

GUIA DE BOAS PRÁTICAS

Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil
www.ibram.org.br

GUIA DE BOAS PRÁTICAS

Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil

www.ibram.org.br

Brasília, 2019



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil

DIRETORIA EXECUTIVA:

Flavio Ottoni Penido
Diretor-Presidente

Alexandre Valadares Mello
Diretor de Relações com Associados e Municípios

Rinaldo César Mancin
Diretor de Assuntos Ambientais

Paulo Henrique Leal Soares
Diretor de Comunicação

PRESIDENTE DO CONSELHO:

Wilson Nélio Brumer - Titular

VICE-PRESIDENTE DO CONSELHO:

–

CONSELHEIROS:

Anglo American Níquel Brasil Ltda.
Wilfred Bruijn - Titular
Ivan de Araujo Simões Filho - Suplente

Anglogold Ashanti Ltda.
Camilo de Lelis Farace - Titular
José Margalith - Suplente

Companhia Brasileira de Metalúrgia e Mineração - CBMM
Eduardo Augusto Ayroza Galvão Ribeiro - Titular
Marcos Alexandre Stuart Nogueira - Suplente

Companhia Siderúrgica Nacional - CSN
Enéas Garcia Diniz - Titular
Luiz Paulo Teles Barreto - Suplente

Copelmi Mineração Ltda.

Cesar Weinschenck de Faria - Titular
Roberto da Rocha Miranda de Faria - Suplente

Embú S.A. Engenharia e Comércio

Luiz Eulálio Moraes Terra - Titular
Daniel Debiazzi Neto - Suplente

Kinross Brasil Mineração S.A.

Antonio Carlos Saldanha Marinho - Titular
Sélvio Tiago de Lima - Suplente

Mineração Rio Do Norte S.A. - MRN

Guido Roberto Campos Germani - Titular
Vladimir Senra Moreira - Suplente

Minerações Brasileiras Reunidas S.A. - MBR

Edmundo Paes de Barros Mercer - Titular
Solange Maria Santos Costa - Suplente

Mosaic Fertilizantes

Richard Neil McLellan - Titular
Paulo Rodrigo Dornelles Dangelo - Suplente

Nexa Resources

Jones Belther - Titular
Guilherme Simões Ferreira - Suplente

Samarco Mineração S.A.

Rodrigo Alvarenga Vilela - Titular
Márcio Isaías Perdigão Mendes - Suplente

Vale

Marcello Magistrini Spinelli - Titular
Luiz Ricardo de Medeiros Santiago - Suplente
Luiz Eduardo Fróes do Amaral Osorio - Titular
Vagner Silva de Loyola Reis - Suplente
Fabiano de Carvalho Filho - Suplente

Lista de Siglas

| | |
|--------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANM | Agência Nacional de Mineração |
| ATO | Acompanhamento Técnico de Obra |
| BAP | Best Applicable Practices (Melhores Práticas Aplicáveis) |
| BAT | Best Available Technology (Melhor Tecnologia Disponível) |
| CDA | Canadian Dam Association |
| DNPM | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| EdR | Engenheiro de Registros |
| ICOLD | International Commission on Large Dams |
| MAC | Mining Association of Canada |
| NAP | Nota de Alteração de Projeto |
| PAE | Plano de Ação de Emergência |
| PAEBM | Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração |
| PSB | Plano de Segurança de Barragem |
| RPSB | Revisão Periódica de Segurança de Barragens |
| ZAS | Zona de Autossalvamento |





Sumário

| | |
|--|-----------|
| Apresentação | 11 |
| Capítulo 1 – Introdução | 13 |
| 1.1 Contexto | 14 |
| 1.2 Estruturação do Guia | 17 |
| Capítulo 2 – Pilares Fundamentais para a Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos | 19 |
| 2.1 Aplicação das Melhores Tecnologias Disponíveis (BAT) | 21 |
| 2.2 Implantação de um sistema de gestão que incorpore as Melhores Práticas Aplicáveis (BAP) | 22 |
| 2.2.1 Governança Corporativa | 23 |
| 2.2.2 Gestão da Informação | 24 |
| 2.2.3 Gestão de Riscos | 25 |
| 2.2.4 Revisão Independente | 27 |
| 2.2.5 Projetar e operar as estruturas para o fechamento | 28 |
| 2.3 Operacionalização dos Planos de Ação de Emergência | 28 |
| Capítulo 3 – Diretrizes para um Sistema de Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos | 31 |
| 3.1 Políticas e Comprometimento | 33 |
| 3.2 Planejamento | 34 |
| 3.2.1 Objetivos de Desempenho do Sistema de Gestão | 35 |
| 3.2.2 Papéis e Responsabilidades | 35 |
| 3.2.3 Estabelecimento de Processos de Gestão, Padrões e Controles | 40 |
| 3.2.4 Recursos | 45 |



| | | |
|-----|---|----|
| 3.3 | Implementação da Estrutura de Gestão | 47 |
| 3.4 | Avaliação de Desempenho | 48 |
| 3.5 | Revisão da Estrutura de Gestão para Melhoria Contínua | 49 |
| 3.6 | Garantia da Qualidade | 50 |

Capítulo 4 – Boas Práticas no Planejamento e Projeto de Estruturas de Disposição de Rejeitos 53

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Planejamento | 54 |
| 4.2 | Estudos de Alternativas e Projeto Conceitual | 55 |
| 4.3 | Considerações de Projeto | 59 |
| 4.4 | Papéis e Responsabilidades na fase de Projeto | 63 |
| 4.4.1 | A atuação do Empreendedor | 63 |
| 4.4.2 | A atuação da Empresa Projetista | 64 |
| 4.4.3 | A atuação da Engenharia de Registros | 64 |
| 4.4.4 | A atuação dos Revisores Independentes | 65 |
| 4.5 | Aspectos de Gestão | 65 |
| 4.5.1 | Gestão da informação | 65 |
| 4.5.2 | Gestão da mudança | 66 |
| 4.5.3 | Análise e gestão de riscos | 66 |

Capítulo 5 – Boas Práticas na Implantação de Estruturas de Disposição de Rejeitos 69

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | Considerações gerais de Implantação | 70 |
| 5.2 | Papéis e Responsabilidades na fase de Implantação | 74 |
| 5.2.1 | A atuação do Empreendedor | 74 |
| 5.2.2 | A atuação da Projetista | 75 |
| 5.2.3 | A atuação da Empresa Construtora | 75 |
| 5.2.4 | A atuação do Acompanhamento Técnico de Obras | 75 |
| 5.2.5 | A atuação da Engenharia de Registros | 76 |
| 5.2.6 | A atuação dos Revisores Independentes | 77 |
| 5.3 | Aspectos de Gestão | 77 |
| 5.3.1 | Gestão da informação | 77 |
| 5.3.2 | Gestão da mudança | 77 |
| 5.3.3 | Análise e gestão de riscos | 78 |



Capítulo 6 – Boas Práticas na Operação, Monitoramento e Manutenção de Estruturas

| | |
|--|-----------|
| de Disposição de Rejeitos | 81 |
| 6.1 Operação | 83 |
| 6.1.1 Definição dos Controles Operacionais e Controles Críticos | 83 |
| 6.1.2 Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção | 85 |
| 6.1.3 Gestão do sistema operacional de disposição de rejeitos | 86 |
| 6.1.4 Controle do rejeito disposto | 87 |
| 6.1.5 Manejo de água e Balanço Hídrico | 87 |
| 6.2 Monitoramento Geotécnico e Estrutural | 88 |
| 6.1.6 Alteamento de estruturas | 88 |
| 6.2.1 Inspeções visuais | 89 |
| 6.2.2 Revisões Periódicas de Segurança de Barragens (RPSB) | 91 |
| 6.2.3 Instrumentação e coleta de dados | 91 |
| 6.2.4 Análise dos dados da instrumentação | 93 |
| 6.3 Monitoramento Ambiental | 94 |
| 6.4 Operacionalização do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração - PAEBM | 95 |
| 6.5 Manutenção | 97 |
| 6.6 Papéis e Responsabilidades na fase de Operação | 98 |
| 6.6.1 A atuação do Empreendedor | 98 |
| 6.6.2 A atuação da Equipe de Segurança de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos | 99 |
| 6.6.3 A atuação das Equipes de Operação e Manutenção | 99 |
| 6.6.4 A atuação da Engenharia de Registros | 100 |
| 6.6.5 A atuação dos Revisores Independentes/Painel de Especialistas | 101 |
| 6.7 Aspectos de Gestão | 101 |
| 6.7.1 Gestão da informação | 101 |
| 6.7.2 Gestão da mudança | 102 |
| 6.7.3 Análise e gestão de riscos | 102 |



| | |
|---|------------|
| Capítulo 7 – Boas Práticas no Encerramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos | 105 |
| 7.1 Considerações gerais na fase de Encerramento | 106 |
| 7.2 Papéis e Responsabilidades na fase de Encerramento | 111 |
| 7.2.1 A atuação do Empreendedor | 111 |
| 7.2.2 A atuação das empresas projetista e construtora | 112 |
| 7.2.3 A atuação da Engenharia de Registros | 112 |
| 7.2.4 A atuação dos Revisores Independentes | 112 |
| 7.3 Aspectos de Gestão | 113 |
| 7.3.1 Gestão da informação | 113 |
| 7.3.2 Gestão da mudança | 113 |
| 7.3.3 Análise e gestão de riscos | 113 |
| | |
| Anexo – Atividades na FASE de OPERAÇÃO referentes às Barragens de Mineração em atendimento à Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e Resolução ANM nº13, de 8 de agosto de 2019 | 115 |



Apresentação

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) apresenta sua contribuição para o avanço no conhecimento sobre a Segurança de Barragens de Rejeitos com a publicação do “Guia de Boas Práticas de Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos”. Este documento aborda um conjunto de diretrizes e boas práticas relacionadas à disposição de rejeitos provenientes da extração mineral.

Ao longo de sua existência, o IBRAM tem desempenhado papel proativo em debater, promover e induzir a utilização de boas práticas no manejo dos resíduos da mineração. Nos aspectos prévios de investigação geológicas e mineralógicas de uma mina, passando pelo processamento e descarte, até o descomissionamento e fechamento, o Instituto é consciente do papel que os rejeitos de beneficiamento e processamento mineral têm no perfil de riscos de operações de mina.

A geração de resíduos é parte inerente de qualquer processo produtivo. No caso da mineração, nos últimos anos, em função do aumento da demanda por insumos minerais, houve um grande crescimento de suas atividades, havendo, inclusive, viabilidade à lavra e ao beneficiamento de minérios com teores sucessivamente mais baixos. Resultou daí a geração, igualmente crescente, de resíduos da mineração, que se diferenciam dos produzidos em outros setores, notadamente por haver resíduos sólidos da extração – o estéril – e do beneficiamento – os rejeitos.

A maior parte da disposição de rejeitos da mineração mundial se faz por barragens de rejeitos, cuja função principal é a sua contenção, tendo por objetivo secundário a reservação de água para o reuso na mina

e/ou no beneficiamento. Estas instalações de armazenamento são um dos legados mais visíveis de uma operação mineira, que mesmo depois de fechados e reabilitados devem permanecer estáveis e sem efeitos negativos ao meio ambiente.

No tocante a este documento, cabe destacar que este é um Guia de Boas Práticas e, portanto, um documento conceitual e que não tem a intenção de normatizar pontos específicos ou apresentar soluções para casos individuais. Não se trata, portanto, de um manual para ser consultado em busca de respostas predefinidas, mas de um conjunto de diretrizes cuja aplicação requer interpretação profissional e adaptação a cada caso e à cultura e realidade de cada empresa.

Sua elaboração vem no sentido de contribuir com os diversos segmentos do setor público, da sociedade e da indústria mineral na evolução das práticas de gestão e manejo de rejeitos de mineração, de modo a diminuir os riscos de rompimento e os potenciais danos associados às estruturas que propiciam a sua adequada disposição.

Com isso, o IBRAM, uma vez mais, reforça seu papel institucional de promover a qualificação técnica, gerencial e operacional do setor de mineração e seu comprometimento com uma atividade relevante para o desenvolvimento sustentável do País.



CAPÍTULO 1

Introdução

1.1 Contexto

As empresas de mineração têm investido na gestão de rejeitos para garantir a sustentabilidade de suas operações, sendo este um dos seus maiores desafios atuais. Os recentes acidentes comprovaram a necessidade deste investimento e sua relevância para a segurança de barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

Esta não é uma questão nova. O Boletim 121 da Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD, 2001) já concluía que fatores não-técnicos, como a gestão inadequada das estruturas, estão entre as principais causas de ruptura de barragens de rejeitos. O mesmo ponto é ressaltado na análise dos acidentes das barragens de rejeitos de Mount Poulley (2014) e Fundão (2016) e da barragem de acumulação de água de Oroville (2017).

De fato, a análise destes últimos grandes acidentes com barragens parece indicar que os avanços técnicos talvez não tenham sido acompanhados por avanços correspondentes nos modelos de gestão destas estruturas.

Dentro deste contexto, ao longo do ano de 2018, foi elaborado o presente Guia de Boas Práticas, com o objetivo de reunir conhecimento sobre o tema “Gestão de Estruturas de Disposição de Rejeitos” e apresentá-lo de forma resumida e adaptada ao contexto brasileiro.

Cabe destacar que este é um Guia de Boas Práticas e, portanto, um documento conceitual e que não tem a intenção de normatizar pontos específicos ou apresentar soluções para casos individuais. Não se trata, portanto, de um manual para ser consultado em busca de respostas predefinidas, mas de um conjunto de diretrizes cuja aplicação requer interpretação profissional e adaptação a cada caso e à cultura e realidade de cada empresa.

Para dar abrangência às propostas de boas práticas indicadas neste Manual, as estruturas de disposição de rejeitos foram definidas como:



Estruturas de disposição de rejeitos são o conjunto de estruturas de engenharia e seus componentes envolvidos no gerenciamento de rejeitos sólidos ou sedimentos, incluindo sistemas de distribuição de rejeitos e de recuperação de água, barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos e empilhamentos.

O objetivo é abranger todas as estruturas que possam fazer parte da operação de uma mina e sejam utilizadas para a disposição de rejeitos, sedimentos e/ou lamas (incluindo diques de fechamento ou estruturas de retenção para rejeitos espessos), contenção de sedimentos gerados por erosão hidráulica, acumulação de líquidos contaminados, coleta de percolado, fechamento de cavas exauridas em cavas de mineração e acumulação de água industrial para o beneficiamento de minério.

É importante enfatizar que a gestão de estruturas de disposição de rejeitos é uma questão multidisciplinar e na maioria das vezes envolve a necessidade de interação entre os diversos departamentos/unidades de uma determinada empresa de mineração, como a área de mina/depósito de estéril, a área de planta/manutenção e a área de meio ambiente/segurança/saúde/jurídico/comunidades. É reconhecida a importância destas interações, em especial com referência às questões ambientais, e, para garantir a performance e sucesso do empreendimento, essas interações devem ser bem entendidas e os limites de responsabilidades entre as diversas áreas claramente definidos.

Cabe ainda destacar que este guia foi preparado com enfoque principal nos aspectos gerenciais e operacionais ligados à segurança e estabilidade física de estruturas de disposição de rejeitos, compreendendo as diversas fases da vida útil das estruturas, como mostrado na Figura 1.1 e descrito a seguir.



Figura 1.1 – Etapas do Ciclo de Vida de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos.

PLANEJAMENTO E PROJETO: começa no início do projeto de um empreendimento minerário, devendo ser integrado com a concepção e planejamento global para o *site*, o que inclui o planejamento de mina e de processamento de minério. A fase deve incluir o uso de rigorosas ferramentas de tomada de decisão para apoiar a seleção do local para as instalações e da melhor tecnologia a ser utilizada para gestão de rejeitos (*BAT - Best Available Technology*). Uma vez selecionados o local e a melhor tecnologia a ser empregada, os projetos de engenharia devem ser preparados, levando em consideração todos aspectos da instalação e da infraestrutura necessária.

IMPLANTAÇÃO: inclui a construção e/ou ampliação de estruturas e infraestrutura que devem estar finalizadas antes do início da acumulação de água, sedimentos ou da disposição de rejeitos da fase licenciada. Isto inclui a supressão da vegetação, a construção de sistemas de desvio de água, de barragens de partida, das adutoras para rejeitos e água, dos sistemas de recirculação de água, dos sistemas de drenagem interna e superficial, do sistema extravasor, das estradas de acesso e redes de energia elétrica.

OPERAÇÃO: consiste na fase da vida útil da instalação na qual as estruturas receberão os rejeitos, sedimentos ou água, podendo vir a ser alteadas conforme projeto. Nesta etapa estão incluídas as atividades de operação, alteamentos, monitoramento (inspeção visual e instrumentação) e manutenção do sistema.

ENCERRAMENTO: fase do ciclo de vida da estrutura que se inicia com a confirmação de que esta já alcançou o fim da sua vida útil e/ou não é mais necessária no contexto operacional do empreendimento e, portanto, poderá ser desativada ou descaracterizada (tomada de decisão da empresa).

PÓS-ENCERRAMENTO: período após a completa implementação das medidas de desativação ou descaracterização das estruturas de disposição de rejeitos, que compreende o monitoramento e manutenção em longo prazo e a avaliação do alcance dos objetivos de desempenhos pretendidos.

Por ser de natureza mais conceitual, este Guia poderá ser útil para dirigentes de empresas de mineração, projetistas, gerentes de minas, pessoal de exploração e pesquisa, engenheiros e técnicos de áreas especializadas, consultores, órgãos governamentais, organizações da sociedade civil e pesquisadores, bem como a todos os interessados em atividades minerárias no Brasil.

1.2 Estruturação do Guia

O guia foi estruturado em sete capítulos e um anexo:

- **Capítulo 1** - Introdução
- **Capítulo 2** - Pilares Fundamentais para a Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos
- **Capítulo 3** - Diretrizes para um Sistema de Gestão de Estruturas de Disposição de Rejeitos
- **Capítulos 4 a 7** - Boas Práticas de Gestão Aplicáveis às Diversas Etapas do Ciclo de Vida de uma Estrutura
- **Anexo I** - Atividades na FASE de OPERAÇÃO referentes às Barragens de Mineração em atendimento à Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e Portaria ANM nº13, de 8 de agosto de 2019

O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução e as motivações que levaram à elaboração deste Guia de Gestão.

O Capítulo 2 apresenta os princípios que devem nortear a gestão de estruturas de disposição de rejeitos, tendo como principal referência as lições aprendidas com os acidentes mais recentes com barragens no Brasil e no mundo, podendo ser destacadas as questões de governança e de gestão de riscos.

O Capítulo 3 apresenta os elementos-chave para a implantação de um sistema de gestão a ser aplicado ao longo do ciclo de vida de uma instalação de disposição de rejeitos, estruturado conforme sugerido pela MAC – *Mining Association of Canada* (MAC, 2017), e de acordo com os pilares fundamentais que foram descritos no Capítulo 2.

Os Capítulos 4 a 7 trazem aspectos de boas práticas relacionadas ao projeto, construção, operação e encerramento para os vários componentes das estruturas de disposição de rejeitos, cuja aplicação busca assegurar que os objetivos de desempenho e de segurança sejam alcançados.

É importante destacar que os Capítulos 2 e 3 tratam das definições e ações estruturantes aplicáveis a todo o ciclo de vida das estruturas e devem ser consultados para o entendimento pleno das boas práticas detalhadas nos Capítulos 4 a 7 subsequentes.

O Anexo I resume as atividades na fase de operação referentes às Barragens de Mineração em atendimento à Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e à Portaria ANM nº13, de 8 de agosto de 2019. Este quadro resumo foi incluído, apesar de estar sujeito a alterações legais e regulatórias, para facilitar a aplicação da legislação em vigor por parte dos proprietários de barragens de mineração e empilhamentos drenados.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) ICOLD (2001). *Bulletin 121. Tailings Dams – Risk of Dangerous Occurrences, Lessons Learnt from Practical Experiences*. Paris.
- (2) CDA (2014). *Technical Bulletin: Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*.
- (3) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition*.

Pilares Fundamentais para a Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos

Este capítulo apresenta os princípios fundamentais visando a segurança de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, reconhecidos internacionalmente como boas técnicas e boas práticas. Estes princípios são apresentados como três pilares, capazes de fornecer as bases para a redução dos riscos associados a estas estruturas.

O primeiro se refere à aplicação das melhores tecnologias disponíveis (BAT - *Best Available Technology*), e envolve o desenvolvimento do projeto e implantação de estruturas empregando tecnologias que reduzem o risco. O segundo, ao emprego das melhores práticas aplicáveis (BAP – *Best Applicable Practices*), incorporadas a um sistema de gestão que permita o controle adequado das estruturas ao longo de todo o seu ciclo de vida. E, finalmente, a operacionalização dos Planos de Ação de Emergência, que deve identificar as situações de emergência e definir as respectivas ações com o objetivo de minimizar perdas de vida relacionadas a potenciais acidentes na instalação de disposição de rejeitos.

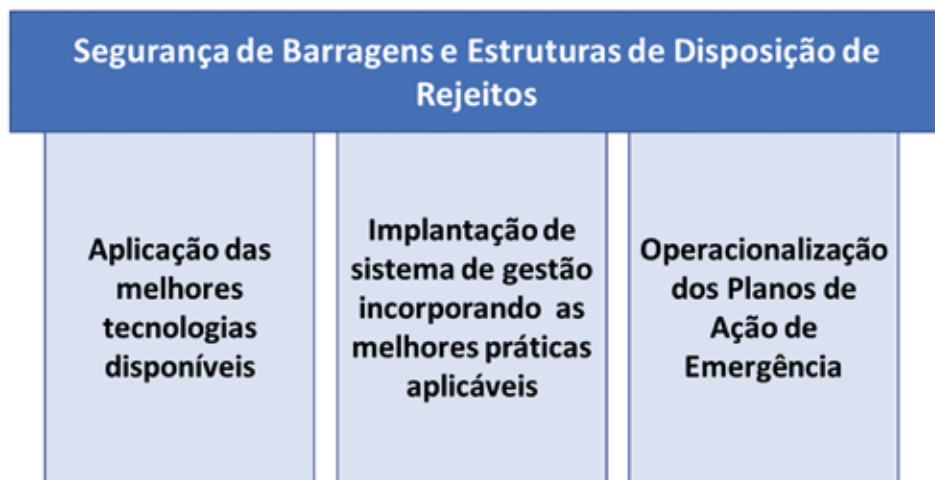


Figura 2.1 - Pilares fundamentais para a segurança de barragens e estruturas de disposição de rejeitos (adaptado de Bittar, 2017).

No caso das barragens, e em especial das barragens de mineração, cabe destacar que o contexto regulatório fornece um arcabouço mínimo de ações em prol da segurança destas estruturas, com foco na fase de Operação, Monitoramento e Manutenção. As boas práticas aqui apresentadas vão além deste conjunto de ações e incorporam fatores de prevenção e/ou atenuação de consequências de acidentes, com base em lições aprendidas e aplicáveis a todo o ciclo de vida de estruturas de disposição de rejeitos.

2.1 Aplicação das Melhores Tecnologias Disponíveis (BAT)



Princípio 1: Deve sempre ser buscada a aplicação das melhores tecnologias disponíveis para reduzir o risco associado às barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

A aplicação das melhores tecnologias disponíveis trata do uso de tecnologias que reduzem os riscos associados às estruturas de disposição de rejeitos, visando assegurar a sua estabilidade física e evitar vazamento ou a liberação indesejada do conteúdo armazenado no reservatório.

A incorporação das melhores tecnologias deve orientar a seleção das alternativas tecnológicas e locacionais mais adequadas para a implantação de novas estruturas. Deve ser avaliada de acordo com as condições e características locais, tais como características físico-químicas dos rejeitos, aspectos locacionais e ambientais, aspectos hidrológicos, hidrogeológicos e hidráulicos, aspectos geológico-geotécnicos, materiais de construção, sismicidade e demais especificações de projeto.

As melhores tecnologias consideram ainda os aspectos de gestão da água em estruturas de disposição de rejeitos visando a otimização da utilização do recurso hídrico. Isto é justificado pelo fato da presença de água estar diretamente associada às causas de falhas (galgamento, instabilização, liquefação, erosão interna, contaminação), bem como maximizar o potencial de dano associado (maiores impactos a jusante no caso de ruptura).

Assim, sempre que possível devem ser buscadas soluções que otimizem e reduzam o uso da água, considerando os seguintes princípios (MORGENSTERN et al., 2015):

- Eliminar ou reduzir as águas superficiais e armazenadas no reservatório;
- Promover condições não-saturadas nos rejeitos com provisões de drenagem; e
- Obter condições dilatantes em todo o depósito de rejeitos por meio de compactação.

Melhor Tecnologia Disponível (BAT- *Best Available Technology*) é a combinação específica, para um determinado local, de tecnologias e técnicas economicamente alcançáveis e que reduzem com maior eficácia os riscos físicos, geoquímicos, ambientais, sociais, financeiros e à reputação associados à gestão de rejeitos para um nível aceitável durante todas as fases do ciclo de vida, e que apoiam a operação de mina de forma ambientalmente e economicamente viável (MAC, 2017).

Cabe destacar que em algumas situações a melhor solução pode incluir a disposição submersa de rejeitos e a manutenção de uma lâmina de água para a estabilização química de rejeitos que contém sulfetos. Nesse contexto, adicionalmente deve ser considerado o seguinte princípio:

- Projetar com vistas a garantir segurança física e química no fechamento.

Para empreendimentos em operação, em geral não é tecnicamente ou economicamente possível alterar a tecnologia usada para a disposição de rejeitos. Neste caso, podem ser empregadas as melhores práticas aplicáveis (BAP) para reduzir riscos associados ao sistema implantado.

2.2 Implantação de um sistema de gestão que incorpore as Melhores Práticas Aplicáveis (BAP)



Princípio 2: A implantação de um sistema de gestão que integre as diversas fases do ciclo de vida e empregue as melhores práticas aplicáveis (BAP) **é um elemento chave para a redução do risco** atendimento aos objetivos de desempenho desejados.

A necessidade de evolução dos processos de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos tem sido considerada uma das maiores lições aprendidas com os últimos acidentes com barragens. O fato destas estruturas estarem sujeitas a mudanças e evolução ao longo de sua vida útil, em uma escala de tempo que pode se estender por décadas até o final da fase de operações e fechamento, torna a implantação de um sistema de gestão eficiente um grande desafio e, ao mesmo tempo, um elemento chave para se alcançar os melhores níveis de segurança.

As mudanças e o fator tempo são importantes fontes de risco e trazem grande complexidade para a gestão, uma vez que existirão diferentes atores, com papéis e responsabilidades variáveis ao longo do ciclo de vida da estrutura e dentro de contextos dinâmicos de exploração da mina. O fator tempo implica em mudanças nas condições de operação, nos materiais a serem depositados, dificuldades na retenção e padronização de informações, introdução de novas tecnologias, mudanças no contexto regulatório, evolução da percepção do risco pela sociedade, dentre outras.

Consequentemente, é essencial estabelecer um sistema de gestão que garanta que os elementos fundamentais de projeto, princípios operacionais, controles críticos e processos de avaliação e gestão de riscos sejam consistentemente levados às

Um **sistema de gestão** pode ser definido como um conjunto de procedimentos que orientam o planejamento e a execução das atividades de forma padronizada, cujo desempenho é avaliado periodicamente para garantir a melhoria contínua dos processos.

equipes de gestão subsequentes e envolvam os diferentes níveis hierárquicos da empresa. Deve-se garantir que os riscos conhecidos sejam efetivamente gerenciados e evitar que novos riscos sejam introduzidos ao se perder os dados e objetivos originais do projeto (MAC, 2017).

O sistema de gestão deve ter a capacidade de integrar e gerenciar as informações de projeto, construção, operação e encerramento, e permitir a passagem de conhecimento adquirido ao longo do tempo (*handover*) entre as equipes que atuam em diferentes fases do ciclo de vida ou mesmo para outros empreendedores, no caso de transferência de propriedade do sistema.

No caso específico de um sistema de gestão de rejeitos, existe um amplo espectro de boas práticas empregadas internacionalmente, que devem nortear sua estruturação, dentre as quais podem ser destacadas:

- Assegurar o comprometimento e a implantação de governança corporativa;
- Gerenciar os riscos em todas as fases do ciclo de vida;
- Implantar sistema de revisão independente;
- Projetar e operar as estruturas para o fechamento.

De uma forma geral, a aplicação das melhores tecnologias disponíveis (BAT) dá maior transparência à identificação e entendimento dos impactos, riscos e custos associados à tecnologia selecionada, enquanto o gerenciamento destes riscos e custos se dá por meio da aplicação de melhores práticas (BAP).

Um sistema de gestão eficiente ajuda a garantir que as prioridades financeiras ou operacionais de curto prazo não se sobreponham às melhores práticas de projeto e operacionais das estruturas de disposição de rejeito.

As melhores práticas citadas são detalhadas nos itens a seguir e as diretrizes para implantação de um sistema de gestão de rejeitos são detalhadas no Capítulo 3.

Melhores Práticas Aplicáveis / Disponíveis (BAP – *Best Applicable Practices*)

englobam sistemas de gestão, procedimentos operacionais, técnicas e metodologias que, por meio da experiência e da aplicação demonstrada, provaram serem capazes de gerenciar o risco de forma confiável e de atingir os objetivos de desempenho de maneira tecnicamente sólida e economicamente eficiente. As BAP são uma filosofia operacional que abraçam a melhoria contínua e a excelência operacional, e que devem ser aplicadas consistentemente por toda a vida útil de uma instalação, incluindo o período pós-fechamento (MAC, 2017).

2.2.1 Governança Corporativa

Princípio 2a: Os níveis de governança mais altos do empreendedor devem reconhecer os riscos associados às estruturas de disposição de rejeitos como riscos do negócio.



A Alta Administração deve ter conhecimento das suas responsabilidades e dos riscos associados às estruturas de disposição de rejeitos, incluindo as consequências de um eventual acidente tanto em termos econômicos, socioambientais quanto para a continuidade dos negócios.

Em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, o sistema de governança deve assegurar a comunicação das condições de segurança das estruturas até o nível mais alto da administração, e permitir que as decisões sobre os riscos sejam tomadas no nível apropriado, não sendo limitadas ao “ambiente operacional”.

Para que este objetivo seja atingido, é importante que as responsabilidades e níveis de autoridade sejam formalmente definidos para todas as decisões relacionadas à gestão destas estruturas.

De modo geral, três princípios de governança corporativa poderiam ser aplicados às estruturas do sistema de disposição de rejeitos:

- **Transparência de informações** (*disclosure*) – a empresa deve garantir a transparência das informações;
- **Prestação de contas** (*accountability*) - a empresa deve garantir a existência de um processo de prestação de contas e fornecimento de informações sobre o sistema de disposição de rejeitos com responsabilidade e ética; e
- **Conformidade aos requisitos internos e externos** (*compliance*) – a empresa deve cumprir os requisitos legais e regulamentares, bem como as políticas e as diretrizes estabelecidas internamente para o negócio e para as suas atividades, e tratar qualquer desvio ou não-conformidade que possa ocorrer.



2.2.2 Gestão da Informação

Princípio 2b: Deve ser estabelecido um processo formal de retenção, gestão e transferência de informações ao longo do ciclo de vida das estruturas.

Uma das maiores preocupações na gestão de estruturas de disposição de rejeitos diz respeito à retenção e transferência de informações ao longo das fases do seu ciclo de vida. A estruturação e manutenção de um banco de dados adequado é imprescindível, pois constitui as bases para o entendimento e avaliação do comportamento das estruturas por todos os envolvidos no projeto, construção, operação e encerramento, sejam eles a equipe de segurança de barragens, contratados, painéis de especialistas, auditores, EdR, consultores, etc.

A gestão da informação de estruturas de disposição de rejeitos é especialmente relevante considerando que informações de etapas anteriores devem estar disponíveis para o projeto de eventuais etapas subsequentes, além de serem insuportavelmente importantes para as atividades de operação, manutenção e monitoramento. Lacunas podem resultar em interpretações equivocadas sobre o comportamento das estruturas.

Além disso, as mudanças de etapa de uma estrutura em geral estão associadas a alteração dos atores envolvidos e a transferência da informação se constitui em um ponto frágil. Para reduzir tal fragilidade, o empreendedor deve estabelecer um processo formal de retenção, gestão e transferência das informações em cada etapa, estabelecendo uma matriz de comunicação e procedimentos de gestão das informações compatíveis com o nível de complexidade das estruturas.

2.2.3 Gestão de Riscos



Princípio 2c: A gestão de riscos provê um modelo robusto para gerenciar as incertezas e mudanças associadas às estruturas de disposição de rejeitos e permite a tomada de decisão quanto aos riscos de forma mais consciente.

A gestão da segurança de barragens e estruturas de disposição de rejeitos é, em última instância, uma questão de controle de riscos e tomada de decisões sob condições de incertezas. Por isso, uma abordagem estruturada de gestão de riscos é considerada uma boa prática e fornece um modelo robusto no gerenciamento destas estruturas.

A ISO 31.000 (2009) define risco como o “efeito da incerteza nos objetivos”. “Esta definição alerta-nos, de uma forma elegante, para a necessidade de identificar os objetivos que se pretende atingir, as incertezas a considerar e os possíveis efeitos ou consequências de desvios” (Almeida, 2014). Dá abrangência ao conceito de risco que, no caso de estruturas de disposição de rejeitos, pode incluir desde riscos operacionais com impacto na segurança das estruturas até riscos de ruptura.

Nas últimas décadas, a gestão de riscos de estruturas de disposição de rejeitos tem ganhado importância, haja vista as inúmeras vantagens que podem ser obtidas por este processo, tais como:

- Assegurar que todos os eventos de risco associados às estruturas são sistematicamente identificados e considerados;
- Identificar os modos de falha possíveis, destacando aqueles que requerem uma investigação e análise detalhada;
- Orientar o planejamento das estratégias de monitoramento e a preparação dos planos de ação de emergência;
- Aumentar a transparência na tratativa dos riscos;
- Identificar estratégias de resposta possíveis, incluindo o cálculo de riscos residuais;
- Permitir a tomada de decisão quanto aos riscos de forma mais consciente;
- Permitir a alocação de recursos orientada pelo risco;
- Possibilitar a comparação do risco de barragens com o de outras indústrias.

O processo de gestão de risco tem como referência as diretrizes da norma técnica ABNT NBR ISO 31000 (2009), e inclui as etapas de **Estabelecimento do Contexto, Identificação, Análise, Avaliação e Tratamento de Riscos**, suportadas pelos processos de **Monitoramento e Revisão dos Riscos e Comunicação e Consulta**, como detalhado no Capítulo 3.

Para a identificação e análise de riscos, vários métodos (qualitativos, semi-quantitativos e quantitativos) têm sido aplicados com sucesso nas atividades de mineração. A escolha do método a ser empregado depende dos objetivos pretendidos (estabelecimento de controles, planejamento das ações de monitoramento, apoio na tomada de decisão, alocação de recursos, por exemplo), da fase do ciclo de vida em estudo e da complexidade da questão sob análise.

Os métodos de identificação e análises de riscos mais utilizados para barragens e estruturas de disposição de rejeitos são os indicados a seguir:

- PMFA – Análise de Modos de Falha Potenciais;
- HAZOP - Estudo de Perigos e Operabilidade;
- FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos;
- FMECA - Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticidade;
- BOW-TIE ANALYSIS – Avaliação de Riscos e Controles (Diagramas “Gravata Borboleta”);
- Métodos probabilísticos;
- ETA - Análise por Árvore de Eventos e FTA - Árvore de Falhas;

Na definição da metodologia a ser empregada, é importante que as aplicações e limitações dos diversos métodos sejam compreendidas. Além disso, os métodos citados podem ser empregados de forma complementar, com a identificação dos riscos empregando o PFMA ou FMEA, por exemplo, detalhamento da probabilidade dos riscos mais importantes empregando ETA e/ou FTA e estabelecimento de controles empregando o BOWTIE.

Independentemente do método de análise de risco selecionado, a aplicação de um processo estruturado e racional de gestão de riscos obriga um conhecimento mais aprofundado dos aspectos de projeto, construção, operação e fechamento, e contribui fortemente para o entendimento dos possíveis modos de falha das estruturas e seus gatilhos (eventos iniciadores), permitindo tomadas de decisão mais conscientes e contribuindo para a segurança das estruturas.

2.2.4 Revisão Independente



Princípio 2d: A revisão independente, isenta de influências externas ou conflitos de interesse, é um aspecto essencial de governança.

A revisão independente de barragens e estruturas de disposição de rejeitos é considerada uma boa prática essencial e exigida pelas regulamentações de segurança de barragens brasileiras e internacionais.

É considerada um aspecto chave de governança e garante que a Alta Administração tenha um parecer de terceiros com relação aos riscos e ao estado de determinada estrutura de disposição de rejeitos, independente das equipes responsáveis por planejar, projetar, construir, operar, manter e fechar o sistema.

As revisões independentes podem ter várias formas de acordo com o grau de complexidade do portfólio de estruturas de determinado empreendedor. Devem ser conduzidas por um ou mais indivíduos devidamente qualificados e experientes nas disciplinas envolvidas, e que, sempre que possível, não tenham participado diretamente do projeto em avaliação. As qualificações e experiência dos revisores devem estar alinhadas com a complexidade e perfil de risco do sistema de disposição de rejeitos.

Os revisores independentes avaliam se o projeto, construção, operação e fechamento são consistentes com o desempenho esperado em longo prazo, e se existem pontos fracos que possam causar efeitos adversos à integridade das estruturas, saúde, segurança e meio ambiente. Devem prover, de forma regular e sistemática, opinião qualificada com relação à:

- adequação do entendimento e gestão dos riscos;
- eficiência do sistema de gestão das estruturas de disposição de rejeitos;
- adequação dos conceitos e critérios de projeto, construção, operação e fechamento aos requisitos regulatórios, padrões da indústria, conhecimento técnico e experiências atuais.



2.2.5 Projetar e operar as estruturas para o fechamento

Princípio 2e: As estruturas de disposição de rejeitos devem ser projetadas e operadas para o fechamento da mina.

O projeto e operação para fechamento é uma boa prática para mitigar os riscos de longo prazo e reduzir os passivos associados às estruturas de disposição de rejeitos na fase pós-fechamento da mina.

O projeto e operação para fechamento implica em avaliar as alternativas de implantação e encerramento de estruturas de disposição de rejeitos tendo em mente os objetivos de desempenho futuros (segurança física e química das estruturas) e considerando que existem custos de difícil quantificação que não podem ser totalmente incorporados aos estudos econômico-financeiros (MAC, 2017).



2.3 Operacionalização dos Planos de Ação de Emergência

Princípio 3: Os Planos de Ação de Emergência devem contribuir para que os envolvidos em uma situação de emergência estejam preparados para as ações de resposta.

O Plano de Ação de Emergência (denominado PAEBM no caso das barragens de mineração) deve ser um documento técnico e de fácil entendimento, elaborado pelo Empreendedor, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, são estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar o risco de perdas de vidas humanas no caso de acidentes com estruturas de disposição de rejeitos.

A operacionalização destas ações deve prever atividades de cunho preventivo e preparatório para garantir prontidão de todos os envolvidos em caso de emergência e inclui os seguintes aspectos (Brasil, 2017):

- Conhecimento das zonas de risco existentes a jusante da barragem, notadamente da denominada zona de autossalvamento (ZAS);
- Treinamento dos participantes internos no PAE / PAEBM;

- Suporte às Prefeituras e organismos de defesa civil, assim como à população, para a realização de simulados externos.

Salienta-se que a importância da realização de treinamentos internos e o suporte aos simulados externos vai muito além da “manutenção do estado de prontidão”. Permitem a interação com a comunidade, dando transparência às ações da empresa, além de possibilitar a identificação de possibilidades de melhoria nos planos existentes.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition.*
- (2) MORGENSTERN, N.R., VICK, S.G., VAN ZYL, D. (2015). *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach.* Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, Canada.
- (3) BITTAR, R.J. (2017). Relato do Tema 2- *Acidentes e incidentes em barragens de rejeitos: como prevenir ou atenuá-los?* II Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos. Belo Horizonte.
- (4) CDA (2014). Technical Bulletin: Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams.
- (5) ABNT NBR ISO 31000 (2009). *Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes.* Brasil.
- (6) Almeida, A. B. de (2014). *Gestão do Risco e da Incerteza: Conceitos e Filosofia Subjacente.* Capítulo II. Acesso em 16.08.2019: <<https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/livros/dialogos/Artg02.pdf>>. Coimbra.
- (7) BITTAR, R.J. (2016). *Designing and Operating a Tailings Safety Management System: the key success aspects.* 24th World Mining Congress. Rio de Janeiro.
- (8) BRASIL, L. S. S., LOPES, M., GONTIJO, A., SANTOS, L. (2017). *Estratégia de operacionalização dos planos de atendimento a emergência para barragens de mineração (PAEBM) na VALE – Área de Ferrosos.* II Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos. Belo Horizonte.
- (9) UNEP (2001). *APEEL FOR MINING: Guidance for the Mining Industry in Raising Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level.*



Diretrizes para um Sistema de Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos

Este capítulo apresenta os elementos de um sistema de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, a ser implantado com o objetivo de controlar e monitorar os riscos envolvidos e garantir a gestão segura, sustentável e ambientalmente responsável ao longo de todo o ciclo de vida destas estruturas.

A estrutura de gestão apresentada tem como base a definição da ISO 14001 de um sistema de gestão ambiental, adaptada pela MAC - *Mining Association of Canada* para a gestão de sistemas de disposição de rejeitos (MAC, 2017). Segue o ciclo PDCA (do inglês *Plan-Do-Check-Act* - planejar, fazer, checar e agir), modelo de gestão usualmente empregado para controle e melhoria contínua de processos, compreendendo as etapas apresentadas na Figura 3.1 e descritas a seguir.



Figura 3.1 – Elementos de um Sistema de Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos.

POLÍTICAS E COMPROMETIMENTO: Ditam as políticas dentro das quais o sistema de gestão e governança serão desenvolvidos e implementados.

(P) PLANEJAR: Estabelecer objetivos, processos e planos necessários para atingir tais objetivos.

(D) FAZER: Implementar processos e planos dentro de uma estrutura de gestão estruturada (implementar a estrutura de gestão dos sistemas de disposição de rejeitos).

(C) VERIFICAR: Medir e monitorar todos os aspectos de desempenho, analisar e relatar resultados (avaliação da performance).

(A) AGIR: Revisar o desempenho, identificar áreas de não-conformidade e oportunidades de melhoria. Agir para manter e melhorar continuamente o sistema de gestão (revisão de gestão para melhoria contínua).

Cabe destacar que a complexidade do sistema de gestão deve ser adequada à complexidade das estruturas e não ajustada de acordo com a capacidade da organização em gerir de seus riscos e incertezas. Quando não há capacidade de gestão compatível, o ônus deve ser o aumento da margem de segurança do projeto e não a simplificação ou ajuste do sistema de gestão à capacidade de governança instalada. Em todas as situações, é importante que os processos sejam estruturados, compreendidos pelos envolvidos e endossados pela alta administração.

3.1 Políticas e Comprometimento



Os empreendedores devem estabelecer políticas e/ou compromissos de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos de acordo com os requisitos específicos aplicáveis ao seu portfólio, levando em consideração a abordagem da gestão corporativa e as diversas partes interessadas.

Devem ser estruturados a partir do reconhecimento dos riscos associados a estas estruturas como **riscos do negócio** e demonstrar o compromisso do Empreendedor com os seguintes princípios (MAC, 2017):

- a proteção da saúde e segurança das pessoas;
- a mitigação de impactos socioambientais;
- a alocação de recursos apropriados para as atividades de gestão integrada das estruturas; e
- a implementação de um sistema de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

Considerando um sistema específico, podem ser feitos compromissos adicionais, como:

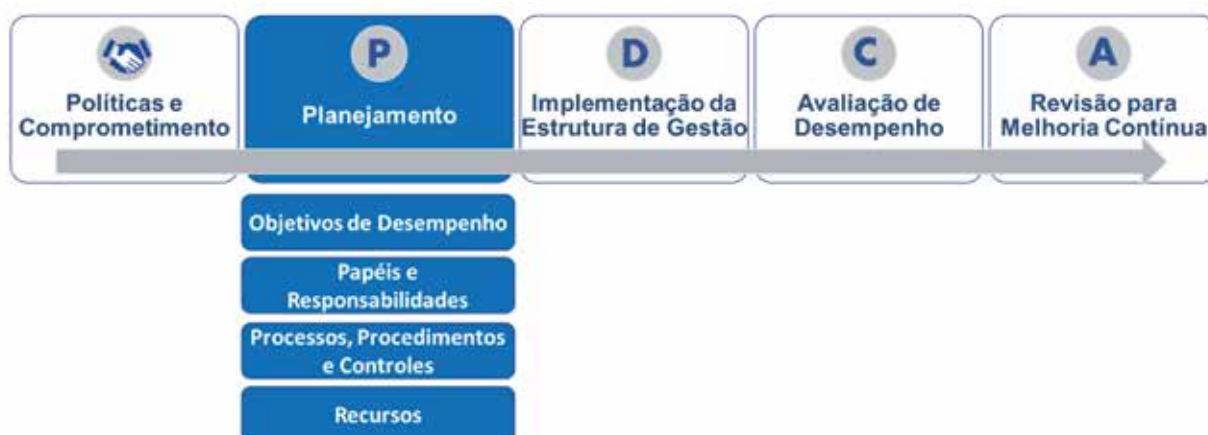
- planejar, projetar, construir, operar e descomissionar estruturas de disposição de rejeitos de maneira a reduzir os riscos e passivos no longo prazo;
- garantir que a gestão das estruturas atenda aos requisitos regulatórios, e esteja de acordo com práticas de engenharia adequadas e prudentes, critérios de projeto definidos, normas pertinentes e diretrizes da empresa;
- envolver as partes interessadas no âmbito interno e externo à empresa, dando transparência às suas ações durante todo o ciclo de vida das estruturas;
- gerenciar todos os rejeitos e água dentro das áreas de influência;
- estabelecer um programa contínuo de gestão de riscos associados a cada estrutura; e
- implementar uma estrutura de governança (nível de autoridade e competência) que permita tomada de decisão adequada ao nível de risco em que tal decisão implica.

A política e/ou compromissos devem ser:

- formalizados, acompanhados e sancionados pelo Conselho de Administração ou Nível de Governança compatível;
- comunicados e compreendidos por empregados e contratados cujas atividades possam direta ou indiretamente afetar a segurança das estruturas de disposição de rejeitos;
- comunicados às partes interessadas; e
- implementados com alocação orçamentária.

Esta política e/ou compromisso não precisa ser um documento independente, podendo ser parte de uma política mais abrangente da empresa.

3.2 Planejamento



O planejamento tem como objetivo estabelecer as bases estruturantes para o sistema de gestão e inclui a definição dos objetivos de desempenho, de papéis e responsabilidades, estabelecimento de processos, procedimentos e controles, bem como dos mecanismos para assegurar os recursos necessários ao sistema.

3.2.1 Objetivos de Desempenho do Sistema de Gestão

Objetivos de desempenho são objetivos globais do sistema de gestão, desdobrados das políticas e/ou compromissos do empreendedor. Devem ser traduzidos em **Indicadores de desempenho** mensuráveis e quantificáveis, para assegurar que os objetivos de desempenho sejam atendidos.

Não refletem os indicadores operacionais específicos por estrutura (controles operacionais, controles críticos e indicadores de desempenho específicos associados). Têm como objetivo assegurar a melhoria contínua do sistema de gestão e podem evoluir em função da maturidade de implantação do sistema.

3.2.2 Papéis e Responsabilidades

As responsabilidades e níveis de autoridade devem ser formalmente definidos para todas as decisões relacionadas à gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, tendo como objetivos principais:

- promover a comunicação das condições de segurança das estruturas de disposição de rejeitos até o nível mais alto da administração, reduzindo “filtros” e adequando os canais de comunicação;
- assegurar que as decisões sobre os riscos sejam tomadas no nível apropriado, de preferência envolvendo a alta liderança da empresa e não sendo limitadas ao “ambiente operacional”;
- implementar processos de “verificação cruzada” de todo o processo de gestão das estruturas.

A estrutura de governança deve ser adaptada às circunstâncias de cada empreendedor e instalação de disposição de rejeitos. Contudo, as responsabilidades, autoridade, funções e reportes devem ser definidos e documentados de forma clara, pelo menos, para:

- Conselho de Administração ou Nível de Governança Máximo do Empreendedor;
- Executivo Responsável;
- Responsáveis Técnicos;
- Engenheiro de Registro (EdR);
- Equipe de Segurança da Barragem e Estruturas de Disposição de Rejeitos;
- Coordenador do Plano de Ação de Emergência;
- Revisor(es) Independente(s).

A Figura 3.2 mostra a interrelação entre estes atores, sem a intenção de representar uma estrutura organizacional, mas apenas de indicar como deve se dar o reporte de informações, aspecto chave na redução de riscos.

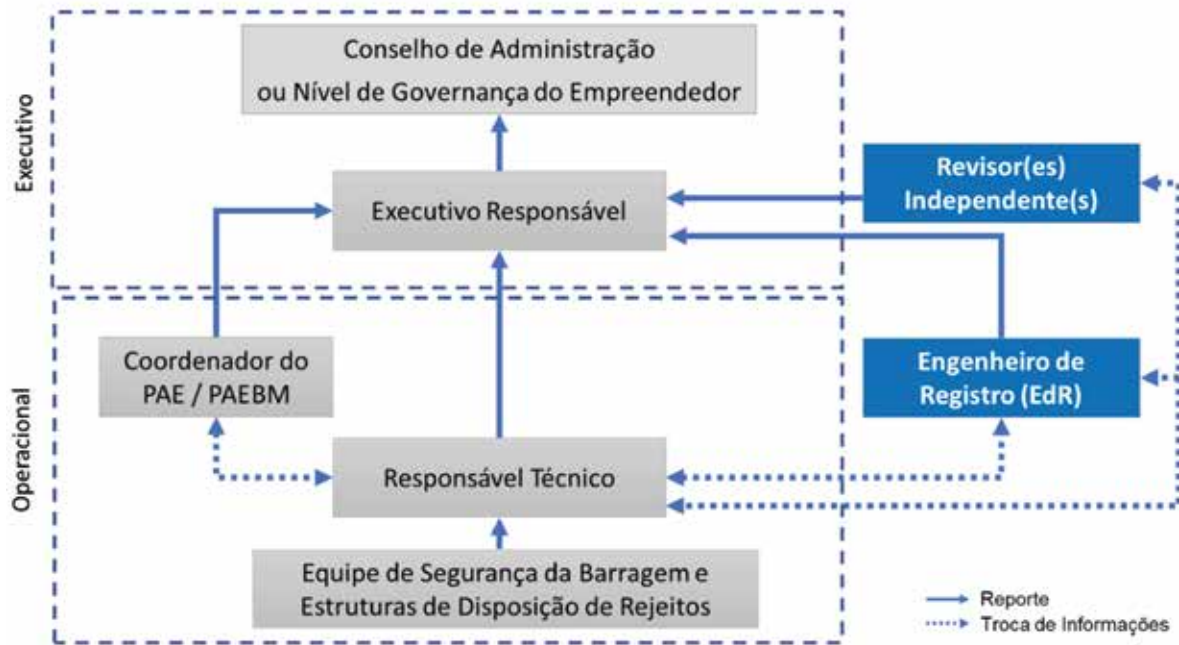


Figura 3.2 – Reporte de informações sobre a gestão de estruturas de barragens e estruturas de disposição de rejeitos (observar que não representa a estrutura hierárquica da empresa).

Conselho de Administração ou Nível Máximo de Governança do Empreendedor

A responsabilidade pelas decisões relacionadas à gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos cabe, em última instância, ao Conselho de Administração ou Nível Máximo de Governança equivalente do Empreendedor (presidente ou CEO, por exemplo), de acordo com o tamanho e estrutura da empresa (MAC, 2017).

Assim, o papel do Conselho de Administração ou Nível de Governança equivalente do Empreendedor deverá ser definido, bem como o nível de informação que será comunicado à alta administração.

O Conselho de Administração ou Nível de Governança equivalente do Empreendedor devem designar um Executivo Responsável pelas atividades de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, cujas funções e responsabilidades devem ser definidas, aprovadas e documentadas.

Executivo Responsável

O Executivo Responsável garante ao Empreendedor e partes interessadas que as estruturas de disposição de rejeitos sejam gerenciadas de forma responsável. Precisa estar ciente dos resultados-chave das avaliações de risco das estruturas e como esses riscos estão sendo gerenciados e tem como atribuição comunicar à alta administração as informações geradas na gestão de riscos e pelos Revisores Independentes.

Este Executivo possui responsabilidade e autoridade orçamentária para a gestão das barragens e estruturas de disposição de rejeitos. Cabe ele a responsabilidade de colocar em vigor uma estrutura de gestão adequada, definindo os deveres, responsabilidades e estrutura hierárquica necessária em todas as fases na vida útil das estruturas, e tem sido usualmente denominado “dono da estrutura”. É o responsável por designar o coordenador do Planos de Ação de Emergência seu substituto e documentar formalmente as suas atribuições e responsabilidades.

Responsáveis Técnicos

Cada estrutura ou sistema deverá ter, no mínimo, um Responsável Técnico designado de acordo com a fase do ciclo de vida da estrutura, que será responsável pelo projeto, construção, operação, manutenção e/ou monitoramento de tal instalação. Um Responsável Técnico pode ser compartilhado por várias instalações ou operações, dependendo da complexidade das estruturas, logística e carga de trabalho esperada nessa posição.

Os Responsáveis Técnicos definem o escopo do trabalho e os requisitos orçamentários (sujeitos à aprovação final) para todos os aspectos da gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, e delegam as tarefas e responsabilidades específicas para as equipes qualificadas.

A existência de Responsáveis Técnicos internos à empresa não se sobrepõe à responsabilidade técnica pelas atividades de estudos, inspeção regular de segurança, revisão periódica de segurança, declarações da condição de estabilidade ou quaisquer outros referentes à execução de atividades de engenharia associadas a determinada estrutura.

As anotações de responsabilidade técnica devem ser emitidas conforme Resolução Confea 1.025/2009 ou outro instrumento equivalente que vier a substituí-la.

Coordenador do Plano de Ação de Emergência (PAE/PAEBM)

O Coordenador do Plano de Ação de Emergência (denominado PAE para barragens de água e PAEBM para barragens de mineração) e seu substituto devem ser profissionais designados pelo Executivo Responsável, com autonomia e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão de obra a serem utilizados nas ações corretivas e/ou emergenciais, devendo estar treinados e capacitados para a função.

É o responsável por declarar situações de emergência e coordenar as ações previstas no Plano de Ação de Emergência.

Equipe de Segurança da Barragem e Estruturas de Disposição de Rejeitos

Conjunto de profissionais tecnicamente capacitados dedicados às ações de monitoramento (inspeções visuais e leitura/coleta de dados da instrumentação) de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, podendo ser composta por profissionais do próprio quadro de pessoal do empreendedor ou contratado especificamente para este fim.

Esta equipe pode ter atribuições mais amplas, desde que formalmente definidas e que sejam responsáveis por inspecionar, monitorar e controlar o comportamento das estruturas. Caso identifique algum tipo de anomalia, deverá comunicar ao Responsável Técnico.

Engenheiro de Registros (EdR)

Após as mais recentes rupturas de barragens de rejeitos, a MAC (2017) reconheceu a importância de um engenheiro de registro como uma boa prática no gerenciamento de estruturas de disposição de rejeitos, tendo como objetivos principais “verticalizar” as informações de gestão de risco (interlocução entre a área operacional e a área executiva) e executar a gestão técnica e de informações durante o ciclo de vida das estruturas.

O papel do EdR deve ser considerado dentro de um contexto de governança, destacando a importância da função, independentemente de como ela seja aplicada em cada empreendimento. Em outras palavras, cada empresa tem a flexibilidade de implantar as funções de EdR de acordo com a sua estrutura e grau de complexidade das instalações, podendo esta função estar distribuída entre diferentes pessoas da empresa e/ou contratadas.

O Engenheiro de Registro tem sido definido como um profissional ou empresa designada para prestar orientação técnica na área de geotecnia ao empreendedor, e em nome deste, para determinada estrutura de disposição de rejeitos. Suas atribuições e responsabilidades são definidas de acordo com a estrutura de governança da empresa, mas de forma geral, tem como responsabilidade verificar se determinada estrutura:

- foi concebida e projetada de acordo com os objetivos de desempenho, diretrizes e padrões aplicáveis, parâmetros de segurança e requisitos legais;
- foi construída e esteja operando, ao longo do ciclo de vida, de acordo com os objetivos de desempenho, parâmetros de segurança, diretrizes e padrões aplicáveis e requisitos legais; e
- teve o registro de todas as informações relevantes de projeto, construção, operação e encerramento (de acordo com a etapa do ciclo de vida da estrutura) e atualização dos desenhos “como construído” incorporando todas as eventuais mudanças ocorridas durante o ciclo de vida das estruturas.

É importante que o EdR seja externo às operações, embora possa pertencer aos quadros da empresa, evitando conflitos de interesse e elevando diretamente as questões críticas relacionadas a um determinado sistema de disposição de rejeitos para o nível de gerência sênior.

O EdR deve ter ciência de todas as informações sobre uma determinada estrutura. Deve participar das atividades de análise de riscos e estar acessível para as revisões de segurança de barragens e revisões independentes, bem como ser acessível pelos responsáveis técnicos para discutir questões técnicas do *site*, quando necessário. Caso assim estabelecido, pode também ter como responsabilidade a realização das inspeções regulares de segurança e emissão das respectivas Declarações da Condição de Estabilidade.

As atividades de registro podem incluir a padronização, consolidação e validação do Banco de Dados de um empreendimento. Deve ser verificada a abrangência das informações que afetam a gestão do risco, bem como a inteligibilidade da informação por meio da padronização/uniformização da terminologia técnica aplicada ao longo do ciclo de vida (sondagens em diferentes fases podem gerar diferentes classificações de uma presumível única unidade geotécnica, por exemplo). As lacunas na informação são a maior fonte de interpretações equivocadas sobre o comportamento de estruturas de disposição de rejeitos.

O EdR deve ter suas funções, responsabilidades e autoridade formalmente atribuídas, por exemplo, por meio de um termo de referência, e deve ter experiência e conhecimento proporcionais aos requisitos de gestão de riscos do sistema.

O EdR pode realizar e/ou propor treinamentos para o pessoal-chave do local e equipes envolvidas na gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, para possibilitar a estas equipes uma compreensão completa dos requisitos e aspectos do projeto e construção e parâmetros operacionais.

No caso de contratação externa, é recomendável que esta contratação seja plurianual, para assegurar a retenção do conhecimento sobre as estruturas. A gestão da mudança/transição entre dois EdRs deve incluir um período de atuação conjunta, assegurando uma transição suave e ininterrupta e a garantia de transferência de toda a documentação e conhecimento sobre a instalação.

Revisor(es) independente(s)

Os Revisor(es) Independente(s) fornecem ao Empreendedor comentários, orientações e recomendações independentes, objetivas e especializadas para ajudar na identificação, entendimento e gestão de riscos associados a barragens e estruturas de disposição de rejeitos, assim como sobre a implementação do sistema de gestão destas estruturas. Devem apoiar na validação de informações e registros para embasar as percepções e avaliações dos Responsáveis Técnicos e EdR. Os Revisor(es) Independente(s) não t(ê)m autoridade de tomada de decisão. A responsabilidade pelas decisões está com o Empreendedor.

Deve ser assegurada independência do Revisor (terceiros não envolvidos no projeto ou operação do sistema em estudo) e especialidade técnica adequada compatível com a complexidade da(s) estruturas(s).

Quando a complexidade do sistema de disposição de rejeitos exigir, poderá ser constituído um Painel de Especialistas, composto por Revisores Independentes com competências técnicas adequadas às necessidades específicas do sistema. Neste caso, quando alterações no Painel de Especialistas se fizerem necessárias, a substituição dos revisores independentes deve ser feita, preferencialmente, de um membro por vez, para garantir a transferência de conhecimento para o novo entrante do Painel.

3.2.3 Estabelecimento de Processos de Gestão, Padrões e Controles

A definição dos processos associados ao planejamento e projeto, implantação, operação e encerramento de estruturas de disposição de rejeitos deve considerar a gestão integrada ao longo do ciclo de vida, de acordo com a complexidade das estruturas e em consonância com a estrutura organizacional do empreendedor.

Os processos específicos associados às diversas etapas do ciclo de vida devem ser estruturados de forma a permitir a integração e a adequada transferência de informações entre elas. Além destes, devem ser estruturados os processos de gestão que permeiam e fornecem as bases para a gestão: a gestão de riscos, gestão da conformidade, gestão da mudança e o estabelecimento de padrões e controles, como apresentado na Figura.



Figura 3.3 – Processos ao longo do ciclo de vida de barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

Gestão de Riscos

A gestão de riscos é um dos princípios norteadores da gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos e deve ser estruturada e implementada para garantir a segurança das estruturas e evitar riscos inaceitáveis para pessoas e o meio ambiente ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Um plano ou modelo de gestão de riscos deve ser preparado e documentado de forma a registrar os resultados do processo de avaliação de risco (identificação, análise e avaliação) e subsidiar as tomadas de decisão quanto às medidas de tratamento mais adequadas para:

- eliminar, evitar ou reduzir o risco até o limite praticável (seguindo os conceitos de ALARP¹), atuando na redução da probabilidade ou das consequências potenciais de um evento indesejado;
- detectar, responder a, e minimizar as consequências caso um evento indesejado ocorra.

A gestão de riscos deve ter início na fase de concepção e planejamento do projeto para novos sistemas e expansões de sistemas existentes, e evoluir ao longo do ciclo de vida das estruturas, por meio de revisões e atualizações. Quando os riscos e as incertezas não tiverem sido objeto de avaliação específica na fase de concepção e/ou elaboração do projeto de engenharia, devem ser avaliadas as investigações, os registros dos dados, os modelos de análise do projeto e os modos de falha que devem fazer parte da matriz de risco do sistema de gestão, a serem validados pelos Revisor(es) Independente(s).

Atenção deve ser dada a mudanças, tais como alterações de projeto, extensões à vida útil da mina, paralisações temporárias, mudanças no minério a ser beneficiado, mudanças de processo e tecnologia, mudanças na ocupação a montante e a jusante das estruturas, dentre outras, que possam ter impacto importante no risco associado às estruturas.

O processo de gestão de risco pode ter como referência as diretrizes da norma técnica ABNT NBR ISO 31000:2018 (*Gestão de Riscos – Diretrizes*), conforme apresentado na Figura e definições a seguir:

¹ALARP – *As Low as Reasonably Practical*: este conceito considera que a redução de riscos abaixo de um certo nível pode não ser justificável se o custo de redução for muito desproporcional à redução possível de ser obtida.

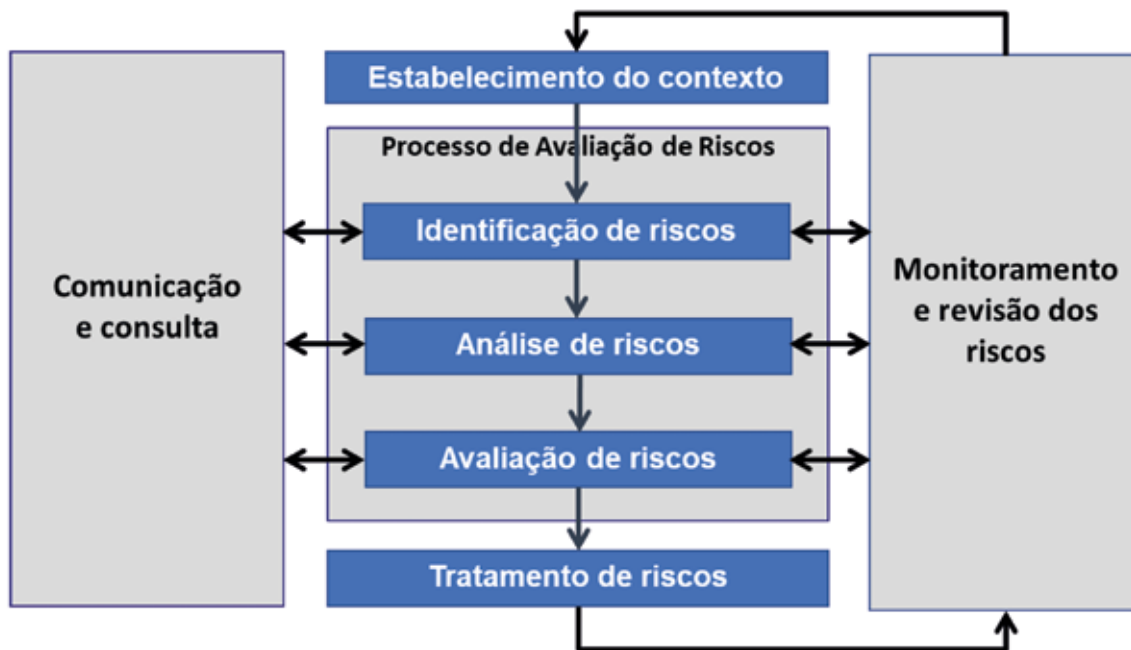


Figura 3.4 – Etapas do Processo de Gestão de Risco. Fonte: NBR ISO 31000:2018.

- **Estabelecimento do Contexto:** Definição dos parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar o risco a partir da definição dos critérios e política de gestão de risco;
- **Identificação de Riscos:** Processo de busca, reconhecimento e descrição de riscos;
- **Análise de Riscos:** Processo de compreender a natureza do risco e determinar o nível de risco. Processo de determinação das probabilidades e consequências de forma semi-quantitativa ou quantitativa;
- **Avaliação de Riscos:** Processo de comparar os resultados da análise de riscos com critérios de risco para determinar se o risco e/ou magnitude é aceitável ou tolerável;
- **Tratamento de Riscos:** Processo para modificar o risco. Processo decisório para definir a estratégia mais adequada de resposta ao risco: eliminar, mitigar, transferir ou aceitar;
- **Comunicação e Consulta:** Processos contínuos e iterativos que uma organização conduz para fornecer, compartilhar ou obter informações e se envolver com as partes interessadas e outros, com relação a gerenciar riscos;
- **Monitoramento e Análise Crítica:** Verificação, supervisão, observação crítica ou identificação da situação, executadas de forma contínua, a fim de identificar mudanças no nível de desempenho requerido ou esperado. Atividade realizada para determinar a adequação, suficiência e eficácia do assunto em questão para atingir os objetivos estabelecidos.

As avaliações de risco devem ser realizadas e atualizadas com metodologia, nível de detalhamento e frequência adequados ao grau de complexidade das estruturas em questão e de forma a atender aos objetivos de desempenho estabelecidos.

O nível aceitável de risco deve ser definido no contexto do sistema e para a fase específica do ciclo de vida, levando em conta a probabilidade e consequência de ocorrência.

Gestão da Conformidade

Processos de gestão de conformidade devem ser documentados e implementados para garantir que:

- legislação, regulamentos, permissões/licenças e compromissos aplicáveis (incluindo compromissos/condições oriundas de avaliação e licenciamento ambiental) sejam definidos, documentados, entendidos e comunicados de maneira efetiva;
- as políticas, diretrizes, normas e procedimentos do Empreendedor sejam definidas, documentadas, implementadas e revisadas;
- a existência de desenhos "*como construído*" e/ou "*como está*" das estruturas tal como se apresentam no campo; e
- os procedimentos para avaliar a situação de conformidade foram estabelecidos, implementados, documentados e comunicados.

Não conformidades devem ser documentadas, ter suas causas identificadas e medidas corretivas implantadas. Se necessário, deverão ser feitas mudanças no sistema de gestão para evitar não conformidades futuras.

Gestão da Mudança

O Empreendedor deve documentar e implementar os processos de gestão de mudança para manter a integridade das estruturas de disposição de rejeitos, incluindo mudanças em (MAC, 2017):

- projetos e planos aprovados, incluindo mudanças temporárias;
- empregados, contratados e consultores com funções chave no sistema de gestão de água e rejeitos, incluindo o Executivo Responsável, Responsável(is) Técnico(s), EdR e Revisor(es) Independente(s);
- condições que possam impactar a operação/manutenção contínua das estruturas de disposição de rejeitos, incluindo a suspensão temporária das operações de mineração;
- requisitos regulatórios; e
- outras mudanças que tenham o potencial de alterar, nas fases atuais ou futuras da vida útil, o perfil de risco das instalações de disposição de rejeitos ou seus componentes.

Mudanças propostas ao projeto original ou atual devem ser cuidadosamente documentadas e os riscos da mudança nas fases atuais e futuras da vida útil devem ser avaliados. Dependendo da natureza da mudança e do impacto potencial, recomenda-se uma Revisão Independente da mudança proposta. Antes da implementação, a mudança proposta deve ser aprovada em um nível compatível com o seu impacto potencial.

Mudanças propostas nos planos e procedimentos também devem ter os impactos potenciais avaliados, serem documentadas, aprovadas no nível adequado e comunicadas às pessoas envolvidas nos processos afetados antes da implementação.

Estabelecimento de Padrões e Controles

Uma vez estabelecidos todos os processos de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, devem ser estabelecidos padrões e/ou procedimentos, controles e indicadores de desempenho associados, específicos para cada estrutura ou instalação de disposição de rejeitos.

Os **padrões ou procedimentos** visam assegurar que os objetivos de desempenho e respectivos indicadores sejam alcançados. Constituem, em última instância, barreiras que contribuem para minimizar os riscos associados às instalações de disposição de rejeitos e devem ser definidos e elaborados dentro de um contexto mais amplo de gestão de riscos.

Devem ser elaborados padrões ou procedimentos internos para a execução das atividades chave relacionadas às instalações de disposição de rejeitos, tais como: critérios de projeto, controle de qualidade na construção, inspeções de rotina, coleta e análise dos dados da instrumentação, inspeções de segurança regulares, revisão periódica de segurança, controle da qualidade da água / efluentes e controle do balanço hídrico.

Controles são medidas de natureza técnica ou de governança colocadas em prática para prevenir ou reduzir a probabilidade de ocorrência de um evento não desejado (controle preventivo), ou minimizar/mitigar as consequências negativas no caso de sua ocorrência (controle mitigatório).

Os controles podem ser operacionais ou críticos e sua implementação está descrita no Capítulo 4. Destaca-se a importância da definição dos **controles críticos**, uma abordagem de governança para fornecer uma garantia de alto nível contra a ocorrência de riscos de consequência alta relacionados a uma operação ou negócio.

No caso de barragens de mineração, deverão ainda ser elaborados:

- **Plano de Segurança da Barragem (PSB)**, instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens de elaboração e implementação obrigatória para as barragens em conformidade com o parágrafo único do artigo 1º da Lei 12.334/2010 e respectiva regulamentação; e

- **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM)**, documento técnico elaborado pelo Empreendedor de acordo com a legislação vigente e respectiva regulamentação, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida.

3.2.4 Recursos

Para implementação efetiva e eficiente de um sistema de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, incluindo a gestão sustentada pós-encerramento, o Empreendedor deve definir, assegurar e revisar regularmente a adequação de:

- **recursos humanos** (internos, contratados e consultores externos) com nível de qualificação, experiência e competência consistentes com os requisitos do sistema, responsabilidades e riscos envolvidos;
- **equipamentos** adequados em termos de tipo, quantidade e condição de funcionamento;
- **recursos financeiros**, considerando as necessidades de curto e longo prazo para a gestão responsável e efetiva das estruturas de disposição de rejeitos da fase de planejamento até o pós-encerramento. O planejamento de recursos deverá ser reavaliado e documentado em frequência adequada, considerando a fase da vida útil das estruturas e eventuais mudanças técnicas, operacionais e regulatórias;
- **controle de informações documentadas**, que permita que todas as informações potencialmente úteis na gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeito sejam retidas, arquivadas e recuperáveis quando necessário. Estes registros incluem aqueles relacionados ao planejamento, projeto, construção, operação e encerramento das estruturas. Devem também incluir revisões dos projetos de construção, resultados de testes, atas de reuniões, fotos de construção, registros de inspeções e monitoramento, registros de revisões e auditorias e outras informações pertinentes.
O PSB- Plano de Segurança da Barragem deve ser estruturado para reter todas as informações requeridas por lei, indicando onde as demais informações estão arquivadas e podem ser consultadas quando necessário.
- **comunicação**, planejada e realizada considerando os interesses e preocupações das partes interessadas, tais como a alta administração, órgãos reguladores e comunidade civil.
Os processos de comunicação devem incluir todas as fases do ciclo de vida de uma estrutura e assegurar que as informações obtidas em uma fase sejam repassadas para a fase seguinte.

Devem ser estabelecidos e implantados processos de comunicação bidirecionais entre os responsáveis pela instalação de disposição de rejeitos, incluindo relatórios de informações significativas e decisões da alta administração, EdR e reguladores, conforme o caso.

No caso de situação de emergência, a comunicação deverá seguir os fluxos definidos no PAE (Plano de Ação de Emergência) ou PAEBM (Plano de Ação de Emergência da Barragem de Mineração). O envolvimento das comunidades, órgãos externos (Prefeituras, Defesas Cíveis e Órgãos Ambientais) e reguladores é um componente importante numa estratégia de comunicação externa eficaz.

- **programa de treinamento** desenvolvido e implementado, compatível com as funções e responsabilidades dos diversos envolvidos na gestão das estruturas de disposição de rejeitos.

É essencial que as pessoas com responsabilidade pelas barragens e estruturas de disposição de rejeitos entendam, de acordo com seu nível de responsabilidade e autoridade, como o sistema de disposição de rejeitos é planejado, projetado, construído, operado e fechado. Isso inclui os riscos impostos pelo sistema, o processo de gestão de riscos, gestão de controles críticos e restrições operacionais, bem como a estrutura regulatória e legislação pertinente.

Os treinamentos devem focar os diversos aspectos do sistema de gestão (compromissos, responsabilidades, comunicação, controles, etc.), bem como temas que permitam o aumento da competência técnica dos envolvidos. Os treinamentos devem envolver a alta administração com relação a requisitos legais e gestão de riscos. É interessante que sejam previstos treinamentos específicos para equipes locais, que permitam o entendimento mais profundo dos diversos aspectos e riscos de um determinado sistema de disposição de rejeitos;

Para o caso específico de atendimento ao Plano de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM), devem ser programados e realizados treinamentos internos específicos sobre atuação nas situações de emergência, mantendo os respectivos registros das atividades. A participação em simulados conduzidos pelos organismos de Defesa Civil, e realizados em conjunto com prefeituras e população compreendida na zona de autossalvamento, também deve ter o registro mantido e inserido nos apêndices do PAE/PAEBM.

3.3 Implementação da Estrutura de Gestão



A Implementação da Estrutura de Gestão exige a implantação de todos os planos elaborados na fase de planejamento e descritos nos itens anteriores: Objetivos de Desempenho (3.2.1), Papéis e Responsabilidades (3.2.2), Processos e Controles (3.2.3) e Recursos (3.2.4).

Destaca-se a importância da implementação do **Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção**, considerado um componente crítico para atender aos objetivos de desempenho e a gestão de riscos atuais e futuros associados a um sistema de disposição de rejeitos. Este manual deve incluir todos os aspectos de operação, monitoramento (inspeção e Instrumentação) e manutenção relevantes para a segurança das estruturas. Deve ser um documento “vivo”, analisado e revisado sempre que necessário, incorporando informações provenientes de mudanças (de projeto, construção, operação, requisitos legais, por exemplo), bem como aquelas advindas das análises de desempenho e de revisão do sistema de gestão.

No caso de barragens de mineração, são destacados dois componentes-chave adicionais para implementar a estrutura de gestão planejada:

- implementação do **Plano de Segurança de Barragem - PSB**
O PSB não deve ser tratado como um simples repositório de informações, mas como um instrumento que permita a avaliação contínua da segurança das estruturas. Requer atualização periódica, incorporando novas informações sobre as estruturas em questão tais como investigações geotécnicas, estudos e análises, registros, relatórios de inspeção e relatórios de revisão da segurança de barragens.
- implementação de **Planos de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM**
Devem ser apresentadas ações de cunho preventivo e preparatório junto aos envolvidos internos e externos ao empreendimento, para garantir prontidão

de todos em caso de emergência. Estas atividades têm sido denominadas de “operacionalização do PAEBM” e incluem o conhecimento das zonas de risco existentes a jusante da barragem, a realização de treinamentos internos, o envolvimento das Prefeituras e organismos de defesa civil e a realização de simulados externos.

3.4 Avaliação de Desempenho



A avaliação do desempenho visa verificar se os objetivos de desempenho estão sendo atendidos e avaliar a eficácia das medidas de gestão de risco e dos controles estabelecidos. Além disso, irá subsidiar o processo de gestão de riscos com informações atualizadas e fornecerá dados importantes para a melhora contínua da estrutura de gestão.

O foco principal da avaliação do desempenho é a verificação do comportamento das estruturas e, portanto, baseia-se principalmente nos resultados da gestão de riscos e das ações de monitoramento (inspeções visuais, instrumentação, revisões de segurança). Tem como objetivos (MAC, 2017):

- o desempenho operacional em comparação com objetivos e indicadores de desempenho, premissas e parâmetros de projeto, bem como com os controles implantados;
- a conformidade com os requisitos regulatórios, políticas e compromissos, normas e padrões;
- o processo de gestão de riscos, incluindo a necessidade de atualizar a avaliação de risco; e
- a necessidade de mudanças ou atualizações do Manual de Operação, Plano de Ação de Emergência, ou outros documentos relacionados às barragens e estruturas de disposição de rejeitos específicos. Isso inclui a avaliação da eficácia dos processos de inspeção e monitoramento e a utilidade das informações coletadas, bem como a identificação de lacunas na coleta de informações.

A avaliação do desempenho deve também incluir a identificação de lacunas, deficiências ou áreas de não conformidade no sistema de gestão implantado.

Os planos de ação advindos das análises de desempenho devem ser documentados e aprovados, e sua implementação deve ser documentada e rastreada até a conclusão.

Resultados e recomendações das avaliações do desempenho devem ser documentados e reportados para o(s) Responsável(is) Técnico(s), o Executivo Responsável e, conforme o caso, o Conselho de Administração ou Nível de Governança da Empresa, em uma frequência e nível de detalhe definido nas políticas ou em procedimentos do Empreendedor.

3.5 Revisão da Estrutura de Gestão para Melhoria Contínua



Para garantir a melhoria contínua do sistema de gestão devem ser realizadas revisões da estrutura de gestão, com base nas informações provenientes da fase de Avaliação de Desempenho e *inputs* do processo de Garantia da Qualidade. A frequência das revisões deve ser previamente definida, mas normalmente é anual nas fases de construção, operação e encerramento.

A análise da gestão para melhoria contínua vai além do desempenho técnico e deve abordar todos os aspectos da gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos. Fornece uma oportunidade para os Responsáveis Técnicos, o EdR e demais empregados e contratados envolvidos na gestão destas estruturas verificarem o alinhamento entre os requisitos de projeto e as práticas operacionais, discutir as mudanças realizadas e/ou previstas e suas implicações, bem como identificar oportunidades de melhoria.

A revisão da estrutura de gestão deve incluir a avaliação (MAC, 2017):

- do andamento das ações provenientes da revisão anterior;
- do desempenho geral do sistema de gestão para assegurar que continue adequado e eficaz e verificar a necessidade de mudanças nos seus componentes:
 - » política e compromissos;
 - » papéis e responsabilidades;
 - » padrões e controles;
 - » gestão de riscos, de conformidade e de mudanças;
 - » recursos (humanos, equipamentos, financeiros, comunicação, controle de informações documentadas e treinamento);
 - » Manual de Operação, Plano de Segurança de Barragens e Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração.

- do desempenho das barragens e estruturas de disposição de rejeitos (informações provenientes da Avaliação de Desempenho);
- da eficácia do sistema de gestão de riscos;
- das revisões independentes e/ ou auditorias.

Esta avaliação deve considerar e analisar o impacto de mudanças ocorridas desde a última revisão, que possam afetar o sistema de gestão implantado, tais como mudanças nos requisitos regulatórios e mudanças no perfil de risco das barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

A análise de gestão para melhoria contínua é relatada para o Executivo Responsável e os resultados devem ser documentados, incluindo:

- conclusões sobre o desempenho das barragens e estruturas de disposição de rejeitos e do sistema de gestão implantado;
- conclusões do processo de gestão de riscos;
- conclusões sobre o atendimento aos requisitos legais e regulatórios;
- modificações necessárias no sistema de gestão;
- planos de ação para garantir que os objetivos de desempenho sejam atendidos, para tratar não conformidades observadas e para implantação de oportunidades para melhoria contínua;
- melhorias necessárias em recursos humanos e financeiros para garantir a gestão efetiva de barragens e estruturas de disposição de rejeitos.

3.6 Garantia da Qualidade

O processo de garantia da qualidade tem por objetivo assegurar que a gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos está sendo executada de forma adequada.

A garantia da qualidade pode ter várias formas, incluindo (MAC, 2017):

- **Revisão Independente:** É a principal ferramenta de garantia e um dos princípios norteadores da boa prática na gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos.
Consiste na avaliação independente de todos os aspectos técnicos (planejamento, projeto, construção, operação, manutenção, fechamento), de gestão e de governança de uma instalação de disposição de rejeitos por meio de uma análise por revisores terceiros de elevada competência técnica, em nome do Empreendedor.
- **Auditorias (tanto internas quanto externas):** O exame formal, sistemático e documentado da conformidade do sistema de gestão com critérios, explícitos, acordados e prescritos, geralmente requisitos estipulados por lei ou regulamento, ou no sistema de gestão do Empreendedor. As auditorias avaliam e

relatam o grau de conformidade com os critérios estipulados, com base na coleta sistemática e na documentação de evidências relevantes. As auditorias envolvem algum nível de julgamento, mas não são projetadas para determinar a causa raiz das deficiências ou avaliar a eficácia do sistema de gestão.

- **Avaliação da Eficácia:** Tem como objetivo avaliar se o sistema de gestão implantado está atingindo os resultados pretendidos ou não, indo além da verificação de conformidade. Para tal, avalia até que ponto a execução das atividades planejadas contribuiu para o alcance dos objetivos de desempenho e metas planejadas.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition.*
- (2) ABNT NBR ISO 31000:2018. *Gestão de Riscos –Diretrizes.*



Boas Práticas no Planejamento e Projeto de Estruturas de Disposição de Rejeitos

As decisões da fase de planejamento e projeto têm implicações relevantes e muitas vezes irreversíveis ao longo do ciclo de vida de estruturas de disposição de rejeitos. Assim, considerando a importância desta fase e que os aspectos técnicos já são tratados em diversas normas e guias específicos de projetos, o presente capítulo tem como objetivo elencar conceitos considerados “boas práticas”, com destaque para aspectos não-técnicos e sim de gestão.

4.1 Planejamento

É importante que exista um plano diretor de disposição de rejeitos (PDR) alinhado ao plano de produção da empresa, que deve orientar todo o planejamento relacionado à disposição de rejeitos com uma visão de longo prazo. Este alinhamento assegura que os requisitos de projeto e construção sejam adequadamente conhecidos e programados, além de permitir a otimização de alternativas de projeto e construção considerando oportunidades, como, por exemplo, o emprego de materiais provenientes do processo na construção e/ou encerramento de estruturas.

O planejamento é considerado um aspecto essencial no projeto de estruturas de disposição de rejeitos, uma vez que o desenvolvimento e a implantação desses projetos demandam um tempo relativamente longo de desenvolvimento dos estudos, licenciamentos, aquisições de terra, aspectos jurídicos e interação com as diversas partes interessadas.

Por ter uma natureza de longo prazo, o plano de disposição de rejeitos deverá ser revisado sempre que houver alterações no plano de produção (aumento/redução no processamento com impacto na geração de rejeitos e na demanda hídrica, por exemplo), para assegurar que as alterações correspondentes aos requisitos de projeto possam ser avaliadas e tratadas.

4.2 Estudos de Alternativas e Projeto Conceitual

O processo de avaliação das alternativas de disposição de rejeitos é determinante para que o projeto final de disposição seja técnica e economicamente viável e tenha o desempenho ambiental esperado. A seleção da técnica de disposição e da localização mais adequada das estruturas, incorporando as alternativas para fechamento e uso pós-fechamento, estabelecem as bases para todas as atividades subsequentes, inclusive para o gerenciamento de riscos.

Considerando que a melhor alternativa tecnológica (BAT) é aquela que melhor se adequa às características climáticas, topográficas, geoquímicas e de produção específicas de uma mina, os estudos de alternativas devem contemplar:

- Análises abrangentes para seleção de locais, layout de instalações, métodos de disposição, alternativas de operação e opções de fechamento;
- Adequação aos diferentes requisitos de projeto, tais como, viabilidade econômica, minimização de risco, uso eficiente de água e energia, tempo necessário para encerramento de passivos e potencial de uso da terra no final da vida útil;
- Aspectos de estabilidade física e química.

Os estudos de alternativas devem ser desenvolvidos por uma equipe multidisciplinar de especialistas, como engenheiros geotécnicos, engenheiros de minas, geólogos, hidrólogos, biólogos, cientistas sociais e economistas, com experiência relevante na avaliação de tecnologias, seleção de locais e projeto, construção e operação de instalações de rejeitos. Em alguns casos, esta equipe poderá ainda contar com arqueólogos e especialistas em relações com comunidades indígenas e quilombolas.

A avaliação de alternativas é tipicamente conduzida como um processo de várias etapas, como sugerido pela MAC (2017) e apresentado na Figura 4.1.

Nas fases de seleção de alternativas e projeto conceitual, “uma visão de longo prazo é crítica (incluindo fechamento e pós-fechamento), de modo que as prioridades financeiras de curto prazo não prevaleçam sobre um projeto mais apropriado que teria menores impactos a longo prazo, complexidade e riscos (incluindo riscos financeiros a longo prazo em caso de falha)” (MAC, 2017).



Figura 4.1 – Processo de seleção de alternativas para sistemas de disposição de rejeitos (adaptado de MAC, 2017).

O processo de avaliação de alternativas tem como principais entradas:

a. Condições e Características locais

Os levantamentos das características locais incluem informações sobre condições climáticas (dados históricos de precipitação e evaporação), geológicas, geotécnicas, hidrogeológicas, hidrológicas (disponibilidade de água), topográficas, sociais, fundiárias e ambientais, dentre outras que possam auxiliar no desenvolvimento do projeto, sendo esses dados de fontes primárias e secundárias.

Quanto às características da mina, são informações relevantes nesta etapa o volume projetado e taxa de geração de rejeitos (conforme plano diretor de disposição de rejeitos) e um balanço hídrico local, para permitir a avaliação de diferentes opções de disposição em função de vários cenários de fornecimento de água e precipitação.

Todas as informações levantadas nesta fase poderão evoluir na medida em que os estudos das alternativas avançam e informações adicionais ou mais detalhadas se fizerem necessárias.

b. Características dos rejeitos

As características físicas, reológicas e de reatividade ambiental dos rejeitos (potencial de contaminação pela geração de drenagem ácida e/ou lixiviação de metais) são fundamentais na seleção do método de disposição.

Na fase de avaliação de alternativas de projetos novos, quando ainda não se tem rejeito gerado em planta piloto, podem ser empregadas informações de bibliografia e experiência da equipe envolvida. Entretanto, o conhecimento das características dos rejeitos deverá ser aprofundado na medida em que as etapas de projeto evoluem, sendo que as premissas consideradas deverão ser validadas/confirmadas nas fases subsequentes, podendo implicar em revisões no projeto.

c. Alternativas locais

Devem ser identificados todos os possíveis locais de disposição de rejeitos, tendo em mente que a escolha de determinado local está associada ao método de disposição a ser definido. Ao revisar as opções de armazenamento de rejeitos, devem ser considerados:

- distância em relação à planta;
- complexidade das estruturas de transporte de rejeitos e recuperação de água;
- área a jusante atingida em caso de ruptura (uso e ocupação no entorno);
- tamanho da bacia de contribuição;
- oportunidade de ocupação de cavas de minas exauridas e áreas de disposição já existentes;

- volume de armazenamento disponível e potencial de expansão;
- disponibilidade de materiais de construção;
- interferência nos recursos hídricos;
- requisitos de fechamento.

d. Alternativas tecnológicas potenciais

O estudo de alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos tem como objetivo selecionar uma tecnologia aplicável específica para as características locais, que permita atingir os objetivos de desempenho, minimize os riscos identificados, incorpore as alternativas de fechamento e seja técnica e economicamente viável.

Devem ser avaliadas as alternativas de disposição dos rejeitos na forma fluida (polpa) ou na forma espessada/desaguada (ciclonagem, espessamento, filtragem).

e. Premissas e compromissos com as partes interessadas

Devem ser identificados os requisitos regulamentares e legais que regem o projeto, operação e fechamento de uma estrutura de disposição de rejeitos, além dos requisitos internos do empreendedor, da comunidade e demais partes relacionadas.

As ações de envolvimento das partes interessadas deverão ter início na fase de seleção de alternativas, em especial das equipes internas (operacionais e/ou matriciais) do empreendedor.

Cabe destacar que o processo de seleção é interativo, uma vez que o método de disposição selecionado pode influenciar no balanço e gerenciamento hídrico do projeto, assim como a análise dos riscos associados à determinada alternativa pode implicar na necessidade de mudanças na concepção em análise.

Todas as alternativas estudadas devem ser avaliadas e documentadas. Como ferramenta de tomada de decisão, podem ser empregados métodos de análise de decisão de múltiplos critérios, como, por exemplo, o MMA - *Multiple Accounts Analysis* exigido pelo regulador federal no Canadá e o FAST-EV, comumente utilizado na metodologia FEL. Estes métodos fornecem uma metodologia que permite comparar aspectos das alternativas muitas vezes díspares ou conflitantes.

Além disso, dada a importância da etapa de análise de alternativas e projeto conceitual, é fortemente recomendada a revisão por meio da contratação de Revisão Técnica (*Design Review*) ou por um painel de revisores independentes.

4.3 Considerações de Projeto

Todas as estruturas de disposição de rejeitos devem atender aos critérios mínimos de projeto preconizados pelas normas brasileiras ABNT NBR 13.028/2017 (Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) e ABNT NBR 13.029/2017 (Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha).

Complementarmente, podem ser citadas algumas boas práticas no projeto de estruturas de disposição de rejeitos, sem a intenção de elaborar uma lista de aspectos a serem considerados, mas apenas destacar pontos que podem contribuir para o melhor desempenho destas estruturas após a implantação.

Aspectos gerais

- Os projetos devem incluir a infraestrutura necessária para que a operação e manutenção de cada instalação seja realizada de forma segura;
- A equipe de projeto precisa ter profissionais competentes com experiência nas disciplinas necessárias para projetar adequadamente as estruturas de disposição de rejeitos. O projeto precisa considerar e abordar as realidades operacionais previstas e, para tal, pessoas com experiência operacional devem estar envolvidas nesta fase;
- O projeto executivo deverá conter um projeto detalhado da instalação, a metodologia de construção, os controles e procedimentos operacionais e um plano de fechamento, além de atender ao preconizado na legislação pertinente.

Aspectos geotécnicos

- Todas as informações geradas na fase de estudos geológico-geotécnicos deverão seguir uma padronização pré-definida e serem armazenadas de forma a permitir sua consulta futura. Se necessário, poderão ser utilizados *softwares* disponíveis no mercado para esta finalidade;
- Recomenda-se a contratação de empresas com experiência comprovada na realização de investigações e ensaios. Os ensaios de campo e laboratórios poderão ser objeto de verificação cruzada caso necessário;
- Recomenda-se o acompanhamento técnico pela projetista da campanha de investigações e ensaios de laboratório durante a fase de projeto;
- Recomenda-se a contratação de empresas com experiência comprovada na realização de levantamentos topográficos. Os levantamentos topográficos deverão ser validados pela empresa projetista antes do início dos estudos;
- Atenção deve ser dada ao projeto de filtros e transições, em especial no caso de emprego do material estéril como material de construção. Neste caso, as especificações técnicas devem capturar as especificidades da sua aplicação;
- Quando a disponibilidade de materiais de construção for limitada, pode ser considerada a utilização de geossintéticos, de forma criteriosa, e tendo em mente o longo período de vida das estruturas;
- Estruturas enterradas em maciços de terra, tais como galerias e tubulações, devem ser evitadas ou projetadas com medidas de proteção redundantes,

para evitar o desenvolvimento de caminhos preferenciais de percolação e o risco de erosão interna;

- Os efeitos potenciais e a interação das operações de mineração com as estruturas de disposição de rejeitos devem ser avaliados, como, por exemplo, distância mínima, drenagem, vibrações induzidas por detonações ou movimentação de equipamentos, sobrecargas, etc.

Aspectos hidrológicos

- Para cada instalação deverá ser elaborado um mapa identificando todas as bacias de captação, com sentidos de escoamento superficial, sobrepondo um mapa topográfico da propriedade de mineração que inclui tanto a infraestrutura de operação de mina quanto a infraestrutura pública. Este mapa servirá de apoio para os estudos locais e análises de riscos;
- Tanto o projeto das estruturas quanto o da infraestrutura associada devem ser baseados em dados climáticos e hidrológicos confiáveis e atualizados, obtidos de estações meteorológicas e instrumentação no local ou perto do local da obra;
- Para o refinamento dos dados hidrológicos, pode ser necessária a realização de campanhas de medição de vazão na bacia hidrográfica de contribuição ao local de interesse durante a estiagem e período chuvoso. Esses dados deverão ser analisados e considerados nos estudos de regionalização de vazão e quantificação da disponibilidade hídrica;
- É recomendada a utilização de métodos consagrados em hidrologia para cálculo da cheia de projeto. Caso sejam utilizados métodos pouco usuais, as justificativas técnicas correspondentes devem ser apresentadas nos estudos. Recomendações gerais podem ser consultadas em Pinheiro (2011);
- Deve-se atentar para os critérios de definição do período de retorno associado a cheia de projeto, conforme norma ABNT NBR 13.028/2017;
- Deve ser calculado o tempo mínimo de residência (volume total do reservatório/vazão) necessário para clarificação, considerando a geometria do reservatório e a eficiência de retenção. A definição do tempo de residência será importante para quantificação do volume mínimo de água a ser mantido no reservatório, não deixando de considerar que este volume deve ser o menor possível para reduzir o dano potencial.

Outorga e uso da água

- O projeto deve considerar as vazões que irão subsidiar as solicitações de outorga, para que estejam disponíveis no local de interesse do empreendimento;
- Todo o fluxo de água dentro do empreendimento deve estar mapeado em diagramas de balanço hídrico, destacando as parcelas de água nova e recirculada. É recomendável que todos os pontos de uso de água sejam medidos e monitorados para aferição periódica do balanço hídrico;
- É importante que o balanço hídrico não considere apenas as vazões, mas também a qualidade da água. Recomenda-se que o projeto e a operação considerem a separação/segregação da água da bacia de contribuição caso o rejeito tenha potencial de afetar sua qualidade.

Aspectos geoquímicos e hidrogeológicos

- Os rejeitos devem ser amostrados e caracterizados com relação à sua composição química global e reatividade ambiental. Como reatividade ambiental entende-se a capacidade do rejeito em alterar a qualidade ambiental dos compartimentos ambientais sob sua influência direta ou indireta, ou ainda provocar riscos ambientais e/ou à saúde humana. Em rejeitos com reconhecido potencial de reatividade ambiental, recomenda-se que tais estudos sejam concluídos na fase de projeto conceitual;
- Os rejeitos devem ser classificados conforme as normas brasileiras ABNT NBR 10004, ABNT NBR 10005, ABNT NBR 10006 e ABNT NBR 10007 de classificação de resíduos sólidos;
- A ABNT NBR 10004 possui um elenco limitado de parâmetros a ser avaliado se considerados os parâmetros de controle da qualidade ambiental das águas superficiais e ou subterrâneas, o que torna recomendável a utilização de procedimentos complementares na compreensão da capacidade dos materiais em aportar contaminantes para o ambiente;
- Na ausência de referências normativas nacionais, podem ser utilizados como referência procedimentos internacionais consagrados para tal finalidade, sendo os principais:
 - » International Network for Acid Prevention (INAP) (2009). *The Global Acid Rock Drainage Guide*. <http://www.gardguide.com> is the web address;
 - » MEND REPORT 1.20.1 (2009). *Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials*;
 - » USEPA METHOD 1312. *Synthetic Precipitation Leaching Procedure*;
 - » USEPA METHOD 1311. *Toxicity Characteristic Leaching Procedure*;
 - » USEPA METHOD 1313. *Liquid-Solid Partitioning as a Function of Extract pH Using a Parallel Batch Extraction Procedure*;
 - » USEPA METHOD 1314. *Liquid-Solid Partitioning as a Function of Liquid-Solid Ratio for Constituents in Solid Materials Using an Up-Flow Percolation Column Procedure*;
 - » USEPA METHOD 1315. *Mass Transfer Rates of Constituents in Monolithic or Compacted Granular Materials Using a Semi-Dynamic Tank Leaching Procedure*;
 - » USEPA METHOD 1316. *Liquid-Solid Partitioning as a Function of Liquid-Solid Ratio Using a Parallel Batch Extraction Procedure*;
 - » NEVADA MINING ASSOCIATION (1996). *Meteoric Water Mobility Procedure (MWMP), Standardized Column Percolation Test Procedure, Nevada Mining Association, Reno, NV, 5p*;
 - » ASTM METHOD D5744. *Standard Method for Accelerated Weathering of Solids Materials Using a Modified Humidity Cell*;
 - » AMIRA INTERNATIONAL LIMITED (2002). *ARD Test Handbook: Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage*.
- Para os rejeitos com esperada reatividade ambiental, recomenda-se que a caracterização geoquímica seja realizada com base nas análises químicas de amostras representando os diferentes rejeitos que serão gerados ao longo da

vida da mina. A implementação de revestimento de características impermeabilizantes deve ser avaliada e discutida sempre que a reatividade ambiental dos materiais apresente risco real à saúde humana ou ao meio ambiente. Tal avaliação deverá estar contextualizada às características hidrogeológicas e hidroquímicas do local de implantação do projeto;

- Para os rejeitos com potencial de geração de drenagem ácida, quando os ensaios estáticos indicarem dúvidas sobre a capacidade do material em provocar a geração deste fenômeno, estes deverão ser complementados com ensaios cinéticos. Confirmado o potencial para geração de drenagem ácida, estudos de mitigação da geração de acidez e manejo desses materiais deverão ser realizados e incorporados ao projeto de disposição do rejeito.

Definição do sistema de monitoramento das estruturas

- O monitoramento das estruturas durante as fases de construção e operação deverá ser planejado na fase de projeto, considerando o conhecimento disponível sobre as estruturas e suas fundações (incertezas associadas ao projeto e feições na fundação, por exemplo) e possíveis modos de falha associados;
- Quando necessário, o plano de monitoramento poderá ser ajustado nas fases de construção e operação, na medida em que novas informações (e eventuais riscos) são agregadas ao projeto;
- As atividades de monitoramento devem incluir inspeções visuais e instrumentação de campo. As atividades de inspeção devem abranger não só as estruturas de disposição de rejeitos, mas também todos elementos do sistema de disposição de rejeitos que interajam com a segurança das estruturas, tais como, tubulações sobre a crista, ciclones, balsas ou sistemas de bombeamento e taludes do entorno do reservatório;
- A definição do monitoramento a partir de análises de riscos, com a documentação das justificativas específicas dos locais/tipos de instrumentos selecionados e de eventuais pontos particulares que deverão ser monitorados visualmente, permitirá maior qualidade na análise posterior dos dados e retroalimentação das análises de riscos;
- A seleção dos possíveis instrumentos a serem instalados e sua localização está associada à complexidade das estruturas e aos possíveis modos de falha identificados nas análises de risco, como exemplificado na Figura 4.2;



Figura 4.2 – Monitoramento de estruturas de disposição de rejeitos (adaptado de *Safety Management of Geotechnical Structures*, 2018).

- O banco de dados da instrumentação deve estar disponível antes do início das leituras e sua complexidade será dada pelo tipo e quantidade de instrumentos instalados

4.4 Papéis e Responsabilidades na fase de Projeto

4.4.1 A atuação do Empreendedor

O empreendedor deverá definir e validar os objetivos estratégicos e de desempenho esperados para as estruturas de disposição de rejeitos.

Deverá estruturar e definir as atuações dos diversos atores envolvidos na fase de análise de alternativas e projetos, tais como as equipes próprias, projetistas, EdR, responsáveis pela revisão e aprovação dos projetos e revisores independentes.

Deverá definir uma metodologia de gestão a ser empregada, de acordo com o grau de complexidade do projeto. Independente da metodologia de gestão definida, é importante que o empreendedor valide formalmente o documento contendo os critérios e premissas de projeto, elaborado pela projetista.

Sempre que possível, as equipes de operação e monitoramento de estruturas geotécnicas devem ser envolvidas no projeto, para que o projeto possa incorporar aspectos operacionais relevantes. Além disso, este envolvimento colabora para assegurar a prontidão das equipes quando do início de operação das estruturas.

4.4.2 A atuação da Empresa Projetista

Os projetos devem ser desenvolvidos por empresas com experiência comprovada em projetos de sistemas de disposição de rejeitos e com comprometimento de participação de equipe técnica sênior, com reconhecida experiência no tema.

É importante que a empresa projetista prepare um documento estabelecendo os critérios e premissas de projeto, a ser formalmente aprovado pelo empreendedor.

É recomendável que a empresa projetista seja envolvida na etapa de estudo de alternativas, passando pela fase de projeto e também atuando na operação inicial da estrutura de disposição de rejeitos. Essa participação durante a operação inicial é importante pois abre a possibilidade de validação e/ou revisão das premissas de projeto, uma vez que as características dos rejeitos podem mudar em relação ao previsto, além de possíveis alterações devido a aspectos construtivos (tais como mudanças de geometria e de materiais de construção) e aquisição de informações adicionais advindas da fase de construção (por exemplo, informações sobre as fundações).

Recomenda-se ainda que, na medida do possível, a empresa projetista não seja substituída durante o ciclo de vida da estrutura de disposição de rejeitos. Esta medida reduz os riscos associados ao projeto, uma vez que permite uma melhor gestão de informações e concentra a responsabilidade técnica em uma só entidade, evitando distribuição de responsabilidades em cada etapa da barragem.

4.4.3 A atuação da Engenharia de Registros

Como descrito no Capítulo 3, o papel do EdR deve ser considerado dentro de um contexto de governança, destacando a importância da função, independentemente de como ela seja aplicada em cada empreendimento.

Dessa forma, cada empresa tem a flexibilidade de implantar as funções de EdR de acordo com a sua estrutura e grau de complexidade das instalações, podendo esta função estar distribuída entre diferentes pessoas da empresa e/ou de contratadas.

É recomendável que o EdR seja envolvido desde a fase de estudo de alternativas e projeto conceitual. Para tal, poderá ser um membro da equipe de projeto (profissional ou empresa terceirizada ou empregado próprio) ou a projetista ser designada formalmente para esta função, com suas atribuições e responsabilidades bem definidas.

Como uma primeira atribuição nesta fase, o EdR pode ser o responsável pelo gerenciamento do banco de dados de projeto (avaliação, identificação das lacunas, complementação e consolidação das informações) e pode também participar da validação técnica dos documentos de projeto.

Na fase de projeto, o EdR se reporta à equipe geral de desenvolvimento do projeto designada pelo empreendedor.

4.4.4 A atuação dos Revisores Independentes

Em qualquer fase do projeto podem ser consultados revisores independentes para apoiar em tomadas de decisão sobre a escolha de alternativas e outros assuntos técnicos especializados.

Entretanto, recomenda-se fortemente que a revisão independente ocorra formalmente na etapa de estudo de alternativas e projeto conceitual. Essa pode ser considerada a etapa mais importante e que requer maior experiência, pois um conceito bem validado implicará em um detalhamento de engenharia (projeto básico e executivo) sem alterações que resultem em impactos importantes nos prazos e custos previstos ou desvios nos objetivos de desempenho pretendidos.

4.5 Aspectos de Gestão

4.5.1 Gestão da informação

Como descrito no princípio 2b, é imprescindível que seja estruturado um processo formal de retenção, gestão e transferência de informações ao longo do ciclo de vida das estruturas.

As estruturas de disposição de rejeitos são estruturas dinâmicas, o que torna a gestão da informação ainda mais relevante, pois as informações de etapas anteriores devem estar disponíveis não apenas para a avaliação da segurança das estruturas na fase de operação, mas também para a elaboração do projeto de eventuais etapas subsequentes.

Por isso, é essencial a organização de um banco de dados ainda na fase de projeto e que, posteriormente, agregará as informações das demais fases do ciclo de vida

das estruturas, permitindo que todas as informações potencialmente úteis sejam retidas, arquivadas e possam ser consultadas quando necessário. Esta documentação deverá incluir não só desenhos e memoriais de cálculo, mas resultados de investigações, ensaios, levantamentos topográficos, análises, estudos, relatórios, atas de reunião, ou seja, quaisquer documentos que contribuam para o entendimento do projeto e registrem tomadas de decisão de interesse.

O objetivo principal é evitar que o conhecimento e os modelos fiquem fragmentados e assegurar que as informações geradas na fase de projeto não se percam. O banco de dados deverá empregar terminologias adequadas e padronizadas, em especial nas descrições de amostras e nas caracterizações geotécnicas, terminologias estas a serem empregadas nas fases posteriores. As informações espaciais referentes ao projeto poderão ser mantidas em banco de dados geográficos, caso se julgue interessante.

4.5.2 Gestão da mudança

A gestão de mudanças é fundamental no desenvolvimento da engenharia de sistemas de disposição de rejeitos. Dada a natureza dinâmica e em evolução das instalações de resíduos minerais e seus projetos, um processo formal de gerenciamento de mudanças deve ser implantado já na fase de projeto, para assegurar que todas as mudanças sejam registradas e suas interferências no projeto sejam adequadamente avaliadas e tratadas.

Mudanças típicas que ocorrem na fase de projeto, tais como mudanças no conceito e nas premissas e critérios de projeto, nos levantamentos topográficos, nas características dos materiais a serem armazenados e nos materiais de fundação e de construção, devem ser avaliadas e formalmente validadas e assinadas pela projetista e/ou EdR.

Os riscos associados às mudanças internas ou do ambiente externo devem ser identificados, avaliados, controlados e comunicados para evitar a introdução de incertezas, riscos inaceitáveis e/ou não gerenciados que possam vir a implicar no comprometimento da integridade das estruturas (ICMM, 2016).

4.5.3 Análise e gestão de riscos

A gestão de riscos tem início na fase de estudo de alternativas e deve evoluir a medida em que os estudos de engenharia e projeto avancem nas etapas de projeto conceitual, básico e executivo. Cabe destacar a importância da análise de risco do projeto conceitual, o que permite o avanço para as fases posteriores de detalhamento do projeto com transparência e clareza nas decisões tomadas.

Deve ser empregado um método formal de análise de riscos, conforme descrito no Capítulo 3 deste Manual. Independentemente do método selecionado, a aplicação de um processo estruturado e racional de gestão de riscos contribui para tomadas de decisão de projeto mais conscientes e contribuindo para a segurança das estruturas.

Ainda na fase de projeto, os processos de gestão de riscos devem orientar a definição dos controles críticos, os quais deverão ser validados e/ou reavaliados periodicamente ao longo da vida útil das estruturas.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition.*
- (2) ANGLOAMERICAN (2016). *Mineral Residue Facilities and Water Management Structures Standard.*
- (3) VOTORANTIN METAIS (2018) *Diretrizes para o projeto de barragens - VMPG-VM-HSMQ-039.* Brasil.
- (4) PINHEIRO, M. C. (2011). *Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração.* Belo Horizonte, Brasil.
- (5) MAIER, L. MONCADA, M., LOPES, M., CERQUIERA, H. (2018). *Safety Management of Geotechnical Structures.* 10th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics–FMMG2018. Rio de Janeiro, Brasil.
- (6) ICMM (2016). *Preventing catastrophic failure of tailings storage facilities. Position statement.*



Boas Práticas na Implantação de Estruturas de Disposição de Rejeitos

O presente capítulo tem como objetivo elencar conceitos considerados boas práticas na fase de implantação de estruturas de disposição de rejeitos, sejam estruturas novas ou alteamentos, com foco nos aspectos de gestão, dentre os quais pode ser destacada a importância do registro das informações de construção, o papel da garantia da qualidade e o controle de mudanças/desvios.

5.1 Considerações gerais de Implantação

Complementarmente às orientações dadas pelas normas aplicáveis a estruturas de disposição de rejeitos, podem ser destacadas algumas boas práticas, sem a intenção de elaborar uma lista de aspectos a serem considerados, que podem contribuir para o melhor desempenho das estruturas durante e após a sua implantação.

Planejamento e Contratação

- Antes da contratação, é importante verificar se o projeto executivo e a especificação técnica construtiva abordaram todos os aspectos relevantes relativos à obra;
- Deve ser preparado um planejamento detalhado para a execução da obra (orçamentação, cronograma, responsabilidades, planejamento da gestão de mudanças e gestão da informação);
- Deve ser buscada a contratação de empresa experiente em obras de porte semelhante ao da obra a ser executada;
- A Proposta Técnica da empresa deverá abordar minimamente e de forma clara e detalhada os seguintes tópicos:
 - » Logística das atividades;
 - » Metodologia executiva (detalhamento do método executivo dos serviços);
 - » Plano de construção (estratégia de implantação dos serviços);
 - » Plano de Qualidade;
 - » Organograma da obra;
 - » Currículo resumido da equipe chave;
 - » Relatório detalhando a experiência da empresa em obras similares (descrição de serviços anteriores) e ARTs correspondentes.

Aspectos gerais de execução

- A construção em si não deve começar sem o projeto completo de engenharia detalhado, incluindo, sem se limitar a: investigação geológico-geotécnica, projeto de escavação e tratamento da fundação, especificações de construção, caracterização dos materiais das áreas de empréstimo e da fundação, levantamento topográfico detalhado, demarcação da área diretamente afetada pela obra, projeto da área de desmatamento, projeto de acessos construtivos e definitivos, arranjo geral, projeto do sistema de desvio com as etapas operacionais considerando os períodos chuvosos e projeto de sequenciamento das atividades também levando em consideração os períodos chuvosos e restrições operacionais;
- Deve ser elaborado cronograma detalhado de obras, considerando as dificuldades associadas à construção durante a estação chuvosa, a necessidade de execução de pilhas temporárias, distâncias médias de transporte - DMT das áreas de empréstimo e possíveis restrições de acesso (por motivos operacionais ou relacionados às comunidades);
- Deve ser elaborado o plano de recuperação das áreas de empréstimo, pós-escavação;
- Antes do início das obras, é recomendada a realização de uma reunião para discussão dos principais riscos identificados na fase de projeto, se possível com a participação da projetista, da contratada, do Acompanhamento Técnico da Obra e da fiscalização;
- A fiscalização deve acompanhar *in loco* a abertura das áreas de empréstimo, certificando as camadas a serem exploradas, e descrevendo o material e se este recebeu tratamento ainda na área de empréstimo;
- Devem ser previstas equipes de controle tecnológico no campo durante todos os turnos para verificação da qualidade e aderência às especificações técnicas dos concretos, materiais de empréstimo e de construção, por meio de ensaios realizados em campo bem como de ensaios especiais a serem realizados em laboratórios próximos ao local da obra. Recomenda-se que os ensaios sejam realizados por empresa externa à construtora;
- Deve ser mantida uma equipe de topografia para acompanhamento e controle geométrico da obra. Recomenda-se que seja feita a verificação topográfica (conferência da topografia de projeto com a topografia real de campo e DATUM utilizado) antes do início dos serviços;
- A liberação da fundação deverá ser feita formalmente pela equipe de fiscalização e pela equipe de acompanhamento técnico da obra;
- É importante que a fiscalização e o acompanhamento técnico da obra acompanhem criteriosamente as atividades de compactação e demais controles tecnológicos (materiais).
- Em construções onde as geomembranas serão aplicadas como um elemento de controle de percolação, recomenda-se uma revisão técnica externa e independente (por meio de visitas e análise de documentação) antes e durante a instalação. Este serviço deve ser adicional aos serviços de supervisão de qualidade já executados pelo instalador;

- É recomendado que o empreendedor faça preparar uma documentação técnica onde sejam indicadas todas as normas e controles requeridos para que se garanta a melhor qualidade nas etapas de aquisição, transporte, estocagem, aplicação, verificação da qualidade, comissionamento e manutenção de estruturas com geomembrana;
- É recomendado que seja feita uma amostragem independente para verificar a conformidade de geomembranas a serem aplicadas na construção. Amostras devem ser retiradas e enviadas para um laboratório certificado pelo Instituto de Geossintéticos para confirmar se as propriedades das membranas atendem às especificações do projeto e à norma internacional GRI / GM 13;
- As soldas efetuadas nas geomembranas devem ser submetidas a testes, conforme normas/diretrizes existentes, para garantir que foram devidamente executadas;
- Materiais e equipamentos devem ser armazenados de forma a garantir a adequada preservação. Geossintéticos deverão ser armazenados de forma a não alterar a sua qualidade;
- Para os tratamentos de fundação deve se atentar para a necessidade de rebaiamento do lençol freático e sistemas de bombeamento e, nesses casos, a construtora deve prever e mobilizar bombas e equipamentos para tal finalidade.

Controle de qualidade e Garantia de qualidade

- Controle de qualidade (Qc) e garantia de qualidade (Qa) são aspectos complementares e importantes da fase de implantação. Têm como objetivo geral garantir que a estrutura de disposição de rejeitos seja construída de acordo com os critérios do projeto e reduzir os riscos associados à construção;
- O **plano de controle da qualidade** prescreve as especificações (determinadas na fase de projeto) para todos os aspectos da construção, como as especificações de materiais a serem usados na construção da barragem. O **plano de garantia da qualidade** descreve procedimentos para assegurar que essas especificações sejam atendidas e procedimentos para tratar de casos em que não forem atendidas (MAC, 2017);
- É importante garantir que esses padrões façam parte da especificação de construção, bem como validá-los com o contratado antes do início da execução;
- Devem ser elaborados e arquivados os relatórios de controle tecnológico dos materiais, concreto e aterro, bem como controle geométrico da obra.

Relatórios Técnicos de Acompanhamento de Obras

- O ATO deve emitir relatórios técnicos de acompanhamento de obras com periodicidade semanal ou quando requerido;
- Os relatórios técnicos de acompanhamento de obras deverão descrever o estágio da obra no período analisado, com descrição detalhada e registro fotográfico dos pontos relevantes. Devem ainda relatar desvios, alterações e decisões correspondentes tomadas no período, análise do controle tecnológico dos materiais (concreto, rochas e solos), bem como registro de alterações de projeto com as respectivas justificativas e análises de estabilidade, quando pertinente;

- É importante que seja mantido registro fotográfico da obra em todas as suas etapas, o que pode se constituir em informação útil em caso de dúvidas nas fases posteriores de implantação e operação;
- Este relatório não substitui os relatórios de controle tecnológico da obra elaborados pelas empresas contratadas.

Documentos “como construído” e Relatório final de obra

- Os documentos “como construído” devem ser elaborados ao longo da fase de implantação e não apenas ao final da obra;
- Além dos projetos e desenhos “como construído”, todos os documentos relativos à construção, tais como atas de reuniões, notas de alteração de projeto, revisões de projeto, memórias de cálculo, atualizações topográficas, relatórios fotográficos, testes de material, relatórios de instalação da instrumentação, etc. devem ser organizados e arquivados.
- Deverá ser preparado um **Relatório Técnico Final de Obra**, que permita um entendimento global do projeto “como construído”. Este relatório deverá apresentar uma ficha técnica do empreendimento e suas principais características. Deverá detalhar as principais alterações ocorridas no projeto, suas causas e soluções técnicas implementadas para garantir o atendimento aos critérios de projeto e objetivos de desempenho;
- É importante que este relatório registre os principais problemas ocorridos durante a obra, desvios no controle dos materiais de construção (concreto e solo), aspectos geológicos relevantes encontrados na fundação da estrutura e ombreiras, patologias construtivas e tratamentos correspondentes relevantes, que possam colaborar para a avaliação do comportamento e análise de riscos das estruturas na fase de operação;
- O relatório final de obra deverá constituir a primeira referência na fase inicial de operação, bem como para o projeto de etapas subsequentes das estruturas de disposição de rejeitos.

Prontidão para a fase de Operação

- A equipe de segurança da barragem e estruturas de disposição de rejeitos, que será responsável pela estrutura na fase de Operação, Monitoramento e Manutenção, deve, sempre que possível, acompanhar a realização da obra;
- Os principais documentos que deverão ser preparados na fase de implantação para atendimento às normas da Agência Nacional de Mineração- ANM são apresentados no Anexo I;
- No caso de barragens de mineração, o Plano de Segurança da Barragem - PSB e o Plano de Ação Emergencial – PAEBM deverão estar disponíveis para utilização pela Equipe de Segurança da Barragem, **órgãos fiscalizadores e Defesa Civil antes do início do primeiro enchimento do reservatório**, destacando-se que em alguns casos já são exigidos na fase de licenciamento;
- As atividades de monitoramento geotécnico e estrutural (inspeções visuais e instrumentação) deverão estar estruturadas antes do início do primeiro enchimento (se possível durante a construção), para permitir a realização

das inspeções rotineiras quinzenais conforme requisitos legais, bem como a coleta e análise dos dados da instrumentação instalada. Para tal deve ser definida a equipe de segurança da barragem e estruturas de disposição de rejeitos (própria ou contratada) e elaborados todos os procedimentos e padrões necessários;

- As atividades de monitoramento ambiental também deverão estar estruturadas e o Manual de Operação estar pronto e atualizado de acordo com o projeto “como construído” antes do início de operação;
- As estruturas devem ser formalmente entregues pela equipe de implantação à equipe de segurança da barragem e estruturas de disposição de rejeitos, que deverá formalizar um termo de aceite, assinado pelos responsáveis.

5.2 Papéis e Responsabilidades na fase de Implantação

5.2.1 A atuação do Empreendedor

O empreendedor deverá disponibilizar todas as informações, desenhos e documentos do projeto detalhado, necessários para a elaboração dos Planos de Trabalho e posterior execução dos serviços. Deverá disponibilizar ainda as normas internas da empresa que deverão ser seguidas durante a execução das obras.

É importante que sejam estabelecidas matrizes de responsabilidades e de comunicação; para assegurar o gerenciamento adequado das informações durante a fase de implantação.

A estrutura de supervisão da implantação deve ser estabelecida em função do grau de complexidade das obras, definindo a atuação, responsabilidade e autoridade dos diversos atores envolvidos nesta fase, tais como equipes próprias, responsáveis técnicos, projetistas, Engenharia de Registros (EdR), ATO, fiscalização e revisores independentes.

O empreendedor deve avaliar a necessidade de atuação de um Engenheiro de Registros, também de acordo com a complexidade do empreendimento. Esta tem sido considerada uma boa prática em vários países (como no Canadá, Chile e Austrália, por exemplo), ainda pouco experimentada no Brasil. Neste caso, as funções do ATO e EdR devem ser formalmente definidas.

É recomendável que as equipes de segurança da barragem e de operação acompanhem a etapa de implantação, em especial a instalação da instrumentação, para que os aspectos operativos relevantes sejam incorporados à obra e para que seja assegurada a prontidão das equipes quando do início de operação das estruturas.

5.2.2 A atuação da Projetista

A empresa projetista deverá prestar assessoria técnica durante a execução das obras em conjunto com ou exercendo o papel de ATO, de forma que a execução da obra ocorra conforme projetado.

Recomenda-se que a projetista faça o acompanhamento da campanha de investigações e ensaios de laboratório, valide os resultados das investigações e ensaios e aprove a valide o levantamento topográfico como informações básicas e necessárias para elaboração do projeto.

5.2.3 A atuação da Empresa Construtora

A empresa construtora deverá executar as obras de acordo com o projeto executivo e suas especificações técnicas, e aplicando as melhores técnicas de construção.

Deverá disponibilizar a equipe prevista nos planos de trabalho com profissionais qualificados e experientes, bem como equipamentos necessários para a execução dos serviços que atendam às especificações de segurança da contratante.

5.2.4 A atuação do Acompanhamento Técnico de Obras

A construção deve ser supervisionada por um representante da empresa projetista com experiência reconhecida na construção de depósitos de rejeitos e independente da construtora. Para tal, a projetista poderá exercer a função de Acompanhamento Técnico de Obra – ATO.

As principais atividades das obras deverão ser acompanhadas de perto pelo ATO, tais como, escavação, limpeza, preparo e tratamento de fundações, execução de aterros controlados, concretagem de estruturas e instalação de instrumentação.

A depender da complexidade da obra, a supervisão *full time* da obra pelo ATO pode ser substituída por visitas, definidas em etapas específicas e/ou conforme requerido.

O profissional de ATO deverá, caso necessário, solicitar a paralisação de qualquer atividade da obra por motivos técnicos (de projeto ou construtivo), ambientais ou de saúde e segurança, comunicando ao fiscal de obra e ao responsável do empreendedor.

O profissional de acompanhamento técnico de obra tem usualmente como principais atribuições, a serem ajustadas de acordo com a matriz de responsabilidades definida pelo empreendedor:

- Assegurar a adequada execução das obras, observando e garantindo que a Contratada execute corretamente os projetos, aplicando as melhores técnicas de construção;
- Certificar-se de que a Contratada esteja de posse da última revisão dos desenhos e projetos executivos e fiscalizar a sua utilização nas obras;
- Esclarecer dúvidas e questões pertinentes ao projeto e ao planejamento das obras em execução;
- Avaliar, elaborar e aprovar as alterações de campo que não envolvam revisão de projeto, sejam estas devido a interferências, deficiências de projeto ou condições de campo diferentes das previstas;
- Solicitar à projetista (ou ao EdR, quando definido pelo empreendedor em função da complexidade das estruturas) a avaliação, elaboração e aprovação de alterações de campo que necessitem de revisão de projeto;
- Garantir que as alterações de projeto sejam implementadas;
- Verificar e atestar que o “como construído” contemple todas as alterações de projeto executadas;
- Emitir relatório técnico de acompanhamento de obra e relatório técnico de fim de obra, com o registro de todos os pontos relevantes de construção e destaque para as mudanças ocorridas durante a obra e medidas tomadas para assegurar que os objetivos de desempenho a longo prazo fossem atendidos.

5.2.5 A atuação da Engenharia de Registros

Como descrito no Capítulo 3, a implantação da engenharia de registros admite flexibilidade. Assim, caso o empreendimento conte com o Engenheiro de Registros, suas atribuições devem ser formalmente definidas pelo empreendedor, sendo responsabilidades usuais na fase de implantação:

- Assegurar que a estrutura seja construída de acordo com os critérios de projeto, objetivos de desempenho, diretrizes e padrões aplicáveis e requisitos legais. Para tal, deverá avaliar, elaborar e aprovar as alterações de campo que envolvam revisão de projeto, sejam essas solicitadas pela fiscalização ou quando as condições de obra exigirem;
- Validar e/ou revisar as premissas de projeto, uma vez que as características dos rejeitos podem mudar em relação ao previsto, além de possíveis alterações devido a aspectos construtivos (tais como mudanças de geometria e de materiais de construção) e aquisição de informações adicionais advindas da fase de implantação (por exemplo, informações sobre as fundações);
- Assegurar o registro de todas as informações relevantes de projeto e construção, e atualização dos desenhos “*como construído*”, incorporando todas as eventuais mudanças ocorridas durante a implantação das estruturas.

Destaca-se que, caso a figura do EdR não seja implementada em determinada obra, estas atividades deverão ser assumidas pelo ATO.

5.2.6 A atuação dos Revisores Independentes

Na fase de implantação, devem ser consultados revisores independentes para apoiar em tomadas de decisão no caso de mudanças relevantes no projeto executivo, condições geológicas pouco usuais identificadas durante a obra e outros assuntos técnicos especializados.

5.3 Aspectos de Gestão

5.3.1 Gestão da informação

O banco de dados desenvolvido na fase de projeto deverá agregar as informações da fase de implantação e o projeto “como construído”, além dos projetos conceituais e básicos (que fazem parte do histórico do projeto e permitem para que sejam visíveis as alterações ocorridas entre fases).

A documentação da fase de implantação deverá incluir não só desenhos “como construído” e memoriais de cálculo atualizados, mas também resultados de investigações, ensaios, análises, estudos, relatórios, atas de reunião, ou seja, quaisquer documentos que contribuam para o entendimento das estruturas e registrem tomadas de decisão de interesse.

Os relatórios de análise do controle tecnológico de concreto, caracterização e parâmetros de resistência do solo deverão ser arquivados, juntamente com a avaliação de desvios e tratamentos adotados.

Também são informações importantes os registros de desvios construtivos e adequações correspondentes realizadas durante as obras e patologias construtivas observadas após a execução (como trincas, vazamentos, recalques de aterro, falhas no concreto, etc.) e as medidas de correção propostas e implementadas.

5.3.2 Gestão da mudança

Mudanças na fase de implantação são comuns, devido a condições diferentes das previstas no projeto executivo, variabilidade dos materiais de empréstimo e construção ou circunstâncias imprevistas.

Desvios mais relevantes de projeto/especificações podem resultar em alterações formais de projeto e, até mesmo, nos critérios de projeto. Entretanto, os desvios menores não devem ser ignorados, pois podem ser cumulativos. Assim, todas as mudanças/desvios devem ser tratadas e registradas nos relatórios técnicos de acompanhamento de obras, bem como as decisões tomadas e respectivas justificativas. Caso julgado pertinente, poderá ser elaborado um Relatório de Desvios para a validação e aprovação de mudanças (Morgenstern, 2018).

Todos os desenhos ou croquis com alterações sugeridas pelas equipes de campo devem ser registrados em notas de alteração de projeto (NAPs), a serem aprovadas pelo ATO, projetista ou EdR de acordo com a estrutura de supervisão da obra e a complexidade das alterações propostas.

Mudanças pontuais que não envolvam alterações nos critérios ou na concepção de projeto, podem ser aprovadas formalmente pelo ATO. Sempre que as alterações implicarem em modificações de projeto que demandem novas análises de estabilidade, estas deverão ser elaboradas e formalmente aprovadas pelo projetista, para assegurar que os critérios de projeto sejam atendidos.

Em todos os casos, todas as modificações devem ser comunicadas à empresa projetista e/ou EdR, destacando-se que o papel de ATO muitas vezes deve ser exercido pela empresa projetista.

O ATO deverá certificar em campo a execução das modificações após sua conclusão, para que as notas de alteração de projeto possam ser arquivadas e as informações inseridas no projeto "como construído".

Quando forem necessárias modificações importantes no projeto aprovado para construção (por exemplo, maior área ocupada envolvendo liberação adicional de terreno), outras aprovações regulatórias podem ser necessárias antes de prosseguir com a construção modificada.

5.3.3 Análise e gestão de riscos

Os riscos associados a alterações de projeto devem ser avaliados, controlados e comunicados, para assegurar que as estruturas implantadas atendam aos critérios de desempenho pré-estabelecidos.

Quando as mudanças alterarem os conceitos do projeto, devem estar sujeitas à avaliação de risco para subsidiar as tomadas de decisão correspondentes. Para os casos de mudanças de menor impacto nas estruturas, a necessidade de novas análises de riscos deve ser avaliada.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition.*
- (2) Morgenstern (2018). *Geotechnical Risk, Regulation and Public Safety.* Soils and Rocks, São Paulo, 41(2): 107-129, May-August 2018.
- (3) CDA (out, 2018). *Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams – Draft*



Boas Práticas na Operação, Monitoramento e Manutenção de Estruturas de Disposição de Rejeitos

A fase de operação de estruturas de disposição de rejeitos é tratada no presente guia englobando as atividades de operação, monitoramento e manutenção. Esta fase geralmente se estende por longos períodos, fazendo com que as condições relativas às hipóteses de projeto possam mudar ao longo tempo, o que pode impactar os aspectos de gestão em diferentes níveis de complexidade.

Portanto, é essencial, tanto para garantir a conformidade com o projeto original, quanto para acomodar as variações operacionais, que esta fase receba um alto nível de atenção e que as atividades de Operação, Monitoramento e Manutenção estejam integradas, como apresentado na Figura 6.1. Cabe também destacar a importância da gestão de riscos, que deve abranger todas as atividades citadas nesta fase do ciclo de vida.

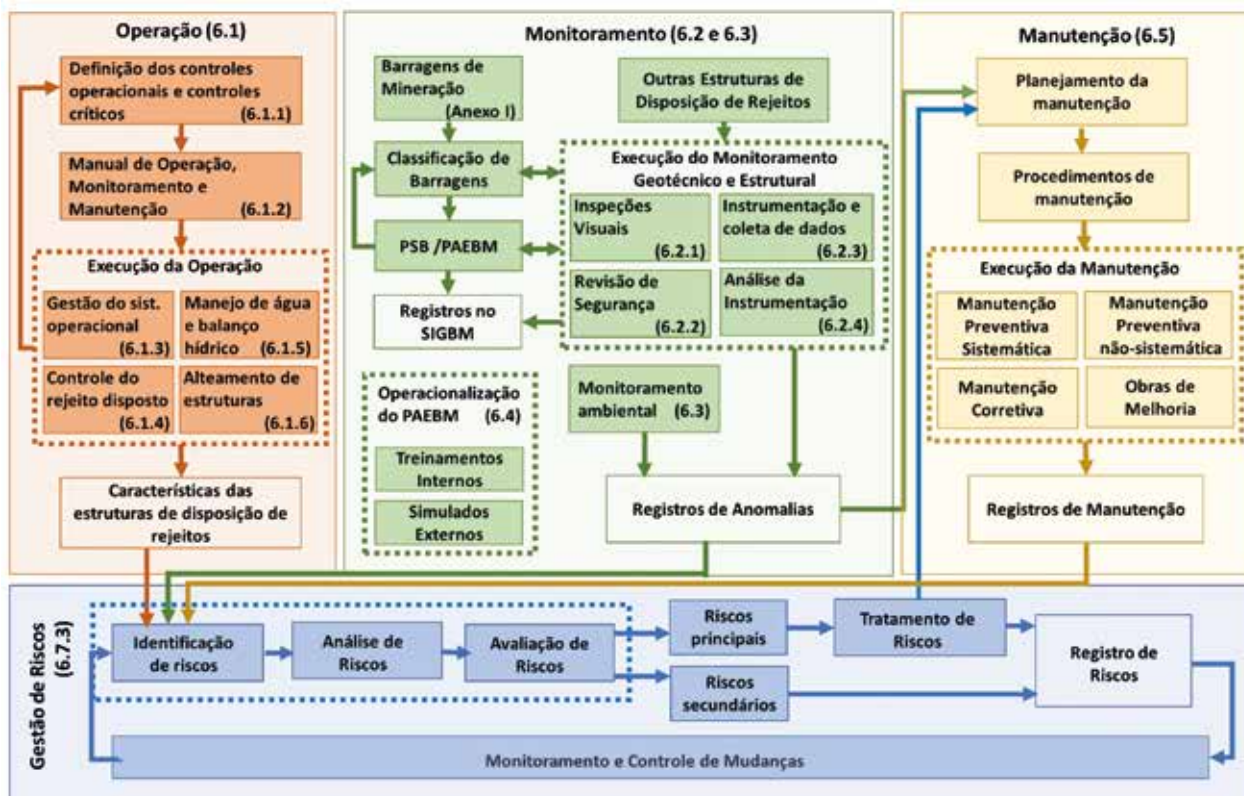


Figura 6.1 – Integração dos processos de Operação, Monitoramento, Manutenção e Gestão de Riscos na fase de Operação.

Cabe destacar que as avaliações e análises hidrológicas, hidráulicas e geológico-geotécnicas permeiam as atividades de operação, monitoramento e manutenção correspondentes.

O presente capítulo foi estruturado a partir da Figura 6.1, na qual estão referenciados os itens que descrevem as boas práticas de operação, monitoramento e manutenção que serão abordadas.

6.1 Operação

6.1.1 Definição dos Controles Operacionais e Controles Críticos

Como definido no Capítulo 3, **Controles** são medidas colocadas em prática para prevenir, alertar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de um evento não desejado ou para minimizar/mitigar os impactos no caso de sua ocorrência.

Os controles podem ser de natureza técnica, operacional ou de governança. É fundamental que o empreendedor garanta que controles acompanhem e sejam atualizados de acordo com o ciclo de vida da estrutura e grau de maturidade do sistema de gestão.

Para permitir a operação das estruturas de disposição de rejeitos em conformidade com os requisitos de projeto, devem ser definidos **Controles Operacionais** (parâmetros de operação específicos, baseados no projeto e nas condições locais) para cada estrutura, tais como (adaptado de MAC, 2011):

- Parâmetros típicos de transporte e disposição de rejeitos, tais como vazão, pressão e densidade da polpa de rejeito;
- Projeções de quantidade, vazões e teor de sólidos dos rejeitos;
- Pressões operacionais do sistema de bombeamento e das tubulações;
- Propriedades físicas do rejeito, tais como densidade, granulometria;
- Propriedades químicas do rejeito, tais como potencial de geração de ácidos e lixiviação/solubilização dos metais, quando aplicável;
- Comprimento mínimo da praia (denominada em alguns projetos como largura da praia de rejeitos);
- Borda livre mínima;
- Volume mínimo para amortecimento de cheias;
- Controles associados ao monitoramento (inspeções visuais e instrumentação) e às atividades de manutenção.

Os controles são definidos como **Controles Críticos** quando (MAC, 2017):

- a implementação do controle pode **reduzir** significativamente a probabilidade ou a consequência de um evento ou condição indesejada que represente um risco de consequência alta;
- ou, de modo oposto, a remoção ou falha deste controle pode **umentar** significativamente a probabilidade ou a consequência de um evento ou condição indesejada que represente um risco inaceitável, apesar da presença de outros controles.

Recomenda-se que os **Controles Críticos** sejam definidos, implementados e controlados de acordo com os seguintes passos:

- identificar os possíveis modos de falha e suas respectivas causas, usando técnicas de avaliação de riscos;
- identificar as causas consideradas como principais, em função dos possíveis modos de falha para cada estrutura;
- identificar os controles preventivos associados aos possíveis modos de falha e suas causas principais e identificar aqueles considerados como críticos;
- indicar um "Dono de Risco" e "Dono de Controle Crítico";
- definir critérios de desempenho para os controles críticos, indicadores de desempenho específicos mensuráveis e requisitos de monitoramento;
- definir ações ou controles (controles mitigatórios) a serem executados se o controle preventivo for perdido ou falhar;
- avaliar, pelo Dono do Controle Crítico ou seu Designado, se o ambiente do controle em suas dimensões (desenho, operação e verificação) está sendo realizado de forma adequada;
- relatar deficiências em controles críticos para o(s) Responsável(is) Técnico(s) e, conforme o caso, para o Executivo Responsável e definir ações para abordar tais deficiências;
- rastrear a implementação de ações para abordar as deficiências de controle crítico e relatar para o(s) Responsável(is) Técnico(s) e, conforme o caso, para o Executivo Responsável; e
- revisar e atualizar periodicamente os controles e os controles críticos, com base nas avaliações atualizadas de risco, planos de gestão de risco e desempenho passado.

Recomenda-se fortemente que os **Controles Críticos e Controles Operacionais** sejam parte integrante do Manual de Operação, juntamente com critérios de performance esperados (valores de controle) e ações a serem tomadas se desvios forem detectados. Por exemplo, sendo a largura da praia um controle crítico para determinada estrutura, devem ser previstas ações no caso de não atendimento ao valor de controle definido, tais como intensificar as leituras dos instrumentos e promover ações imediatas para o rebaixamento do nível de água do reservatório, seja via bombeamento adicional ou, caso possível, pela operação do sistema extravasor.

6.1.2 Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção

O processo de operação deve ser suportado por um Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção, onde estão estabelecidos os procedimentos para operação, manutenção, monitoramento das estruturas de disposição de rejeitos. Este manual tem como objetivo garantir a operação e funcionalidade das estruturas nos níveis de segurança adequados considerando as intenções e premissas de projeto, requisitos regulatórios e políticas corporativas.

Este documento deve ser parte integrante do projeto e ser revisado periodicamente para acomodar mudanças, tais como, alterações geométricas nas características de disposição, na reologia dos rejeitos, nos parâmetros de projeto/controles, dentre outras.

Deve ser sintético, objetivo e concebido visando apoiar de forma efetiva as atividades de operação, monitoramento e manutenção das estruturas, retratando-as tal como devem e estão sendo realizadas em campo.

É uma boa prática que o Manual de Operação seja produto da contribuição de equipes multidisciplinares internas, da empresa projetista e demais envolvidos, como por exemplo o EdR, destacando-se a importância da participação/revisão pela equipe de operação. É essencial que o empreendedor designe um único responsável formal por manter este documento atualizado.

Caso os envolvidos externos (projetista ou EdR) não participem diretamente das revisões do manual, seria importante que pelo menos as validem, para assegurar que as premissas de projeto sejam garantidas.

Recomenda-se que o Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção apresente no mínimo a seguinte estrutura geral:

- Descrição simplificada e ficha técnica;
- Controles operacionais e controles críticos;
- Papéis e responsabilidades;
- Gestão do sistema operacional (inclui a descrição da técnica de disposição e manejo de rejeitos, operação do reservatório, alteamento/implantação de estruturas e controle do balanço hídrico do reservatório);
- Plano de ensaios de campo e de laboratório dos rejeitos (inclui tipos de ensaios e periodicidades);
- Plano de monitoramento geotécnico e estrutural (inclui as atividades de inspeção visual e instrumentação);
- Plano de monitoramento ambiental;
- Plano de manutenção;
- Informações adicionais (eventuais particularidades da estrutura não abordadas nos itens anteriores, como, por exemplo, interferências com terceiros);

Cabe destacar que, quando a complexidade do sistema exigir, os planos de monitoramento citados podem constituir documentos anexos, adequadamente articulados com o manual.

Recomenda-se que o manual apresente as informações de forma resumida, mantendo os memoriais descritivos devidamente arquivados e disponíveis para consulta, se necessário.

O Manual de Operação, Monitoramento e Manutenção aborda basicamente as condições relacionadas à operação normal e ao controle da barragem e estruturas de disposição de rejeitos, enquanto o Plano de Ação de Emergência - PAEBM funciona quando houver uma perda de controle (emergência) no sistema. É essencial que estes documentos estejam integrados, de forma que não haja lacunas funcionais entre as operações normais e as respostas de emergência e que tais procedimentos estejam em vigor para a transição de condições normais para uma situação de emergência que possa surgir.

6.1.3 Gestão do sistema operacional de disposição de rejeitos

- O processo de disposição de rejeitos é um aspecto específico do gerenciamento geral da operação que requer atenção, particularmente nos casos em que o rejeito está sendo usado como material de construção da estrutura de disposição;
- O processo de disposição deverá ser gerenciado de acordo com as especificidades de cada processo, tais como: espessura da camada de disposição, tempo do ciclo de disposição e consolidação dos rejeitos;
- No caso de formação de reservatório, as diretrizes para sua ocupação ordenada devem ser detalhadas, e quando possível apresentadas de forma esquemática, tendo como possíveis finalidades assegurar:
 - » a manutenção do volume de espera para amortecimento de cheias e garantia da segurança hidráulica;
 - » a otimização da ocupação do reservatório para garantia da segurança geotécnica e atendimento ao plano diretor de disposição de rejeitos;
 - » a adequação dos procedimentos para recirculação de água para a usina.

6.1.4 Controle do rejeito disposto

- O controle do volume dos rejeitos dispostos no reservatório deverá ser realizado periodicamente conforme critérios formalmente estabelecidos pelo empreendedor, e com nível de detalhamento compatível com as especificidades e complexidade do sistema analisado;
- O controle das características do rejeito disposto deve ser feito por meio de ensaios geotécnicos de caracterização e análises químicas e mineralógicas, em função dos resultados de mapeamento sistemático das frentes de lavra. Caberá ao empreendedor garantir que estes controles sejam formalmente estabelecidos por equipe com competência adequada e que sejam devidamente registrados.

6.1.5 Manejo de água e Balanço Hídrico

- O balanço hídrico da estrutura deverá ser representado, sempre que possível, de forma esquemática, com o objetivo de permitir um entendimento geral do sistema e dos pontos de manejo de-água;
- É importante que haja uma integração do balanço hídrico da barragem com o balanço hídrico da unidade operacional (visão integrada);
- O balanço hídrico deve ser periodicamente atualizado com base nas medições topobatimétricas e nas variáveis hidrológicas medidas (vazões, precipitações, evaporação) devendo obedecer aos critérios técnicos de operação segura (geotécnico e ambiental);
- É importante que o Manual de Operação contenha referência à ferramenta de balanço hídrico, que deve ser preparada em função das particularidades de cada estrutura de disposição de rejeitos;
- A operação do sistema de captação de água e efluentes deve ser executada pelas equipes operacionais, de acordo com os procedimentos específicos de operação e manutenção de seus componentes;
- As regras de operação do sistema extravasor deverão ser detalhadas, excetuando-se extravasores de crista livre (de superfície) para os quais este detalhamento não seria aplicável;
- A qualidade da água liberada para jusante, através do sistema extravasor e do sistema de drenagem interna, deverá ser controlada e monitorada por meio de coleta e análises de amostras, devendo atender os limites legais estabelecidos para vertimento e manutenção do enquadramento de corpos hídricos receptores. A qualidade e vazão da água que retorna para tratamento também deve ser avaliada para assegurar que a estação de tratamento existente tenha capacidade de receber e tratar de forma adequada os efluentes gerados.

6.1.6 Alteamento de estruturas

Para os casos de alteamento das estruturas durante a fase de operação, devem ser referenciadas as boas práticas descritas no Capítulo 5, referentes à implantação de estruturas de disposição de rejeitos.

6.2 Monitoramento Geotécnico e Estrutural

As atividades de monitoramento geotécnico e estrutural são aqui definidas como aquelas que permitem o diagnóstico do comportamento de uma barragem ou estrutura de disposição de rejeitos, incluindo as atividades de inspeções visuais e coleta/análise dos dados da instrumentação instalada, tanto do maciço, fundação e ombreiras quanto dos elementos de extravasão ou outras estruturas em concreto associadas, de forma a verificar seu desempenho geotécnico e estrutura.

De forma geral, o monitoramento geotécnico pode ser dividido em três itens principais: inspeções visuais, instrumentação e inspeções e testes de equipamentos, como apresentado na Figura 6.2 (ICOLD, 2014).

Estas atividades devem ser planejadas de forma a detectar sinais de atenção precoces, associados aos modos de falha potenciais específicos para determinada estrutura. O bom entendimento dos modos de falha potenciais e dos objetivos de monitoramento de uma estrutura permite que a atenção seja dirigida para evidências visuais e dados da instrumentação indicativos do início ou desenvolvimento de um processo de falha.

Dependendo da complexidade da estrutura, é interessante avaliar a implantação de um Sistema Integrado de Monitoramento, com o objetivo de facilitar a pesquisa dos dados em um único “painel de controle” (*dashboard*), que permita a criação de gráficos, análises estatísticas, correlações e emissão de relatórios, servindo assim de apoio à equipe de segurança de barragens em suas tomadas de decisão.

O monitoramento das características dos rejeitos deverá ser conduzido como descrito no item “Controle do rejeito disposto” e as informações provenientes deste controle poderão ter impacto nas análises dos dados da instrumentação e nas condições de segurança das estruturas.

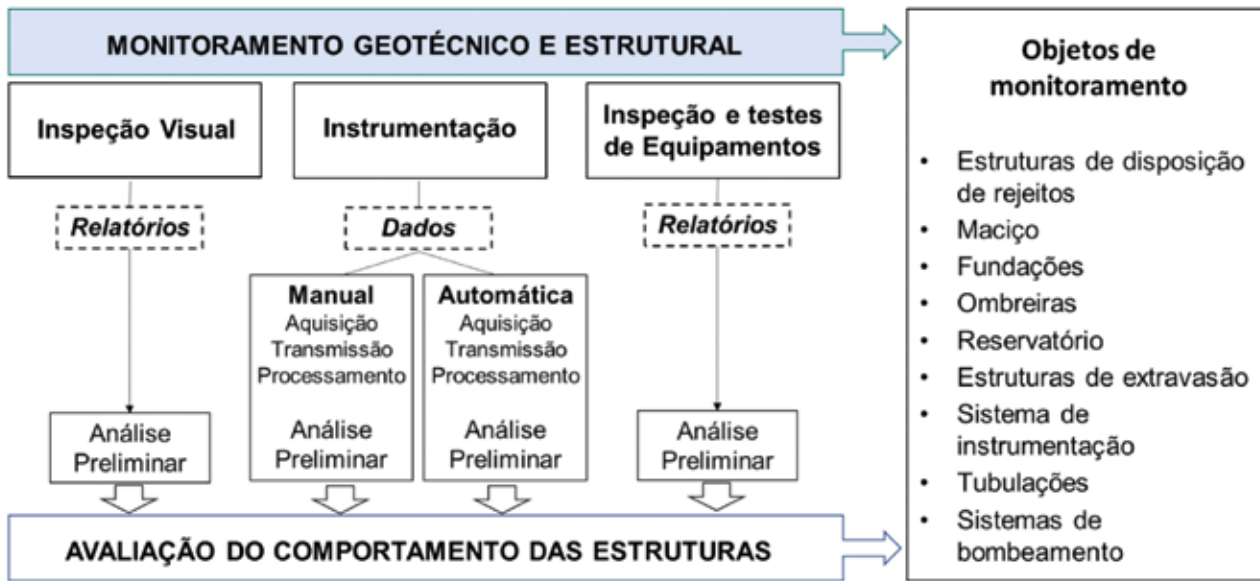


Figura 6.2 – Atividades de Monitoramento (adaptado de ICOLD, 2014).

6.2.1 Inspeções visuais

- As inspeções visuais visam avaliar qualitativamente as condições físicas das partes integrantes da estrutura, de modo a identificar e monitorar anomalias que afetem potencialmente a sua estabilidade e estado de conservação;
- As inspeções visuais ocorrem em diferentes graus de complexidade e detalhamento, como apresentado na Figura 6.3. No caso específico de barragens de mineração, as inspeções visuais devem ter seus registros cadastrados no SIGBM – Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Rejeito, como detalhado no Anexo I;

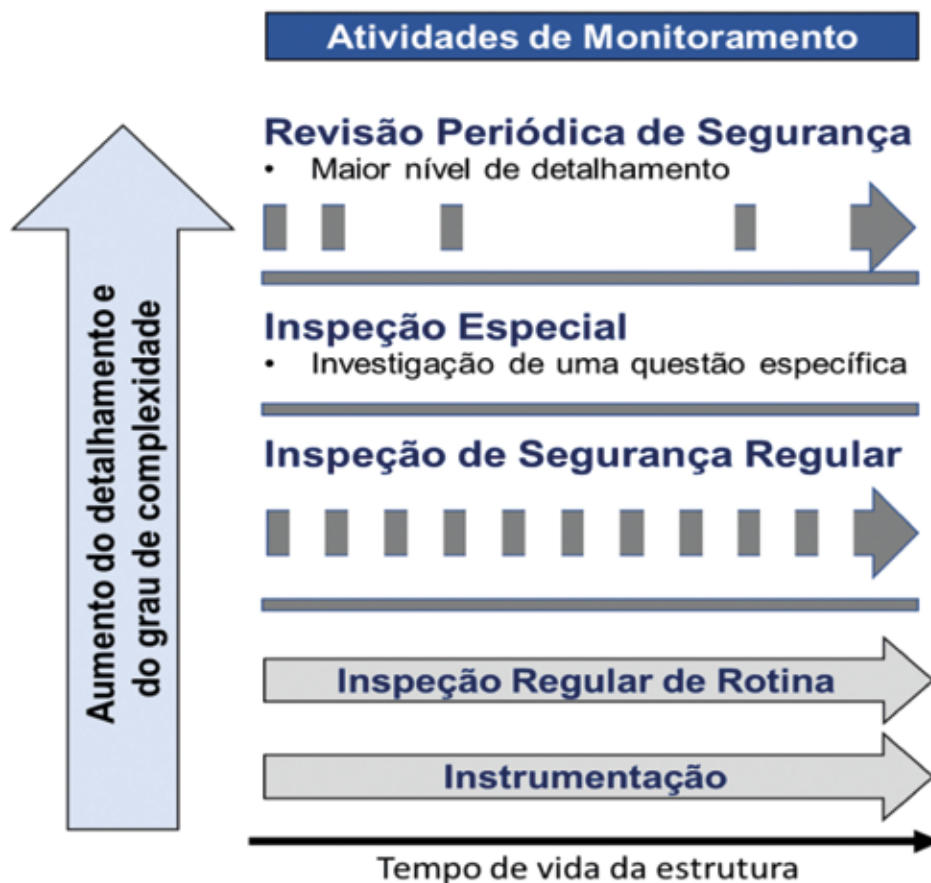


Figura 6.3– Tipos de inspeção visual e periodicidades das atividades de monitoramento (adaptado de ICOLD, 2014).

- Para assegurar a qualidade das inspeções visuais, sugere-se que o Manual de Operação descreva brevemente os modos de falha específicos da estrutura, incluindo aspectos importantes de projeto e construção executados para reduzir as possibilidades de falha. É importante que questões não previstas, que surgirem durante a implantação e operação e que possam ter impacto na segurança, também sejam relatadas. Como exemplo, podem ser citados condicionantes geológico-geotécnicos, alterações na geometria, variações nos materiais de construção, nascentes existentes antes do início da construção ou do enchimento do reservatório;
- A periodicidade das inspeções de rotina poderá ser intensificada, a critério do empreendedor, quando identificadas alterações de comportamento importantes. Recomenda-se a realização de inspeções após eventos excepcionais, tais como chuvas intensas e sismos, para verificação da integridade física da estrutura, vertedouro e instrumentos;
- As roçadas e capinas nas estruturas e áreas do entorno devem ser realizadas periodicamente, mantendo a vegetação baixa de forma a facilitar a identificação de anomalias e permitir o acesso aos instrumentos;

- As anomalias identificadas devem ser registradas e priorizadas, para permitir a elaboração de um plano de ação com as devidas medidas corretivas e/ou preventivas e definição do prazo para a execução.

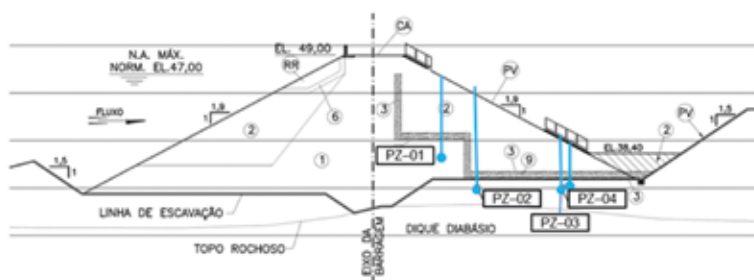
6.2.2 Revisões Periódicas de Segurança de Barragens (RPSB)

As revisões periódicas de segurança têm por objetivo avaliar o comportamento das estruturas de disposição de rejeitos de forma mais detalhada, com base no exame da documentação da barragem, procedimentos existentes e inspeções de campo. Permitem verificar a aderência entre projeto e construção e podem demandar a realização de novas análises de estabilidade e de segurança hidráulica. No caso específico de barragens de mineração, devem seguir a legislação em vigor e regulamentações correspondentes.

6.2.3 Instrumentação e coleta de dados

- Na fase de operação, deverá ser avaliada a eventual necessidade de instalação de instrumentação adicional nas estruturas, seja devido a alteamentos, para monitorar modos de falha específicos ou para suportar tomadas de decisão específicas. Esta reavaliação se dá principalmente por ocasião do projeto de alteamentos, análises da instrumentação e revisões periódicas de segurança;
- A seleção dos tipos de instrumentos e locais de instalação deve considerar os modos de falha e áreas de sensibilidade da estrutura, suas fundações, reservatório e ombreiras. A partir daí, são desenvolvidas hipóteses de percolação, de tensão-deformação ou esforços passíveis de afetar o comportamento da estrutura, que suportarão a definição da instrumentação;
- Os instrumentos devem ser devidamente especificados e detalhados conforme o propósito de monitoramento para o qual foram concebidos. Detalhes típicos generalistas devem ser evitados;
- O Manual de Operação (ou plano de monitoramento geotécnico e estrutural, quando este constituir um documento a parte) pode ser visto como um elo entre o projeto e as equipes de operação e deve conter todas as informações consideradas importantes para a análise dos dados coletados:
 - » Descrição dos objetivos específicos pretendidos com a instrumentação;
 - » Descrição do princípio de funcionamento dos instrumentos;
 - » Descrição dos instrumentos e dados de instalação precisos;
 - » Programa de coleta das leituras (periodicidades mínimas);
 - » Procedimentos e periodicidade para calibração e manutenção dos instrumentos;
 - » Informações de projeto e construção relevantes para a análise dos dados;
 - » Valores de controle esperados para os parâmetros monitorados.

- Além dos desenhos representando a distribuição espacial em planta dos instrumentos, constitui uma boa prática que a instrumentação seja descrita por seção (ou agrupando instrumentos mais próximos), para facilitar o entendimento dos objetivos pretendidos com a instrumentação e a análise dos dados (Figura 6.4);
- Os relatórios de instalação devem conter os croquis de instalação e, no caso de instrumentos elétricos ou de corda vibrante, as fichas de calibração e fórmulas de cálculo do fabricante. Estes documentos deverão ser arquivados para dirimir possíveis dúvidas futuras quanto a cotas de instalação, constantes e fórmulas de cálculo e métodos de instalação. O material onde as células piezométricas, placas de medidores de recalque interno e ancoragens de extensômetros de hastes foram instalados (camada específica da fundação, maciço, tapete drenante) deve ser registrado nos croquis.



Seção indicando a localização dos instrumentos.

| Instrumento | Local de Instalação | Data de Instalação | Estaca | Afast. do Eixo | Cota de Instalação (m) | Cota de Topo (m) | Valor de Atenção (m) | Valor de Alerta (m) |
|-------------|---------------------|--------------------|---------|----------------|------------------------|------------------|----------------------|---------------------|
| PZ-01 | Maciço Compactado | 06/05/11 | 0+15,00 | 6,0 J | 40,15 | 47,00 | 45,96 | 45,96 |
| PZ-02 | Fundação | 27/05/11 | 0+15,00 | 6,0 J | 38,30 | 46,00 | 45,96 | 45,96 |
| PZ-03 | Fundação | 01/03/11 | 0+15,00 | 18,5 J | 37,90 | 44,00 | 40,35 | 40,35 |
| PZ-04 | Fundação | 30/11/10 | 0+15,00 | 18,5 J | 35,90 | 42,00 | 40,35 | 40,35 |

Tabela resumo com as principais informações dos instrumentos da seção.

Figura 6.4– Exemplo ilustrativo de descrição da instrumentação por seção. (RBEB, 2017).

Programa de coleta das leituras da instrumentação

- As atividades de coleta dos dados da instrumentação devem ser estruturadas e padronizadas de forma a reduzir possíveis erros de leitura, garantir que sejam realizadas conforme as frequências requeridas e assegurar que sejam enviadas para análise conforme fluxo de informações previamente estabelecido;
- A periodicidade de leitura dos instrumentos deve ser estabelecida levando em consideração o estágio da vida da estrutura. Durante o enchimento do reservatório e os primeiros anos de operação, a frequência de leitura deve ser maior, visto a relevância dos dados para o monitoramento no período de estabelecimento do regime permanente de percolação e estatisticamente crítico para a sua segurança. Na medida em que as medidas se estabilizam e estando coerentes com as expectativas de projeto, a periodicidade dessas leituras pode ser espaçada;

- Devem ser elaborados formulários de leitura e procedimentos a serem seguidos para coleta dos dados da instrumentação de campo;
- Os formulários de leitura de campo devem ser elaborados para facilitar a realização das leituras e minimizar erros de transcrição. Sugere-se que considerem a sequência de coleta dos dados pelo técnico e que incluam as informações básicas dos instrumentos: nome, localização e informações específicas caso necessárias como, por exemplo, a profundidade do tubo em medidores de nível d'água e piezômetros de tubo aberto. Além disso, devem conter um campo de observação para cada instrumento, onde o técnico possa registrar comentários que terão importância na análise, como, instrumento obstruído, troca do equipamento de leitura etc.;
- As leituras coletadas devem ser transcritas para o banco de dados da instrumentação. O banco de dados deve fazer, automaticamente, a transformação das leituras de campo (por exemplo, tubo seco) em medidas (por exemplo, poropressões) e gerar os gráficos que servirão de apoio para a análise dos dados;
- Os instrumentos deverão ser calibrados conforme orientações dos fabricantes e os piezômetros deverão ser verificados por meio de ensaios de dissipação, sempre que a análise dos dados indicar esta necessidade;
- Observações de campo e intervenções executadas nos instrumentos, que possam interferir em seus comportamentos, devem ser devidamente registradas e arquivadas.

6.2.4 Análise dos dados da instrumentação

- Os dados da instrumentação devem ser analisados periodicamente considerando as diversas tendências de comportamento dos instrumentos e o previsto em projeto. É interessante correlacionar medidas, tais como poropressões e vazões, para permitir um entendimento mais global do comportamento. Outros parâmetros como níveis de montante e jusante, temperatura ambiente e pluviometria podem ser incluídos na análise, buscando correlações com o comportamento dos instrumentos;
- A análise dos dados deve considerar a seção da estrutura, bem como efeitos tridimensionais (por exemplo, no caso de fluxos);
- Devem ser estabelecidos valores de controle para a instrumentação instalada, tendo em mente os modos de falha das estruturas. Os valores de controle podem ser determinísticos (definidos por meio de cálculos de estabilidade) ou estatísticos (estabelecidos a partir da série histórica de medidas) (FUSARO, 2007). Estes controles devem indicar uma situação anômala de funcionamento da estrutura ou uma mudança no padrão das medidas e alertar para a necessidade de uma análise mais detalhada;
- Os valores de controle de projeto são obtidos preferencialmente por meio de modelos numéricos de dimensionamento das estruturas (redes de percolação e estudos de tensão-deformação, por exemplo). São importantes para uma análise "imediate" do comportamento da instrumentação e tornam-se ainda

mais relevantes para análise no período de enchimento do reservatório e nos primeiros anos de operação. Nestas fases o histórico de leitura ainda é curto e o comportamento dos instrumentos não está estabilizado;

- No caso de valores de controle determinísticos, estes indicam estados-limite de estabilidade e estão associados a fatores de segurança das estruturas;
- Os valores de controle estatísticos indicam mudança no comportamento das estruturas em relação ao histórico de medidas e não necessariamente risco imediato para a estabilidade. Têm como vantagem permitir a identificação de alterações no comportamento de forma prematura;
- Quando necessário, valores de controle determinísticos e estatísticos podem ser avaliados conjuntamente para aumentar a eficácia do monitoramento (USACE, 1995);
- Deve ser considerado que a alteração das medidas de apenas um instrumento em uma determinada seção instrumentada não indica necessariamente uma situação de atenção ou alerta, mas deve ser imediatamente investigada pelo geotécnico responsável;
- A gravidade da situação é definida pela presença de um ou vários instrumentos em estado de atenção ou alerta em uma mesma seção instrumentada, pela superação dos valores de controle determinísticos (fator de segurança reduzido) ou estatísticos (mudança de comportamento) e pela presença ou não de indícios visuais de desvios no comportamento esperado das estruturas;
- De acordo com a gravidade da situação, devem ser previstas ações a serem tomadas quando um ou mais instrumentos apresentarem comportamento anômalo, tais como:
 - » Repetição imediata da leitura;
 - » Inspeção visual da estrutura;
 - » Realização de estudos e análise para identificar a causa da alteração e planejamento de ações de reparo, quando necessárias;
 - » Realização de inspeções visuais e leituras da instrumentação com periodicidade reduzida;
 - » Realização de análises de estabilidade considerando os valores medidos;
 - » Acionamento de Inspeção Especial ou Plano de Ação de Emergência.

6.3 Monitoramento Ambiental

O monitoramento ambiental tem por objetivo avaliar o desempenho ambiental das estruturas em relação ao seu potencial de impacto sobre a qualidade de efluentes, águas superficiais e subterrâneas. Esse monitoramento deve ser compatível com as características do rejeito armazenado. Este monitoramento deve ser conduzido em consonância com os programas de controle ambiental e possíveis condicionantes do processo de licenciamento, legislações, normas técnicas vigentes e requisitos de desempenho internos do empreendedor.

O Plano de Monitoramento Ambiental deve incluir a avaliação periódica da qualidade dos efluentes gerados (vertimentos, drenos de fundo, surgências d'água,

sistemas de detecção de vazamento, etc.) das águas superficiais e subterrâneas a montante e a jusante das estruturas.

O monitoramento de águas subterrâneas, quando aplicável, deve ser realizado em poços de monitoramento instalados com base em estudo hidrogeológico da área de influência. Estes poços deverão ser instalados e desenvolvidos de acordo com as técnicas vigentes, assegurando-se a manutenção e o arquivamento dos croquis de instalação e relatórios de desenvolvimento. Para a amostragem, é indicada a utilização da metodologia de baixa vazão (*low flow*).

Quando aplicável, as amostragens e as análises físico-químicas de todas as matrizes (efluentes, águas superficiais e subterrâneas) deverão ser realizadas por laboratório competente com acreditação em sistema de controle de qualidade para este fim (ex.: ISO 17.025). Os parâmetros a serem analisados devem ser definidos com base na legislação vigente e nas substâncias químicas de interesse, associadas à composição do rejeito.

Adicionalmente, para as estruturas de disposição a seco, onde há o risco de geração de poeira oriunda do rejeito armazenado, é recomendado que seja realizado um estudo de dispersão atmosférica para avaliação da aplicação de monitoramento de qualidade do ar no entorno da estrutura.

As atividades de monitoramento ambiental devem ser planejadas de forma a detectar sinais de atenção precoces associados aos modos de falha potenciais específicos para determinada estrutura (falha no sistema de impermeabilização, descarte de efluente fora do padrão, levantamento de poeira com alteração da qualidade do ar) e a evitar a formação de passivos ambientais ao longo da operação e/ou após o seu encerramento. Devem, portanto, estar referenciadas no Manual de Operação, podendo ser detalhadas em um plano específico.

6.4 Operacionalização do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração - PAEBM

Apesar de todas as estruturas de disposição de rejeitos precisarem de planos de ação de emergência, serão tratados neste guia apenas os Planos de Ação de Emergência de Barragens. Estes são uma obrigação legal e deverão ser elaborados, atualizados e implantados conforme legislação vigente, sendo denominados PAE para barragens de acumulação de água e PAEBM para barragens de mineração.

O documento deverá conter, no mínimo, o resumo do estudo de *dam break* com a mancha de envoltória de inundação e definição de ZAS e ZSS, os procedimentos preventivos e corretivos e os fluxos e notificações a serem seguidos no caso de ocorrência de uma emergência.

A operacionalização do PAE/PAEBM deve prever atividades de cunho preventivo e preparatório para garantir prontidão de todos os envolvidos em caso de emergência e inclui:

- **Conhecimento das zonas de risco existentes a jusante da barragem, notadamente da denominada zona de autossalvamento (ZAS)**

É importante o conhecimento do vale a jusante de uma estrutura, delimitado no mapa de inundação, com destaque para a região mais próxima, denominada ZAS – Zona de Autossalvamento, uma vez que os avisos de alerta à população nesta zona são de responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência.

Considerando então a ZAS como a primeira zona de risco, é recomendado que sejam levantadas informações mais detalhadas desta área para cada barragem que possui PAE, o que compreende ao mapeamento do uso e ocupação do solo e levantamento da infraestrutura (acessos, estradas, pontes) e de edificações, habitações e população existente nesta área. Estas informações podem ser obtidas por meio de imagens aéreas ou de satélite, associadas a informações do Censo (IBGE) e do Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) / Programa de Saúde da Família (Ministério da Saúde), por exemplo, ou por meio de cadastro específico para esta finalidade.

- **Implementação do Plano de Contingência na ZAS**

A ação consiste na implementação do sistema de alerta (SAE), da sinalização nas rotas de fuga e pontos de encontros. Estas ações são necessárias para que a população afetada na ZAS tenha condições de promover o autossalvamento.

- **Treinamento dos participantes internos no PAE/PAEBM**

Os treinamentos internos são usualmente realizados em “sala de aula” e denominados *tabletop exercises*. Têm como objetivo testar os procedimentos constantes do PAE, o nível de conhecimento das equipes envolvidas e os contatos de emergência. Foco especial deve ser dado aos processos de comunicação e tomada de decisão, visando o aperfeiçoamento dos processos existentes.

- **Envolvimento das Prefeituras e Organismos de Defesa Civil**

A entrega do PAE/PAEBM para as Prefeituras e organismos de defesa civil deve se constituir numa oportunidade de diálogo. O empreendedor deverá disponibilizar as informações levantadas sobre o vale a jusante aos mecanismos de defesa municipal, para que estes possam elaborar os Planos de Contingência para toda a extensão do mapa de inundação, bem como desenvolver os simulados junto à comunidade e com o apoio do empreendedor.

O protagonismo dos órgãos externos de resposta e das comunidades envolvidas deve ser estimulado, para que estejam cientes não só das suas vulnerabilidades, mas também da sua capacidade e responsabilidade de ação. Assim, as estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS deverão ser estabelecidas em conjunto com a Defesa Civil.

- **Envolvimento da população e realização de simulados externos**

Esta etapa tem como objetivo criar legitimidade nas ações desenvolvidas e perenizar os conceitos de autoproteção, trazendo para todos os conceitos de resiliência frente aos cenários de risco tecnológico. Como ações para ganho de prontidão e engajamento da população, deve-se fomentar a realização de fóruns de capacitação e proximidade aos temas de gestão de segurança, risco e emergência (BRASIL *et al.*, 2017).

O Empreendedor deve apoiar e participar dos simulados de situações de emergência em conjunto com prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento e a população compreendida na ZAS. Estes simulados externos são treinamentos práticos que têm por função permitir que a população e agentes envolvidos diretamente no Plano de Contingência da ZAS tomem conhecimento das ações previstas e sejam treinados em como proceder caso haja alguma emergência real.

6.5 Manutenção

O processo de manutenção é determinante para que o sistema de disposição de rejeitos tenha o desempenho desejado e deve estar integrado às atividades de operação, monitoramento e gestão de riscos.

As ações de manutenção podem ser provenientes das atividades de operação, inspeção visual, instrumentação ou de análises de riscos. A análise destas atividades poderá indicar mudanças nas condições das instalações que podem implicar em ações tanto em relação à revisão de projeto quanto às mudanças necessárias na construção e/ou reparos.

Todas as atividades de manutenção devem ser priorizadas e planejadas, levando em consideração que podem envolver estudos adicionais, investigações e projetos.

A manutenção deve ser norteadada por procedimentos específicos, sendo que os principais componentes sujeitos a manutenção devem ter o tipo de atuação definida previamente:

- Manutenção preventiva (em intervalos de tempo pré-fixados ou baseada nas condições);
- Manutenção corretiva (após a ocorrência de falha);
- Obras de melhoria

Os requisitos de manutenção devem ser documentados para as diversas estruturas civis e eletromecânicas, com destaque para os componentes essenciais à segurança de barragens, tais como, vertedouro, condutos, sistemas de bombeamento, equipamentos de dragagem, instrumentação, iluminação normal e de emergência.

Todos os manuais de manutenção relevantes, fornecidos por fabricantes e projetistas, e devem ser elaborados numa linguagem que facilite a interpretação e devem estar disponíveis para as equipas de operação da estrutura. Ainda neste contexto, é recomendável que as equipas de operação participem ativamente da elaboração e da revisão dos documentos.

Dentre os serviços de manutenção civil geral e de rotina em estruturas de disposição de rejeitos, podem ser citados:

- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Testes e calibração de instrumentos e equipamentos de medição;
- Limpeza de canaletas/canais de drenagem superficial;
- Manutenção da proteção vegetal de taludes;
- Replante da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros do talude de jusante da barragem;
- Poda da cobertura vegetal das áreas onde será disposto os rejeitos, face dos taludes e regiões laterais a extravasores;
- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas e no terreno das ombreiras;
- Reparo das estradas de acesso às estruturas e tubulação e do platô de apoio das tubulações de lama e rejeito;
- Limpeza da área de saída do dreno de fundo;
- Reparo de tubulações de adução de lama e de rejeito;
- Reparo em tubulações e bombas de captação de água;
- Remoção de materiais flutuantes nos emboques das estruturas extravasoras;
- Reparo do concreto do sistema extravasor (galeria, canais, bacia de dissipação) e de drenagem superficial (canaletas, canais periféricos e descidas de drenagem).

6.6 Papéis e Responsabilidades na fase de Operação

6.6.1 A atuação do Empreendedor

O empreendedor deverá definir um sistema de gestão a ser empregado, compatível com o grau de complexidade das estruturas, conforme orientações descritas no Capítulo 3.

Deverá definir e validar os controles operacionais e controles críticos, e respectivos resultados esperados para as estruturas de disposição de rejeitos.

Deverá estruturar e definir as atuações dos diversos atores envolvidos nesta fase, tais como as equipas próprias, contratados, EdR e revisores independentes, além de definir os responsáveis técnicos e nomear o coordenador do PAEBM.

Deverá assegurar a prontidão das equipes de operação, segurança de barragens e manutenção de estruturas geotécnicas quando do início de operação das estruturas.

Deverá assegurar independência dos revisores técnicos /painel de especialistas (terceiros não envolvidos no projeto ou operação do sistema em estudo) e assegurar que possuam especialidade técnica adequada compatível com a complexidade da(s) estruturas(s).

Deverá assegurar a transferência de conhecimento sobre a instalação por meio de gestão da sucessão de empregados chave e/ou gestão da mudança/transição entre EdRs incluindo uma sobreposição dos serviços e por meio da substituição gradativa de revisores independentes.

Deverá garantir os recursos técnicos e econômicos para a perfeita operação, monitoramento e manutenção das estruturas.

6.6.2 A atuação da Equipe de Segurança de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos

A equipe de segurança de barragens e estruturas de disposição de rejeitos é responsável pelas inspeções regulares rotineiras quinzenais e coleta e análise preliminar dos dados da instrumentação, devendo comunicar as anomalias identificadas ao Responsável Técnico.

Esta equipe deve ter capacidade técnica adequada ao nível de complexidade do sistema sob sua responsabilidade e poderá ter atribuições mais amplas, desde que formalmente definidas.

6.6.3 A atuação das Equipes de Operação e Manutenção

As equipes de operação e manutenção são responsáveis pela garantia da execução de todas as atividades ligadas a operação e manutenção da barragem e seus sistemas componentes (ciclonação, espigotamento, bombeamento, tubulações, compactação de rejeitos, por exemplo) de acordo com as premissas de projetos e diretrizes do Manual de Operação.

6.6.4 A atuação da Engenharia de Registros

As funções da Engenharia de Registro (EdR) estão apresentadas no Capítulo 3 e devem ser definidas de forma flexível, de acordo com a estrutura de governança e estrutura operacional do empreendedor. Estas funções ganham destaque na fase de operação, com o EdR focado no acompanhamento técnico com vistas à segurança geotécnica e estrutural dos depósitos de rejeitos, não cabendo a ele a gestão de assuntos administrativos.

As atribuições e responsabilidades do EdR devem ser formalmente atribuídas, mas, em termos gerais, tem como responsabilidades na fase de Operação:

- assegurar que determinada estrutura seja operada de acordo com os objetivos de desempenho, critérios de projeto, diretrizes do Manual de Operação, padrões aplicáveis e requisitos legais;
- avaliar eventuais anomalias geotécnicas ou estruturais com impacto na segurança das estruturas e a adequação do tratamento dado para a situação;
- assegurar o registro de todas as informações relevantes de operação e construção continuada e atualização dos desenhos "como construído", incorporando todas as eventuais mudanças ocorridas durante esta fase.

Deverá ter ciência de todas as informações sobre uma determinada estrutura. Para tal, deve participar das atividades de análise de riscos e estar acessível para as revisões de segurança de barragens e revisões independentes, bem como ser acessível pelos responsáveis técnicos para discutir questões técnicas do site, quando necessário. Caso assim estabelecido, pode também ter como responsabilidade a realização das inspeções regulares de segurança e emissão das respectivas Declarações da Condição de Estabilidade (DCEs). Neste caso, possuirá responsabilidade técnica compartilhada das estruturas.

O EdR também pode ser o responsável pelo gerenciamento do banco de dados das estruturas (avaliação, identificação das lacunas, complementação e consolidação das informações).

É importante que o EdR realize e/ou proponha treinamentos para o pessoal-chave do local e equipes envolvidas na gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos, para possibilitar a estas equipes uma compreensão completa dos requisitos e aspectos do projeto e construção e parâmetros operacionais para alcançar esses requisitos.

6.6.5 A atuação dos Revisores Independentes /Painel de Especialistas

Nesta fase, os Revisores Independentes, ou o Painel de Especialistas quando a complexidade da estrutura ou do portfólio de estruturas assim exigir, fornecem ao Empreendedor orientações especializadas e recomendações independentes, visando:

- avaliar o sistema de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos e propor melhorias considerando boas práticas internacionalmente aceitas;
- apoiar na identificação, entendimento e gestão de riscos associados a estas estruturas;
- avaliar temas técnicos específicos e apoiar nas tomadas de decisão correspondentes;
- validar informações e registros para embasar as percepções e avaliações dos Responsáveis Técnicos e da EdR.

O(s) Revisor(es) Independente(s) não t(ê)m autoridade de tomada de decisão. A responsabilidade pelas decisões está com o Empreendedor.

6.7 Aspectos de Gestão

6.7.1 Gestão da informação

Assim como nas demais fases do ciclo de vida das estruturas de disposição de rejeitos, a manutenção de um banco de dados adequado é imprescindível na fase de operação. As estruturas de disposição de rejeitos possuem grande dinamismo e o projeto evolui ao longo da vida útil, exigindo que as informações das etapas anteriores estejam disponíveis não apenas para a avaliação da segurança das estruturas na fase de operação, mas também para a elaboração do projeto da etapa subsequente.

Assim, as informações da fase de operação devem ser agregadas às das fases anteriores. Como informações a serem retidas pode ser destacada a importância de registros abrangentes dos procedimentos de disposição dos rejeitos, suas variações e de como foram controlados, dados de investigações adicionais, estudos complementares, relatórios de inspeção, revisões de segurança, dados da instrumentação e registro de mudanças relevantes e como foram tratadas.

Caso não exista um banco de dados com as informações de projeto e implantação de determinada estrutura, o que pode ocorrer quando da aquisição de ativos, por exemplo, este deverá ser estruturado na fase de operação. Para tal, será necessário pesquisar os documentos existentes com projetistas, empresas construtoras, operadores que conheçam as instalações e equipes de monitoramento anteriores. Podem ser necessárias investigações e ensaios para levantamento de informações sobre as características da fundação e do maciço.

6.7.2 Gestão da mudança

É importante que seja estabelecido um processo formal de gerenciamento de mudanças na fase de operação. Todas as mudanças devem ser registradas e suas interferências no projeto devem ser avaliadas, tratadas e formalmente validadas e aprovadas, de forma que as intenções de projeto sejam atendidas.

Adicionalmente, de acordo com a complexidade e potenciais impactos dos desvios em relação às premissas de projeto, as mudanças devem ser avaliadas por meio de análise de riscos, para suportar as tomadas de decisão correspondentes.

6.7.3 Análise e gestão de riscos

O processo de gestão de riscos na fase de Operação deve envolver a identificação, avaliação (análise, avaliação e tratamento de riscos), comunicação e monitoramento de riscos à integridade das estruturas de disposição de rejeitos intrínsecos ao sistema, bem como aqueles decorrentes de mudanças internas ou externas. As etapas de gestão de riscos citadas são aplicáveis a todas as fases do ciclo de vida das estruturas e seguem as definições da ISO 31.000, detalhadas no Capítulo 3.

Deve ser empregado um método formal de análise de riscos, o que contribui para a transparência nas tomadas de decisão quanto às diferentes estratégias de resposta frente aos riscos identificados.

Independentemente do método de análise de risco empregado, geralmente os riscos principais recebem um tratamento mais aprofundado, enquanto que os riscos secundários, que não impactam diretamente a segurança das estruturas, são tratados de forma simplificada e/ou aceitos e registrados, como mostrado na Figura 6.7.

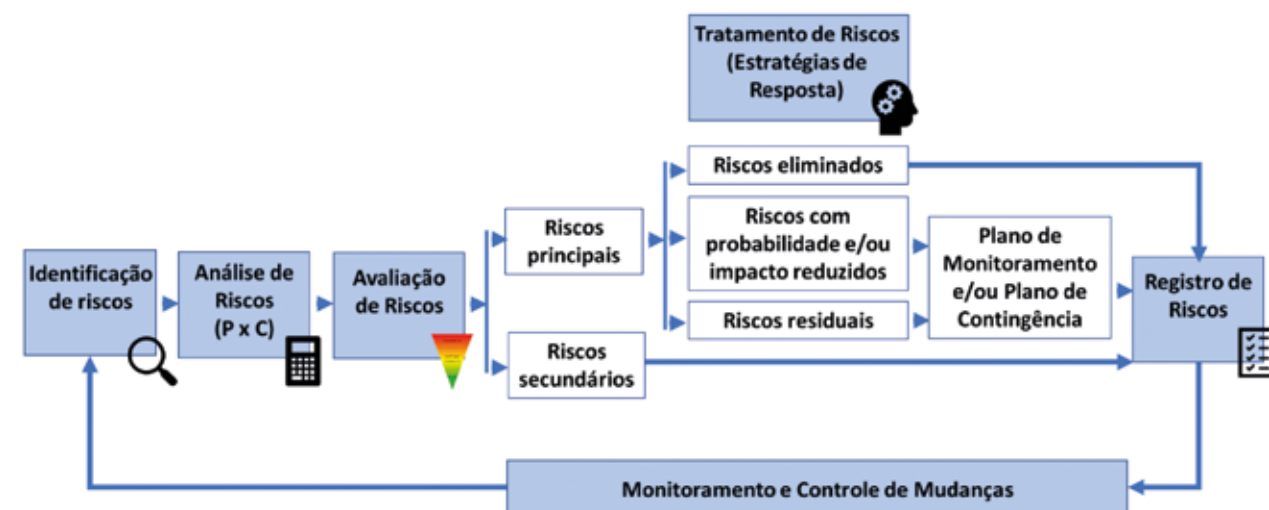


Figura 6.7 – Atividades de Gestão de Riscos (modificado de Mulcahy, 2010)

Os riscos identificados deverão ser tratados, avaliando diferentes estratégias de resposta, tais como: eliminar o risco (execução de investigações, estudos e/ou obras), minimizar o risco por meio de monitoramento (estabelecimento de controles e respectivos critérios de desempenho), ou mesmo executar ações para minimizar os impactos no vale a jusante.

As atividades de análise de risco devem suportar a identificação dos controles operacionais, controles críticos e atividades de monitoramento (inspeções visuais e instrumentação), a serem definidos com base nos modos de falha e consequências associadas.

Especialistas qualificados e experientes devem ser envolvidos na identificação e análise de riscos das barragens e estruturas de disposição de rejeitos, bem como no desenvolvimento e revisão da eficácia dos controles associados.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) MAC (2011). *Desenvolvendo um Manual de Operação, Manutenção e Supervisão* (Traduzido pelo IBRAM).
- (2) MAC (2017). *A Guide to the Management of Tailings Facilities. Third Edition.*
- (3) ANGLOAMERICAN (2016). *Mineral Residue Facilities and Water Management Structures Standard.*
- (4) ICOLD (2011). *Bulletin 139. Improving Tailings Dam Safety -Critical Aspects of Management, Design, Operation and Closure.*
- (5) ICOLD (2014). *Bulletin 158. Dam Surveillance Guide.*
- (6) FUSARO, T.C., FURTADO, A.S.O., OLIVEIRA, V.R.F., COUTO, I.T. (2017). *Estruturação do Manual de Monitoramento como Ferramenta para a Segurança de Barragens.* Revista Brasileira de Engenharia de Barragens, Comitê Brasileiro de Barragens, CBDB.
- (7) FUSARO, T.C. (2007) *Estabelecimento Estatístico de Valores de Controle para a Instrumentação de Barragens de Terra: Estudo de Caso das Barragens de Emborcação e Piau.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto.
- (8) USACE (1995) – *Instrumentation of Embankment Dams and Levees*, US Army Corps of Engineers, EM 1110-2-1908.
- (9) BRASIL, L. S. S., LOPES, M., GONTIJO, A., SANTOS, L. (2017). *Estratégia de operacionalização dos planos de atendimento a emergência para barragens de mineração (PAEBM) na VALE – Área de Ferrosos.* II Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos. Belo Horizonte.
- (10) DNPM (2017). *Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.*
- (11) Mulcahy, R. (2010). *Risk Management.*



Boas Práticas no Encerramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos

Complementarmente ao Guia para Planejamento do Fechamento de Mina (IBRAM, 2013), que aborda um conjunto de diretrizes e boas práticas relacionadas ao encerramento das atividades de um empreendimento mineral, o presente capítulo tem como objetivo elencar boas práticas na fase de encerramento de estruturas de disposição de rejeitos, com destaque para os aspectos de gestão.

7.1 Considerações gerais na fase de Encerramento

Com o objetivo de colaborar na estruturação dos processos de fechamento pelos empreendedores, são apresentadas a seguir exemplos de boas práticas, sem a intenção de constituir um guia técnico, mas sim de destacar aspectos de planejamento e gestão aplicáveis à fase de encerramento de estruturas de disposição de rejeitos.

Fechamento de Mina

- Fechamento é uma fase do ciclo de vida de uma mina. O planejamento para o fechamento é um processo progressivo de preparação do empreendimento para o encerramento das operações, que deve envolver aspectos ambientais, sociais, técnicos e econômicos;
- O fechamento de uma mina deve ser progressivo, ou seja, a reabilitação deve ser maximizada durante a fase operacional e as estruturas devem ser encerradas na medida em que não forem mais utilizadas, em consonância com o plano de fechamento do empreendimento;
- O fechamento progressivo, como apresentado na Figura 7.1, tem como objetivo reduzir os esforços, gastos e riscos pós-operacionais.



Figura 7.1 – Conceito de fechamento progressivo.

- É importante que o fechamento seja parte integrante do ciclo de vida da mina, devendo ser considerado nos aspectos de planejamento desde a concepção do projeto – “planejar para fechar”;
- Nas fases de seleção de alternativas e projeto conceitual de um empreendimento, o planejamento para o fechamento deve levar em consideração os aspectos de encerramento das estruturas, avaliando impactos a longo prazo, complexidade e riscos associados - “*design for closure*”;
- Além disso, as estruturas de disposição de rejeitos devem ser operadas considerando a necessidade de facilitar seu encerramento e, conseqüentemente, eliminar ou reduzir os riscos futuros no fechamento.

Encerramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos

- Um paralelo entre as fases do ciclo de vida de uma mina e de uma estrutura de disposição de rejeitos é representado na Figura 7.2, apresentando os principais conceitos que serão empregados neste Guia.

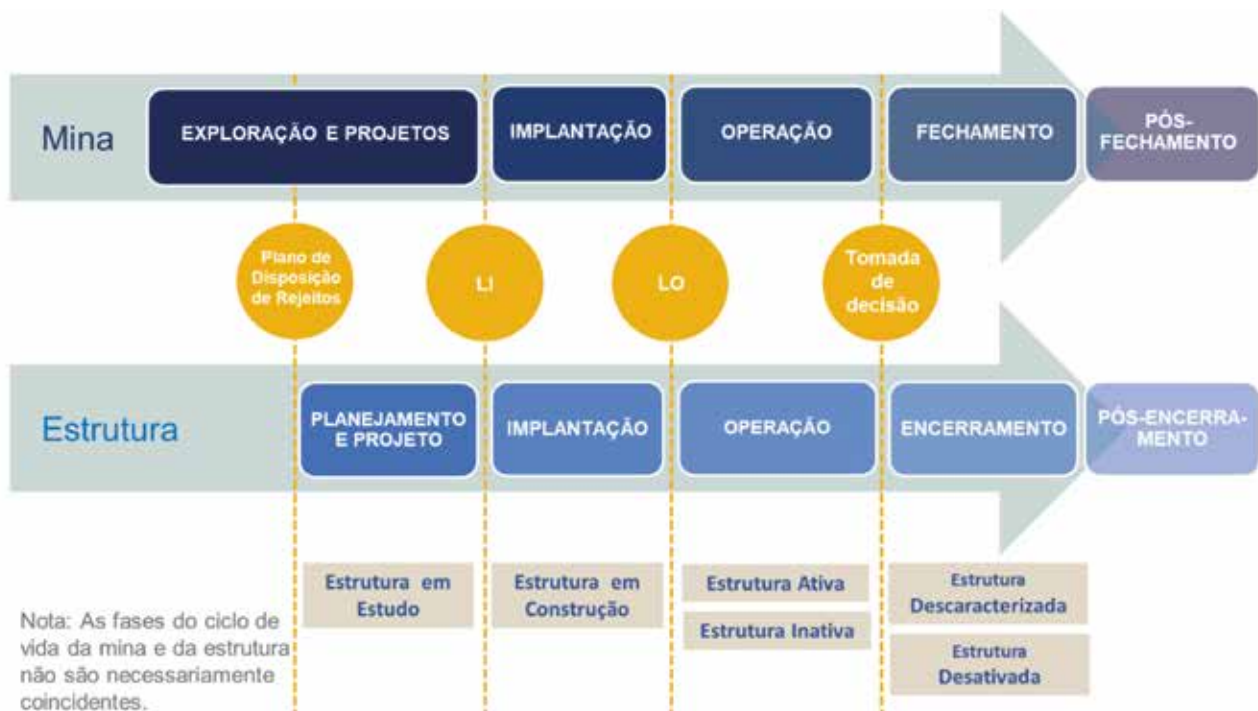


Figura 7.2 – Fases do ciclo de vida de uma mina e de uma estrutura de disposição de rejeitos.

- No caso de uma estrutura de disposição de rejeitos, o encerramento é a fase do ciclo de vida da estrutura que se inicia com a confirmação de que a mesma já alcançou o fim da vida útil e/ou não é mais necessária no contexto operacional do empreendimento e, portanto, poderá ser desativada ou descaracterizada (tomada de decisão da empresa);
- **Barragem de mineração descaracterizada:** estrutura que não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com projeto técnico, não se enquadrando mais nas legislações pertinentes a barragens. Compreende, mas não se limita, às seguintes etapas:
 - » **Descomissionamento** - encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;
 - » **Controle hidrológico e hidrogeológico** - adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;
 - » **Estabilização** - execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecerem no local; e,
 - » **Monitoramento** - acompanhamento pelo período necessário para verificar a eficácia das medidas de estabilização.

- **Estrutura desativada** é aquela que não está mais recebendo aporte de rejeitos e/ou sedimentos oriundos da atividade fim, mas mantém características de uma estrutura de disposição de rejeitos. Deve atender aos requisitos legais vigentes para a desativação e estar adequada à fase do fechamento da mina.
- Desta forma, poderão ser necessárias adequações para garantir a estabilidade física e química de longo prazo, de forma a atender aos requisitos normativos, legais e critérios internos do empreendedor. As estruturas desativadas continuam cumprindo a legislação de segurança de barragens vigente;
- Recomenda-se a realização de uma análise de risco com visão de longo prazo para direcionar as premissas de um determinado projeto de encerramento. Sempre que pertinente, a possibilidade de descaracterização das estruturas de disposição de rejeitos deve ser avaliada;
- É importante ressaltar que a estrutura encerrada deve estar preparada para "enfrentar" eventos extremos, como por exemplo, PMP (*Probable Maximum Precipitation*), MCE (*Maximum Credible Earthquake*), etc. Os sistemas de drenagem superficial devem ser projetados de forma a reduzir a necessidade de manutenção futura;
- Toda a infraestrutura e equipamentos devem ser apropriadamente gerenciados para assegurar que a instalação seja encerrada de acordo com o projeto e licenças correspondentes.

Programa de Fechamento

- Para permitir que o fechamento de uma mina se dê de forma progressiva, recomenda-se o desenvolvimento de um Programa de Fechamento, abordando de forma integrada os projetos de encerramento e as ações para o fechamento;
- Este programa envolve um conjunto de atividades multidisciplinares que visa identificar nas Operações as estruturas que possam ser descomissionadas, avaliando a melhor solução de engenharia a ser aplicada, em qual tempo o projeto poderá ser elaborado e quando as obras de encerramento devem ser implantadas;
- O Programa de Fechamento pode ser dividido em 4 etapas, como apresentado na Figura 7.3. As fases descritas podem servir para o fechamento de uma mina ou para o encerramento de uma estrutura específica.

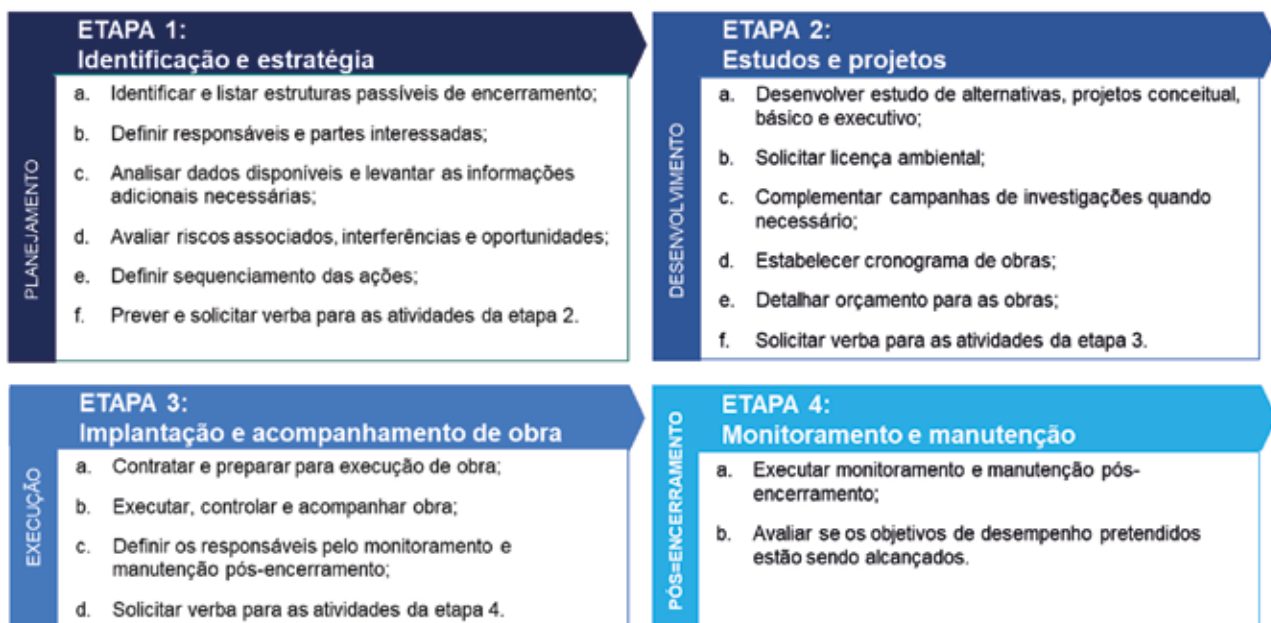


Figura 7.3 – Etapas de um Programa de Encerramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos.

Etapa de Identificação e Estratégia

- Todas as estruturas de um empreendimento devem ser previamente identificadas nos planos de encerramento elaborados e/ou revistos nas fases anteriores do ciclo de vida. Entretanto, há necessidade do mapeamento daquelas para as quais as ações de encerramento já devam ser iniciadas;
- Esta etapa de Identificação e estratégia tem início com o envolvimento das diversas áreas da empresa (planejamento, engenharia, operações e meio ambiente, por exemplo) que terão responsabilidades dentro do processo, visando:
 - » Integração com processos de planejamento da mina;
 - » Definição e otimização de soluções;
 - » Avaliação de oportunidades de sinergia;
 - » Priorização de ações e estabelecimento de sequenciamento das ações;
 - » Previsão/Revisão dos recursos financeiros.
- Pode ser destacada a importância da participação das equipes operacionais nas discussões técnicas de fechamento, para que as diretrizes de fechamento, bem como as “lições aprendidas”, sejam consideradas na elaboração de novos projetos;
- Devem ser levantados os dados disponíveis e as informações complementares que se farão necessárias para subsidiar os projetos de encerramento;
- A avaliação de riscos permite a identificação de interferências e de oportunidades que favorecem a integração do planejamento do fechamento com os demais processos de planejamento da mina, permitindo a otimização de custos e de logística, eventual aproveitamento de materiais entre obras, redução de contratos a serem gerenciados, dentre outros;
- O resultado final desta fase é a priorização e sequenciamento das ações de fechamento, conforme exemplificado na Figura 7.4.

| PROGRAMA DE FECHAMENTO DE MINA | | |
|--------------------------------|-------------------|------------------|
| ATIVO | ETAPA DO PROGRAMA | PREVISAO DE OBRA |
| Barragem 1 | Etapa 1 | Longo prazo |
| Infraestrutura | Etapa 1 | Longo prazo |
| Dique B | Etapa 2 | Médio prazo |
| Dique A | Etapa 3 | Em andamento |
| Talude Sul | Etapa 3 | Em andamento |
| Talude Norte | Etapa 4 | Finalizada |

Figura 7.4 – Exemplo de sequenciamento de ações de encerramento.

Provisão Financeira

- Todos os custos previsíveis de fechamento devem ser estimados e atualizados periodicamente, para que o empreendedor possa constituir a provisão financeira correspondente, conforme previsto nas normas contábeis pertinentes;
- Aspectos referentes a este tópico, incluindo garantia financeira, são descritos no *Guia para Planejamento do Fechamento de Mina* (IBRAM, 2013).

Etapas de Projeto e Implantação de obras

- As fases de projeto e implantação de obras de encerramento de estruturas de disposição de rejeitos seguem as boas práticas descritas nos Capítulos 4 e 5.

Etapa de Monitoramento e Manutenção pós encerramento

- O monitoramento geotécnico, estrutural e ambiental comprovará a eficácia das ações implantadas e o alcance dos objetivos de desempenho pretendidos. A documentação correspondente deverá estar organizada e disponível para validação e comprovação das medidas de encerramento tomadas;
- A manutenção deverá envolver aspectos técnicos das estruturas existentes, considerando sistema de drenagem, tratamento de eventuais efluentes gerados, vegetação, etc.;
- As estruturas desativadas continuam cumprindo a legislação pertinente nos quesitos monitoramento e manutenção. Estas questões devem ser tratadas conforme descrito no Capítulo 6.

7.2 Papéis e Responsabilidades na fase de Encerramento

7.2.1 A atuação do Empreendedor

O empreendedor deverá estruturar e definir a atuação dos diversos atores envolvidos em cada etapa do programa de fechamento, tais como as equipes próprias, projetistas, EdR, ATO, fiscalização e revisores independentes.

Quando se fala em encerramento de um depósito de rejeitos uma boa prática reconhecida em toda a indústria é o chamado “projetar para fechar” ou mesmo o “operar para fechar”. Essa prática consiste em incorporar os conceitos e requisitos de fechamento desde a etapa de engenharia e na operação, de forma que o encerramento seja mais eficaz e com menor custo. Dentro deste contexto, uma opção interessante para estruturas de maior complexidade e empreendimentos de maior porte configura-se na definição e retenção de um especialista em fechamento, que irá atuar em conjunto com a área de projeto/operação durante o ciclo

de vida do depósito de rejeitos ou mesmo de outras unidades de fechamento que compõem determinada empresa de mineração.

Deverá também garantir que os recursos previstos para o encerramento estejam provisionados.

7.2.2 A atuação das empresas projetista e construtora

As empresas projetistas e construtoras responsáveis pelo projeto e obras de encerramento deverão disponibilizar equipes de trabalho com competência adequada para a realização dos trabalhos, conforme descrito nos Capítulos 4 e 5.

7.2.3 A atuação da Engenharia de Registros

O projeto de encerramento de estruturas de disposição de rejeitos deve ser revisto e aprovado nos aspectos relacionados à estabilidade e segurança das estruturas, incluindo, quando pertinente, questões ambientais associadas à prevenção e/ou controle de contaminação, de acordo com a estrutura de gestão implantada pelo empreendedor.

Quando o empreendedor optar pela estruturação de uma engenharia de registros, suas atribuições e responsabilidades devem ser formalmente definidas e, de forma geral, o EdR tem como responsabilidades na fase de encerramento:

- Assegurar que todas as informações sobre as estruturas, necessárias para o projeto e implantação das obras de encerramento, sejam disponibilizadas;
- Assegurar que a estrutura final esteja de acordo com os critérios de projeto, objetivos de desempenho, diretrizes e padrões aplicáveis e requisitos legais;
- Assegurar o registro de todas as informações relevantes das etapas de projeto, implantação e monitoramento das estruturas encerradas, bem como a atualização dos desenhos "*como construído*" incorporando todas as eventuais mudanças nesta fase.

Assim como descrito para as demais fases do ciclo de vida de uma estrutura de disposição de rejeitos, o papel de EdR pode ser desenvolvido por equipe de engenharia interna do empreendedor ou por empresa projetista contratada para esta finalidade.

7.2.4 A atuação dos Revisores Independentes

Na fase de fechamento, podem ser consultados revisores independentes para apoiar em tomadas de decisão em assuntos técnicos especializados e de maior complexidade.

7.3 Aspectos de Gestão

7.3.1 Gestão da informação

É importante que o banco de dados das estruturas de disposição de rejeitos seja um repositório único de informações, para permitir que as informações necessárias, provenientes das fases anteriores de projeto, construção, operação e monitoramento, estejam disponíveis para a fase de encerramento.

Complementarmente, as informações da fase de encerramento deverão ser agregadas à documentação armazenada durante a vida útil da estrutura. Toda a documentação das diversas etapas de encerramento (avaliação de alternativas, projeto conceitual, básico e executivo, relatórios de obra e projeto “como construído”) deve ser armazenada apropriadamente, ser facilmente acessível e estar disponível quando requerido após o fechamento permanente da instalação.

A documentação da fase de encerramento deverá incluir não apenas desenhos “como construído” e memoriais de cálculo atualizados, mas também resultados de investigações, ensaios, análises, estudos, relatórios, atas de reunião, relatórios de controle tecnológico de materiais, relatórios de acompanhamento de obra, ou seja, documentos que contribuam para o entendimento das estruturas e registrem tomadas de decisão de interesse.

7.3.2 Gestão da mudança

As mudanças devem ser tratadas como previsto para as fases de Projeto, Implantação e Operação, descritas neste Guia.

7.3.3 Análise e gestão de riscos

O Guia de Fechamento de Mina IBRAM aborda, de uma forma geral, o risco para fechamento, considerando riscos presentes e futuros relativos a questões ambientais, econômicas, de imagem e de segurança.

Deve-se atentar para a possível redução da percepção do risco nesta fase pelo fato da estrutura não estar mais no foco da operação. Além dos riscos estruturais e de manutenção, é importante considerar riscos específicos nos projetos e obras de encerramento, tais como:

- durabilidade de materiais;
- manutenção e monitoramento a longo prazo;
- influência no estabelecimento do uso futuro;
- interferências com comunidades vizinhas;



- risco de invasão/depredação por terceiros;
- garantia de estabilidade à longo prazo;
- consequências que podem se manifestar a longo prazo (ex.: lixiviação de metais e sua disponibilização à biota).

REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO

- (1) IBRAM (2013). *Guia para Planejamento do Fechamento de Mina*. Brasília, 2013.
- (2) Angloamerican (2016). *Mineral Residue Facilities and Water Management Structures Standard. Version 4*
- (3) Resende A., Picarelli S., Vieira G., Costa F.L & Chiodeto B. (2014). *Closure Plans for Regional Iron Ore Mines: a New Approach*, Mine Closure Solutions 2014, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.
- (4) Bureau and Vale (2012). *Definição da base metodológica para desenvolvimento de Planos Regionais de Fechamento Integrado de Minas*. RC-SP-026/12-R2. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
- (5) Bureau and Vale (2013). *Guia para elaboração de Plano Regional de Fechamento de Integrado de Minas*. RC-SP-128/12. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
- (6) Picarelli S., Vieira G., Resende A., Costa F.L & Gonçalves, J.A. (2014). *Opportunities for future use in mine Closure – Mine Closure Solutions 2014*, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.
- (7) Vieira G., Resende A., Picarelli S., Vieira G., Resende A., Costa F.L & Gonçalves, J.A. (2014). *Closure Methodology Applied to the Córrego do Meio Iron Ore Mine – Mine Closure Solutions 2014*, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.
- (8) Picarelli S., Vieira G., Resende A., Januario, J.A.; Silva, A.P. (2018) - *From Plan to Execution: Developing an Integrated and Systematized Approach for Mine Closure*.
- (9) ANM (2018) Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019. *Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido*.

Anexo



ANEXO – Atividades na FASE de OPERAÇÃO referentes às Barragens de Mineração em atendimento à Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e Resolução ANM nº13, de 8 de agosto de 2019.

CADASTRAMENTO

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|--|--|--|--|
| Verificar o enquadramento da barragem na Política Nacional de Segurança de Barragens | Barragens que apresentem pelo menos uma das seguintes características: I altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m; II capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m ³ ; III reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; IV categoria de dano potencial associado, médio ou alto, conforme inciso XIV do art. 2º e Anexo V. | Lei 12.334/2010 | Para barragens novas, no início das obras de construção. |
| Verificar o enquadramento de empilhamentos drenados na resolução ANM nº13 | Empilhamentos drenados construídos por meio de disposição hidráulica | Resolução ANM nº 13 Art. 12º | Imediato |
| Definir Representante legal e Responsáveis Técnicos | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo VII Manual SIGBM | Para barragens novas, no início das obras de construção. |
| Cadastramento de estrutura no SIGBM | Todas as barragens de mineração em construção, operação ou desativadas. Barragens de fechamento de sela topográfica ou compartimentação interna de reservatórios <u>não</u> deverão ser cadastradas separadamente. Empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. Outras estruturas se constata susceptibilidade à liquefação. | Capítulo I, Seção I Art 3 e Seção II Art 4 Manual SIGBM Resolução ANM nº 13 Art. 12º | Para barragens novas, no início das obras de construção. Empilhamentos drenados até 12 de outubro de 2019 Quando constatado. |
| Descadastramento | Barragens de mineração fechadas ou descaracterizadas. | Capítulo I, Seção I Art 3 § 2º | Quando aplicável. |

PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PSB

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|---|--|---|---|
| Elaborar o PSB | Barragens de mineração enquadradas na PNSB. Empilhamentos drenados construídos por meio de disposição hidráulica e susceptíveis à liquefação. | Capítulo II, Seção I Art 8 e 9 e Anexo II Capítulo II, Seção II Art 10 e 11 Capítulo IX Art 48 e 49 Resolução ANM nº 13 Art. 12º | Barragens novas: antes do início do primeiro enchimento. Constatada a existência da obrigatoriedade ou em decorrência de reclassificação pela ANM: prazo de 1 ano para elaboração. |
| Elaborar projetos “como está” – “as is” | Barragens construídas antes da promulgação da Lei 12.334 de 2010 e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação que não possuam projeto “como construído”. | Capítulo II, Seção I Art 9º § 6º Prazo alterado pela Resolução ANM nº 13 | Até 18 de maio de 2020 |
| Elaborar projetos “como construído” | Barragens de mineração construídas após a promulgação da Lei 12.334 de 2010 e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo II, Seção I Art 9º § 5º | Durante a fase de implantação. |
| Atualizar o PSB | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo II, Seção II Art 12º | Após ISR, ISE e RPSB e para inclusão de novos registros e documentos. |

FATORES DE SEGURANÇA

| | | | |
|--|---|--|---|
| Calcular os fatores de segurança. | Todas as barragens de mineração inseridas na PNSB, independentemente do método construtivo, e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Portaria 70.389/2017 Anexo II, Volume III, 6, d Resolução ANM nº 13 Art. 5º § 1º e 2º | Até 31 de março e até 30 de setembro, ordinariamente, ou por exigência da ANM, extraordinariamente. |
| Suspender o aporte operacional, notificar a ANM por meio do SIGBM e implantar ações de controle e mitigação. | Nos casos em que o fator de segurança, nas condições drenada e não drenada, estiver momentaneamente abaixo dos valores mínimos. | Resolução ANM nº 13 Art. 5º § 3º | Quando aplicável. |

APORTE DE ÁGUA

| | | | |
|---|---|------------------------------|---|
| Reduzir o aporte de água operacional nas barragens. | Barragens de mineração para disposição de rejeitos, em operação, independentemente do método construtivo. | Resolução ANM nº 13 Art. 10º | Implantação das medidas imediatamente após 15 de dezembro de 2019 |
| Reduzir o aporte de água superficial e subterrânea nas barragens. | Barragens de mineração para disposição de rejeitos, em operação ou inativas, independentemente do método construtivo. | Resolução ANM nº 13 Art. 11º | Implantação das medidas imediatamente após 15 de dezembro de 2019 |

SISTEMA DE MONITORAMENTO

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|---|---|--|---|
| Implantar sistema de monitoramento automatizado de instrumentação, com acompanhamento em tempo real e período integral. | Barragens com DPA alto, existência de população a jusante e/ou características técnicas com método construtivo com pontuação 10 | Capítulo I, Seção IV Art 7, alterado pela Resolução ANM nº 13 | Barragens novas: antes do início do primeiro enchimento. Constatada a existência da obrigatoriedade ou em decorrência de reclassificação pela ANM: prazo de 1 ano para elaboração. |
| | Demais barragens de mineração com DPA alto. | Resolução ANM nº 13 Art. 6º | Até 15 de dezembro de 2020 |
| Implementar sistema de vídeo-monitoramento 24h por dia | Barragens de mineração com DPA alto. | Capítulo I, Seção IV Art 7 §3º | Barragens novas: antes do primeiro enchimento. Demais: até maio de 2019. |

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAEBM

| | | | |
|---|--|--|--|
| Elaborar os mapas de inundação | Barragens de mineração enquadradas na PNSB. | Capítulo I, Seção III Art 5 e 6 | Até maio de 2018 pelo menos o mapa simplificado para classificação do DPA. |
| Elaborar o PAEBM | Barragens de mineração com DPA alto ou com DPA médio, quando o item "existência de população a jusante" atingir 10 pontos ou o item "impacto ambiental" atingir 10 pontos. Ver Nota (1) | Capítulo II, Seção I Art 9 | Barragens novas: antes do início do primeiro enchimento. |
| Definir Coordenador do PAEBM | | Capítulo VI Capítulo IX, Art 51 Resolução ANM nº 13 Art. 12º | Quando exigido formalmente pela ANM: prazo de 12 meses. |
| Divulgar e operacionalizar o PAEBM. Manter o estado de prontidão. | Barragens de mineração que necessitam ter PAEBM | Capítulo VI, Seção III - Das responsabilidades | Contínuo. |
| Atualizar o mapa de inundação | Barragens de mineração que necessitam ter PAEBM | Capítulo I, Seção III Art 5 | Quando houver mudanças no cenário atual da barragem. |
| Atualizar o PAEBM | Barragens de mineração que necessitam ter PAEBM | Capítulo VI, Seção II | A cada RPSB e quando houver mudanças nos contatos, cenários de emergência ou nos recursos disponíveis. |

SISTEMAS DE ALERTA NA ZAS

| | | | |
|--|---|---|----------------------------|
| Implantar sistemas automatizados de acionamento de sirenes e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na ZAS. | Barragens de mineração que necessitam ter PAEBM | Resolução ANM nº 13 Art. 7º § 1º ao 4º | Até 15 de dezembro de 2020 |
|--|---|---|----------------------------|

INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR DE ROTINA

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|---|--|-------------------------------------|---|
| Definir equipe de segurança da barragem própria ou contratada | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Art 2; XVIII | Para barragens novas, antes do primeiro enchimento. |
| Estabelecer procedimentos para as Inspeções rotineiras | | Capítulo IV, Seção I | Para barragens novas, antes do primeiro enchimento. |
| Executar a Inspeção Regular de Rotina e preencher as Fichas de Inspeção Regular (FIR) e o Extrato da Inspeção Regular (EIR) | | Capítulo IV, Seção I Art 16 a 20 | Quinzenalmente, com períodos compreendidos entre o 1º e o 15º dia de cada mês e entre o 16º e o último dia de cada mês. |
| Preencher Extrato da Inspeção de Segurança Regular (EIR) no SIGBM | | Capítulo III, Seção I Art 13 | Até o final da quinzena subsequente à inspeção que gerou o preenchimento da FIR. |
| Anexar FIR ao Volume III PSB | | Capítulo III, Seção I Art 19 | Após concluída a inspeção. |

INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR

| | | | |
|---|--|---|--|
| Executar a Inspeção de Segurança Regular e emitir Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR e DCE) | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo IV, Seção I Art 21 e 22 Anexo II - RISR Anexo III - DCE | Semestral, com entrega entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro. |
| Inserir DCE referente à RISR e respectiva ART no SIGBM | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo III, Seção I Art 13 | Semestralmente, entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro. |

INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAL

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|--|--|---|---|
| Realizar Inspeções Especiais (ISE) | Quando durante as vistorias de rotina for constatada anomalia com a pontuação máxima de 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do Quadro "Estado de Conservação". | Capítulo V, Seção I Art 23 a 25 | Semestralmente, entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro. |
| Preencher Extrato de Inspeção Especial (EIE) no SIGBM | | Capítulo V, Seção I Art 26 | Diariamente, até que a anomalia grave detectada seja extinta ou controlada. |
| Relatório Conclusivo de Inspeção Especial (RCIE) | Uma vez extinta ou controlada a anomalia que gerou a inspeção especial. | Capítulo V, Seção I Art 27 e 28 e Anexo II | Quando a anomalia for extinta ou controlada. |
| Informar no SIGBM a extinção ou o controle da anomalia | | | |

REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA - RPSB

| | | | |
|--|--|--|---|
| Revisão Periódica de Segurança – RPSB e Declaração de Estabilidade – DCE | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação, excetuando-se os casos abaixo. | Capítulo III, Seção I Art 13, 14 e 15 Anexo II - RPSB Anexo III - DCE | DPA alto: a cada 3 anos; DPA médio: a cada 5 anos; DPA baixo: a cada 7 anos. |
| | Sempre que ocorrerem modificações estruturais, como alteamentos ou modificações na classificação dos rejeitos depositados na barragem. | Resolução ANM nº 13 | Concluir nova RPSB no prazo de seis meses contados da conclusão da modificação. |
| | Para barragens de mineração alteadas continuamente, independente do DPA. | | A cada dois anos ou a cada 10m alteados (o que ocorrer antes), com prazo de 6 meses para conclusão. |
| | No caso de retomada de barragens por processo de reaproveitamento de rejeitos ou no caso de remoção de rejeitos ou sedimentos. | | Executar previamente a RPSB. |
| | Barragens de mineração enquadradas na PNSB. | Capítulo IX, Art 50 | Prazos para a primeira RPSB: Outubro 2017 (DPA Alto), Maio 2018 (DPA Médio), Outubro 2018 (DPA Baixo) |
| Inserir DCE referente à RPSB e respectiva ART no SIGBM | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Capítulo III, Seção I Art 13 | Após concluída a RPSB. |

| | O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| DCE | Assinatura da Declaração de Estabilidade pelo RT e pela pessoa física de maior autoridade na hierarquia da empresa, responsável pela direção, controle ou administração no âmbito da organização interna. | Barragens de mineração enquadradas na PNSB e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação. | Art 22, alterado conforme Resolução ANM nº 13. | Semestral, com entrega entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro, ordinariamente, ou via exigência da ANM, extraordinariamente |
| MANUTENÇÃO | Manter o barramento com revestimento vegetal controlado, quando aplicado. | Barragens de mineração enquadradas na PNSB. | Capítulo IX, Art.47 | Conforme periodicidade necessária. |
| SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA | Declarar situação de emergência | Barragens de mineração e empilhamentos drenados susceptíveis à liquefação.em emergência Níveis 1, 2 ou 3. | Capítulo IV, Seção V Resolução ANM nº 13 Art. 12º | Quando iniciar-se uma inspeção especial de segurança ou em qualquer outra situação com potencial comprometimento da segurança da estrutura. |
| | Elaborar Relatório de Causas e Consequências do Evento de Emergência | | Capítulo IV, Art 40 | Quando encerrada uma situação de emergência Nível 3. |

| O QUE | A QUAIS ESTRUTURAS SE APLICA | COMO | QUANDO |
|---|---|--|--|
| Desativar ou remover instalações na poligonal da área outorgada ou em áreas averbadas no título minerário e inseridos na ZAS. | Instalações destinadas a atividades administrativas, de vivência, de saúde e de recreação. | Resolução ANM nº 13 Art. 3º e 4º | Até 12 de outubro de 2019. |
| | Barragens de mineração ou estruturas vinculadas ao processo operacional de mineração para armazenamento de efluentes líquidos, situadas imediatamente a jusante de barragens de mineração cuja existência possa comprometer a segurança da barragem situada a montante. | Resolução ANM nº 13 Art. 3º e 4º | Até 15 de agosto de 2022. |
| Executar e implantar projeto de descaracterização | Barragens alteadas pelo método de montante ou por método declarado como desconhecido. Empilhamentos drenados construídos por meio de disposição hidráulica dos rejeitos e que sejam susceptíveis a liquefação. | Resolução ANM nº 13 Art. 8º e Art. 12º | Projeto técnico até 15 de dezembro de 2019. Obras de estabilização até 15 de setembro de 2021. Conclusão da descaracterização até 2022, 2025 e 2027, de acordo com o volume da barragem. |

Nota: Empilhamentos drenados construídos por meio de disposição hidráulica dos rejeitos e que sejam susceptíveis a liquefação, conforme definido pela projetista, ficam sujeitos às mesmas obrigações atribuídas às barragens a montante (Resolução ANM nº13, Art.12).

Elaboração e Agradecimentos

O Guia foi elaborado no âmbito do Grupo de Trabalho de Segurança de Barragens, com a participação voluntária dos membros do IBRAM.

O IBRAM e os autores agradecem a todas as empresas, organizações, agências, consultores e profissionais que participaram das numerosas reuniões de trabalho e, em particular, àqueles que submeteram comentários e sugestões durante a rodada de consulta pública.

Um agradecimento especial ao Diretor de Assuntos Ambientais, Rinaldo Mancin, pela condução e gerenciamento do projeto.



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil
www.ibram.org.br

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) é a entidade nacional representativa das empresas e instituições que atuam no setor de Mineração. É uma associação privada, sem fins lucrativos e com alta capacidade de articulação, que reúne cerca de 130 associados, responsáveis por mais de 85% da Produção Mineral Brasileira.

O IBRAM busca reunir, representar, promover e divulgar a Indústria Mineral Brasileira, defendendo seus interesses e contribuindo para a sua competitividade. Busca também promover o desenvolvimento sustentável, as boas práticas e a melhoria do desempenho da Mineração.

Compromisso Institucional do IBRAM: representar institucionalmente a Indústria Mineral Brasileira, nos planos nacional e internacional, sendo o fomentador para o aprimoramento da sua segurança operacional, competitividade, e o relacionamento com as comunidades e a sociedade.

Projeto gráfico e diagramação:
Profissionais do Texto



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO
Brazilian Mining Association
Câmara Mineira de Brasil
www.ibram.org.br