

UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU
FTCE – FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ALISON MAX FERREIRA NEVES
ANDRÉIA ALVES BONFIM
MILENA DE FRANÇA CARNEIRO

**ANÁLISE DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE
BARRAGENS, COM ÊNFASE EM MONITORAMENTO E
FISCALIZAÇÃO**

**SÃO PAULO
2022**

ALISON MAX FERREIRA NEVES
ANDRÉIA ALVES BONFIM
MILENA DE FRANÇA CARNEIRO

**ANÁLISE DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE
BARRAGENS, COM ÊNFASE EM MONITORAMENTO E
FISCALIZAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil pela Universidade São Judas
Tadeu.

Orientador: Prof. Drº Nestor Kenji Yoshikawa

**SÃO PAULO
2022**

AGRADECIMENTOS

À Deus por nos dar saúde e capacidade para enfrentar essa jornada com sabedoria.

À Universidade São Judas Tadeu, seu corpo docente e dependências, que nos auxiliaram a chegar perto de um sonho, principalmente ao nosso orientador Prof. Drº Nestor Kenji Yoshikawa por todo o auxílio durante esse ano.

À João Alves Bonfim (*in memorian*) e Nilma Maria Alves Bonfim por serem pais amáveis e empenhados em mostrar os caminhos da vida com amor e incentivo, ensinando sempre que com persistência, bondade e honestidade é possível alcançar altos patamares.

À Denise Alves Bonfim e Patrícia Alves Bonfim de Aguiar por desempenharem tão bem seus papéis de irmãs e estarem sempre presentes quando precisaram ser acionadas, por darem amor, carinho e mostrar o quanto é bom ter com quem contar.

À Ayrton Mondim de Lima, por ser um namorado amável e apoiar incondicionalmente durante todos os momentos em que se fez necessário.

À Raimunda Ferreira da Horas Neves, Amailton Barros Ferreira Neves e Nathan Ferreira Neves por serem pais e irmão presentes em minha trajetória e pela grande ajuda e companheirismo diante das dificuldades, necessidades e desafios. Por sempre compartilharem grandes valores da vida.

Agradeço aos meus pais Elisangela de França Carneiro e Moizes Silva Carneiro por todo apoio, sabedoria, amor incondicional e por me incentivarem a andar pelos caminhos certos.

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu amigo, companheiro e namorado Nathan dos Santos Silva, por sua paciência, amor e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

À Júlio dos Santos (*in memorian*) e Rosemary Alves Teixeira por todo apoio e incentivo antes e durante a trajetória do curso, sem vocês não seria possível chegar até aqui.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou
o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o
que era antes”*

Marthin Luther King

RESUMO

É de conhecimento geral que a mineração é uma atividade essencial para a sociedade por trazer grande representatividade na economia. Porém, em razão dos desastres ocorridos na Barragem do Fundão, em Mariana, e na do Córrego do Feijão, em Brumadinho, ambas no estado de Minas Gerais, há uma forte pressão da sociedade pela criação de soluções seguras.

Em Brumadinho, o Governo de Minas Gerais contabilizou aproximadamente 272 mortes e 11 desaparecidos, enquanto em Mariana, foram 19 mortes. A partir dessas tragédias, ampliou-se o olhar sobre todas as barragens de mineração do país, principalmente as que possuem como método construtivo o alteamento à montante.

O presente estudo analisa as mudanças dispostas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), estabelecida pela Lei Nº 12.334 e modificada pela Lei Nº 14.066 de setembro de 2020, detalhando as estruturas de barragens, seus sistemas de monitoramento, fiscalização e, principalmente, riscos.

Palavras-chaves: Barragens de Rejeitos. Mineração. Instrumentação. Comparação. Lei. Legislação.

ABSTRACT

It is common knowledge that mining is an essential activity for society because it brings great representation in the economy. However, due to the disasters that occurred at the Fundão dam, in Mariana, and at the Córrego do Feijão dam, in Brumadinho, both in the state of Minas Gerais, there is strong pressure from society to create safe solutions.

In Brumadinho, the Government of Minas Gerais accounted for approximately 272 deaths and 11 missing persons, while in Mariana, there were 19 deaths. From these tragedies, the look on all the mining dams in the country was expanded, especially those that have as a constructive method the raising upstream.

The present study analyzes the changes set forth in the Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), established by Law N° 12,334 and modified by Law N° 14,066 of September 2020, detailing the structures of dams, their monitoring and inspection systems and, mainly, risks.

Keywords: Tailings Dams. Mining. Instrumentation. Comparison. Law. Legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das barragens inseridas na PNSB por estado, segundo a classificação de CRI.....	14
Figura 2 - Barragem de terra homogênea	20
Figura 3 - Barragem de terra zonada	21
Figura 4 - Enrocamento com vedação central	22
Figura 5 - Enrocamento com vedação a montante	23
Figura 6 – Barragem por método de alteamento a montante.....	25
Figura 7 – Barragem por método de alteamento a jusante	26
Figura 8 - Barragem por método de linha de centro.....	26
Figura 9 - Instrumentação x Inspeções visuais	31
Figura 10 - Medidor de nível de água	32
Figura 11 - Piezômetro de tudo aberto (ou standpipe)	33
Figura 12 - Piezômetro pneumático	34
Figura 13 - Piezômetro hidráulico	35
Figura 14 - Piezômetro elétrico	36
Figura 15 - Piezômetro de corda vibrante	37
Figura 16 - Marco superficial.	38
Figura 17 - Placa de recalque com tubo telescópico.	39
Figura 18 - Modelos de instalação de inclinômetros - (a) Horizontal, (b) Inclinado e (c) Vertical	40
Figura 19 - Estruturas de uma barragem	42
Figura 20 - Formação do piping	43
Figura 21 - Modelo de erosão da barragem BL-1 (VALE S.A.).....	44
Figura 22 - Barragens do PNSB com nível de emergência 3	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rompimento de barragens no Brasil	16
Tabela 2 - Instrumentos e parâmetros.....	19
Tabela 3 - Instrumentos para auscultação de barragens de terra e enrocamento	24
Tabela 4 - Parâmetros de segurança estrutural e ambiental.....	27
Tabela 5 - Evolução dos instrumentos ao longo dos anos	27
Tabela 6 - Variações dos fatores de segurança	40
Tabela 7 - Alteração em relação ao risco.....	46
Tabela 8 - Critérios para determinação da categoria de risco.....	49
Tabela 9 - Classificação quando a dano potencial associado	49

LISTA DE SIGLAS

ABDHIDRO – Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Águas

ANM – Agência Nacional de Mineração

CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CIGB – Comissão Internacional de Grandes Barragens

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CRI – Categoria de Risco

DPA – Dano Potencial Associado

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FS – Fator de Segurança

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

PAE – Plano de Atendimento Emergencial

PESB – Política Estadual de Segurança de Barragens

PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB – Política de Segurança de Barragens

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SIGBM – Sistema Integrado de Barragens de Mineração

SINDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

ZAS – Zona de Auto Salvamento

ZSS – Zona de Segurança Secundária

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. HISTÓRICO	15
1.2. OBJETIVO GERAL	17
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	18
3. PRINCIPAIS TIPOS DE BARRAGENS E INSTRUMENTAÇÃO.....	18
3.1. BARRAGENS DE CONCRETO	18
3.2. BARRAGENS DE TERRA	20
3.3. BARRAGENS DE ENROCAMENTO.....	21
3.3.1. Enrocamento com núcleo de argila.....	22
3.3.2. Enrocamento com núcleo asfáltico	23
3.3.3. Encoramento com face de concreto	23
3.3.4. Instrumentação utilizada em barragens de enrocamento	23
3.4. BARRAGENS DE REJEITOS	24
3.4.1. Método de alteamento a montante.....	25
3.4.2. Método alteamento a jusante.....	25
3.4.3. Método linha de centro	26
4. MONITORAMENTO E INSTRUMENTOS	27
4.1. MEDIDORES DE NÍVEL DE ÁGUA E PORO-PRESSÕES.....	32
4.2. MEDIDORES DE DESLOCAMENTOS	37
4.3. AUSCUTAÇÃO MANUAL	40
5. PATOLOGIAS EM BARRAGENS DE REJEITOS	43
5.1. LIQUEFAÇÃO	43
5.2. PIPING.....	43
5.3. EROSÃO.....	44
5.4. GALGAMENTO (<i>OVERTOPPING</i>)	45
5.5. INSTABILIDADE DE FUNDAÇÃO.....	45
5.6. CISALHAMENTO DO MACIÇO	45
6. POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PNSB)	45
7. SEGURANÇA DE BARRAGENS E RISCOS	51
7.1. AVALIAÇÃO DO RISCO EM EMPREENDIMENTOS DE MINERAÇÃO	52
7.2. PLANO DE ATENDIMENTO EMERGENCIAL (PAE)	53
8. ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E PREVENÇÃO DE RISCOS.....	53
8.1. LICENÇA AMBIENTAL E OS ASPECTOS DE ACIDENTES (EIA) – (RIMA).....	53

8.2.	PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRAGADAS (PRAD)	54
8.3.	DESCOMISSIONAMENTO E DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS.....	54
8.3.1.	Processo de Descaracterização	55
8.4.	IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS.....	56
9.	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	APÊNDICE A	71

1. INTRODUÇÃO

Durante os primeiros dois séculos da colonização do Brasil, a mineração protagonizou a atividade econômica no país. O principal minério extraído era o ouro, descoberto em Minas Gerais, depois em Goiás e no Mato Grosso do Sul. Dessa forma, desde o século XVII, a atividade está diretamente ligada ao crescimento econômico, e hoje, representa 1,4% do PIB brasileiro e responde por 16,8% do PIB industrial. (Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, 2021).

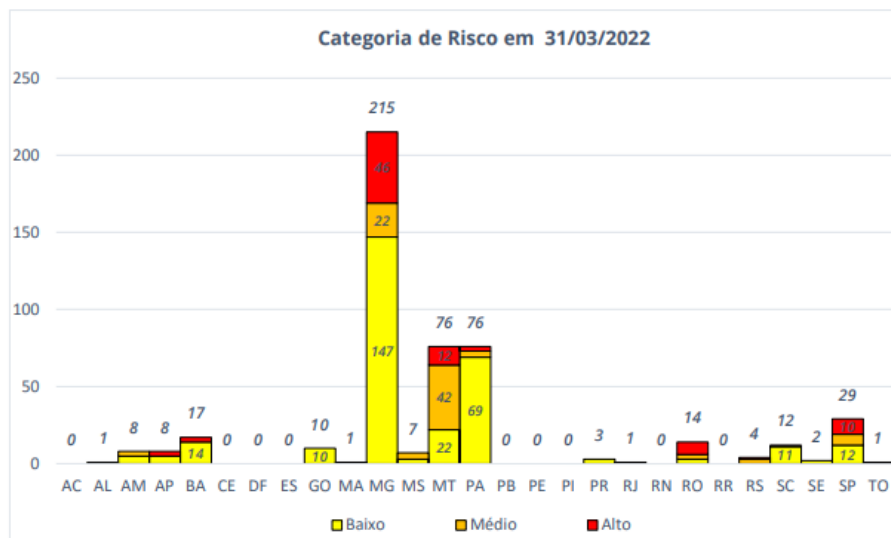
Se por um lado, a mineração é uma grande aliada no desenvolvimento econômico, por outro eventualmente, pode se tornar prejudicial, principalmente quando se trata dos riscos associados às barragens de rejeitos – aquelas em que os resíduos de mineração e água provenientes do beneficiamento do minério são dispostos.

Os desastres que ocorreram recentemente com a Barragem do Fundão, da mineradora Samarco, em 2015 na cidade de Mariana – MG e o da Barragem Córrego do Feijão, da empresa de mineração multinacional VALE S.A., em 2019 na cidade de Brumadinho – MG são duas grandes amostras de danos ambientais provocados pelo vazamento dos rejeitos de minério.

Após os dois subsequentes desastres recentes, muito se discute sobre métodos construtivos que podem auxiliar na segurança para que outras barragens não sofram ruptura. De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM), em 31 de março de 2022, 907 barragens de mineração estavam cadastradas no Sistema Integrado de Barragens de Mineração (SIGBM), das quais 485 estavam enquadradas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), na qual são classificadas de acordo com a sua categoria de risco (baixo, médio e alto).

Atualmente, a ANM relata que 54 barragens estão em situação de alerta ou emergência declarada, como mostra a Figura 1, a seguir:

Figura 1 - Distribuição das barragens inseridas na PNSB por estado, segundo a classificação de CRI.



Fonte: Agência Nacional de Mineração - ANM

A Política Nacional de Segurança de Barragens era seguida pela Lei N° 12.334/2010 desde 20 de dezembro de 2010. Por conta dos desastres ocorridos, houve uma alteração e a lei vigente do PNSB passou a ser a Lei N°14.066/2020 de 30 de setembro de 2020.

Conforme o Farias (2019), os objetivos do plano de segurança de barragens são descritos como:

“O Plano de Segurança da Barragem é uma espécie de plano diretor de segurança de barragens, que vincula a atuação do empreendedor e dos órgãos de fiscalização e tem como objetivo criar uma política pública e um sistema de integração dos diversos órgãos e dos diversos entes federativos no intuito de assegurar a integridade das barragens, de maneira a proteger os seres humanos que delas dependam ou que vivam no seu entorno, bem como o próprio meio ambiente.” - (Farias, 2019).

Com as alterações realizadas na lei, fez-se necessário a inclusão de novos artigos que fazem referência à legislação e segurança. Os Art. 17-A e 17-B fazem menção às sanções que devem ser impostas quando a empresa responsável não consiga prover a segurança da barragem, são elas: Advertência, multa simples, multa diária, embargo de obra ou atividade, demolição da obra, suspensão parcial ou total das atividades, apreensão de minérios, bens e equipamentos, caducidade do título e sanção restritiva de direitos.

Sendo assim, caso ocorra o descumprimento da lei, as autoridades competentes devem observar fatores como: a gravidade do fato ocorrido, antecedentes e situação econômica do infrator para que a penalidade seja aplicada.

Diante da necessidade de se evitar os rompimentos de barragens de terra, a instrumentação se torna uma grande aliada, pois é vista como um meio de prever a instabilidade das estruturas, empregando um método de investigação indireta – aquela que por métodos analógicos, mede parâmetros e interpreta resultados, executando uma simulação da condição real da estrutura.

Silveira (2006, p.19), cita:

“A partir da década de 1970, passou-se a confeccionar-se em nosso país uma grande diversidade de instrumentos para a auscultação de barragens de terra, dentre os quais se destacam novos tipos de medidores de recalque; piezômetros elétricos, hidráulicos e pneumáticos; células de pressão total; marcos superficiais; alguns acessórios para inclinômetros e medidores de vazão.” - (SILVEIRA, 2006, p.19)

Segundo SILVEIRA (2006, vl.1, p.22) “Todo instrumento em um empreendimento deve ser selecionado e instalado para responder questões específicas, se não há perguntas, não deve haver instrumentação”. Em outras palavras, o comportamento da estrutura deve ser modelizado, identificando os parâmetros que podem variar, sendo estes os indicadores de instabilidade, na relação de esforços ao longo do carregamento imposto em função do tempo.

1.1. HISTÓRICO

Fernandes (2020) cita que ao analisar os desastres ocorridos entre os anos de 1900 e 2014, tem-se uma média de 3 rupturas de barragens a cada 2 anos, isso porque existem muitas estruturas inseguras e falhas em função de economia em projetos, construção, operação, monitoramento e encerramento de atividades.

Os diversos desastres que ocorreram em barragens de rejeitos desde então fizeram com que a área da geotecnia de barragens passasse a programar ações preventivas e estabelecer regulamentações a respeito da segurança, executando um planejamento de monitoramento através de um projeto de instrumentação.

A fiscalização dos procedimentos e o monitoramento adequado impactam diretamente na vida útil do depósito de rejeitos, pois de acordo com Singer (2010) existem outros desenvolvimentos técnicos que podem ser incorporados, como por exemplo a utilização de lasers e fotogramas, pois são tecnologias que ajudam na identificação de mudanças na barragem, como alterações no nível de água e na pressão total.

Além disso, o monitoramento da estrutura é crucial para as questões de saúde e segurança da população que reside à jusante das barragens.

De acordo com Fernandes (2020), o primeiro acidente registrado no país ocorreu em 18 de junho de 2001 e a partir deste evento, ocorreram sete acidentes envolvendo barragens de mineração em um período de 18 anos, cerca de aproximadamente um acidente a cada 2,5 anos, como mostra a Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Rompimento de barragens no Brasil

Nome da barragem	Local	Ano do rompimento	Segmento
Barragem da Mineração Rio Verde (Vale S.A)	Belo Horizonte - MG	2001	Mineração
Barragem de Cataguases	Cataguases - MG	2003	Resíduos industriais
Barragem de São Francisco – Miraí	Rio Fubá - MG	2007	Mineração
Barragem B1 da Herculano Mineração	Mina Retiro do Sapecado - MG	2014	Mineração
Barragem de Fundão	Mariana - MG	2015	Mineração
Barragem de Brumadinho	Brumadinho - MG	2019	Mineração
Barragem TB01	Nossa Senhora do Livramento – MT	2019	Mineração

Fonte: Fernandes, 2020 – Adaptado pelo autor

De acordo com Fonseca B. (2019) “o Brasil registra mais de três acidentes em barragens por ano”. Um deles, na Barragem do Fundão, localizada em Mariana – MG, administrada pela mineradora Samarco foi considerado por muitos especialistas da área de engenharia geotécnica o maior desastre ambiental da história do país.

O dique da Barragem do Fundão entrou em colapso no dia 5 de novembro de 2015, e rompeu-se, expelindo cerca de 50 milhões de m³ de rejeitos de minério que atingiram o município de Bento Rodrigues, deixando mais de 300 moradores desabrigados e causando 19 mortos. (LOPES, 2016)

Após atingir o município de Bento Rodrigues, a enxurrada de lama seguiu pelo curso das águas até se encontrar com o Rio Doce, atingindo o saneamento básico e abastecimento de água de diversas cidades mineiras. Os rejeitos chegaram até o mar do Espírito Santo, causando impactos ambientais extremos.

Pouco mais de três anos do rompimento da Barragem do Fundão, ocorreu o rompimento da barragem da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho – MG, o desastre ambiental ocorreu em 25 de janeiro de 2019. A barragem administrada pela mineradora VALE S.A., construída pelo método de alteamento à montante, rompeu e transbordou mais duas barragens, escoando a lama pelo município até chegar ao Rio Paraopeba. O Governo de Minas Gerais contabilizou 272 mortes, e além do prejuízo à vida humana, o desastre contaminou rios, danificou a vegetação nativa e destruiu moradias e atividades agrícolas na região.

1.2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visa analisar as mudanças da PNSB ocorridas em 2020, enfatizando as diretrizes de fiscalização e monitoramento, através da instrumentação. Demonstrar que as modificações na lei permitem prever e conduzir de forma mais segura a execução dos serviços de engenharia para a segurança de barragens, contribuindo com observações para melhorar sua vida útil.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizados estudos por meio de levantamento bibliográfico, utilizando alguns pontos específicos para embasar o objetivo principal, são eles:

- a) Analisar a PNSB por meio da comparação das leis Nº 12.334/2010 e Nº14.066/2020, e destacar em que aspectos as alterações na lei e a instrumentação podem auxiliar no monitoramento de instabilidade; buscar e estudar as leis existentes referentes ao tema;
- b) Avaliar os procedimentos da instrumentação para detecção de anomalias, tendo como aspectos principais:
 - Entender a funcionalidade e operação da instrumentação;
 - Estudar os instrumentos que fazem a investigação indireta do solo: quais parâmetros serão medidos e quais instrumentos os medem;
 - Estudar as patologias e suas causas em barragens de terra;
- c) Definir o Plano de atendimento emergencial (PAE), o Programa de recuperação de áreas degradadas (PRAD) e a resolução nº 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), atrelando aos impactos ambientais dentro do cenário de rompimento de barragens de alteamento à montante;

- d) Estudar os métodos de descaracterização e descomissionamento de barragens a montante, e entender se há riscos remanescentes.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada consistiu numa pesquisa descritiva por meio de levantamento de dados e informações, efetuando uma correlação por meio da pesquisa exploratória. As principais diretrizes utilizadas para estruturar os capítulos foram embasadas nos artigos da lei referente a PNSB.

A partir da comparação entre a Lei Nº 12.334/2010 e a Lei Nº 14.066/2020, foi possível avaliar as mudanças nos parâmetros geotécnicos no âmbito da fiscalização e monitoramento de barragens.

Além da comparação das leis que alteraram consideravelmente a PNSB, foi feita a verificação em manuais e relatórios no que tange a segurança quanto à operação de barragens, bem como a utilização do SIGBM, que contém informações sobre as barragens registradas atualmente no Brasil e inseridas na PNSB; da ANM, além de relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA).

3. PRINCIPAIS TIPOS DE BARRAGENS E INSTRUMENTAÇÃO

3.1. BARRAGENS DE CONCRETO

As barragens de concreto são grandes estruturas maciças construídas com areia ou brita, com acréscimo de cimento e aditivos químicos e tem como principal característica suportar os esforços através do formato triangular da sua seção transversal. Essa estrutura deve suportar dois tipos de forças que atuam sobre ela, são elas:

- a) **Forças verticais:** Caracterizada pelo peso próprio da barragem, ou seja, o peso da água, a pressão da água na fundação e no concreto
- b) **Forças horizontais:** Estão relacionadas à pressão da água no reservatório de montante e jusante e ao empuxo devido à assoreamento.

Quando uma barragem de concreto é vistoriada, é necessário observar alguns requisitos de segurança, entre eles: Deslizamento, flutuação e tombamento.

A Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABDHIDRO) (2019), define estes fenômenos como:

- **Deslizamento:** Ocorre quando a força de atrito é superada pelas forças horizontais.
- **Flutuação:** É o fenômeno que ocorre quando as forças que agem na base da barragem, de baixo para cima, são maiores que as forças resultantes do peso próprio. Kruger (2008) cita que a flutuação ocorre quando os esforços resultantes de subpressões são muito altos.
- **Tombamento:** É o fenômeno que ocorre quando a barragem gira em torno do próprio pé, impulsionada por forças de rotação

Para o monitoramento de todos os requisitos, a instrumentação deve ser implantada na obra desde o período construtivo até a fase de enchimento do reservatório e operação do empreendimento.

A auscultação de uma barragem de concreto está relacionada aos registros medidos pela instrumentação. Os principais dados obtidos na atividade de auscultação são: pressão neutra, deslocamentos da crista e da base, recalque da fundação, temperatura do concreto, tensões no concreto e na armação, pressão na fundação e possíveis infiltrações.

Os dados obtidos a partir dos instrumentos utilizados na auscultação são transmitidos para um transdutor, que pode ser definido, de acordo com Teixeira (2022) como “um instrumento que transforma uma magnitude física em um sinal elétrico, transmitindo o sinal através do sistema de comunicação até o sistema de obtenção de dados”.

A Tabela 3, a seguir, define quais instrumentos são utilizados para estimar as mais diversas grandezas desse modelo de barragens.

Tabela 2 - Instrumentos e parâmetros

(continua)

Grandeza	Instrumentos
Recalques	Extensômetros múltiplos; extensômetros múltiplos de tipo magnético; marcos superficiais.
Deslocamento horizontal da crista	Pêndulos diretos; marcos superficiais.
Deslocamentos cisalhantes da fundação	Pêndulos invertidos; rosetas de extensômetros múltiplos; inclinômetros fixos; fita se cisalhamento (shear strip).
Deslocamento do maciço rochoso nas ombreiras	Extensômetros de superfície; indicadores de movimento.

(conclusão)

Grandeza	Instrumentos
Tensões	Alívio de tensão através de sobre furação; almofada plana (flat jack); ruptura hidráulica.
Subpressão	Piezômetros
Vazão de infiltração	Medidor triangular de vazão; medidor trapezoidal de vazão.

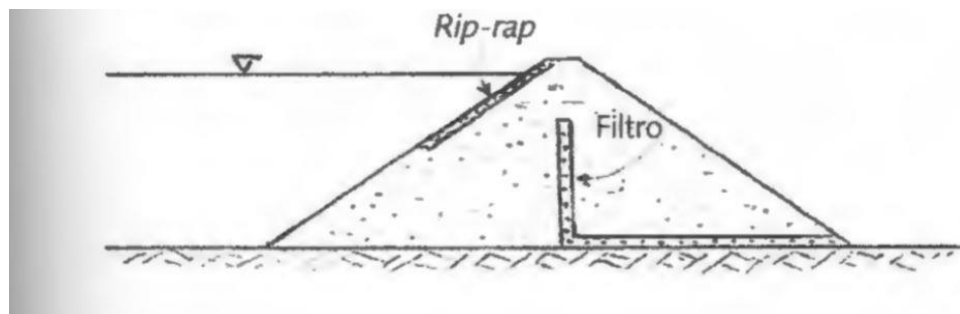
Fonte: Manual do empreendedor – ANA, 2016 – Adaptado pelo autor

3.2. BARRAGENS DE TERRA

Barragens de terra consistem em várias camadas de material que são compactadas com vibração ou maquinário pesado. O material deve ter um teor de umidade próximo ao seu valor "ótimo" para atingir a densidade máxima. (COSTA, 2012)

Existem barragens de terra homogêneas que são construídas predominantemente de um único material, podendo existir outros elementos como filtros e Rip-rap, como mostra a Figura 2:

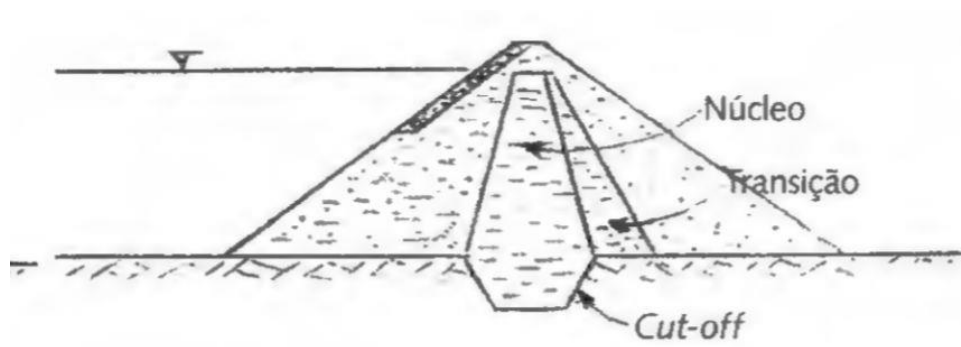
Figura 2 - Barragem de terra homogênea



Fonte: Costa, 2012.

Já as barragens zonadas mostradas na Figura 3, possuem uma região de materiais terrosos em função de suas características de materiais ou permeabilidade, sendo construída com um único material de empréstimo, compactado em condições diferentes de umidade. (COSTA, 2012).

Figura 3 - Barragem de terra zonada



Fonte: Costa, 2012

No Brasil, as barragens de terra são mais utilizadas por conta da disponibilidade do material no país. É um tipo de barragem que pode ser construída sobre solos moles e possui tolerância maior quanto a fundações mais deformáveis.

A inclinação dos taludes de montante e jusante das barragens de terra é estabelecida a fim de garantir estabilidade durante a construção, durante a operação e em caso de rebaixamento rápido do nível do reservatório.

Uma das patologias mais preocupantes nesse tipo de barragem é o *piping*. Para evitar esse tipo de patologia é necessário manter um controle ativo da percolação nas fundações e no corpo da barragem, ou seja, no aterro onde ocorre a intercepção do fluxo da água impedindo a saída pela face do talude a jusante e ombreiras da jusante. (MASSAD, 2003).

3.3. BARRAGENS DE ENROCAMENTO

As barragens de enrocamento são uma classe de barragens de aterro, utilizadas para o armazenamento de um grande fluxo de água. São construídas a partir da utilização de materiais granulares de rocha de pequeno, médio e grande porte e compostas por três pilares principais:

- Enchimento de rocha solta por despejo ou compactação com rolo;
- Membrana impermeável feita de alvenaria, concreto, concreto asfáltico;
- Estacas-pranchas de aço, madeira ou outros materiais; e camada de transição.

A impermeabilização é feita através de um núcleo impermeável posicionado no centro da barragem, e pode ser obtido por argila (solo compactado), asfalto ou concreto. (MARTINS, 2019).

Almeida (2010) explica que nesse modelo de barragem, os taludes são mais íngremes, com inclinações que variam de 1:1,6 e 1:2,2, o que resulta em uma construção mais rápida e utilização de um volume menor de material. Além disso, são preferíveis em lugares remotos, que existam rochas apropriadas e solos que não são considerados de boa qualidade. Por ser um modelo mais econômico, as barragens de enrocamento estão se tornando cada vez mais populares.

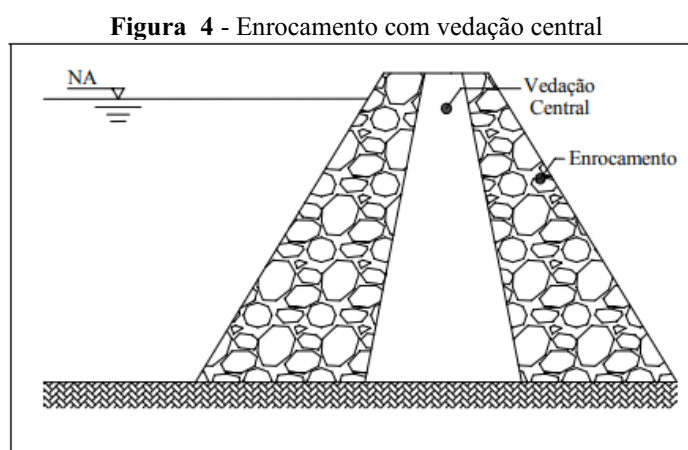
Elas possuem três principais tipos de impermeabilização: Enrocamento com núcleo de argila, núcleo asfáltico ou face de concreto; sendo as duas primeiras um modelo com vedação central e a última um modelo de vedação a montante.

3.3.1. Enrocamento com núcleo de argila

Segundo Almeida (2010) barragens deste tipo são construídas em locais onde as escavações fornecem grandes volumes de rocha e apresentam áreas de empréstimos de solo com presença de material argiloso, com volume suficiente para a construção de um núcleo impermeável, geralmente delgado.

Mesmo obtendo inclinações muito íngremes em seus taludes de montante e jusante, esse tipo de estrutura acaba se tornando mais estável, devido ao elevado ângulo de atrito do material que compõe o enrocamento. (MARTINS, 2019).

A Figura 4, a seguir, mostra como é a estrutura das barragens de enrocamento com vedação central.



Fonte: Almeida, 2010

3.3.2. Enrocamento com núcleo asfáltico

Esse modelo de barragem possui o núcleo central constituído por concreto asfáltico como vedação.

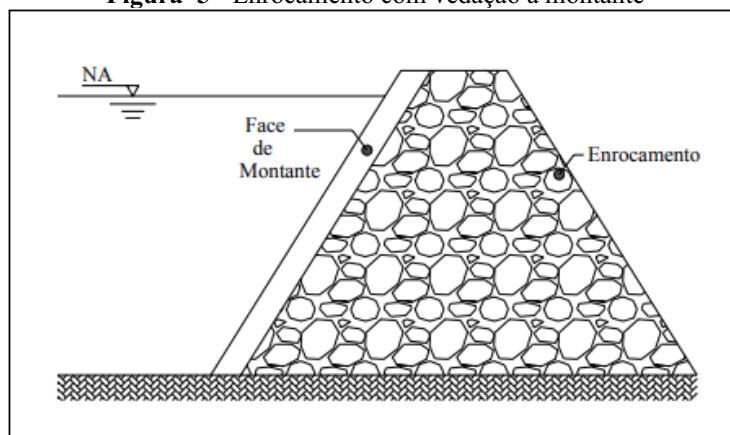
O núcleo asfáltico é praticamente impermeável, flexível e resistente à erosão, além de ser fácil de manipulação. Quando a mistura asfáltica é dosada corretamente, as propriedades visco-plásticas tornam a estrutura pouco vulnerável à influência de deformações de aterros e recalques diferenciais da fundação. (MELO, 2012).

3.3.3. Encoramento com face de concreto

Diferente do enrocamento com núcleo betuminoso e núcleo argiloso, no enrocamento com face de concreto, a vedação é feita na superfície de montante.

De acordo com Cruz (1996), a solução mais promissora para as barragens de enrocamento com face de concreto é a que apresenta enrocamento compactado com a face “delgada” de placas de concreto armado, com juntas somente no sentido longitudinal, apoiada sobre uma face compactada de material fino (cascalho), como mostra a Figura 5, a seguir:

Figura 5 - Enrocamento com vedação a montante



Fonte: Almeida, 2010

3.3.4. Instrumentação utilizada em barragens de enrocamento

A Tabela 4, a seguir, apresenta os instrumentos utilizados para medir os dados e informações em barragens de terra e enrocamento.

Tabela 3 - Instrumentos para auscultação de barragens de terra e enrocamento

Instrumento	Objetivo
Medidor de nível de água	Determina a posição da linha freática em maciços de terra ou rocha
Piezômetros (de tubo aberto, pneumáticos, hidráulicos etc.)	Utilizado para auscultação de maciços rochosos
Células de tensão total	Utilizada para a determinação dos esforços que os maciços ou enrocamentos exercem sobre as estruturas.
Medidores de recalque	Realiza a medição de deslocamentos verticais (recalques) absolutos, da fundação ou do maciço compactado.
Inclinômetros - Medidores de deslocamento horizontais	Utilizado para determinar deslocamentos horizontais, superficiais ou em superfícies.

Fonte: Cruz, 1996 – Adaptado pelo autor.

3.4. BARRAGENS DE REJEITOS

Os rompimentos catastróficos que ocorreram nos últimos 10 anos evidenciaram o potencial destrutivo das barragens de rejeitos no Brasil.

Ávila (2012) cita que antes do século XV, os rejeitos eram depositados no meio ambiente, dessa forma, o material tóxico e seus impactos ambientais eram considerados insignificantes. No entanto, com o passar dos anos, o processamento de minérios de interesse econômico cresceu, aumentando a geração de rejeitos significativamente e fazendo com que existisse a necessidade de um local para depositá-los.

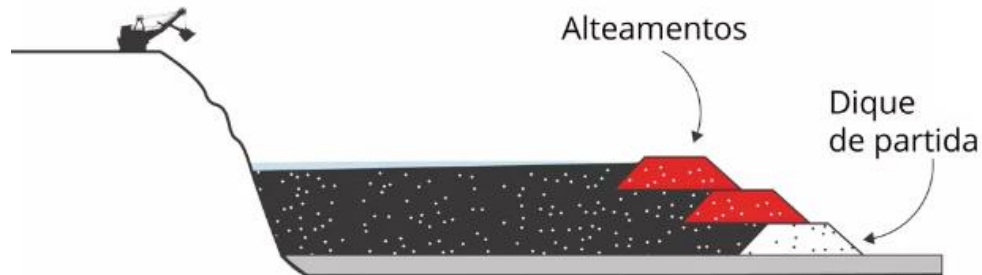
As barragens destinadas a disposição de rejeitos de mineração são as que fazem a contenção do material que não é aproveitado após seu beneficiamento. Elas surgiram para serem depositárias dos rejeitos considerados tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente. Esse modelo de contenção se tornou o mais comum e mais econômico para as mineradoras por possuir um método construtivo de simples execução.

As barragens alteadas, ou seja, as barragens cujo reservatório é expandido a fim de obter uma capacidade maior, com o próprio rejeito podem ser construídas por três métodos:

3.4.1. Método de alteamento a montante

O alteamento a montante é o método mais antigo, simples e econômico para expansão ou construção de barragens. O início dessa estrutura se dá pela construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Após essa etapa, é construída a fundação, o rejeito é lançado por canhões em direção a montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, podendo até ser utilizada como material de construção para o próximo alteamento. Este processo é realizado diversas vezes até que a cota final prevista em projeto seja atingida (ARAÚJO, 2006). A Figura 6, a seguir, ilustra a estrutura desse método:

Figura 6 – Barragem por método de alteamento a montante

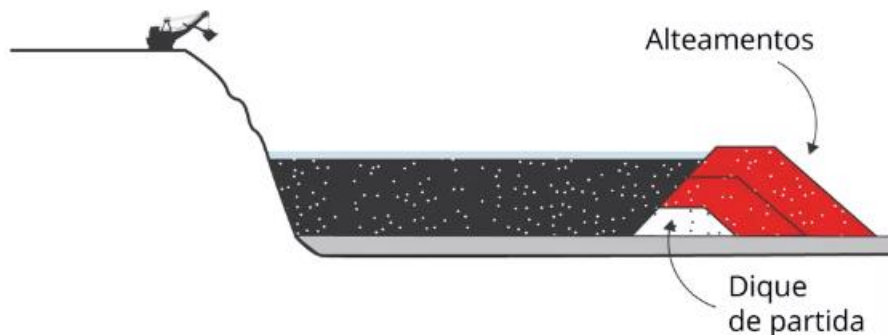


Fonte: G1 – Portal de notícias da Globo.

3.4.2. Método alteamento a jusante

No método a jusante, é construído um dique de partida, normalmente de solo ou enrocamento compactado, em que os próximos alteamentos serão realizados para jusante do dique de partida. Este processo será realizado continuamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (DUARTE, 2008). A Figura 7, mostra como funciona esse modelo de alteamento:

Figura 7– Barragem por método de alteamento a jusante

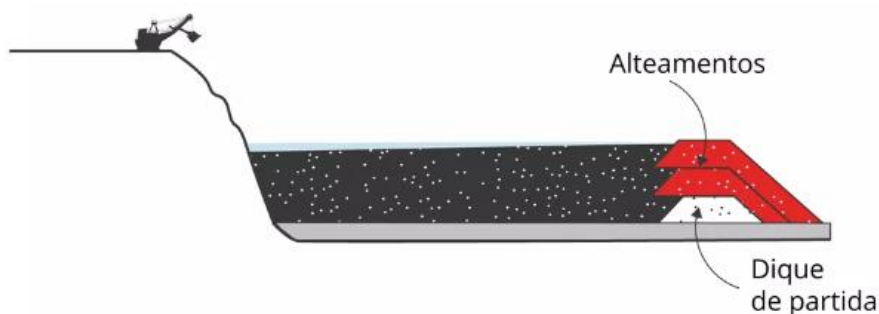


Fonte: G1 – Portal de notícias da Globo.

3.4.3. Método linha de centro

Barragens que são alteadas pelo método de jusante e pelo método de linha de centro em geral são construídas com o uso de ciclones, ou seja, material com maior granulometria – *underflow*, é utilizado para o alteamento do dique de contenção e os finos – *overflow*, são depositados na parte posterior do dique. Esse alteamento é realizado através de aterro hidráulico. (ARAÚJO, 2006). A Figura 8, a seguir, ilustra o alteamento por método de linha de centro:

Figura 8 - Barragem por método de linha de centro



Fonte: G1 – Portal de notícias da Globo.

Em relação a instrumentação dos três métodos, Machado (2007) cita que, “a instrumentação a ser instalada em barragens de rejeitos deve visar dois objetivos básicos de segurança: a segurança estrutural e a segurança ambiental”. Para a realização desse controle, são aferidos os parâmetros constantes na Tabela 5, a seguir:

Tabela 4 - Parâmetros de segurança estrutural e ambiental

Segurança estrutural		Segurança ambiental
Fundação	Maciço	
Deslocamentos verticais	Deslocamentos verticais	Altura piezométrica de água subterrânea
Deslocamentos cisalhantes horizontais	Deslocamentos horizontais	Composição química da água subterrânea
subpressão	Pressões intersticiais (ou neutra)	
Medida de materiais sólidos carreados	Vazão de infiltração	
	Medidas dos materiais sólidos carreados	
	Medida de alongamento ao longo da crista e berma	

Fonte: Machado, 2007 – Adaptado pelo autor

4. MONITORAMENTO E INSTRUMENTOS

De acordo com Lima (2018) “instrumentar uma barragem é o processo de observar, detectar e caracterizar o comportamento dessa estrutura.”

Durante a década de 20, a instrumentação era praticamente inexistente, seus primeiros registros em obras geotécnicas foram entre os anos de 1930 e 1940 e mensuravam os seguintes parâmetros: Subpressões, vazões e deslocamentos. (AFFONSO, 2005)

Ao longo das décadas, com o aumento da tecnologia e confiabilidade dos instrumentos, a instrumentação geotécnica evoluiu, como mostra a Tabela 2, a seguir:

Tabela 5 - Evolução dos instrumentos ao longo dos anos

(continua)

Década	Principais características da Instrumentação
1920	Instrumentação praticamente inexistente.
1920 e 1930	Observação eventual de subpressões, vazões de drenagem e deslocamentos superficiais

Década	Principais características da Instrumentação
1940 e 1950	Medições de pressão neutra e de deformação, porém com instrumentos de pouca confiabilidade.
1960	Primeiras obras com medição de deslocamentos horizontais com inclinômetros e com instalação de células de pressão total em aterros.
1970	Medições de tensão e deformação. Os instrumentos de medição ganham confiabilidade. O método dos elementos finitos passa a ser aplicado em análises paramétricas de projeto e na análise dos dados.
1980	Desenvolvimento de instrumentos nacionais, exceção feita aos inclinômetros e piezômetros de corda vibrante. Início da aplicação generalizada dos recursos da informática para projeto e análise.
1990	Aperfeiçoamento dos instrumentos de medição e informatização das fases de coleta, transmissão, processamento e análise dos dados. Automatização da instrumentação de algumas barragens.
2000	Aperfeiçoamento das técnicas de medição. Aquisição remota de dados, com uso de satélites espaciais.

Fonte: Affonso, 2005

Kanji (1990 *apud* Affonso, 2005) define que existem três principais respostas para a pergunta “Por que instrumentar?” e são elas:

- Garantir adequação do projeto à realidade da obra;
- Garantir a segurança de obra durante o período construtivo e durante a operação;
- Promover a economia de recursos;

Portanto, entende-se que a instrumentação traz facilidades para as equipes que trabalham em campo, agilizando o processo e aumentando a qualidade da informação, além de minimizar erros e reduzir custos. (LIMA, 2018).

Cruz (1996) considera que a instrumentação não constitui uma solução para todos os problemas, mas que sua utilidade é inegável quando utilizada convenientemente, possuindo três principais funções:

- Verificar as hipóteses, os critérios e os parâmetros que foram adotados em projeto, permitindo assim, um aprimoramento do projeto em si ou de futuras barragens;
- Verificar a adequação de métodos construtivos;
- Verificar as condições de segurança das obras, para que medidas corretivas sejam aplicadas, caso seja necessário.

De acordo com o Instituto Minere (2016), deve-se prever a necessidade da coleta de dados necessária para cada caso, mas nesse modelo de barragens, os principais parâmetros monitorados são:

- Deslocamentos;
- Deformações e tensões;
- Níveis piezômetros em fundações;
- Pressões de água;
- Vazões.

A instrumentação tem como objetivo monitorar e controlar o comportamento de uma barragem. Se o monitoramento for executado frequente e corretamente, é possível analisar os indícios de um eventual rompimento.

Uma das formas de instrumentação de uma barragem de rejeitos no Brasil se dá através de inspeções visuais que são registradas no SIGBM. Essas inspeções podem ser separadas em três etapas:

- Inspeção de rotina:** A estrutura é avaliada de forma geral, e as anomalias detectadas anteriormente são acompanhadas.
- Inspeção regular:** São avaliados todos os elementos da estrutura e a evolução das anomalias identificadas anteriormente; é recomendado que essa etapa seja feita semestralmente.
- Inspeção especial:** Ocorre após algum grande evento que possa que tenha impacto sobre a barragem, como chuvas intensas, por exemplo

O Instituto Minere (2016) constata que o número de instrumentos a serem instalados e utilizados, deve depender de fatores como:

- Extensão da área a ser auscultada;
- Características geológicas da fundação e do maciço;
- Tipos de instrumentos selecionados;
- Condições de acesso ao local de instalação;
- Disponibilidade orçamentária.

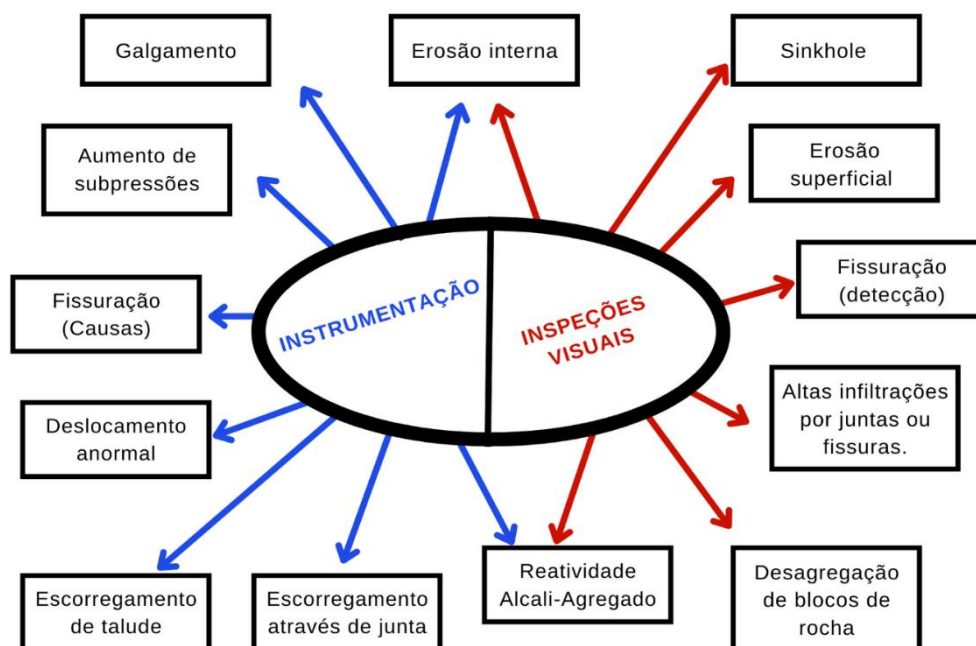
Os instrumentos devem ser selecionados observando também a qualidade e quantidade de equipe disponível para operação e ainda, deve-se observar tanto a necessidade de construção, quanto as de manutenção, que surgirão durante a vida útil da barragem, pois cada fase pode necessitar de diferentes tipos de instrumentação. (SILVEIRA, 2006).

Por tal motivo, Dunnicliff (1988 *apud* MACHADO, 2007) divide a instrumentação em duas fases:

- **Fase de projeto:** Os instrumentos são usados para determinar parâmetros referentes ao solo e rochas in situ, como resistências, compressibilidade e permeabilidade (exemplo de instrumentos: piezocone, palheta, pressiômetro).
- **Fase de construção/operação:** Os instrumentos são utilizados para determinar medidas de pressão da água, tensão total, deformação ou carregamento aplicado (exemplo de instrumentos: piezômetros, células de carga, extensômetros, inclinômetros).

Tendo como foco principal de estudo a instrumentação na fase de construção/operação, é possível concluir que os equipamentos utilizados são projetados para medir anomalias e alterações na estrutura que não podem ser verificadas com inspeções visuais, como mostra a figura 9, a seguir:

Figura 9 - Instrumentação x Inspeções visuais



Fonte: Sergio Zucul in et ai, 2016 *apud* Instituto Minere, 2016-Adaptado pelo autor

Os instrumentos principais podem ser divididos em dois subgrupos:

a) Instrumentação para medição do comportamento do nível d'água.

Machado (2007) ressalta que “o conhecimento da posição da linha freática é fundamental em estudos de comportamento geotécnico de barragens.” Os instrumentos que medem parâmetros relacionados ao nível de água são: medidores de nível de água, piezômetro de tubo aberto, piezômetro pneumático, piezômetro de tubo hidráulico de tubo duplo ou aberto, piezômetro elétrico e piezômetro de corda vibrante.

b) Instrumentação para medição de deslocamentos.

Machado (2007) constata que a instrumentação deve priorizar os instrumentos que permitam a observação de deslocamentos, pois eles constituem – dentre todos os outros instrumentos de auscultação – a instrumentação com maior facilidade de instalação e interpretação. Os principais instrumentos que medem parâmetros relacionados a deslocamentos são: inclinômetros, marcos superficiais, pêndulos diretos, entre outros.

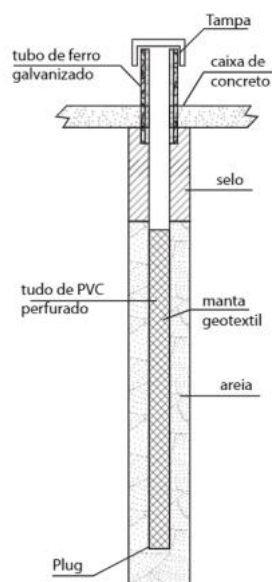
A instrumentação em barragens de rejeitos é diversa e extensa. A seguir, citamos os instrumentos mais utilizados para aferição de parâmetros nesse modelo de barragens.

4.1. MEDIDORES DE NÍVEL DE ÁGUA E PORO-PRESSÕES

a. Medidor de nível de água:

Os medidores de nível de água, são utilizados para medir o nível da linha freática ao longo do maciço. Cruz (1996) cita que é um instrumento considerado por muitos o mais simples equipamento idealizado para a aferição do comportamento do nível de água. Sua simplicidade se dá por bastar um furo de sondagem ou poço realizada na cota de nível de água para que a leitura seja realizada. É importante ressaltar que a determinação da cota do nível de água pode ser obtida por qualquer outro método. A Figura 10, a seguir, demonstra como é constituído esse instrumento:

Figura 10 - Medidor de nível de água



Fonte: Cruz, 1996.

Como todo instrumento, é possível elencar algumas das variáveis que fazem com que o equipamento perca sua confiabilidade, segundo Machado (2007), as principais causas são:

- Bloqueio interior do tubo que acontece por conta de quedas de objetos;
- Cisalhamento do tubo no interior do maciço;
- Adaptação dos orifícios do tubo de PVC ou do material drenante;
- Rompimento do tubo plástico;
- Demora na resposta da leitura do instrumento devido à colmatção.

b. Piezômetro de tubo aberto

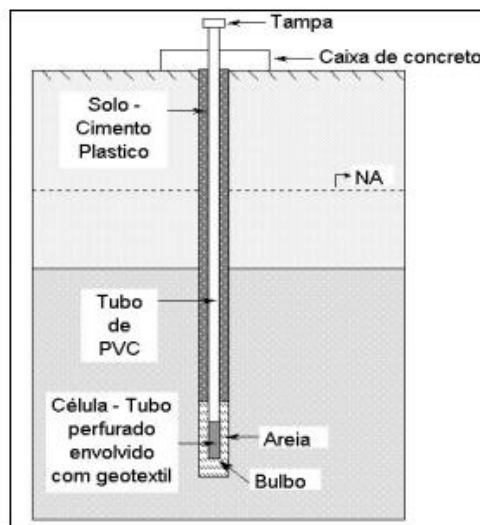
O piezômetro de tubo aberto pode ser definido como um medidor de nível de água que foi aprimorado. Segundo Cruz (1996) “se for instalado em condições válidas, pode ser considerado o piezômetro mais confiável.”

Silveira (2006) destaca que as principais vantagens desse piezômetro são:

- Confiabilidade;
- Durabilidade;
- Sensibilidade;
- Estimativa do coeficiente de permeabilidade do solo onde se encontra instalado o instrumento, entre outras.

A Figura 11, a seguir, ilustra o funcionamento desse modelo de piezômetro.

Figura 11 - Piezômetro de tubo aberto (ou *standpipe*)



Fonte: Fonseca, A. 2003.

O método construtivo desse piezômetro é análogo ao do medidor de nível de água. As principais diferenças entre eles segundo Machado (2007), são o comprimento do trecho perfurado e a extensão do trecho do furo preenchido com material drenante, limitado entre 1,0 a 1,5 metros.

Na instrumentação de barragens de rejeitos, esse instrumento mede hidrostática e a pressão neutra (poropressão) no nível da ponta porosa. Além disso, Machado (2007) cita que há algumas limitações no equipamento, entre elas:

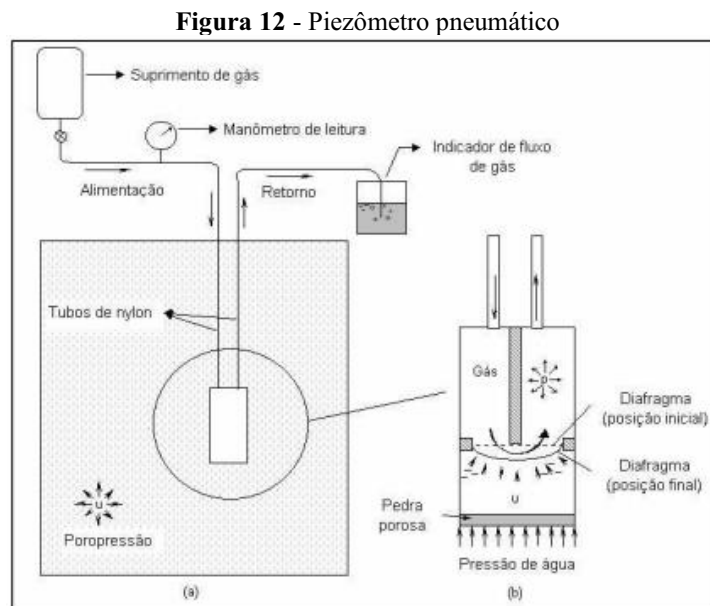
- Impossibilidade de medir pressões negativas;
- Elevado tempo de respostas quando utilizado nos reservatórios de barragens de baixa permeabilidade.

c. Piezômetro pneumático

É o modelo de piezômetro mais utilizado e tem como função a determinação de pressões neutras em maciços de terra, taludes e fundações.

O funcionamento do piezômetro pneumático se baseia no equilíbrio de pressões, de um lado atua a água cuja pressão se deseja medir, e do outro atua o gás cuja pressão é variável e conhecida (através de um manômetro situado no painel de leitura). A ligação entre o piezômetro e o painel de leitura é realizada através de dois tubos flexíveis, um chamado de “tubo de alimentação” e o outro chamado de “tubo de retorno”, comunicados através de um diafragma. Em um dado momento, a pressão da água supera o gás e o diafragma veda as duas saídas, interrompendo o fluxo. Quando a pressão da água supera o gás, acontece o efeito contrário e o fluxo é reestabelecido. (CRUZ, 1996).

A Figura 12, a seguir, demonstra como é o funcionamento desse equilíbrio de pressões.



Fonte: Fonseca, A. 2003

As limitações dos piezômetros pneumáticos se assemelham às do piezômetro de tudo aberto, acrescentando a necessidade de recarregamento das ampolas de gás, normalmente

nitrogênio. Além das limitações, possuem também algumas vantagens, que são destacadas por Cruz (1996) como:

- Leitura simples e rápida;
- Não possui limitação quanto a localização do instrumento;
- Impossibilidade de transmitir água ao maciço, entre outras.

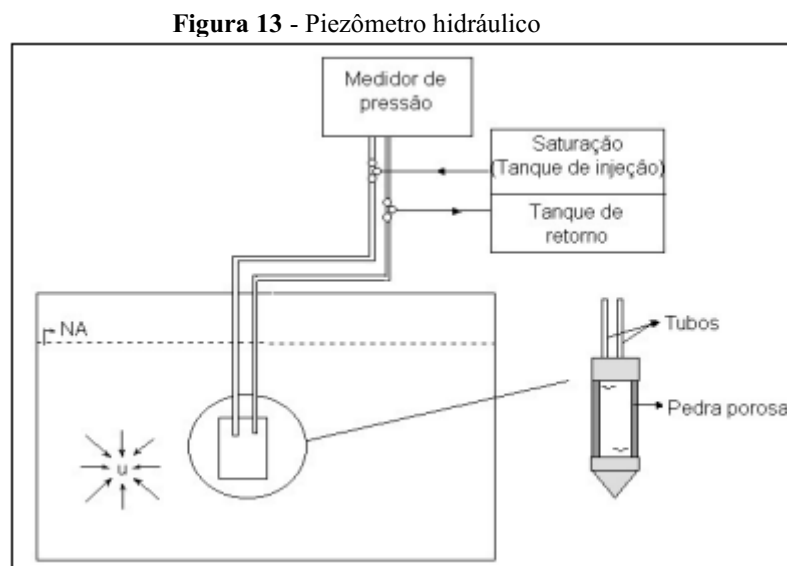
d. Piezômetro hidráulico de tubo duplo ou aberto

O piezômetro hidráulico foi muito utilizado ao longo dos anos, para aferição de parâmetros em barragens de terra.

Esse modelo de piezômetro é considerado por muitos profissionais do meio, o equipamento mais indicado para medir pressões neutras e segundo Cruz (1996) possui apenas algumas diferenças em relação ao piezômetro pneumático e são elas:

- O fluido utilizado é água e não gás;
- Ele não possui diafragma, e dessa forma, a água contida nos poros do solo ou nas fraturas da rocha fica em contato direto com a água do instrumento.

A Figura 13 exemplifica como esse piezômetro é utilizado e os equipamentos que o constituem.



Fonte: Fonseca A., 2003.

Algumas das vantagens do piezômetro hidráulico são definidas por Machado (2007) como:

- Técnica de construção simples;
- Sensor acessível;
- Possibilidade de realização de ensaio de permeabilidade.

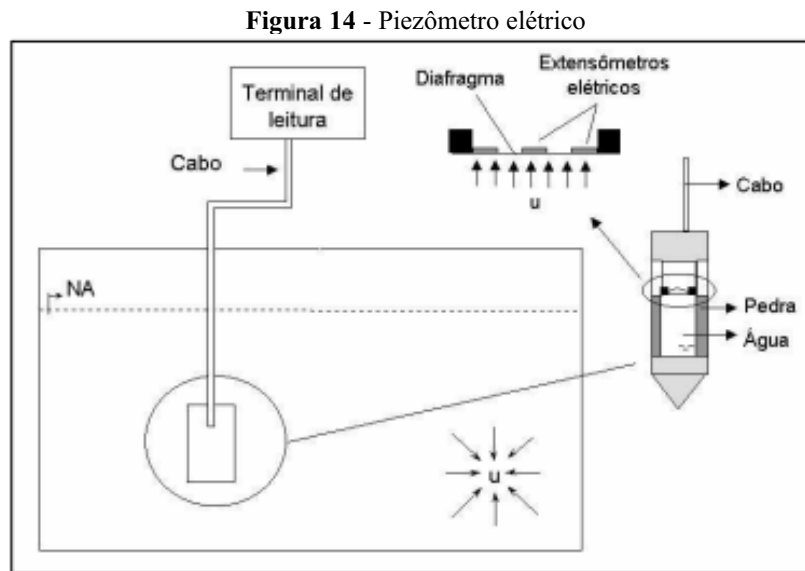
Existem diversas limitações, mas algumas delas são descritas por Machado (2007) como:

- Grande tempo de resposta quando instalado em solos de baixa permeabilidade;
- Sofre influências de recalques na leitura;
- Não indicado para cotas de instalação superiores a do terminal de leitura.

e. Piezômetro Elétrico

O piezômetro elétrico convencional apresenta o menor tempo de resposta dentre todos os piezômetros. Cruz (1996) justifica esse fato “devido ao pequeno volume de água que o maciço precisa fornecer para fletir o diafragma do transdutor”.

Para Fonseca, A. (2003) os piezômetros elétricos são “constituídos por um diafragma de aço inoxidável no qual são fixados extensômetros elétricos de resistência”. A Figura 14, a seguir, demonstra a estrutura desse piezômetro:



Fonte: Fonseca, A. 2003.

As vantagens desse instrumento são similares as dos outros piezômetros, enfatizando o menor tempo de resposta.

Algumas das limitações são definidas por Fonseca, A. (2003) como:

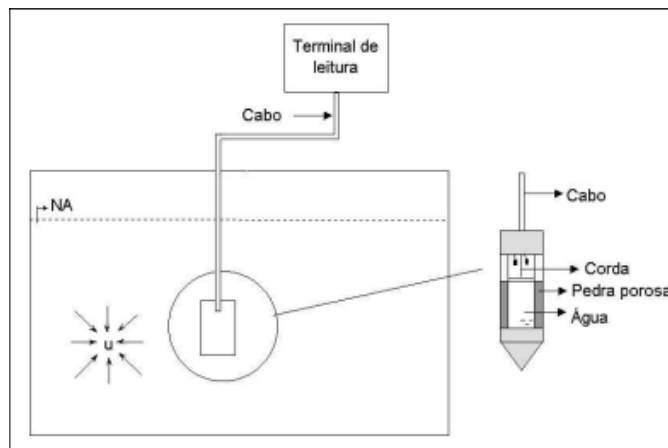
- Custos elevados;

- Impossibilidade de recuperação em caso de danos;
- Possibilidade de danificar por conta de sobretensões, descargas elétricas etc.

f. **Piezômetro com Corda Vibrante**

Os piezômetros de corda vibrante, são definidos por Santos (2019) como piezômetros elétricos que possuem como base de funcionamento a medição da pressão intersticial da água, passando de uma pedra porosa para um diafragma interno, onde um transdutor mede a deflexão. A Figura 15, a seguir, mostra o detalhamento desse modelo de piezômetro, para que seja possível uma diferenciação do piezômetro elétrico.

Figura 15 - Piezômetro de corda vibrante



Fonte: Fonseca, A. 2003.

O funcionamento desse piezômetro é apresentado por Cerqueira (2017), que cita dois métodos, o convencional, quando o sensor de corda vibrante é posicionado e envolto em areia lançada a partir da boca do furo e dessa forma, o parâmetro aferido é a poro-pressão equalizada na célula de areia, e o grauteado, que consiste no preenchimento total do furo de sondagem, do senso piezométrico e do seu cabo até a boca do furo. Nesse modelo, o parâmetro aferido é a poro-pressão do bulbo adjacente até a ponta do sensor.

Esse modelo de piezômetro possui vantagens e limitações iguais ao piezômetro elétrico.

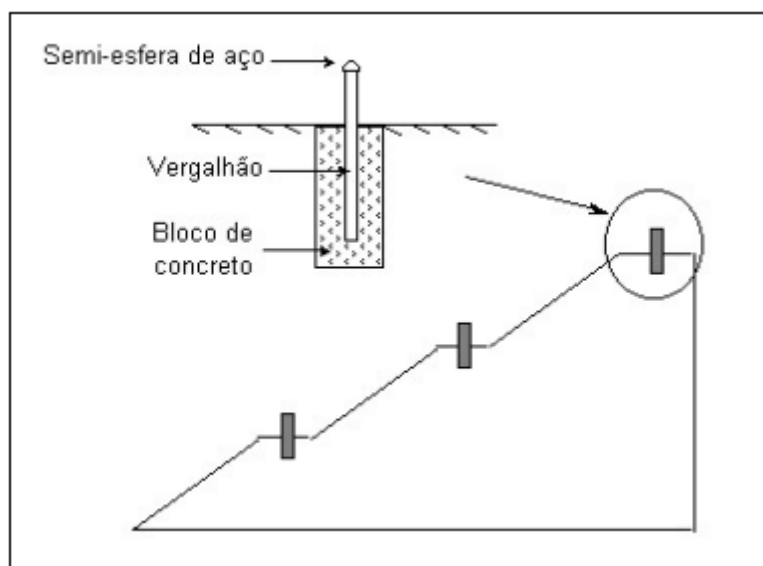
4.2. MEDIDORES DE DESLOCAMENTOS

a. **Marcos superficiais**

Os marcos superficiais, são medidores de deslocamentos verticais e horizontais dos maciços de terra.

Fonseca, A. (2003) detalha que é um instrumento de aferição relativamente simples, que utiliza levantamentos topográficos e toma como ponto de partida marcos de referência, instalados em regiões fora da área de influência da barragem. A Figura 16, a seguir, mostra a instalação de um marco superficial:

Figura 16 - Marco superficial.



Fonte: Fonseca, A. 2003.

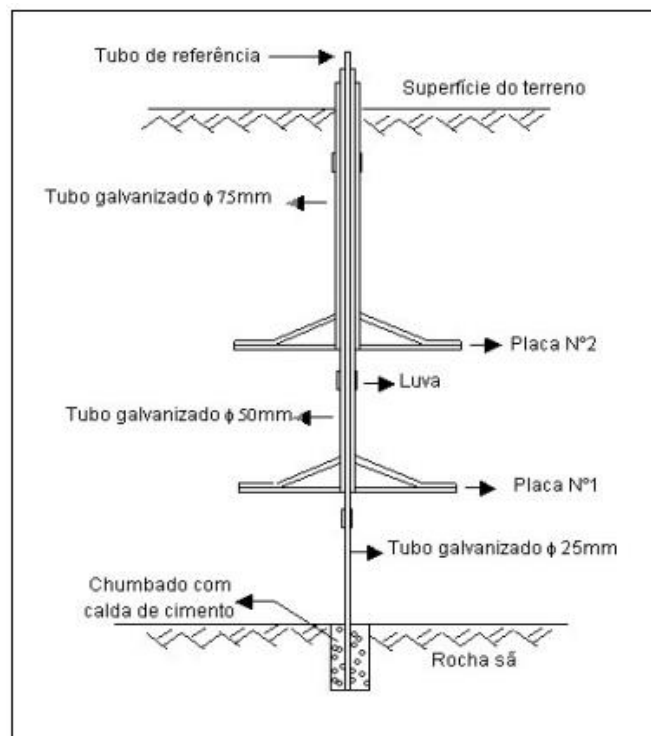
Segundo Santos (2019) o baixo custo e as leituras satisfatórias são as principais vantagens desse instrumento.

b. Placas de recalque com tubos telescópicos

Os instrumentos que medem recalque têm como objetivo analisar deslocamentos verticais que ocorrem no maciço e na fundação, possuindo variações como de tubo telescópico, tipo USBR, KM, magnético, entre outros.

Para Fonseca, A. (2003) esse é um dos medidores de recalques mais utilizado em barragens brasileiras, e pode ser instalado já na sua construção, pois é alocado tanto na sua fundação quanto ao longo do aterro compactado. Os recalques são medidos a partir das leituras de deslocamento mostradas pelo instrumento. Esse instrumento possui um tubo de referência, placas e dois diâmetros de tubos galvanizados, como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Placa de recalque com tubo telescópico.



Fonte: Fonseca, A. 2003.

Cruz (1996) define que a maior vantagem desse modelo de medidor de recalque é a simplicidade construtiva e de leitura, já algumas de suas limitações são:

- Quantidade do número de placas limitada a quatro;
- Placas muito pesadas, o que dificulta o manuseio;
- Dificuldade de reparos;
- Custo elevado.

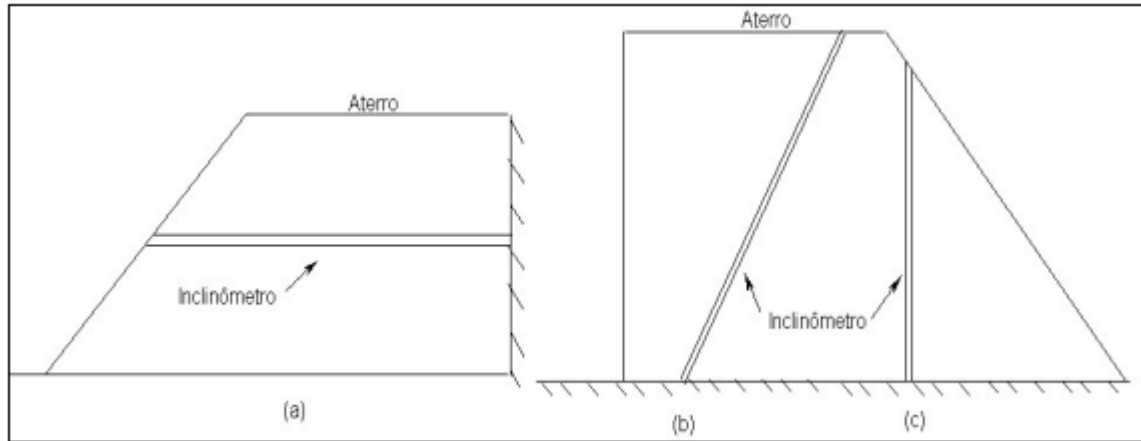
c. Inclinômetros

São instrumentos utilizados para medir deslocamentos horizontais, empregados para avaliar estabilidade de taludes e por isso são muito utilizados em barragens de terra.

Silveira (2006) simplifica o funcionamento do inclinômetro, como sendo um “torpedo” a prova d’água, ele possui um pêndulo interno, que é baixado dentro de um tubo guia (pode ser instalado na vertical, sendo inclinado ou não ou na horizontal), medindo os deslocamentos angulares em intervalos espaçados igualmente e seguindo dimensões já

preestabelecidas. A Figura 18, a seguir, mostra o inclinômetro instalado horizontalmente, inclinado e verticalmente.

Figura 18 - Modelos de instalação de inclinômetros - (a) Horizontal, (b) Inclinado e (c) Vertical



Fonte: Fonseca, A. 2003.

4.3. AUSCUTAÇÃO MANUAL

a. Carta de risco

Segundo o Instituto Minere (2016), a carta de risco pode ser definida como um instrumento de controle e avaliação do comportamento geotécnico da barragem. Ela consiste na realização de diversas análises de percolação e estabilidade, criando diversos cenários de elevação da linha freática, que podem ser cruzadas com referências de registros piezométricos retirados em campo.

A Saff Engenharia (2022) salienta que através dessas análises, são obtidos diversos valores de fatores de segurança (FS), que podem atestar a condição da estrutura. A Tabela 6, a seguir, mostra os valores de FS que atestam condições críticas de uma barragem.

Tabela 6 - Variações dos fatores de segurança

Nível de controle	Faixa de variação dos fatores de segurança e condições críticas
NÍVEL NORMAL	Leituras dos instrumentos que indicam fator de segurança igual ou superior a 1,50 ($FS \geq 1,50$)
NÍVEL DE ATENÇÃO	Leituras dos instrumentos que indicam fator de segurança entre 1,30 e 1,50 ($1,30 \leq FS \leq 1,50$)
NÍVEL DE ALERTA	Leituras dos instrumentos que indicam fator de segurança entre 1,10 e 1,30 ($1,10 \leq FS \leq 1,30$)
NÍVEL DE EMERGÊNCIA	Leituras dos instrumentos que indicam fator de segurança inferior a 1,10 ($FS \leq 1,10$)

Fonte: SAFF Engenharia, 2022

b. Análise de risco

As análises de risco existem para a avaliação de estruturas geotécnicas e têm como objetivo prever cenários que possam resultar em prejuízos ou desastres em barragens. (Instituto Minere, 2016).

Segundo Cyganiewicz e Smart (2000 *apud* Instituto Minere, 2016), os benefícios da análise de risco são:

- Comunicação do risco;
- Compreender o comportamento da barragem;
- Identificar as informações adicionais que são necessárias para reduzir incertezas;
- Fornece um grupo de ações para mitigar os riscos;
- Ajudar na escolha da alocação de recursos e quais as prioridades da barragem.

A análise de risco é constituída por um formulário. Nele, constam diversas falhas que podem ocorrer no maciço ou no extravasor, os efeitos que podem causar, probabilidade e consequências, assim como os comentários relevantes sobre as falhas que podem estar ocorrendo.

c. Inspeção de campo

As inspeções de campo são realizadas com o intuito de garantir a segurança da estrutura e são realizadas como um complemento da instrumentação. Com a junção de uma análise de dados criteriosa obtida através da instrumentação e as inspeções realizadas in situ, a avaliação de comportamento da estrutura se torna extremamente eficaz. (Machado, 2007).

De acordo com o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) as inspeções são divididas em 5 tipos: Rotineiras, periódicas, formais, especiais e de emergência, e são definidas por Machado (2003) como:

- **Rotineiras:** Devem ser realizadas em um curto período, não superior a sete dias.
- **Periódicas:** Devem ser realizadas em uma data específica por equipe especial e treinada.
- **Formais:** Devem ser realizadas anualmente com presença de engenheiro e geólogo, a inspeção deve ser extremamente minuciosa e as patologias encontradas devem ser relatadas e armazenadas por meio de relatório fotográfico.

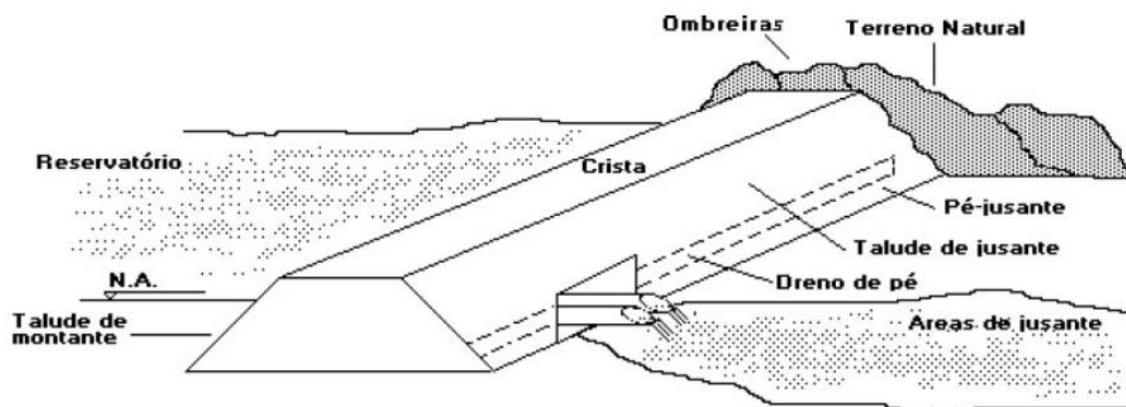
- **Especiais:** Devem ser realizadas a cada 5 ou 10 anos a depender do potencial de ruptura da barragem. Esse tipo de inspeção é realizado por especialistas preferencialmente independentes e que possuem vasto conhecimento técnico no ramo.
- **Emergencial:** São realizadas caso seja detectada alguma anomalia no corpo da barragem ou em alguma estrutura anexa que ocorra repentinamente e apresente algum perigo potencial, normalmente em época de grandes chuvas.

O Instituto Minere (2016) define que as estruturas e patologias que devem ser inspecionadas são:

- **Maciço:** Talude de montante e jusante – erosões, trincas, existência de tocas de animais, surgências e existência de vegetação.
- **Ombreiras:** Contato entre o maciço e as ombreiras – surgências e erosões.
- **Crista:** Erosões, trincas longitudinais e transversais, abatimento e existência de tocas de animais.
- **Vertedouro:** Trincas, galhos e árvore.
- **Instrumentos:** Verificar se os instrumentos estão funcionando de forma correta.

A Figura 19, a seguir, ilustra a localização de cada estrutura da barragem a ser inspecionada:

Figura 19 - Estruturas de uma barragem



Fonte: Governo do Estado do Mato Grosso do Sul

5. PATOLOGIAS EM BARRAGENS DE REJEITOS

A Resolução ANA 742/2011 define anomalia como “qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa vir a afetar a segurança da barragem, tanto a curto como a longo prazo”.

De acordo com Viana (2010) “as anomalias mais comumente encontradas durante as inspeções de barragens de rejeitos são: percolação, trincas ou fraturas, instabilidade, depressões, proteção inadequada do talude e erosão superficial.”

Desta forma, qualquer anomalia que venha a ocorrer em uma estrutura, poderá causar danos consideráveis. O seu tipo, causa e localização definirá se causará danos operacionais ou estruturais. (CARDIA E KUPERMAN, 2020).

5.1. LIQUEFAÇÃO

O processo de liquefação ocorre através das pressões causadas pelo fluxo ascendente da água, essas pressões causam a perda total ou a perda parcial da resistência do solo da barragem. (Instituto Minere, 2016)

5.2. PIPING

O fenômeno *piping* (“tubulação”), está associado a formação de dutos. Esse fenômeno é induzido através da erosão regressiva das partículas onde é formado um tubo a jusante e ao longo da linha a montante, como um buraco derramando água até a parte externa do maciço. Esse acontecimento permite a formação de um tubo continuo aumentando a seção da barragem conforme a água percola no solo compactado, dando início a brecha na barragem, conforme mostra a Figura 19, a seguir:

Figura 20 - Formação do piping



Fonte: Ladeira, 2007

Existem fatores que são determinantes para evitar a falha por *piping*, como o monitoramento adequado dos parâmetros geotécnicos, grau de compactação do solo e graduação adequada das partículas que estão em contato com materiais de granulometrias diferentes. Um dos fatores determinantes também é a plasticidade, porque a possibilidade da água percolar pela brecha é maior em solos sem coesão, ou seja, que não são plásticos.

De acordo com a Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB/ICOLD), existem quatro formas de ocorrer a falha para erosão regressiva da barragem de aterro e de fundação, são elas:

- Através do barramento;
- Através do barramento para a fundação;
- Através da fundação;
- Estruturas de penetração.

De acordo com Guidicini *et al* (2021) seja através do barramento ou pela fundação, o processo de *piping* desde 1950 é responsável por 54% dos desastres ocorridos em barragens.

5.3. EROSÃO

Devido ao fluxo de água da chuva podem ocorrer erosões ao longo da linha de contato entre o aterro e o terreno. A erosão no talude pode acarretar brechas que levam a estrutura à ruptura.

Figura 21 - Modelo de erosão da barragem BL-1 (VALE S.A.)



Fonte: AFES – Ação Franciscana de Ecologia e Solidariedade

5.4. GALGAMENTO (*OVERTOPPING*)

O galgamento ocorre quando a água a montante da barragem ultrapassa o limite máximo, ou seja, a cota da crista da barragem. Normalmente, o galgamento acontece depois de grandes volumes de chuva e pelo dimensionamento inadequado do sistema extravasor ou operação inadequada da barragem. (Instituto Minere, 2016).

Guidinici *et al* (2021) cita que o fenômeno de galgamento é responsável por 32% do rompimento de barragens ocorridos após 1950. Além disso, Lemos *et al* (2019) cita que em barragens de terra, o fenômeno provoca o corte do coroamento em sua profundidade, causando erosão a jusante e levando à ruptura.

5.5. INSTABILIDADE DE FUNDAÇÃO

A instabilidade da fundação ocorre quando há uma camada de solo ou rocha com resistência baixa em uma profundidade pequena nas fundações do aterro. A ruptura ocorre se o carregamento do aterro possuir tensões maiores que a resistência ao cisalhamento da camada de solo mais fraca.

5.6. CISALHAMENTO DO MACIÇO

É chamado de cisalhamento no maciço ou ruptura circular e ocorre quando a tensão de cisalhamento da superfície se iguala a tensão de cisalhamento do material.

As rupturas por cisalhamento podem ocorrer por alterações no nível freático, mudança da permeabilidade de materiais da fundação ou elevação das poropressões causada por vibração e liquefação (Canmet, 1977 *apud* Instituto Minere, 2016).

6. POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (PNSB)

Diante dos eventos de grande impacto social, econômico e ambiental nas cidades mineiras de Mariana e Brumadinho, em 5 de novembro de 2015 e 25 de janeiro de 2019, respectivamente, houve a necessidade de alterações dos dispositivos da Lei nº12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a PNSB, dando origem a Lei nº14.066, de 30 de setembro de 2020, para o fiel cumprimento das atividades de engenharia, e devidas correções das patologias.

Dessa forma, é possível realizar uma análise detalhada de ambas as leis, citando as alterações significativas que elas tiveram em todos os aspectos que ela abrange. (APÊNDICE A)

A Tabela 7, a seguir, faz um resumo das alterações realizadas na lei apenas em relação aos riscos ambientais e a vida humana.

Tabela 7 - Alteração em relação ao risco.

(continua)

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010.	Lei Nº14.066, 30 de setembro de 2020
Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> V - Categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei;
I - Altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;	
IV - Categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;	
Art. 2º Para efeitos desta lei são estabelecidas as seguintes definições	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u>
I - Barragem: qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;	VII – Dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais
IV - Empreendedor: pessoa física ou jurídica que detenha outorga licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize se não houver quem os explore oficialmente;	VIII - Categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre;

Art. 7º 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 (CNRH).

§ 1º A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, dos métodos construtivos, do estado de conservação e da idade do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem, bem como de outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador.

INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:

§ 3º O órgão fiscalizador deverá exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem.

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), exigido conforme o art. 11 desta Lei;

VIII - relatórios das inspeções de segurança regular e especial;

§ 2º As exigências indicadas nas inspeções de segurança regular e especial da barragem devem ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança da Barragem.

INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:

X - Identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre;

Art. 11º O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto:

INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:

Art. 11. A elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens classificadas como de:
I - Médio e alto dano potencial associado; ou
II - Alto risco, a critério do órgão fiscalizador.
Parágrafo único. Independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração.

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

I - Prover os recursos necessários à garantia de segurança da barragem e, em caso de acidente ou desastre, à reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e aos patrimônios público e privado, até a completa descaracterização da estrutura;

VI - Permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador, da autoridade licenciadora do SISNAMA, do órgão de proteção e defesa civil e dos órgãos de segurança pública ao local da barragem e das instalações associadas e à sua documentação de segurança;

VII - elaborar e atualizar o Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações dos relatórios de inspeção de segurança e das revisões periódicas de segurança, e encaminhá-lo ao órgão fiscalizador;

X - Elaborar o PAE, quando exigido, e implementá-lo em articulação com o órgão de proteção e defesa civil;

INCLUÍDO PELA LEI Nº 14.066, DE 2020:

§ 2º Sem prejuízo das prerrogativas da autoridade licenciadora do SISNAMA, o órgão fiscalizador pode exigir, nos termos do regulamento, a apresentação não cumulativa de caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras ou reais para a reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, pelo empreendedor de:

I - Barragem de rejeitos de mineração ou resíduos industriais ou nucleares classificada como de médio e alto risco ou de médio e alto dano potencial associado;

II – (VETADO);

III - Barragem de acumulação de água para fins de aproveitamento hidrelétrico classificada como de alto risco.

§ 3º No caso de ausência de documentação técnica que impeça a classificação da barragem quanto ao risco e ao dano potencial associado, cabe ao órgão fiscalizador decidir quanto às exigências previstas nos §§ 1º e 2º deste artigo.

Fonte: BRASIL, 2010 e BRASIL, 2020.

Algumas das alterações constantes na Lei 14.066/2020 fazem menção exclusivamente à danos e riscos associados a barragens, como é mostrado na Tabela 7 acima. Com base nisso, é possível analisar mais profundamente os critérios que fazem referência a esses assuntos.

São incluídas na PNSB as barragens que possuem categoria de dano potencial associado (DPA) médio ou alto e categoria de risco (CRI) alta, são critérios determinados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a partir da resolução nº 143 de 10 de julho de 2012.

Dessa forma, segundo o Art. 4º da resolução nº 143 do CNRH, a categoria de risco das barragens é classificada de acordo com as características da própria barragem que influenciam na possibilidade desastres. Os critérios levados em conta são mostrados na Tabela 8, a seguir:

Tabela 8 - Critérios para determinação da categoria de risco.

I - Características técnicas	II - Estado de conservação	III - Plano de Segurança de Barragens
Altura do barramento	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Existência de documentação de projeto
Comprimento do coroamento da barragem	Confiabilidade das estruturas de captação	Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem
Tipo de barragem quanto ao material de construção	Eclusa	Procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento
Tipo de fundação da barragem	Percolação	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem
Idade da barragem	Deformações e recalques	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação
Tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro	Deterioração dos taludes	

Fonte: Resolução nº 143 (CNRH) – Adaptado pelo autor

As barragens também possuem critérios de classificação quanto ao dano potencial associado, o Art. 4º da CNHR os define como é mostrado na Tabela 9, a seguir:

Tabela 9 - Classificação quando a dano potencial associado
(continua)

Classificação quanto a dano potencial associado

Existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas

Existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários

Existência de infraestrutura ou serviços

(conclusão)

Classificação quanto a dano potencial associado

Existência de equipamentos de serviços públicos
essenciais

Existência de áreas protegidas definidas em
legislação

Natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados

Volume

Fonte: Resolução nº 143 (CNRH) – Adaptado pelo autor

O relatório anual de segurança de barragens da ANM relatou que no final de 2021, existiam 455 barragens cadastradas no SNISB enquadradas nos critérios da PNSB e classificadas quanto a CRI e DPA. A partir desse total, o cadastro apresenta os seguintes percentuais: CRI alto: 10%, CRI médio: 13% e CRI baixo: 77%, e DPA alto: 56%, DPA médio: 34% e DPA baixo: 10%.

Segundo a ANM, algumas barragens apresentam anomalias que podem colocar em risco sua estabilidade, criando a necessidade de acionar os níveis de emergência, que são divididos em três:

- **Nível 1:** Quando se percebe qualquer situação com potencial de dano à segurança da estrutura.
- **Nível 2:** Quando as anomalias detectadas não podem ser controladas.
- **Nível 3:** A ruptura é iminente ou está ocorrendo.

Atualmente, existem quatro barragens de rejeitos inseridas no PNSB com CRI e DPA altos e nível de emergência 3, como mostra a Figura 22, a seguir.

Figura 22 - Barragens do PNSB com nível de emergência 3

ID Barragem	Barragem de Mineração	Empreendedor	Município	UF	Categoria de Risco - CRI	Dano Potencial Associado - DPA	Inserido na PNSB?	Nível de Alerta e Emergência
8290	Forquilha III	VALE S.A. - 33.592.510/0001-54	OURO PRETO	MG	Alta	Alto	Sim	Nível de Emergência 3
8389	Sul Superior	VALE S.A. - 33.592.510/0001-54	BARÃO DE COCAIS	MG	Alta	Alto	Sim	Nível de Emergência 3
8215	B3/B4	VALE S.A. - 33.592.510/0001-54	NOVA LIMA	MG	Alta	Alto	Sim	Nível de Emergência 3
8955	Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL BRASIL S.A. - 17.469.701/0001-77	ITATIAIUÇU	MG	Alta	Alto	Sim	Nível de Emergência 3

Fonte: SNISB – Sistema de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração

As classificações quanto ao risco e quando ao dano potencial incluídas na nova Lei fazem com que as barragens com riscos reais de ruptura sejam mais bem avaliadas.

7. SEGURANÇA DE BARRAGENS E RISCOS

A segurança de barragens tem como principal objetivo manter a integridade estrutural e operacional da barragem e a proteção da vida, saúde, propriedade e do meio ambiente de forma geral da região (BRASIL, 2010)

De acordo com a lei, garantir a segurança de uma barragem é responsabilidade do empreendedor, que deve prover de equipe qualificada, coordenada por um engenheiro geotécnico. O dever de fiscalizar a segurança das barragens é dividida entre quatro grupos:

- Barragens para geração de energia: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Barragens para contenção de rejeitos minerais: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM);
- Barragens para contenção de rejeitos industriais: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) ou órgãos ambientais estaduais, a depender da emissão da Licença Ambiental;
- Barragens de usos múltiplos: Agência Nacional de Águas (ANA) ou de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

Além da fiscalização da segurança, outros órgãos também são responsáveis pela fiscalização do licenciamento ambiental e outras licenças.

Os rompimentos de barragens de rejeitos geralmente são ocasionados por instabilidade dos taludes, falhas na fundação, galgamento e fatores externos, como terremotos e infiltrações. Esses riscos exigem identificação e avaliação específicas nas fases de construção e encerramento de operação das barragens, já o programa de monitoramento contínuo se faz necessário durante todo o ciclo de vida das barragens. (GroundProbe, 2022)

De acordo com a GroundProbe (2022), existem 18.000 barragens de rejeitos no mundo, com uma taxa de rompimento de 1,2%. Já as barragens tradicionais de reservatório de água apresentam uma taxa de rompimento de 0,01%. As barragens de rejeitos são mais vulneráveis a desastres por conta da falta de normas e padrões para seu projeto, construção inadequada de aterros, resíduos da mineração e dejetos brutos, o custo de monitoramento, além da falta de aplicação da engenharia. As barragens de rejeitos também exigem frequentemente expansão, elevação de altura ou adição de barragens subsequentes para a

ampliação do volume do reservatório e por tais motivos, deve haver sempre acompanhamento de um engenheiro geotécnico para acompanhamento dessas mudanças.

7.1. AVALIAÇÃO DO RISCO EM EMPREENDIMENTOS DE MINERAÇÃO

O risco está ligado à maioria das atividades humanas presentes nas empresas e empreendimento. Tais riscos podem trazer diversas consequências para uma comunidade desde financeiras como questões de saúde pública e ambiental.

Nos últimos tempos, vários procedimentos protocolares de avaliação e monitoramento de risco foram elaborados com a fim de se obter segurança operacional, pessoal e financeira aos empreendimentos. Foi considerado como procedimento padrão a adoção de medidas de gestão de riscos e potenciais riscos. Pelo fato de ter acontecido grandes desastres na área da mineração, houve então a necessidade de criar padrões nacionais, códigos para diversos requisitos formais para a implementação de procedimentos de gerenciamento de riscos. (PAULO, 2021)

Atividades minerárias podem ser fontes potenciais de contaminação, principalmente metais pesados, na natureza como rios e lençóis freáticos consequentemente havendo contaminação de animais e humanos. De acordo com o relatório da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) de Inventário de Áreas Contaminadas de Minas Gerais, em 2020 havia um total de 678 registros de áreas contaminadas e reabilitadas, dentre desses resultados se encontra uma parcela resultado de atividades minerárias.

Paulo (2021) cita que se o gerenciamento de riscos for utilizado de forma eficaz, pode ser uma ferramenta extremamente útil para a tomada de decisões. Todavia, o processo necessita de uma percepção e compreensão detalhada dos riscos envolvidos em um empreendimento. Além disso, a implementação da avaliação de risco e procedimentos de gestão de risco exigem comprometimento da equipe envolvida, principalmente a liderança, que deverá incentivar a adoção de tais medidas.

O primeiro passo para uma avaliação de risco adequada deve ser a definição do cenário do empreendimento ou empresa em questão. Logo, este cenário inclui a avaliação de fatores externos, ou seja, considera a relação entre a organização e o público, onde deve-se identificar os principais propulsores do negócio, as partes interessadas e suas perspectivas do empreendimento e da empresa, avaliando também aspectos sociais, normativos, ambientais, culturais, financeiros, políticos.

Faz-se necessário um entendimento das partes interessadas, a respeito da cultura da organização, sua tolerância ao risco, sua estrutura e capacidade em termos de pessoas, sistemas, procedimentos e acesso ao capital. Tudo isso pode ter grande influência sobre os controles ou tratamentos usados para limitar a probabilidade de falhas, por exemplo. Além de se determinar o gerenciamento de riscos, os critérios de risco e a estrutura a qual o risco será monitorado. (PAULO, 2021)

7.2. PLANO DE ATENDIMENTO EMERGENCIAL (PAE)

O PAE faz parte de um Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), onde são registrados através de documentos físicos ou eletrônicos as tipologias acidentais, identificação e avaliação de riscos e um plano de ação para minimizar os impactos.

A CETESB (Companhia ambiental do Estado de São Paulo) cita que o PAE tem como objetivo estabelecer dados e informações que favoreça a adoção de procedimentos lógicos, técnicos e administrativos, que são elaborados para iniciar rapidamente em emergências, a fim de minimizar os impactos à comunidade e ao meio ambiente.

O Plano de ação emergencial estabelece as responsabilidades de todas as partes envolvidas no empreendimento, prevê quais serão os recursos humanos e materiais utilizados nos possíveis desastres, além de definir procedimentos de rotina para combater as emergências. É importante ressaltar que os critérios são definidos de acordo com o tipo de desastre estudado. Além disso, tem interface com outros sistemas de resposta a emergências, com dispositivos locais e regionais para comunicação com a comunidade, além de um programa de treinamento que realiza exercícios teóricos e práticos com a população, visando a atualização e melhoria contínua do plano. (CETESB, s.d.)

8. ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E PREVENÇÃO DE RISCOS

8.1. LICENÇA AMBIENTAL E OS ASPECTOS DE ACIDENTES (EIA) – (RIMA)

Estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA) visam identificar e avaliar os impactos ambientais que ocorrem na operação da atividade de definir a área geográfica que será afetada, ou seja, a área de influência do projeto.

O estudo de impacto ambiental desenvolve o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, a fim de caracterizar a situação da área antes da implantação do projeto, considerando o meio físico, biológico e socioeconômico. O estudo analisa impactos

ambientais do projeto, define medidas que podem minimizar os efeitos negativos e elabora o programa de monitoramento dos impactos, sejam negativos ou positivos.

O relatório de impacto ambiental reflete as conclusões do EIA e contempla os objetivos, justificativas e descrição do projeto, bem como, as alternativas tecnológicas e locacionais

8.2. PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRAGADAS (PRAD)

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) é um documento que tem como objetivo orientar a forma correta de monitorar o processo de recuperação ambiental de uma determinada área, ou seja, é o conjunto de medidas que dará à área degradada ou que tenha sido modificada ambientalmente, a possibilidade de reestabelecer um solo apto para reutilização e uma paisagem harmônica e um equilíbrio do ecossistema original da região.

De acordo com a instrução normativa N°4, o PRAD deverá reunir todas as informações, métodos e técnicas que serão utilizados em cada área a ser alterada. Além disso, o PRAD deverá sugerir medidas que assegurem as áreas degradadas de fatores que possam impedir ou dificultar o processo de recuperação do ecossistema

8.3. DESCOMISSIONAMENTO E DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS

O descomissionamento e descaracterização trata-se do encerramento definitivo de uma barragem, é fundamental para restabelecer o equilíbrio ambiental da área degradada onde a barragem operava depositando rejeitos, tem como principal objetivo mitigar os riscos para a sociedade e meio ambiente.

Foram incluídos pela Lei N° 14.066/2020 artigos que indicam a descaracterização de barragens que não atendam aos requisitos da legislação:

- O prazo para descaracterização de barragens construídas ou alteadas a montante até 25 de fevereiro de 2022. Podendo apenas prorrogar esse prazo a entidade que regula e fiscaliza a barragem ratificando com a autoridade licenciadora do SISNAMA (Art. 2° - A Lei 14.066, de 2020).
- Barragem em implantação ou operação na comunidade ZAS deverá ser feita a descaracterização, ou reassentamento da população ou obras de reforço que garantam a estabilidade da estrutura (Art. 18° -A Lei 14.066, de 2020)

De acordo com a lei, devem ser descaracterizadas as barragens construídas pelo método de alteamento a montante. A lei indica também, a possível descaracterização de barragens que estão sendo implantadas ou em operação nas comunidades ZAS (Zona de Auto salvamento), que podem ser definidas como áreas até 10km ou 30 minutos do ponto de rompimento da barragem. (VALE S.A., 2022).

Ainda que a Lei 14.066/2020 tenha estabelecido o prazo máximo para a descaracterização das barragens a montante, as mineradoras solicitaram que os prazos fossem prolongados e assim surgiu a resolução nº 95/2022 da ANM, onde foram abertos precedentes para que prazos maiores fossem solicitados, visto que ainda existem muitas barragens a serem descaracterizadas.

De acordo com a ANM (2022), existem 56 barragens de alteamento a montante cadastradas no SIGBM, 19 se encontram em fase de projeto de descaracterização, 33 estão em fase de execução e 4 se encontram com o processo completo, sendo importante ressaltar que no ano de 2021, existiam 74 barragens cadastradas no SIGBM e 14 delas já tiveram sua descaracterização concluída.

8.3.1. Processo de Descaracterização

O processo de descaracterização se inicia após o encerramento da operação da barragem, ou seja, quando não ocorre mais o envio de rejeito para o local, é realizado através de 5 etapas principais:

- Estudos Preliminares;
- Descomissionamento;
- Controle hidrológico;
- Estabilidade da estrutura;
- Monitoramento

Se faz necessário um estudo preliminar com o objetivo de obter todas as informações detalhadas do empreendimento através de sondagens SPT, ensaios de permeabilidade e capacitação do solo e índices pluviométricos. Esse estudo é feito por especialistas e auditores externos que visam a execução da descaracterização de forma mais segura. (GIGOLOTTI; FRANÇA; GURGEL, 2022).

Após a elaboração do projeto de descaracterização, inicia-se o processo de descomissionamento, onde acontece a retirada total da infraestrutura da barragem, ou seja, todas as ligações entre a barragem e a mina são interrompidas.

Antes de iniciar a drenagem dos rejeitos, é construído um reforço de terra ou concreto no maciço da barragem a fim de garantir uma estabilidade maior na estrutura. Os rejeitos podem ser drenados totalmente ou parcialmente da barragem, o material drenado deve ser descartado corretamente a fim de garantir que o meio ambiente não seja prejudicado, as águas devem ser tratadas e devolvidas às bacias hidrográficas. (VALE S.A., 2022)

A etapa final de execução do projeto é a revegetação do local, um plano de recuperação ambiental deve ser elaborado de acordo com o projeto do empreendimento, visando restabelecer as espécies nativas e toda a harmonização ecológica da paisagem. (GIGOLOTTI; FRANÇA; GURGEL, 2022)

Durante todo o processo de descaracterização deverá ocorrer um monitoramento junto ao órgão ambiental competente para assegurar que seja feita toda a recuperação ambiental da área (NBR 13030:1999). Deverá ser monitorado também o aterro de tamponamento, o sistema de drenagem e estabilidade da estrutura, inspeções devem ser realizadas periodicamente através de instrumentos como o piezômetro para registrar os dados de pressão da água no lençol freático. (GIGOLOTTI; FRANÇA; GURGEL, 2022).

Após a alteração feita na legislação, a obrigatoriedade do processo de descaracterização e descomissionamento de barragens se tornou um dos artigos mais importantes previstos na lei. Fazendo jus a sua importância, esse processo custará alto aos cofres das mineradoras. De acordo com a VALE S.A. (2019), o orçamento previsto precisaria subir cerca de R\$ 671 milhões para implantação desses processos. Além disso, a mineradora diz que por conta dos riscos à jusante das barragens, é necessário a utilização de equipamentos controlados por funcionários a distância.

8.4. IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS

Diante da concepção e construção de um empreendimento e até em um possível rompimento de uma barragem de rejeitos muito se é discutido e presenciado de forma abrupta e agressiva os impactos ambientais causados pela soma de fatores dos eventos.

De acordo com o CONAMA, o impacto ambiental é definido no artigo 1º da Resolução CONAMA nº01, de 23 de janeiro 1986 como sendo:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam o bem-estar e a saúde da população; as atividades socioeconômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.” (Art 1º Resolução CONAMA)

Na construção dessas barragens, a paisagem natural, como a fauna e a flora sofrem alterações devido a necessidade da retirada da camada vegetal onde será implantado o empreendimento, também a retirada do solo que não tem grande riqueza de minério naquelas camadas superficiais.

No rompimento desse tipo de barragem milhões de m³ de rejeitos se espalham por milhares de m² de terras, conseqüentemente esse solo se tornará infértil devido esse material não possuir matéria orgânica e acaba sufocando aquele solo que já se fazia existente subtraindo a fauna e a flora daquela região e além de não poder construir sobre todo aquele lamaçal. Esse tipo de impacto não se limita aos danos nos solos, mas também se expande de forma exponencial aos rios, afluentes, lagos e chegando até os oceanos, ceifando a vida aquática, como por exemplo, diversas espécies de peixes morrem por falta de oxigênio na água e o bloqueio de suas brânquias pelas partículas de materiais pesados, no entanto, não só os organismos vivos são afetados como também os percursos dos rios que ocorrem desvios em seu curso natural e o soterramento de nascentes.

9. CONCLUSÃO

A PNSB surgiu com o intuito de regulamentar as barragens brasileiras, estabelecendo critérios que visam a garantia de padrões de segurança para que não ocorram novos desastres. A Lei Federal 12.334/2010 foi revista e se transformou na Lei 14.066/2020 devido aos grandes desastres ocorridos em 2015 e 2019 e o objetivo principal era se tornar mais abrangente e mais rígida, principalmente em relação a barragens de rejeitos.

Verificou-se que diferentes instrumentos podem mensurar os mais diversos parâmetros, podendo ser de grande auxílio para a previsão de instabilidades e patologias, tanto quanto as condições da estrutura durante toda sua vida útil.

Foi possível compreender que o processo de descaracterização é um dos artigos mais importantes constantes no PNSB. A Lei define que esse processo deve ser concluído até 25 de fevereiro de 2022, mas devido ao seu alto custo e necessidade de mão de obra qualificada, o prazo não foi cumprido. Sendo assim, verificou-se que diante de sua complexidade e a grande quantidade de barragens construídas pelo método de alteamento a montante, a data limite estabelecida na lei forneceu um prazo curto para que as mineradoras realizassem esse processo, fazendo com que prazos maiores fossem solicitados, surgindo assim a resolução nº95/2022 da ANM, citada anteriormente.

Analisando mais a fundo, mesmo que o prazo inicial tenha sido curto, é possível concluir que a descaracterização está sendo realizada a passos curtos, visto que conforme informações coletadas posteriormente no desenvolvimento da pesquisa, a ANM (2022) cita que de 56 barragens cadastradas no SIGBM em 2022, apenas 4 já foram descaracterizadas. A lentidão do processo pode nos aproximar cada vez mais de outro possível desastre.

Na pesquisa bibliográfica foi encontrada uma grande quantidade de instrumentos e parâmetros que são utilizados para a instrumentação de barragens de terra, enquanto a PNSB não faz nenhum tipo de definição quanto a isso. A falta de normatização relacionada ao monitoramento pode fazer com que o empreendedor possa utilizar um método equivocado e que não forneçam os parâmetros necessários para um monitoramento eficaz. É importante

ressaltar que de todos os métodos citados durante o desenvolvimento do estudo, a PNSB só faz menção as inspeções de campo.

Verificou-se a necessidade de se prever a obrigatoriedade de engenheiros qualificados para análise do comportamento da barragem, para que seja atrelado o uso de conhecimentos técnicos com as sanções impostas na Lei.

As Leis foram analisadas e os instrumentos estudados, de acordo com os objetivos principais citados anteriormente nessa pesquisa. Dessa forma, concluiu-se que a nova PNSB prevê artigos para que um projeto de barragens possua todos os itens de segurança, responsabilidade técnica e de atendimento a emergências detalhados e atualizados, para que assim, não abra precedentes para qualquer desastre.

Dito isso, é possível dizer que a nova legislação pode se tornar eficaz, tendo em vista que possui sanções mais rígidas e uma grande quantidade e diversidade de órgãos fiscalizatórios, que possuem o intuito de fazer com que os empreendedores fiquem com poucas saídas a não ser implementar medidas para que a PNSB seja respeitada, tendo como um exemplo claro a descaracterização, que mesmo lenta está sendo realizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 13030:1999. **Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999, p.1-5.

AÇÃO FRANCISCANA DE ECOLOGIA E SOLIDARIEDADE. **Erosão em talude da barragem da Vale em Tapira (MG)**. Fala chico, 2017. Disponível em: <http://www.falachico.org/2017/05/erosao-em-talude-da-barragem-da-vale-em.html> . Acesso em: 18 out. 2022.

AFFONSO, Hugo Manoel Marcato. **Instrumentação para medir deslocamentos em barragens de enrocamento**. Orientador: Alberto S.F.J. Sayão. 2004. 94p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=6368@1>. Acesso em: 23 de Out. 2022

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); **Definições Importantes sobre Segurança de Barragens**. Brasília, DF: ANA, 2022. 6 p. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/outros/definicoes-importantes-sobre-seguranca-de-barragem.pdf. Acesso em: 05 Jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual do empreendedor sobre segurança de barragens**. Brasília, DF: ANA, 2016. 160 p. Disponível em: <https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2800/7/DiretrizesParaElaboracaoProjetosBarragens.PDF>. Acesso em: 25 mai. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); **Resolução Nº 742, de 24 de abril de 2017**. Brasília, DF: ANA, 2017. 2p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/742-2017.pdf>. Acesso em: 10 Jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Report Anual Barragens de Mineração**. Brasília, DF: ANM, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-2/relatrioanual2021v31.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Report Mensal Barragens de Mineração**. Brasília, DF: ANM, 2022. 16p Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/boletim-mensal-marco_2022.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **Report trimestral – Descaracterização de Barragens a montante**. Brasília, DF: ANM, 2022. 21p Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/report-trimestral-maio-2022.pdf>. Acesso em: 30 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Diretoria coligada da Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM N°95, de 7 de Fevereiro de 2022**. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Brasília: Diretoria coligada da Agência Nacional de Mineração, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

ALLONDA. **Descomissionamento e descaracterização de barragens**. 2021. Disponível em: <https://allonda.com/solucoes-de-engenharia/descomissionamento-e-descaracterizacao-de-barragem/#:~:text=Nos%20processos%20de%20descaracteriza%C3%A7%C3%A3o%20e,a%20estrutura%20%C3%A9%20completamente%20desmanchada>. Acesso em: 17 out. 2022.

ALMEIDA, Marínis Maria de. **Estudo tensão deformação de barragem de terra e enrocamento**. Orientador: Prof. Dr. Saulo Gutemberg Silva Ribeiro. 2010. 159p. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2010, Ouro Preto, MG, Brasil. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2354/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstudoTens%C3%A3oBarragem.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.

ARAÚJO, Cecília Bhering de. **Contribuição do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. Orientador: Francisco R Lopes. 2006. 143p. Dissertação (Mestrado) – Ciência em Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3306129-Contribuicao-ao-estudo-do-comportamento-de-barragens-de-rejeito-de-mineracao-de-ferro-cecilia-bhering-de-araujo.html>. Acesso em: 15 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HIDRÍCOS (Brasil). **Análise comparativa de critérios empíricos e de estabilidade na ruptura de barragens – Estudo de caso da**

PCH Cavernoso. Foz do Iguaçu, PR: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABDHidro; 2019. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH0512-1-20190503-183404.pdf>. Acesso em: 6 out. 2022.

ÁVILA, Joaquim Pimenta de. **Barragens de rejeitos no Brasil.** Comitê Brasileiro de Barragens, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/403271363/livro-barragens-rejeitos-final-17-10-2012-pdf-pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 12.092, de 20 de Setembro de 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, [2010]. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm. Acesso em: 10 abr. 2022.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 14.066, de 30 de Setembro de 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, [2020]. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm#:~:text=Fica%20proibida%20a%20constru%C3%A7%C3%A3o%20ou,minera%C3%A7%C3%A3o%20pelo%20m%C3%A9todo%20a%20montante. Acesso em: 10 abr. 2022.

CARDIA, Rubens José; KUPERMANN, Selmo. **Inspeção e auscultação de barragens – Anomalias em barragens.** Curso de segurança de barragens, Agência Nacional de Águas. 110p. 2020. Disponível em: https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/11/Unidade_1-modulo2.pdf. Acesso em: 30 mai. 2022.

CERQUEIRA, Hélio. **Critérios de projeto para instrumentação piezométrica de diversas estruturas geotécnicas em mineração.** Orientador: Prof. Luis de A. P. Bacellar. 2017. 166p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Geotecnia Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2017. Disponível em:

https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/8044/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Crit%c3%a9riosProjetoInstrumenta%c3%a7%c3%a3o.pdf. Acesso em: 7 out. 2022.

COSTA, Walter Duarte. **Geologia de barragens**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 338p.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **1000 Barragens Brasileiras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 647 p.

CETESB. **Plano de ação de emergência (PAE)**. s.d. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/rodovias/plano-de-acao-de-emergencia-pae/>. Acesso em: 23 ago. 2022.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Terezinha de Jesus Espósito Barbosa. 2008. 130 f. Dissertação de mestrado – Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/502M.PDF>. Acesso em: 05 jun. 2022.

FARIAS, Taldean. **Política Nacional de Segurança de Barragens**. Instituto Minere, 2019. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/politica-nacional-de-seguranca-de-barragens>. Acesso em: 10 abr. 2022.

FERNANDES, Rafaela Baldi. **Panorama geotécnico das rupturas de barragens e gestão de riscos**. 1 ed. São Paulo: Editora Appris, 2020. 670 p. Acesso em: 10 ago. 2022.

FONSECA, Alessandra da Rocha. **Auscultação por instrumentação de barragens de terra e enrocamento para geração de energia elétrica - estudo de caso das barragens da UHE São Simão**. 2003. 158p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6431>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FONSECA, Bruno. **Brasil Registra mais de três acidentes de barragens por ano**. Publica – Agência de jornalismo investigativo, 2019. Disponível em: <https://apublica.org/2019/01/brasil-registra-mais-de-tres-acidentes-em-barragens-por-ano/>.

Acesso em: 13 abr. 2022

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Minas Gerais). **Inventário de áreas contaminadas: 2021**. Minas Gerais: FEAM, 2021. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2021/AREAS_CONTAMINADAS/Invent%C3%A1rio_A_C_2021.pdf. https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/boletim-mensal-marco_2022.pdf Acesso em: 17 set. 2022.

GEOSCAN. **Descaracterização de barragens**. 2021. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/descaracterizacao-de-barragens/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

GIGOLOTTI, João Carlos Jânio; FRANÇA DE FARIA, Fábio Luís; GURGEL JÚNIOR, Francisco Jácome. **Descaracterização de barragens de contenção de rejeitos de mineração: marcos regulatórios, técnico-normativos e procedimentos**. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v. 17, n. 49, p. 29–47, 2022. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3911>. Acesso em: 28 out. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Histórico do rompimento das barragens da Vale na Mina Córrego do Feijão**. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/historico-do-rompimento-das-barragens-da-vale-na-mina-corrego-do-feijao>. Acesso em: 10 abr. 2022

GROUNDPROBE. **Os riscos, as consequências e as soluções para prevenção de rompimentos de barragens de rejeitos**. 2022. Disponível em: <https://www.groundprobe.com/os-riscos-as-consequencias-e-as-solucoes-para-a-prevencao-de-rompimentos-de-barragens-de-rejeitos/?lang=pt-pt>. Acesso em: 24 jul. 2022.

GUIDICINI, Guido *et al.* **Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Ana, 2021. 208p. Disponível em: https://www.abge.org.br/downloads/livro_acidentes_incidentes_barragens.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

HERMENEGILDO, Manuela. **PAE de barragens de mineração**, SAES ADVOGADOS, 2021. Disponível em: <https://www.saesadvogados.com.br/2021/10/04/pae-de-barragens-de-mineracao/>. Acesso em 23 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM) (org.). **Webinar apresenta números e tendências para o mercado de mineração no Brasil**. 2021. Disponível em:

<https://ibram.org.br/noticia/webinar-apresenta-numeros-e-tendencias-para-o-mercado-de-mineracao-no-brasil/>. Acesso em: 16 abr. 2022

INSTITUTO MINERE. **Auscultação de Barragens de Mineração**. 2016. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/436022672/Apostila-Auscultacao-de-Barragens-de-Mineracao-Instituto-Minere-pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

KRUGUER, Cláudio Marchand. **Análise de confiabilidade estrutural aplicada às barragens de concreto**. Orientador: Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto. 2008. 157p. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Pará, Pará, 2008. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/17930/Tese%20Claudio%20Kruger.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 set. 2022.

LADEIRA, Josias E. Rossi. **Avaliação de segurança em barragem de terra, sob o cenário de erosão tubular regressiva, por métodos probabilísticos o caso UHE – São Simão**. Orientador: Prof^ª. Terezinha de Jesus Espósito. 2007. 230p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas, Minas Gerais, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/FRPC-78HHUG/1/josias_eduardo_rossi_ladeira.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

LEMONS, Moises A. da Costa *et al.* **Estudo sobre o cálculo da probabilidade de risco por galgamento em barragens**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, XIV, 2016, Brasília – DF. Disponível em: <https://qe.iweventos.com.br/upload/trabalhos/t1arquivo/qmXS8U3XuWFbBmT8Z6NDmESK7KE6.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022.

LIMA, Felipe H. Costa; GUIMARÃES, Marcia Maria. **A importância da automação da instrumentação geotécnica de auscultação da barragem Irapé – MG**. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, X, 2018, Fortaleza – CE. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2019/XI-097.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022

LOPES, Luciano M. Nunes. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Sinapse Múltipla: Puc Betim, Rio de Janeiro, p 1-14, jul, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/download/11377/9677/0>. Acesso em: 5 mai. 2022.

MACHADO, William G. de Freitas. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. Orientador: Prof. Lindolfo Soares. 2007. 156p. TCC (Graduação), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-31032008-154124/publico/DissertacaoWillianGladstoneMachado.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

MARAGON, Márcio. **Barragens de terra e enrocamento**. Aula: Geotecnia e obras de terra, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2017/07/MARANGON-OT-05-Barragens-de-Terra-e-Enroncamento-2018-1.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

MARTINS, José R. Scarati. **Barragens e estruturais hidráulicas**. 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/436022672/Apostila-Auscultacao-de-Barragens-de-Mineracao-Instituto-Minere-pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

MASSAD, Faíçal. **Obras de ferro: Curso básico de geotecnia**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2003. 209 p. Acesso em: 24 jul. 2022. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/398229037/Livro-Obras-de-Terra-Faical-Massad> . Acesso em: 13 set. 2022.

MEIRELLES, Fernando Setembrino. **Barragens: Aspectos legais, técnicos e socioambientais**. Capacitação – Agência Nacional de Águas. São Paulo, 2013. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/9/Unidade_9-modulo1.pdf. Acesso em: 14 mai. 2022

MELO, Rodrigo de. **Comportamento de percolação em barragens de enrocamento com núcleo de concreto asfáltico**. Orientadora: Profª. Drª. Terezinha de Jesus Espósito Barbosa. 2012. 120 f. Dissertação de mestrado – Geotecnia e transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-96KHZQ/1/diss016.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Instrução normativa Nº 04/2011, de 13 de Abril de 2011**. Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2011. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>.

Acesso em: 03 out. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N° 01/1986, de 23 de Janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986. Disponível em:

<http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf> . Acesso em: 05 out. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução N° 143/2012, de 10 de Julho de 2012**. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2012. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=127856#:~:text=Estabelece%20crit%C3%A9rios%20gerais%20de%20classifica%C3%A7%C3%A3o,20%20de%20setembro%20de%202010> . Acesso em: 27 out. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Roteiro de apresentação para Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) terrestre**. Roteiro PRAD. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2003. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/images/stories/o_que_fazemos/gestao_e_manejo/Roteiro_PRAD_versao_3.pdf<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>. Acesso em: 19 out. 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Caso Samarco: o desastre**. 2015. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/apresentacao>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MORAES, Carla Maria de Almeida *et al.* **O impacto ambiental causado no município de Brumadinho pelo rompimento da barragem B1 da companhia Vale S.A.** In: V Experiência - Faculdade Metropolitana São Carlos - FAMESC, 2020. Disponível em: <http://www.doity.com.br/anais/vexpofamesc2020/trabalho/166432> . Acesso em: 27 set. 2022.

PAULO, JOÃO. **A importância do gerenciamento de riscos para mineração**. Instituto Minere, 2021. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/importancia-gestao-riscos-na-mineracao>. Acesso em: 11 jun. 2022.

PEREIRA, Luís Flavio *et al.* **Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: Uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra**. Journal of Environmental Analysis and Progress, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vl. 4, n 2, p. 122-129, fev, 2019. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2373/482483023> . Acesso em: 17 abr. 2022.

REIS, Matheus de Oliveira *et al.* **Panorama dos rompimentos de barragens de rejeitos de minério no mundo**. Caderno de Geografia: Puc Minas, Minas Gerais, v. 3, p. 368-390, 05 abr. 2020. Mensal. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/22380/16633> . Acesso em: 13 abr. 2022.

SABBO, Gabriela Rodrigues *et al.* **Barragens de rejeitos de mineração**. Revista Engenharia em Ação Unitoledo, Araçatuba, v. 2, n. 1, p. 3-15, set. 2017. Disponível em: <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/download/2542/147> . Acesso em: 13 abr. 2022.

SAFF ENGENHARIA. **Níveis de controle para instrumentação de estruturas geotécnicas**. SAFF ENGENHARIA, 2022. Disponível em: <https://saffengenharia.com.br/niveis-de-controle-para-instrumentacao-de-estruturas-geotecnicas/https://www.saesadvogados.com.br/2021/10/04/pae-de-barragens-de-mineracao/>. Acesso em 3 out. 2022.

SANTOS, Laryssa Cortes. **Estudo sobre a instrumentação de barragens de terra e rejeitos**. Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Giovana Bizão Georgetti. 2019. 60p. TCC (Graduação), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28051/4/EstudoSobreInstrumenta%C3%A7%C3%A3o.pdf> . Acesso em: 14 abr. 2022.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Impactos ambientais do acidente em Mariana (MG); Brasil** Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/impactos->

[ambientais-acidente-mariana-mg.htm](#). Acesso em: 27 out. 2022.

SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 23., 1999, Belo Horizonte. **Guia básico de segurança de barragens**. São Paulo: Núcleo Regional de São Paulo/CBGB, 1999. Disponível em: <https://11nq.com/qQG7L> . Acesso em: 4 set. 2022.

SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 27., 2007, Belém. **Segurança de Barragens, Legislação e Desempenho**. [Belém]: CBDB, 2007. (Tema 101). Disponível em: <https://11nq.com/dD5Ks>. Acesso em: 4 set. 2022.

SCHNEIDER, Samuel Augusto. **Dimensionamento e análise de estabilidade de barragem de gravidade em concreto**. Orientador: Prof. Eng. Leandro Olívio Nervis, M.Sc. 2011. 101p. TCC (Graduação), Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1128/1/Samuel%20Augusto%20Schneider.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

SILVEIRA, João Francisco Alves. **Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento**. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 405p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/486211070/Instrumentac-a-o-e-seguranc-a-de-barragens>. Acesso em: 09 jun. 2022

SIMPÓSIO SOBRE INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS, 2, Anais: **Auscultação e instrumentação de barragens no Brasil**, Belo Horizonte: CBDB, 1996, v.1, 123P.

SINGER, Eugenio. **Brumadinho: Poderemos evitar novas tragédias?** Diário do comércio, 2020. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/opiniao/brumadinho-poderemos-evitar-novas-tragedias/>. Acesso em: 4 jul. 2022.

Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração. **Pesquisa de barragens**. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico> . Acesso em: 27 out. 2022

SOUSA, Rafaela. **Impactos ambientais causados pela mineração**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-problemas-gerados-pela-mineracao.htm> . Acesso em: 27 out. 2022.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. **Transdutor**. Brasil Escola. 2022. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/fisica/transdutor.htm>. Acesso em 15 set. 2022.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. 1 ed. São Paulo: Ministério das Cidades, 2005. 270p. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais_.PDF?1370615799 . Acesso em: 17 jun. 2022

VALE S.A. **Controle e Gestão de Barragens**. Disponível em: <http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/ControleGestaoBarragens.aspx>. Acesso em: 10 jun. 2022

VALE S.A. **Eliminação de Barragem a Montante. EP.1**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=enV_PbrJPJ4 . Acesso em: 28 out. 2022

VALE S.A. **Glossário**. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Paginas/glossario.aspx . Acesso em: 28 out. 2022.

VALE S.A (Minas Gerais). **O que são barragens**. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Documents/PT/entenda-as-barragens-da-vale-pt.html . Acesso em: 13 abr. 2022

VALE S.A. **Projetos Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/Paginas/Projetos.aspx>. Acesso em: 10 jun. 2022

VIANA, Katianne Araújo. **Segurança de barragem de rejeito na mineração**. Orientador: Prof. M.Sc. Alexandre Buril de Macêdo. 2010. 59p. TCC (Graduação), Universidade Federal do Pará, Pará, 2010. Disponível em: http://repositorio.unifesspa.edu.br/bitstream/123456789/429/1/TCC_Seguran%c3%a7a%20de%20barragem%20de%20rejeito.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) I - Altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; IV - Categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> V - Categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei;	Item I – Anteriormente a mensuração da altura do maciço era feita contabilizando a profundidade da fundação, na lei atual é medido do pé do talude até a crista de coroamento. Essa alteração facilita para se medir alturas em barragens de uso múltiplo. (informação verbal)¹ Itens IV e V – Citam que apenas são inclusas na PNSB, as barragens que tenham categoria de dano potencial associado médio ou alto e de categoria de risco alta. A classificações referentes a categoria de risco, dano potencial e volume, são feitas pelos agentes fiscalizadores, baseadas em critérios gerais estabelecidos pela resolução nº143 de julho/2012 do CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Antes da atualização, essas classificações se apoiavam em função de suas características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança de Barragem. Dessa forma, foi possível aumentar a abrangência da lei.
Art. 2º Para efeitos desta lei são estabelecidas as seguintes definições I - Barragem: qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas; IV - Empreendedor: pessoa física ou jurídica que detenha outorga licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize se não houver quem os explore oficialmente;	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> VIII - Categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre; IX - Zona de autossalvamento (ZAS): trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação; X - Zona de segurança secundária (ZSS): trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS; XI - Mapa de inundação: produto do estudo de inundação que compreende a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por eventual vazamento ou ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados e que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por essa situação;	

¹ Informação fornecida pelo Dr. Alan Vaz na palestra “Regulamentação do PNSB na ANA”, em fev. de 2021.

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
	XII - Acidente: comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo do reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa; XIII - Incidente: ocorrência que afeta o comportamento da barragem ou de estrutura anexa que, se não controlada, pode causar um acidente; XIV - Desastre: resultado de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis, que causa significativos danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais; XV - Barragem descaracterizada: aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, e que se destina a outra finalidade.	Geral: Houve mudanças e adicionais quanto às definições dos termos, desde barragem até como se caracteriza um desastre. A lei anterior contava com sete definições e a atual passou a ter 14 definições.
	Art. 2º-A. Fica proibida a construção ou o alteamento de barragem de mineração pelo método a montante. § 1º Entende-se por alteamento a montante a metodologia construtiva de barragem em que os diques de contenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado. § 2º O empreendedor deve concluir a descaracterização da barragem construída ou alteada pelo método a montante até 25 de fevereiro de 2022, considerada a solução técnica exigida pela entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária e pela autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). § 3º A entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária pode prorrogar o prazo previsto no § 2º deste artigo em razão da inviabilidade técnica para a execução da descaracterização da barragem no período previsto, desde que a decisão, para cada estrutura, seja referendada pela autoridade licenciadora do SISNAMA.	Art. 2ºA – Apesar de ser um sistema mais simples e mais barato, fica terminantemente proibido a construção de novas barragens pelo método de alteamento a montante, por se tratar de um meio menos seguro em relação aos outros métodos, conclusão embasada nas barragens rompidas anteriormente que compartilhavam desse modelo. Art. 2ºA §2º – Além de ter se tornado um método proibido de ser realizado a partir do sancionamento da Lei de 2020, as barragens já existentes que utilizam esse sistema construtivo devem ser descaracterizadas até 25 de Janeiro de 2022, prazo que poderá ser prorrogado com autorização do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). A descaracterização pode ser definida como: “Drenagem da barragem e plantio de vegetação em toda a região que antes abrigava o rejeito oriundo do processo de exploração mineral, sem a retirada do rejeito, que passa a constituir a paisagem” (GEOSCAN, 2021)

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
CAPÍTULO II - DOS OBJETIVOS			
Art. 3º São objetivos da política nacional de segurança de barragem (PNSB)		<i>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</i>	Item I – Na Lei 12.334/2010, citava “reduzir a possibilidade de acidentes”, já na Lei 14.066/2020, o texto mudou para “fomentar a prevenção e reduzir a possibilidade de acidentes”. Ou seja, além de reduzir a possibilidade de acidentes, também instaurar medidas preventivas para que o desastres não ocorram.
I - Garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a fomentar a prevenção e a reduzir a possibilidade de acidente ou desastre e suas consequências;		VIII - Definir procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta de empreendedores, fiscalizadores e órgãos de proteção e defesa civil em caso de incidente, acidente ou desastre.	Item II – Sofreu alteração, pois anteriormente a regulamentação de ações era necessária nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros da barragem. Na lei atual, foi adicionado a necessidade de se regulamentar ações também na fase de descaracterização.
II - Regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros de barragens;			Item VIII – Foi adicionado diante da necessidade de se definir um plano emergencial em casos de desastres.
CAPÍTULO III – DOS FUNDAMENTOS E DA FISCALIZAÇÃO			
Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):			Item I – Assim como citado no item II do art. 3º do capítulo II, houve aqui a adição do processo de descaracterização das barragens já existentes e em operação;
I - A segurança da barragem, consideradas as fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros;			Item II – Cita a necessidade de informação e estímulo da população em ações preventivas e emergências e na elaboração do PAE, fazendo com que a população que reside ao redor da barragem possa agir de forma segura diante de diferentes situações que possam ocorrer durante sua operação.
II - A informação e o estímulo à participação direta ou indireta da população nas ações preventivas e emergenciais, incluídos a elaboração e a implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE) e o acesso ao seu conteúdo, ressalvadas as informações de caráter pessoal;			Item III – Ressalta que diferente do que constava na lei anterior, o empreendedor não é somente responsável pela barragem e por garanti-la, mas também se torna responsável por qualquer dano, rompimento ou vazamento que possa ocorrer e pela reparação desses danos.
III - A responsabilidade legal do empreendedor pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos;			
IV - A transparência de informações, a participação e o controle social;			

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
V - A segurança da barragem como instrumento de alcance da sustentabilidade socioambiental.			- “As diretrizes para a apresentação do Plano de Ação de Emergência (PAE) das barragens abrangidas pela Lei nº 23.291/2019, que estabelece a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB), são regulamentadas pela Resolução Conjunta Semad/IEF/Igam/Feam nº 3.049/2021. O ato normativo também define procedimentos relativos à fauna, flora, qualidade do solo e recursos hídricos, de acordo com o nível de emergência de cada estrutura.” – (FEAM – 2022)
Art. 5º A fiscalização da segurança de barragens caberá sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA):		<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> V - À entidade que regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear, quando se tratar de disposição de rejeitos de minérios nucleares. § 1º Os órgãos fiscalizadores referidos no caput deste artigo devem dar ciência ao órgão de proteção e defesa civil das ações de fiscalização que constatarem a necessidade de adoção de medidas emergenciais relativas à segurança de barragens. § 2º A fiscalização prevista no caput deste artigo deve basear-se em análise documental, em vistorias técnicas, em indicadores de segurança de barragem e em outros procedimentos definidos pelo órgão fiscalizador. § 3º O órgão fiscalizador deve manter canal de comunicação para o recebimento de denúncias e de informações relacionadas à segurança de barragens.	Geral: Os órgãos regulatórios integrantes do SISNAMA deverão cuidar de ações fiscalizatórias de segurança de barragens. Esses órgãos deverão prestar ciência a defesa civil das ações de fiscalização, quando constatada a necessidade de medidas emergências relativas à segurança. Além disso, a Lei atual exalta a necessidade do órgão fiscalizador criar um canal de comunicação para recebimento de denúncias e informações referentes a segurança de barragens.
I - À entidade que outorga o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;			
II - À entidade que concede, autoriza ou registra o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;			
III - À entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos, observado o disposto no inciso V do caput deste artigo;			
IV - À entidade que concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais;			
CAPÍTULO IV – DOS INSTRUMENTOS			
Art. 6º São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):		<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> VIII - o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH); IX - O monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência;	Item II – Inclusão do PAE (Plano de Ação de Emergência) no plano de segurança da barragem como sendo um dos instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens; Itens VIII, IX e X – Inclusão do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), do monitoramento de barragens e dos recursos hídricos em sua
II - O Plano de Segurança da Barragem, incluído o PAE;			

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X		LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.			
		X - Os guias de boas práticas em segurança de barragens.	área de influência e dos guias de boas práticas em segurança de barragens como instrumentos da PNSB.
		Parágrafo único. Os sistemas nacionais de informações previstos neste artigo devem ser integrados.	
SEÇÃO I – DA CLASSIFICAÇÃO			
Art. 7º 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 (CNRH).		<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> § 3º O órgão fiscalizador deverá exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem.	Art. 7º §1º – As classificações por categoria de risco, deverão ser feitas pelos agentes fiscalizadores e seguindo como base o que está estabelecido no CNRH. Anteriormente, eram feitas só a partir de categorias técnicas, mas na nova lei, além de categorias técnicas, também dependem de métodos construtivos, estado de conservação, da idade do empreendimento e do atendimento ao PSB. Art. 7º §3º – Passa a exigir que o empreendedor adote medidas que reduzam a categoria de risco da barragem.
		SEÇÃO II – DO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	
Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:		<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> X - Identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre;	Item VII – O PAE não era obrigatório, e ficava disponível apenas se exigido. Na atualização da Lei, é requerido para todas as barragens de acordo com as suas devidas classificações,
VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), exigido conforme o art. 11 desta Lei;		XI - Mapa de inundação, considerado o pior cenário identificado;	
VIII - relatórios das inspeções de segurança regular e especial;		XII - Identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem.	Item VIII – Anteriormente não se especificava que tipo de inspeção de segurança deveria ser realizada. A lei de 2020 deixa explícito que os relatórios de inspeção de segurança devem ser realizados em caráter regular e especial.
§ 2º As exigências indicadas nas inspeções de segurança regular e especial da barragem devem ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança da Barragem.		§ 3º O empreendedor deve manter o Plano de Segurança da Barragem atualizado e operacional até a desativação ou a descaracterização da estrutura. § 4º O Plano de Segurança da Barragem deve estar disponível e acessível, antes do início da operação da estrutura, para a equipe responsável pela operação e gestão da barragem no local do empreendimento e para o órgão fiscalizador, bem como ser inserido no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). § 5º O Plano de Segurança da Barragem deve ser elaborado e assinado por responsável técnico com registro no respectivo conselho profissional, bem como incluir manifestação de ciência por parte do empreendedor, no caso de	Item X – O PSB deve possuir uma avaliação de risco, compreendendo o que pode ocorrer de danos e como proceder diante de um possível desastre. Item XI – O PSB deve conter um mapa de inundação. Tucci (2003) cita que com a utilização dos mapas de inundação, é possível definir o zoneamento das áreas de risco à inundação. Estes mapas devem apresentar também informações sobre o grau de risco de cada área, seus critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos.

LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020		Comentários e Observações
Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		
	pessoa física, ou do titular do cargo de maior hierarquia na estrutura da pessoa jurídica.	O zoneamento determina quais são os espaços de alto risco, apontando como ocupações devem ser planejadas, regulamentadas e, às vezes, proibidas por diretrizes e normas legais. Todo plano de segurança da barragem deve ser elaborado e assinado por profissionais, para que haja a garantia que esse projeto segue as devidas normas de segurança
Art. 9º As inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> § 4º O órgão fiscalizador deverá estabelecer prazo para que o empreendedor cumpra as ações previstas nos relatórios de inspeção de segurança.	Art. 9º §4º – Estipular prazos bem definidos para que o empreendedor cumpra as ações necessárias de acordo com os relatórios de inspeção de segurança. .
Art. 10º Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> § 3º O órgão fiscalizador deverá estabelecer prazo para que o empreendedor cumpra as ações previstas na Revisão Periódica de Segurança de Barragem.	Art. 10º §3º – Permite o órgão fiscalizador a estabelecer prazos para as revisões periódica, definidas com: - “A Revisão Periódica, parte integrante do Plano, tem o objetivo de verificar regularmente o estado geral de segurança da barragem e deve indicar as ações a serem adotadas pelo responsável pela barragem para a manutenção da segurança.” (SNISB – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico)
Art. 11º A elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens classificadas como de:	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> I - Médio e alto dano potencial associado; ou II - Alto risco, a critério do órgão fiscalizador. Parágrafo único. Independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco, a elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração.	Geral: Anteriormente, o Art.11 deixava descrito que o órgão fiscalizador poderia determinar quanto a elaboração do PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como sendo de dano potencial associado alto. Após a mudança, é obrigatório que todos os tipos de barragens tenham o PAE
Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> V - Atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento;	Geral: O Art. 12 cita quais informações o PAE deve contemplar. Na lei atual, os critérios que devem conter no PAE são mais detalhados e específicos. Além disso, a lei cria uma obrigatoriedade do PAE estar disponível em meio digital, pelo SNISB, complementando a lei anterior que

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		
I - Descrição das instalações da barragem e das possíveis situações de emergência;	VI - Medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural;	constava obrigatoriedade apenas no documento físico, disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas. O PAE deve ser elaborado ouvindo a opinião da população que vive a jusante das barragens, para que se possa apresentar as medidas preventivas que nele constam
II - Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais;	VII - Dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta ao pior cenário identificado;	
III - Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais;	VIII - Delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS), a partir do mapa de inundação referido no inciso XI do caput do art. 8º desta Lei;	
IV - Programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos;	IX - Levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais;	
	X - Sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais;	
	XI - Plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas;	
	XII - Previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador;	
	XIII - Planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização.	
	§ 1º O PAE deverá estar disponível no site do empreendedor e ser mantido, em meio digital, no SNISB e, em meio físico, no empreendimento, nos órgãos de proteção e defesa civil dos Municípios inseridos no mapa de inundação ou, na inexistência desses órgãos, na prefeitura municipal.	
	§ 2º O empreendedor deverá, antes do início do primeiro enchimento do reservatório da barragem, elaborar, implementar e operacionalizar o PAE e realizar reuniões com as comunidades para a apresentação do plano e a execução das medidas preventivas nele previstas, em trabalho conjunto com as prefeituras municipais e os órgãos de proteção e defesa civil.	

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010.

X

LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020

Comentários e Observações

Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.

§ 3º O empreendedor e os órgãos de proteção e defesa civil municipais e estaduais deverão articular-se para promover e operacionalizar os procedimentos emergenciais constantes do PAE.

§ 4º Os órgãos de proteção e defesa civil e os representantes da população da área potencialmente afetada devem ser ouvidos na fase de elaboração do PAE quanto às medidas de segurança e aos procedimentos de evacuação em caso de emergência.

§ 5º O empreendedor deverá, juntamente com os órgãos locais de proteção e defesa civil, realizar, em periodicidade a ser definida pelo órgão fiscalizador, exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem.

§ 6º O empreendedor deverá estender os elementos de autoproteção existentes na ZAS aos locais habitados da ZSS nos quais os órgãos de proteção e defesa civil não possam atuar tempestivamente em caso de vazamento ou rompimento da barragem.

§ 7º O PAE deverá ser revisto periodicamente, a critério do órgão fiscalizador, nas seguintes ocasiões:

I - Quando o relatório de inspeção ou a Revisão Periódica de Segurança de Barragem assim o recomendar;

II - Sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais capazes de influenciar no risco de acidente ou desastre;

III - quando a execução do PAE em exercício simulado, acidente ou desastre indicar a sua necessidade;

IV - Em outras situações, a critério do órgão fiscalizador.

§ 8º Em caso de desastre, será instalada sala de situação para encaminhamento das ações de emergência e para comunicação transparente com a sociedade, com participação do empreendedor, de representantes dos órgãos de proteção e defesa civil, da autoridade licenciadora do SISNAMA, dos órgãos fiscalizadores e das comunidades e Municípios afetados.

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		

SEÇÃO III – DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS (SNISB)

Art. 13. É instituído o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> § 1º O SNISB compreende sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações e deve contemplar barragens em construção, em operação e desativadas § 2º O SNISB deve manter informações sobre incidentes que possam colocar em risco a segurança de barragens, sobre acidentes e sobre desastres. § 3º As barragens devem integrar o SNISB até sua completa descaracterização. § 4º O SNISB deve ser integrado ao sistema nacional de informações e monitoramento de desastres, previsto na Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. § 3º As barragens devem integrar o SNISB até sua completa descaracterização. § 4º O SNISB deve ser integrado ao sistema nacional de informações e monitoramento de desastres, previsto na Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.	Geral: Os parágrafos incluídos no Art. 13 fazem referência ao SNISB, contando com sua definição e deixando explícito que esse sistema deve manter informações sobre quaisquer incidentes que coloquem em risco a segurança das barragens. Dessa forma, para que o sistema funcione de forma correta e eficaz, as barragens devem ser cadastradas no momento do seu nascimento e descadastradas no momento da sua completa descaracterização.
---	---	--

Art. 14. São princípios básicos para o funcionamento do SNISB:

I - Descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - Coordenação unificada do sistema;

III - Acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade.

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e Observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		
SEÇÃO IV – DA EDUCAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO		
Art. 15. A PNSB deverá estabelecer programa de educação e de comunicação sobre segurança de barragem, com o objetivo de conscientizar a sociedade da importância da segurança de barragens e de desenvolver cultura de prevenção a acidentes e desastres		Geral: Destaque para o desenvolvimento da cultura de prevenção a acidentes e desastres para a sociedade de modo geral, em forma de materiais didáticos, ações centralizadas, parcerias com instituições, entre outras.
CAPÍTULO V – DAS COMPETÊNCIAS		
Art. 16. O órgão fiscalizador, no âmbito de suas atribuições legais, é obrigado a:		Item II – Além de exigir a obrigatoriedade de responsabilidade técnica para estudos, planos, projetos, construção e outros relatórios, o texto da Lei de 2020 também prevê obrigatoriedade de responsabilidade técnica para as inspeções;
II - Exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado pelo Sistema Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea), dos estudos, planos, projetos, construção, inspeção e demais relatórios citados nesta Lei;		Art.1 16 §3º – Anteriormente essa comunicação era feita à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Sistema nacional de Defesa Civil (SINDEC) qualquer não conformidade que implique risco de imediato à segurança ou qualquer acidente nas barragens sob sua jurisdição, mas com a alteração da Lei, o órgão fiscalizador deverá informar a autoridade licenciadora do SISNAMA e ao órgão de proteção da defesa civil.
§ 1º O órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à autoridade licenciadora do SISNAMA e ao órgão de proteção e defesa civil a ocorrência de desastre ou acidente nas barragens sob sua jurisdição, bem como qualquer incidente que possa colocar em risco a segurança da estrutura.		
Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u>	Item I – Anteriormente, o empreendedor era obrigado somente a prover os recursos necessários para que garanta a segurança da barragem. Na lei atual, além da segurança da barragem, criou-se uma obrigatoriedade de se prover reparação de danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público em caso de acidentes.
I - Prover os recursos necessários à garantia de segurança da barragem e, em caso de acidente ou desastre, à reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e aos patrimônios público e privado, até a completa descaracterização da estrutura;	XIV - notificar imediatamente ao respectivo órgão fiscalizador, à autoridade licenciadora do SISNAMA e ao órgão de proteção e defesa civil qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa implicar acidente ou desastre;	
VI - Permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador, da autoridade licenciadora do SISNAMA, do órgão de proteção e defesa civil e dos órgãos de segurança pública ao local da barragem e das instalações associadas e à sua documentação de segurança;	XV - Executar as recomendações das inspeções regulares e especiais e das revisões periódicas de segurança;	Item VI e VII – O empreendedor se tornou obrigado a sempre permitir acesso dos órgãos fiscalizadores, bem como da defesa civil e órgãos de segurança pública. Além disso, atualizar o PSB sempre que necessários após recomendações de relatórios de inspeção de segurança e revisões periódicas.
	XVI - Manter o Plano de Segurança da Barragem atualizado e em operação até a completa descaracterização da estrutura;	

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		
VII - elaborar e atualizar o Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações dos relatórios de inspeção de segurança e das revisões periódicas de segurança, e encaminhá-lo ao órgão fiscalizador;	XVII - Elaborar mapa de inundação, quando exigido pelo órgão fiscalizador;	Geral: Além das principais citadas, o Art.17 deixa explícito todas as obrigações que o empreendedor deve cumprir.
X - Elaborar o PAE, quando exigido, e implementá-lo em articulação com o órgão de proteção e defesa civil;	XVIII - Avaliar, previamente à construção de barragens de rejeitos de mineração, as alternativas locais e os métodos construtivos, priorizando aqueles que garantam maior segurança;	
	XIX - Apresentar periodicamente declaração de condição de estabilidade de barragem, quando exigida pelo órgão fiscalizador;	
	XX - Armazenar os dados de instrumentação da barragem e fornecê-los ao órgão fiscalizador periodicamente e em tempo real, quando requerido;	
	XXI - Não apresentar ao órgão fiscalizador e às autoridades competentes informação, laudo ou relatório total ou parcialmente falsos, enganosos ou omissos;	
	XXII - Cumprir as determinações do órgão fiscalizador nos prazos por ele fixados.	
	§ 1º Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV do caput deste artigo também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).	
	§ 2º Sem prejuízo das prerrogativas da autoridade licenciadora do SISNAMA, o órgão fiscalizador pode exigir, nos termos do regulamento, a apresentação não cumulativa de caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras ou reais para a reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, pelo empreendedor de:	
	I - Barragem de rejeitos de mineração ou resíduos industriais ou nucleares classificada como de médio e alto risco ou de médio e alto dano potencial associado;	
	II – (VETADO);	
	III - Barragem de acumulação de água para fins de aproveitamento hidrelétrico classificada como de alto risco.	
	§ 3º No caso de ausência de documentação técnica que impeça a classificação da barragem quanto ao risco e ao dano potencial associado, cabe ao órgão fiscalizador decidir quanto às exigências previstas nos §§ 1º e 2º deste artigo.	

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010.
X
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.

LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020

Comentários e observações

§ 4º As barragens já existentes terão o prazo de 2 (dois) anos para se adequarem à previsão do § 2º deste artigo.

CAPÍTULO V-A – DAS INFRAÇÕES E DAS SANCÕES
CAPÍTULO INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020.

Art. 17-A. Sem prejuízo das cominações na esfera penal e da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, considera-se infração administrativa o descumprimento pelo empreendedor das obrigações estabelecidas nesta Lei, em seu regulamento ou em instruções dela decorrentes emitidas pelas autoridades competentes.

Geral: O Art. 17-A foi incluso na lei de 2020, nele constam todas as infrações que podem ser cometidas no âmbito de acidentes com barragens. Os parágrafos citam quais as penalidades que devem ser aplicadas para cada infração que vão de advertências a apreensão de minérios, bens e equipamentos do empreendedor.

§ 1º São autoridades competentes para lavrar auto de infração e instaurar processo administrativo os servidores dos órgãos fiscalizadores e das autoridades competentes do SISNAMA.

§ 2º Qualquer pessoa, ao constatar infração administrativa, pode dirigir representação à autoridade competente, para fins do exercício do seu poder de polícia.

§ 3º A autoridade competente que tiver conhecimento de infração administrativa é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob pena de corresponsabilidade.

§ 4º As infrações de que trata este artigo são apuradas em processo administrativo próprio, assegurado o direito a ampla defesa e ao contraditório.

Art. 17-D. (VETADO).

Art. 17-E. O valor das multas de que trata este Capítulo deve ser fixado por regulamento e atualizado periodicamente, com base nos índices estabelecidos na legislação pertinente, observado o mínimo de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) e o máximo de R\$ 1.000.000.000,00 (um bilhão de reais).

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e observações
Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.		

CAPÍTULO VI – DISPOSIÇÕES FNAIS E TRANSITÓRIA

Art. 18. A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada, desativada ou descaracterizada pelo seu empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas. § 2º Na eventualidade de omissão ou inação do empreendedor, o órgão fiscalizador deverá informar essa situação ao órgão de proteção e defesa civil da respectiva esfera do governo, para fins de apoio por meio das ações previstas no art. 4º da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, e os custos deverão ser ressarcidos pelo empreendedor, sem prejuízo da aplicação das sanções cabíveis.	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> § 3º São obrigatórios, para o empreendedor ou seu sucessor, o monitoramento das condições de segurança das barragens desativadas e a implantação de medidas preventivas de acidentes ou desastres até a sua completa descaracterização.	Geral: Nesse artigo, houve uma alteração no § 2º. Anteriormente, era claro na lei que quando houvesse omissão do empreendedor, o órgão fiscalizador deveria entrar em ação para mitigar os riscos associados a segurança de barragens. Na lei atual, a defesa civil deverá prover condições para que os riscos de rompimento sejam minimizados, quando acionados pelo fiscalizador. Além disso, ressalta a obrigatoriedade do empreendedor que monitore as barragens desativadas até que ela seja completamente descaracterizada.
	<u>INCLUÍDO PELA LEI Nº14.066, DE 2020:</u> Art. 18-A. Fica vedada a implantação de barragem de mineração cujos estudos de cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidade na ZAS. § 1º No caso de barragem em instalação ou em operação em que seja identificada comunidade na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da estrutura, ou o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura, em decisão do poder público, ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e a viabilidade técnico-financeira das alternativas. § 2º Somente se admite na ZAS a permanência de trabalhadores estritamente necessários ao desempenho das atividades de operação e manutenção da barragem ou de estruturas e equipamentos a ela associados. § 3º Cabe ao poder público municipal adotar as medidas necessárias para impedir o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano na ZAS, sob pena de caracterização de improbidade administrativa, nos termos da Lei nº 8.429, de 2 de junho de 1992.	Geral: o Art. 18-A foi incluído na lei de 2020 e seu intuito foi proibir a criação de novas barragens próximas as ZAS (Zona de Auto Salvamento) e obrigar a descaracterização das existentes. Essa proibição passou a ser válida, pois de acordo com a Mineradora Vale (2020) as ZAS são áreas abaixo da estrutura da barragem, com uma distância de cerca da 10km, ou seja, em caso de ruptura o rejeito demoraria cerca de 30 minutos para atingir essa área, causando danos à vida.

Lei Nº12.334, de 20 de setembro de 2010. X Lei Nº14.066, de 30 de setembro de 2020.	LEI Nº14.066, 30 de setembro de 2020	Comentários e observações
	Art. 18-B. Os órgãos fiscalizadores devem criar sistema de credenciamento de pessoas físicas e jurídicas habilitadas a atestar a segurança da barragem, incluída a certificação, na forma do regulamento.	
	Art. 18-C. O laudo técnico referente às causas do rompimento de barragem deve ser elaborado por peritos independentes, a expensas do empreendedor, em coordenação com o órgão fiscalizador.	