicial se enquadra na “perna do P” (Figura 20).

O conteúdo mínimo do PAEBM, explicitado no **item 3.6.5.1**, mostra que é necessário pré-definir-se fluxos de comunicação inicial e ações iniciais para os 3 níveis de resposta à emergência. Ao olhar-se a Fase Reativa do ICS, percebe-se que ela aborda exatamente estes processos.

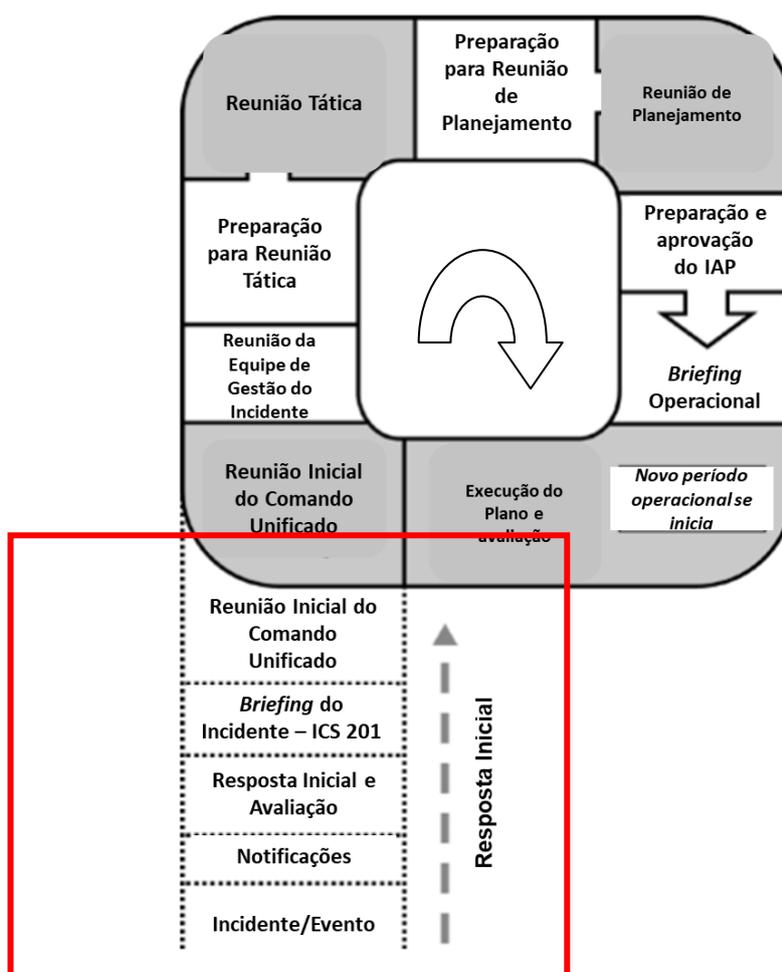
A resposta inicial, geralmente, é organizada através de operações táticas e não há um procedimento padrão formal de planejamento. Todas as funções e ações necessárias são feitas pelo Comandante do Incidente, a não ser que ele solicite apoio. (DEAL et al.,

2006). Como já visto, numa emergência Nível 3, certamente será solicitado o acionamento de outros membros da EOR.

Segundo DEAL et al., (2006), felizmente, a grande maioria das operações de resposta a emergência não saem da fase reativa. As ações de resposta se iniciam e terminam na “perna” do P. Numa comparação com emergências envolvendo barragens rejeitos de mineração, pode-se esperar que a maior parte das emergências sejam de níveis 1 e 2, uma vez que a ruptura/extravasamento de uma barragem ocorram em frequências muito menores.

Esta resposta subdivide-se em “Notificações, “Resposta Inicial e Avaliação” e “Briefing do Incidente”, no qual um documento de controle, o formulário ICS 201 é utilizado (FEMA, 2013). Na Figura 20, o “P” é apresentado e as etapas de resposta reativa destacadas.

Em seguida, serão brevemente explicadas as etapas da Fase Reativa do Ciclo P.



**Figura 20 – Figura explicativa do Ciclo “P” do Incident Command System – Fase reativa do planejamento das ações de resposta em vermelho.
Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.**

- Incidente/Evento

Este momento é tido como a ocorrência da emergência em si e sua detecção.

- Notificações

As notificações, são como o nome diz, a sinalização sobre o ocorrido, a comunicação inicial. Há três tipos de notificações neste momento: as internas, feitas na própria unidade de atividade minerária; as externas dentro da organização, que são realizadas para o IC e demais partes cuja comunicação inicial do incidente é determinada em um fluxo pré definido dentro da empresa; e, as notificações externas, sendo realizadas aos órgãos ambientais, agências reguladores e outras partes interessadas que devem ser notificadas por determinações legais, conforme a Portaria DNPM 70.389 preconiza.

- Resposta Inicial e Avaliação

O período de resposta inicial e avaliação ocorre em todos os incidentes. As respostas de curto prazo, que são pequenas em escopo e/ou duração (por exemplo, alguns recursos trabalhando em um período operacional), podem frequentemente ser coordenadas usando apenas o ICS-201 (Formulário de Instruções do Incidente). (USGC, 2006)

Durante a Resposta Inicial, os planos pré-existentes são executados pelo TRT, que já deve estar treinado para atuar nesta primeira resposta. No caso de barragens de rejeitos de mineração, é o momento em que o PAEBM é colocado em prática.

Caso seja constatado que os objetivos da resposta ao incidente não serão alcançados com a utilização dos Planos pré-existentes, a metodologia ICS apresenta uma solução diferenciada, possibilitando o início imediato da Fase proativa, com a elaboração de um novo plano específico para atender àquele incidente e estruturação da equipe de forma a atender as demandas do cenário. (Deal et al., 2006)

- Briefing do Incidente

O Briefing do Incidente, que também dá nome ao Formulário ICS 201, ocorre independente da passagem de fase do ciclo operacional. O documento provê informações básicas, focando à situação do incidente e os recursos alocados na resposta, servindo como um registro permanente da resposta inicial do incidente (ICS 300 FEMA, 2013).

O documento supracitado atua também como o plano de ação da fase reativa, podendo ser atualizado periodicamente até o fim da emergência ser decretado e os objetivos nele contido vão também sendo atualizados de acordo com o alcance dos mesmos. (DEAL et al., 2006)

Caso seja definida a passagem à Fase Proativa de resposta, o Formulário ICS 201 serve como documento descritivo da ocorrência, podendo ser utilizado como documento oficial e enviado a órgãos, caso seja solicitado.

- Reunião Inicial do Comando Unificado

Se a resposta a um incidente for gerenciada por um único Comandante do Incidente, essa etapa do Planejamento Operacional P não será necessária.

Apesar disso, respostas que utilizam o Comando Unificado são comuns para emergências de grandes magnitudes. Ao se pensar em eventos envolvendo barragens de rejeitos de mineração, caso a emergência extrapole os limites da empresa, o Comando Unificado é quase certo, visto que quem assume o resgate de sobreviventes/corpos é a Defesa Civil com o apoio dos bombeiros.

Esta reunião é onde os comandantes unificados se reúnem para discutir e concordar sobre questões importantes de resposta antes de entrar e processo de planejamento integrado. (DEAL et al., 2006)

5.2.6.2. Resposta Continuada – Fase Proativa

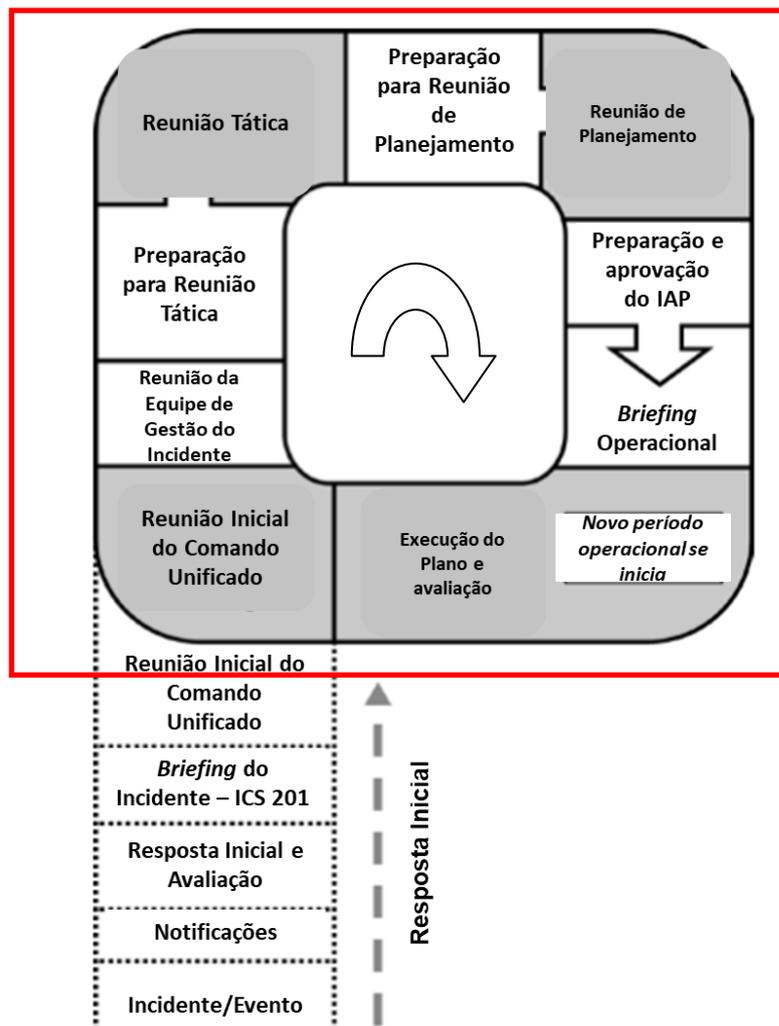
Caso o Comandante do Incidente/Comando Unificado avalie que a resposta inicial à emergência não está sendo (ou pode não ser) suficiente para atingir os resultados esperados, a Fase Proativa é iniciada, saindo da “perna” do P”. (USCG, 2006)

Quando ocorre a mudança do ciclo da resposta para a fase proativa, uma das primeiras coisas que o IC decide é o período operacional. Ou seja, deve-se estabelecer um prazo para que as ações ocorram e os objetivos sejam revistos. Este período operacional é de suma importância, pois o objetivo, tal como a logística de recursos, será feito para atender às necessidades deste período.

Inicialmente é comum que o período operacional seja diário, gerando Planos de Ação do Incidente – IAP diários, mas, após a resposta entrar em uma fase mais controlada, a tendência é que o período operacional fique mais longo (ICS 300,2017).

Cabe ressaltar que durante a elaboração do primeiro IAP, a equipe de campo está atuando com o ICS 201 (ICS 300, 2017), conforme visto no item **5.2.6.1**.

A Figura 19 ilustra a fase proativa da resposta do ICS e as etapas previstas são descritas em seguida.



**Figura 21 – Figura explicativa do Ciclo “P” do Incident Command System – Fase proativa do planejamento das ações de resposta em vermelho.
Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA (2008).**

- Reunião do Comando de Definição/Revisão dos Objetivos e Prioridades

A primeira reunião da Fase Proativa tem como objetivos (Witt O'Brien's, 2016):

- Desenvolver prioridades e objetivos da resposta (para tal usa-se o formulário ICS 202);
- Identificar limitações e restrições do incidente;
- Identificar informações críticas a serem imediatamente comunicadas ao Comando Unificado;
- Definir ações/orientações para o IMT (para tal usa-se o formulário ICS 233);
- Definir Estrutura Organizacional de Resposta (ICS 207);

- Definir nome do incidente, localização de instalação e duração do período operacional e
- Definir a agenda de reuniões (ICS 230).

Participam desta reunião o Comandante do Incidente, Chefe da Seção de Planejamento e, comumente, o Líder da Unidade de Documentação, Líder da Unidade de Situação e Chefe da Seção de Operações (Witt O'Brien's, 2016). O líder da unidade de documentação principalmente atua na elaboração dos formulários supracitados, documentando-os e disponibilizando-os para toda a EOR.

- Reunião da Equipe de Gestão do Incidente

O Comando do Incidente/Comando Unificado pode se reunir com a Equipe de Comando e a Equipe Geral para reunir informações ou fornecer orientação imediata que não pode esperar até que o processo de planejamento seja concluído. Essa reunião ocorre conforme necessário e deve ser o mais breve possível. (FEMA, 2008)

Participam todos da Equipe de Gestão do Incidente, todos os chefes do IMT, além dos Líderes da Unidade de Documentação e da Unidade de Situação (Witt O'Brien's, 2016). Os demais integrantes de unidade e seções continuam realizando suas funções no Posto de Comando.

- Preparação para Reunião Tática

Durante esta fase do Ciclo de Planejamento Operacional, o Chefe da Seção de Operações e o Chefe da Seção de Planejamento iniciam o trabalho de preparação para a próxima Reunião Tática. (USGC, 2006)

Eles revisam os objetivos do incidente para determinar aqueles que são responsabilidade do Chefe da Seção de Operações e consideram as prioridades do Comando, uma vez o Chefe da Seção de Operação será figura central da reunião em seguida. (USGC, 2006)

- Reunião Tática

A terceira reunião da Fase Proativa tem como objetivos a elaboração de estratégias e táticas para o campo, de maneira a atingir objetivos estabelecidos, assim como recursos necessários para esta finalidade. (DEAL et al., 2006)

Claramente, o Chefe da Seção de Operações é um ponto focal desta reunião, mas outras funções são essenciais para que as prioridades sejam garantidas, tal como o Assessor de Segurança, que deve analisar os riscos das atividades previstas e realizar as proposições necessárias, o Chefe da Seção de Logística, responsável por fornecer os

recursos necessários para a resposta e o Chefe da Seção de Planejamento, que identifica recursos em risco, cria sistemas de controle de recursos e documentação, além de desenvolver planos complementares que possam se fazer necessários.

Nesta reunião são elaborados os formulários ICS 204, que são direcionados a cada frente de atuação em campo.

Preparação para Reunião de Planejamento

Esta fase prevê o Reajuste do Plano de Ação do Incidente, a finalização de formulários elaborados e a elaboração de novos documentos, conforme necessidade.

- Reunião de Planejamento

A quarta reunião da Fase Proativa tem como objetivos a apresentação do Plano de Ação do Incidente desenvolvido ao Comandante do Incidente, considerando possíveis revisões e comentários do Comandante e a aprovação do Plano. Participam desta reunião o Comandante do Incidente, os integrantes da Equipe de Gestão, os Chefes das Seções e os Líderes das Unidades de Documentação e Situação. (DEAL et al., 2006)

- Briefing Operacional

Nesta etapa o Chefe da Seção de Operações apresenta plano proposto para a equipe tática (TRT).

- Execução do IAP, Avaliação do Andamento e Início do Novo Período Operacional

Nesta última etapa de um ciclo operacional o IAP é implantado em campo enquanto a equipe do Posto de Comando reinicia o procedimento de planejamento. O processo se reinicia a partir da Reunião do Comando, a fim de gerar o IAP 2, sendo este o segundo Plano de Ação do Incidente, que será elaborado para o segundo período operacional. (DEAL et al., 2006)

5.2.7. Plano de Ação do Incidente

Ao fim do ciclo operacional da emergência, será gerado um Plano de Ação do Incidente (IAP, do inglês *Incident Action Plan*). O Plano de Ação do Incidente é basicamente o compilado dos formulários elaborados durante o ciclo P, os quais estão definidos na .

O Plano de Ação do Incidente deve ser objetivo, completo e de fácil leitura, pois os principais utilizadores serão os atuantes em resposta de campo, ou seja, o TRT. O IMT planeja e dá suporte às operações táticas, sempre entregando o IAP que deverá ser colocado em prática no período operacional seguinte.

Cabe ressaltar que outros formulários também têm seu uso preconizado pelo ICS, não estando abaixo minudenciados, pois são documentos de gestão durante o ciclo operacional, não sendo anexados ao IAP. Estes são de grande importância, pois apoiam a elaboração dos documentos finais constituintes do Plano de Ação do Incidente.

Ressalta-se que a equipe participante de uma resposta utilizando o ICS deve estar treinada e ser capaz de executar as atribuições previstas para a sua função, garantindo o fluxo e a efetividade de toda a resposta e a atenção aos objetivos esperados. A **Figura 22** indica, dentro das etapas do ciclo “P”, o fluxo de elaboração dos formulários constituintes do IAP.

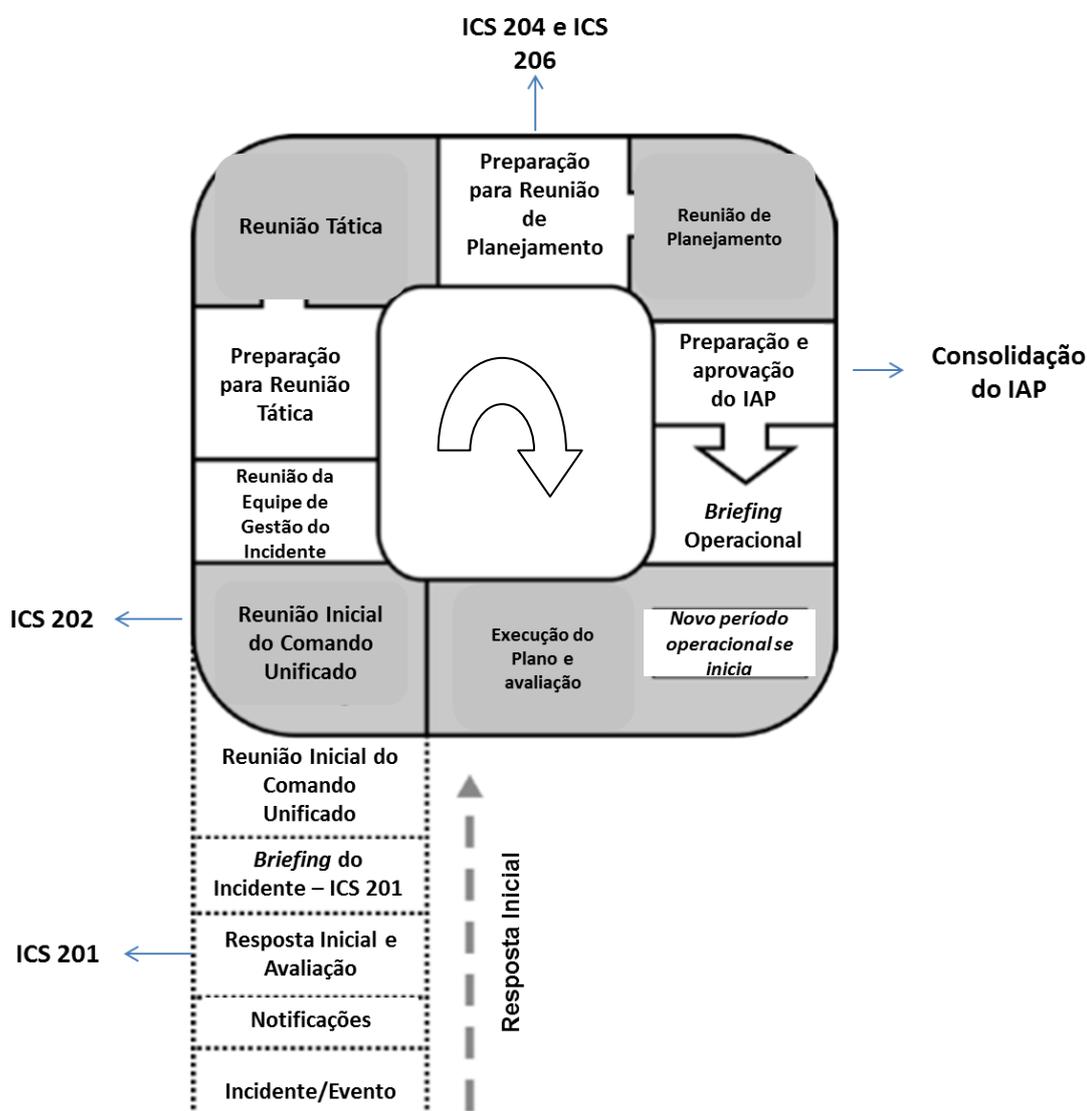


Figura 22 – Figura explicativa do Ciclo “P” do Incident Command System, com indicação dos formulários ICS preenchidos em cada etapa.

Fonte: Autoria própria. Adaptado de FEMA, 2008.

5.2.8. Treinamentos previstos pelo ICS

Considerando os conceitos e procedimentos específicos do ICS, e como já dito antes, os membros da EOR, titulares e substitutos, deverão receber treinamento teórico e prático para capacitação e conhecimento de suas atribuições e responsabilidades durante uma resposta a emergência.

Os treinamentos e simulados são a chave de uma resposta eficiente.

A agenda de treinamento deverá ser planejada pelo Comandante do Incidente (Coordenador do PAEBM) de forma a atender a frequência mínima estipulada pela Portaria DNPM 70.389/17. Dessa maneira, a agenda de treinamentos deverá considerar os eventos mínimos, descritos no Quadro 9.

Quadro 9 - Proposta de treinamentos, exercícios e simulados para capacitação da Estrutura Organizacional de Resposta no Sistema de Comando de Incidentes (ICS).

Treinamento/Simulado	Público Alvo	Objetivo	Frequência Mínima de Realização
Introdução ao Sistema de Comando de Incidentes (Teórico)	Membros titulares e substitutos da EOR (incluindo Equipe de Resposta Tática)	Apresentar, alinhar e prover esclarecimento sobre o Sistema de Comando de Incidentes, suas ferramentas e conceitos básicos.	Duas vezes ao ano*
Exercício Prático	Membros titulares e substitutos da Equipe de Gerenciamento de Incidentes	Exercitar a ativação, comunicação e atribuições dos membros da EOR, assim como os procedimentos e fases de gerenciamento da emergência.	Duas vezes ao ano*
Simulado Completo (Prático)	Membros titulares e substitutos da EOR (incluindo Equipe de Resposta Tática)	Simulado prático do PAEBM. Exercitar a coordenação das atividades de gerenciamento e planejamento da emergência, assim como a mobilização e operacionalização de recursos de resposta em campo e comunicação e mobilização de <i>stakeholders</i> .**	Uma vez ao ano*
*Ou quando houver alteração nas atividades desempenhadas pelo empreendedor, assim como quando novos integrantes forem incorporados a Estrutura Organizacional de Resposta. **Obrigatório por lei. O empreendedor deve facilitar os exercícios da Defesa Civil e possibilitar o simulado.			

Fonte: Elaboração própria. Baseado em FEMA, 2013 e Portaria DNPM 70.389/17.

Outros treinamentos poderão ser realizados de modo complementar segundo desempenho dos membros de cada equipe da EOR, tais como treinamentos operacionais (sobre procedimentos preventivos e corretivos e instrumentação de barragem) e workshops

específicos, de modo a englobar os diferentes cenários acidentais que potencialmente ocorram durante as atividades de mineração.

Ao final de cada treinamento/simulado, deverá ser elaborado um relatório de avaliação com a descrição do desempenho dos colaboradores, que deverá ser anexado ao Volume III do Plano de Segurança de Barragens – Registros e Controles.

5.3. Inter-relação das falhas diagnosticadas na gestão de emergências da Samarco com a Portaria DNPM 70.389 e os princípios básicos do ICS

Para encerrar o Capítulo de Resultados, é apresentada uma análise mostrando as principais falhas diagnosticadas no Estudo de Caso da Barragem de Fundão e os pontos focais do ICS, apresentados no **item 5.2**.

Segundo o estudo de caso, podem ser retirados alguns pontos chave considerados como as principais falhas da Samarco em sua gestão de emergências: Estes são apresentados no Quadro 10, sendo correlacionados com o artigo da Portaria DNPM 70.389/17 e com o respectivo princípio básico do ICS.

Quadro 10 – Resultados obtidos através do estudo de caso proposto, análise da Portaria DNPM 70.389/17 e estudo dos manuais do *Incident Command System*.

Falha da Samarco Identificada		Portaria DNPM 70.389/17	Princípio Básico do ICS
#1	Falta de procedimentos para a identificação e acionamento de emergências.	Seção V – definição de situações de emergência Art 34 Inciso VI, VIII e XXI	5.2.2.7 Comunicação Integrada 5.2.2.1 Comando
#2	Ausência de pessoas com responsabilidades pré-estabelecidas numa ação de emergência	Item 9 do conteúdo mínimo do PAEBM	5.2.2.10 Estrutura Organizacional de Resposta
#3	Ausência de dispositivos de alarmes internos na área da barragem e externos para a evacuação da população a jusante.	Art 34, Inciso XXIII Traz a obrigatoriedade da instalação de sistemas de alarmes sonoros para a população potencialmente afetada nas zonas de autossalvamento	5.2.2.7 Comunicação Integrada
#4	Comunicação corporativa de crise pouco estratégica: não foram fornecidas informações ao público em geral de maneira satisfatória e de forma a evitar confusões e diminuir o alarde entre a população afetada.	N/A	5.2.2.7 Comunicação Integrada 5.2.2.9 Gestão da Informação e Inteligência

Quadro 10 – Resultados obtidos através do estudo de caso proposto, análise da Portaria DNPM 70.389/17 e estudo dos manuais do *Incident Command System*.

Falha da Samarco Identificada		Portaria DNPM 70.389/17	Princípio Básico do ICS
#5	Desorientação da população acerca da evacuação da área atingida	Art 34, inciso XIV	5.2.8 Treinamentos previstos pelo ICS
#6	Ausência de registros sobre treinamentos e simulados de emergência tanto dos funcionários da empresa, quanto da população a jusante, potencialmente afetada.	Art 34, incisos III e IV	5.2.8 Treinamentos previstos pelo ICS 5.2.4.4 Registro e Segurança das Comunicações

É importante ressaltar que para fins acadêmicos, objetivou-se realizar a correlação dos itens específicos mostrados acima, oriundos do Estudo de Caso de a gestão de Emergências da Samarco. Porém, na realidade, entende-se que existem outros inúmeros motivos para a adoção de um sistema de gestão de emergências, sendo estes necessários e benéficos por diversos outros motivos, apresentados ao longo do **item 5.2**.

PNUMA (2016) apresenta a preparação para a resposta a emergências como um dos 6 fatores decisivos para uma governança eficiente da atividade mineradora.

Segundo o relatório, este fator inclui melhorias nos sistemas de instrumentação de monitoramento. Também é abordada a adoção de sistemas de resposta a emergências e treinamentos do pessoal interno e de comunidades potencialmente afetadas em resposta a emergências, justificando, mais uma vez, a importância da adoção de um sistema de gestão de emergências como o ICS.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho de conclusão de curso teve o objetivo de identificar e propor uma solução para os procedimentos mais críticos de gestão de emergências envolvendo barragens de rejeitos de mineração.

Para isso, foi apresentada uma revisão bibliográfica que continha informações sobre a atividade mineradora e seus processos de beneficiamento de minérios, aspectos sobre os rejeitos e suas formas de destinação final.

No capítulo de Metodologia, foram apresentados os materiais e os métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos para o trabalho.

No capítulo de Resultados, foi feita uma análise da legislação de Segurança de Barragens, incluindo a Portaria DNPM 70.389, a mais recente do referido assunto.

Em seguida, foi apresentado um estudo de caso baseado em documentos oficiais do IBAMA e da Polícia Civil, entre outros, sobre o acidente da Barragem de Fundão em 2015 e falhas constatadas determinantes para a criação da nova Portaria DNPM 70.389/17. Estas falhas, como já mostrado, consistem de forma resumida na total desorientação interna e da população afetada quanto aos procedimentos de emergência, ausência de registros de treinamentos dos planos de ação emergenciais, falha de comunicação interna e com stakeholders.

Após as constatações acima, foi discorrido sobre o *Incident Command System*, ou, Sistema de Comando de Incidentes. Este sistema consiste numa metodologia de Sistema de Resposta à Emergências, aplicável à acidentes de qualquer tamanho e magnitude, inclusive para o tratamento de emergências dos Níveis 1, 2 e 3 de barragens de Mineração.

Dessa forma, foi apresentado que o ICS traz como seus pontos chave fatores que focalizam justamente nas falhas encontradas tais como:

- Treinamentos e simulados pré-estabelecidos de planos de emergências e equipe de resposta;
- O Comando Unificado;
- A definição de uma Estrutura Organizacional, com atribuição de funções e responsabilidades à equipe de resposta previamente o acontecimento de qualquer emergência;
- Gestão de comunicações integrada;
- Controle dos recursos utilizados e

- Registro de todo tipo de informação gerada para o devido ratreamento através do formuláros ICS.

Assim, através da apresentação dos conceitos mais básicos do ICS e da indicação de experiências que garantem as boas práticas que o sistema traz, foi possível mostrar como as principais falhas estudadas na gestão de emergências da Samarco poderiam ter sido minimizadas se devidamente gerenciadas.

Com isso, a contribuição deste trabalho é propor que, assim como nos Estados Unidos, seja definida uma metodologia padrão de tratamento de emergências de grande porte, como o *Incident Command System* (aplicável também a pequenos incidentes), para que seja possível um esforço uníssono, com treinamentos e simulados comuns, com atribuições e responsabilidades já pré-definidas entre empreendedor, Defesa Civil e corpo de bombeiros, Polícia Civil, DNPM, IBAMA, e entre quaisquer outras partes interessadas que possam estar envolvidas.

Tal visão é reforçada pelo *Federal Guidelines for Dam Safety*, ou, Documento de Diretrizes para Segurança de Barragens da FEMA (Estados Unidos). Neste documento, fala-se sobre como a eficácia de um PAEBM pode ser reforçada por um formato uniforme que garanta que todos os aspectos críticos de um planejamento de emergência sejam abordados. Também se reforça que planos de ação emergenciais uniformes em coordenação avançada com autoridades de gestão de emergências devem facilitar a resposta a eventos reais.

Acredita-se que este esforço uníssono seria capaz de agilizar os procedimentos de resposta, diminuir barreiras de comunicação, atribuir as devidas responsabilidades aos devidos atores, reduzir custos e com isso, atingir os objetivos principais de um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração: salvar vidas e minimizar os impactos na população e no meio ambiente afetado.

Além disso, o ICS promove um respaldo jurídico para os empreendedores, que através do uso de seus formulários podem registrar, rastrear e usar de justificativa legal todas as suas ações caso seja necessário apresentar-se às autoridades.

Para os órgãos reguladores, a ideia de ter-se todos os fiscalizados utilizando um mesmo modelo de PAEBM possibilita uma maior eficiência e agilidade tanto na parte de aprovação dos mesmos, quanto na garantia de primeira resposta das empresas sinistradas numa emergência real.

Em relação à defesa civil e aos bombeiros, algumas unidades como a Defesa Civil do Paraná e o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal já possuem suas operações

baseadas são treinadas no ICS, conforme bibliografia utilizada para a elaboração deste trabalho. A própria Defesa Civil do Estado de Minas Gerais, estado com maior concentração de barragens de rejeitos de mineração do Brasil, já possui um Sistema de Comando de Operações baseado no ICS, com manual inclusive publicado na *internet* em 2010, antes do acidente de Mariana.

Infelizmente, desastres sempre seguirão existindo. Para diminuir seus impactos, diversos são os procedimentos de gestão que uma empresa deve realizar, todos explicitados pelo Plano de Segurança de Barragens e pelo PAEBM.

Através de uma gestão de riscos adequada, pode-se realizar ações de prevenção dos mesmos, através de um monitoramento frequente e reportado.

Através de uma gestão de emergências planejada, com os devidos cenários mapeados e recursos garantidos, caso seja inevitável que uma barragem chegue ao ponto de romper ou de liberar material para a jusante, os empreendedores devem estar prontos para responder a este evento, tendo como prioridade sempre o alerta e o salvamento das vidas de seus colaboradores e das populações a jusante.

Espera-se, com o uso de metodologias do tipo do ICS, evitar que a morte de pessoas e o desequilíbrio ecossistêmico da magnitude resultante do Acidente da Barragem de Fundão tenham ocorrido por desinformação e falhas humanas. Existem diversas ferramentas para diminuir os impactos de uma ruptura de barragem, e este trabalho objetivou apresentar uma delas.

Para qualquer desastre existe a possibilidade de se prevenir, preparar, responder, e por fim, mitigar suas consequências.

7. RECOMENDAÇÕES

Para dar seguimento a este estudo, recomenda-se a elaboração de uma proposta de treinamentos teóricos na área de segurança de barragens que possam ser dados para todos os atores que possam vir a estar envolvidos numa resposta a emergência de nível 3 como o empreendedor, IBAMA, DNPM, Defesa Civi. Os itens a serem desenvolvidos poderiam ser, por exemplo, a identificação das falhas estruturais mais comuns em barragens de rejeitos de mineração e medidas corretivas recomendadas, obrigações jurídicas do empreendedor e dos *stakeholders* envolvidos em respostas à emergência, gestão de comunicação e recursos utilizando as ferramentas do ICS como os formulários e quadro de situação, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Manual do Empreendedor – Volume V - Guia Para Elaboração de Projetos de Barragens. Brasília. 2015.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório de Segurança de Barragens – 2016. Brasília. 2017. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/Seguranca/RelatorioSegurancaBarragens_2016.pdf>. Acesso em: 15/11/2018.

BALDI, R. F. Metodologia para unificação do sistema de classificação de barragens de rejeito. Dissertação de Mestrado. 172 pp. Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais. Brasil. 2017.

BALDI, R.F. Manual para Elaboração de planos de ação emergencial para barragens de mineração. 1a edição. Instituto Minere. Belo Horizonte. Brasil. 2018.

BARBOSA, F.A.R. et al. O desastre de Mariana e suas consequências sociais, econômicas, políticas e ambientais: porque evoluir da abordagem de Gestão dos recursos naturais para Governança dos recursos naturais? In: Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG Belo Horizonte. v. 24, n.1, 2015.

BEZERRA, C.G. Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. Resolução n. 143, de 10 de julho de 2012 .Brasília: CNRH, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. Resolução n. 144, de 10 de julho de 2012 .Brasília: CNRH, 2012.

BRASIL. Departamento Nacional De Produção Mineral- DNPM. Portaria n. 416, de 03 de setembro de 2012 .Brasília: DNPM, 2012.

BRASIL. Departamento Nacional De Produção Mineral- DNPM. Portaria n. 526, de 09 de dezembro de 2013 .Brasília: DNPM, 2013.

BRASIL. Departamento Nacional De Produção Mineral- DNPM. Portaria n. 70.389, de 19 de

maio de 2017 .Brasília:DNPM, 2017.

BRASIL. Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Brasília, 2010.

CARDOZO, F. A., PIMENTA., M. M. e ZINGANO, A. C. Métodos Construtivos De Barragens De Rejeitos De Mineração – Uma Revisão. Artigo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

CBDB. COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI : cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. 524 p. Rio de Janeiro. Brasil. 2011.

CBDF. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Sistema de Comando de Incidentes SCI. Brasília, 2011.

CBPR. CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ. Sistema de Comando de Incidentes – Nível Operações. 1ª edição. 2011.

DEAL, T. BETTENCOUR, de M. DEAL, V. MERRICK, G. MILLS, C. Beyond Initial Response: using the National Incident Management System's Incident Command System. AuthorHouse. Bloomington. 2006.

EMERY, A.C. Good Practice in emergency preparedness and response. 100 p. Inglaterra. 2005.

ESPÓSITO, T. D. J. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeitos construídas por aterro hidráulico. 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UnB, Brasília, DF.

FEMA . FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. Federal Guidelines for dam safety. Estados Unidos. 2013.

FEMA. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. ICS 200 Manual. Disponível em <http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/IS200A/ICS200_SM.pdf>. Acesso em: 20/12/2018.

FEMA. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. NIMS Manual. Disponível em <http://fema.gov/pdf/emergency/nims/NIMS_core.pdf > .Acesso em: 20/12/2018..

FEMA. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. Training Course - ICS Review

Document. Estados Unidos. 2008. Disponível em: <<https://training.fema.gov/emiweb/is/icsresource/assets/reviewmaterials.pdf>> Acesso em: 15/12/2018.

FEMA. ICS 100 Manual. Federal Emergency Management Agency. Disponível em <<http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/is100alst.asp>> Acesso em: 20/12/2018.

FERNANDES, F.R.C; ENRÍQUEZ, M.A.R.S; ALAMINO, R.C.J. Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos. 393 p. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011.

G1 MG. Prejuízo com lama de barragem é de R\$ 1,2 bi para 35 cidades, diz MG. Portal de Notícias G1. Belo Horizonte. 04 de Fevereiro de 2016. Disponível em:<<http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/02/prejuizo-com-lama-de-barragem-e-de-r-12-bi-para-35-cidades-diz-mg.html>>. Acesso em: 20/01/2019.

IBAMA . INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS. Acidentes e Emergências Ambientais. 2016. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais/acidentes-e-emergencias-ambientais/emergencia-ambiental>>Acesso em: 20/11/2018.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Laudo Técnico Preliminar – Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Diretoria de Proteção Ambiental - DIPRO & Coordenação Geral de Emergências Ambientais – CGEMA. Brasília, Novembro de 2015. 38 págs.

IBRAM. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Economia Mineral do Brasil. Março, 2018. Disponível em: <<https://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-1.pdf?x73853>> – Acesso em: 18 de Novembro de 2018.

IBRAM. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Informações e análises da Economia Mineral Brasileira. 7ª edição. 2012.

IBRAM. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Relatório Anual de Atividades Junho 2016 a Junho 2017. 2017.

INSTITUTO MINERE. DNPM publica Portaria nº 70.389 que modifica várias normas de Barragens de Mineração. 2017. Disponível em:

<<http://www.institutominere.com.br/blog/dnpm-publica-portaria-70-389-modifica-varias-normas-barragens-mineracao>>. Acesso em 20/12/2018.

INTERNATIONAL COMMISSION OF LARGE DAMS – ICOLD. Tailings dams: risk of dangerous occurrences - Lessons learnt from practical experiences. Paris: UNEP/ICOLD, 2001. (Bulletin 121).

LOZANO, F.A.E. Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de Análise Hierárquica. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo. 2006.

LUZ, A.B.da. LINS, A.F. Introdução ao Tratamento de Minérios. CETEM-Centro de Tecnologia Mineral. 21 p. Agosto de 2010.

MORGENSTERN, N.R., VICK, S.G., VIOTTI, C.B. WATTS, B.D. Fundão Tailings Dam Review Panel. Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundão Dam. Relatório Técnico. 2016.

NEVES, L.N. Segurança de Barragens – Legislação federal em segurança de barragens comentada. 67 p. Brasília. Brasil. 2018.

NIMS – NATIONAL INCIDENT MANAGEMENT SYSTEM. National Incident Management System (NIMS) Incident Command System (ICS) Forms Booklet - Fema 502-2. USA, 2010.

NIMS – NATIONAL INCIDENT MANAGEMENT SYSTEM. NIMS Training Program, Estados Unidos, 2011. Disponível em: <http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/ICSResource/assets/nims_training_program.pdf> - Acesso em: 15/12/2018.

PINTO, A.S.da C. Gestão de Crises e Comunicação: O Caso Samarco. Tese de Graduação. UniCeub. Brasília. 42 p. 2016.

PNUMA. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. Relatório Técnico. 70 p. 2016.

POLÍCIA CIVIL MG. IPL n.º 1843/2015 SRPF/MG; Autos n.º 38.65.2016.4.01.3822 (Busca e apreensão); Autos n.º 3078-89.2015.4.01.3822 (Medida Cautelar); IPL Polícia Civil - MG 1271-34-2016.4.01.3822; IPL Polícia Civil - MG 1250-24.2016.4.01.3822; Procedimento Investigatório Criminal (PIC)- MPF n.º 1.22.000.003490/2015-78; Procedimento Investigatório Criminal (PIC) MPF n.º 1.22.000.000003/2016-04. Minas Gerais. 2015. Disponível em: < <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco>>.

Acesso em: 27/11/2018.

QUARESMA, L.F. Perfil da Mineração de Ferro. Relatório Técnico. 63 p. Brasil. 2009.

SABBO, G.R.; ASSIS, M.M.G.; BERTEQUINI, A.B.T. Barragens de Retenção de Rejeitos de Mineração. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 3-15. 2017.

SAMARCO. Entenda o rompimento. 2015. Disponível em: <<https://www.samarco.com/rompimento-de-fundao/>>. Acesso em: 23/12/2018.

SILVA, D.L.da. FERREIRA, M.C. SCOTTI, M.R. O maior desastre ambiental brasileiro: de Mariana (MG) a Regência (ES). In: Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico - UFMG Belo Horizonte. v. 24, n.1, 2015.

SOARES, L.; LUZ, A. B. da; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Tratamento de minérios. p. 831-896. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2010.

USCG - US COAST GUARD. Incident Management Handbook: Incident Command System (ICS). Washington, DC. Maio, 2014, 382 p.

VIEIRA, V. P. P. B. Análise de riscos em recursos hídricos – fundamentos e Aplicações. Porto Alegre-RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), nov. 2005

WITT O'BRIEN'S BRASIL. Material do Curso ICS 100/200. Rio de Janeiro, 2018.

WITT O'BRIEN'S BRASIL. Material do Curso ICS 300. Rio de Janeiro, 2016.

ZUBA, F. Ibama nega em definitivo recursos da Samarco contra multas que somam R\$ 150 milhões. Portal de Notícias G1. Belo Horizonte. 17 de agosto de 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/ibama-nega-em-definitivo-recursos-da-samarco-contras-multas-que-somam-r-150-milhoes.ghtml>>. Acesso em: 22/01/2018.

ANEXO A – FORMULÁRIOS ICS

Nome do Incidente	1. Preparado por (nome): Data: _____ Hora: _____	RESUMO INICIAL DO INCIDENTE ICS 201
4. Objetivos da Resposta Inicial, Ações em Andamento, Ações Planejadas		

1. Nome do Incidente	2. Período Operacional: De: Até:	OBJETIVOS DO INCIDENTE ICS 202
3. Objetivo(s)		
4. Mensagem de Segurança, Prioridades, Principais Decisões/Direcionamentos		
5. Localização do Plano de Segurança Local aprovado:		
6. Preparado por (Chefe da Seção De Planejamento):	7. Data/Hora:	
8. Aprovado por: _____	9. Rubricas _____ _____ _____	

