

Elaboração de PGRBM para Obra de Descaracterização de uma Barragem de Mineração

Erika Santos Brito

Analista de Geotecnia, HIDROBR, Belo Horizonte, Brasil, erika.brito@hidrobr.com

Ana Luiza Martins Arantes

Estagiária de Geotecnia, HIDROBR, Belo Horizonte, Brasil, ana.arantes@hidrobr.com

Ingrid Belcavello Rigatto

Coordenadora de Geotecnia, HIDROBR, Belo Horizonte, Brasil, ingrid.rigatto@hidrobr.com

Ian Henrique Pires

Analista de Geotecnia, Mineração USIMINAS, Belo Horizonte, Brasil, ian.henrique@usiminas.com

Augusto Romanini

Coordenador de Geotecnia, Mineração USIMINAS, Belo Horizonte, Brasil, augusto.romanini@usiminas.com

RESUMO: Este estudo desenvolveu um Processo de Gestão de Riscos para a descaracterização de uma barragem de mineração, dividida em três etapas distintas. A primeira etapa consiste na adequação do sistema extravasor, selagem do reservatório e implementação do sistema de drenagem. A segunda etapa abrange a escavação de solo mole, tratamento da fundação e prolongamento do dreno de fundo. Já na terceira etapa, será realizado o reforço com estéril a jusante do barramento, drenagem superficial e cobertura vegetal. O processo foi implementado buscando atender aos requisitos regulatórios através da identificação, análise, avaliação e redução de riscos em cada fase da obra, utilizando a metodologia FMEA e um indicador de impacto no cronograma (IC). Cada etapa da obra foi classificada com base no atraso potencial, possibilidade de comprometer a funcionalidade das estruturas e no risco de não atendimento aos prazos legais. Os resultados indicaram prioridades para a adequação do sistema extravasor e tratamento de fundação, considerando seu alto impacto no cronograma. A avaliação criteriosa dos riscos, a partir de análise complementar pela metodologia Bow-Tie, somado às reuniões internas, contribuiu para embasar planos de ação e comunicação visando a operacionalização do PGRBM.

PALAVRAS-CHAVE: PGRBM, Gestão de riscos, FMEA, Bow-Tie, Descaracterização de barragem

ABSTRACT: This study developed a Risk Management Process for the decharacterization of a mining dam, divided into three distinct stages. The first stage involves adaptations to the spillway system, reservoir sealing and drainage system implementation. The second stage requires soft soil excavation, foundation treatment and lengthening the bottom drain. In the third stage, reinforcement will be carried out with sterile downstream of the dam, along with surface drainage system and vegetation cover. The process was implemented seeking to meet regulatory requirements through the identification, analysis, evaluation and reduction of risks in each phase of the decharacterization, using the FMEA methodology and a schedule impact indicator (IC). Each stage was classified based on potential delay, possibility of compromising the functionality of the structures and risk of not meeting the stipulated legal deadlines. The results indicated priorities for adapting the spillway system and foundation treatment, considering their high impact on the schedule. The careful analysis of risks, applying Bow-Tie and holding internal meetings, contributed to supporting action and communication plans aimed at operationalizing the Risk Management Process.

KEYWORDS: Risk Management Process, Risk Management, FMEA, Bow-Tie, Decharacterization of the dam

1 INTRODUÇÃO

A extensiva utilização de barragens destaca-se na indústria brasileira de mineração e representa uma parcela importante na geração de recursos através da comercialização no mercado nacional e internacional. O atual contexto desse setor é marcado pelos desafios relacionados à proteção do meio ambiente e segurança durante a construção e operação das estruturas de mineração (Costa, 2019).

Após os desastres de Mariana e Brumadinho, destaca-se a necessidade de seguir rigorosamente as normas associadas aos processos de operação e descaracterização das barragens, além da necessidade de manutenção e monitoramento pela empresa responsável durante todo o ciclo de vida da estrutura, para de evitar futuras falhas semelhantes. Ademais, segundo Freitas e Silva (2019), entende-se a importância da reformulação da situação atual dos modelos de compreensão e governança dos riscos, com o fortalecimento dos órgãos governamentais (com recursos humanos, técnicos e financeiros necessários).

O Processo de Gestão de Risco deve ser parte integrante da gestão da estrutura em questão e da tomada de decisão da empresa responsável. Os principais objetivos associados à gestão de riscos consistem em identificar e analisar possíveis riscos que envolvem a estrutura, classificar esses riscos quanto a sua severidade e impactos caso venham a ocorrer, propor ações para detectar, combater, mitigar ou reduzir a probabilidade de ocorrência dos riscos identificados, garantir a segurança da equipe de operação, segurança ambiental, segurança da população e evitar impactos legais. Esses princípios vão em concordância com o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (ICMM, 2020), que no princípio 4 enfatiza o desenvolvimento de planos e critérios de projeto para estruturas de disposição de rejeitos, visando minimizar os riscos ao longo de todo o ciclo de vida, incluindo as fases de fechamento e pós-fechamento. Isso envolve a determinação da classificação das consequências de falhas, avaliando as condições a jusante e selecionando a classificação mais alta para cada categoria. Essa avaliação deve ser fundamentada em modos plausíveis de ruptura, sendo defensável e documentada. O objetivo é manter a flexibilidade no desenvolvimento de novas estruturas, otimizando custos e priorizando a segurança ao longo de todo o ciclo de vida das estruturas de disposição de rejeitos. Assim, reforça-se a importância de uma gestão de risco para a fase de descaracterização de uma barragem.

2 CONTEXTO

Para o presente trabalho, estudou-se uma barragem utilizada para disposição de rejeitos, localizada no quadrilátero ferrífero de Minas Gerais, onde os rejeitos úmidos finos e superfinos gerados na concentração do minério de ferro eram lançados sob forma de polpa no reservatório. A estrutura possui um aterro inicial com solo argilo-siltoso compactado, trazido da área de empréstimo a montante da estrutura. Além disso, a estrutura passou por um alteamento por jusante, com altura final de 46 metros e possui alto dano potencial associado (DPA).

Nessas condições, após realização de estudo de ruptura hipotética, Dam Break, verificou-se que a existência de comunidade na Zona de Autossalvamento (ZAS), o que é vedado pela Resolução ANM nº 95/2022. Assim, foram avaliadas três opções, conforme preconizado na normativa supracitada: descaracterização da estrutura, o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura. A escolha se dá em decisão do poder público, ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e a viabilidade técnico-financeira das alternativas, e foi optado pela descaracterização da estrutura.

A alternativa de descaracterização foi dividida em três etapas principais: selagem do reservatório, adequação do vertedouro e execução dos SUMP e canais, execução da substituição de solo mole por enrocamento a jusante (tratamento de fundação) e execução do reforço a jusante.

Na resolução também é indicado que deve ser realizado Processo de Gestão de Risco de Barragens de Mineração (PGRBM) antes de qualquer modificação na estrutura em questão, incluindo a descaracterização, e deve anteceder cada fase do ciclo de vida da estrutura. Desta forma, foi elaborado o PGRBM para todas as etapas de descaracterização da estrutura, a fim de avaliar, analisar e controlar os riscos associados as etapas propostas para a obra.

3 METODOLOGIA

3.1 Gestão de risco

O risco, de acordo com a ABNT NBR 31000:2018, é o efeito da incerteza nos objetos, geralmente caracterizado pela referência aos eventos potenciais e às consequências, ou uma combinação destes, e muitas vezes expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento (incluindo mudanças nas circunstâncias) e a probabilidade de ocorrência associada.

A gestão de risco, segundo Caldeira (2005), consiste na identificação e classificação de riscos, bem como na avaliação das consequências relacionadas a esses riscos por meio da estimativa de suas grandezas e probabilidade de ocorrência. O processo deve ser elaborado a partir de metodologias reconhecidas, capazes de integrar a gestão de risco e a tomadas de decisão, uma vez que possibilita o estabelecimento de ações que visam o controle, a mitigação e a redução dos impactos relacionados a esses riscos apresentados.

De acordo com a ABNT NBR 31000:2018, a gestão de risco necessita de uma responsabilização abrangente, integralmente aceita e bem definida. Além disso, os profissionais responsáveis devem ser adequadamente qualificados e com recursos para verificar controles, monitorar riscos, implementar melhorias, e comunicar-se de forma eficiente com partes internas e externas envolvidas no processo de gestão de riscos. Dessa forma, é importante indicar a definição de cargos bem como suas funções e responsabilidades dos principais atores do PGRBM.

A partir do conhecimento das principais características da estrutura e das etapas da obra descaracterização previstas em projeto, foi iniciada a fase da análise e avaliação dos riscos relacionados ao processo de descaracterização. Destaca-se que, a elaboração da gestão de riscos demonstra que a empresa em questão possui responsabilidade social, legal, ambiental e econômica já que esses setores podem ser diretamente ou indiretamente afetados pelas consequências de eventos relacionados a acidentes envolvendo estruturas de contenção de rejeitos. Ademais, para a elaboração do PGRBM, foi necessária a participação dos profissionais responsáveis pela estrutura da Barragem e integrantes da consultoria envolvida, sendo esta composta por engenheiros e técnicos que atuam na análise constante de informações, avaliação dos riscos e proposição de medidas e controles dos riscos relacionados às barragens, garantindo uma equipe multidisciplinar que visa identificar os riscos hidráulicos, geológicos e geotécnicos para a barragem. A Figura 1 apresenta um fluxograma com resumo da metodologia utilizada para elaboração do Processo de Gestão de Risco.

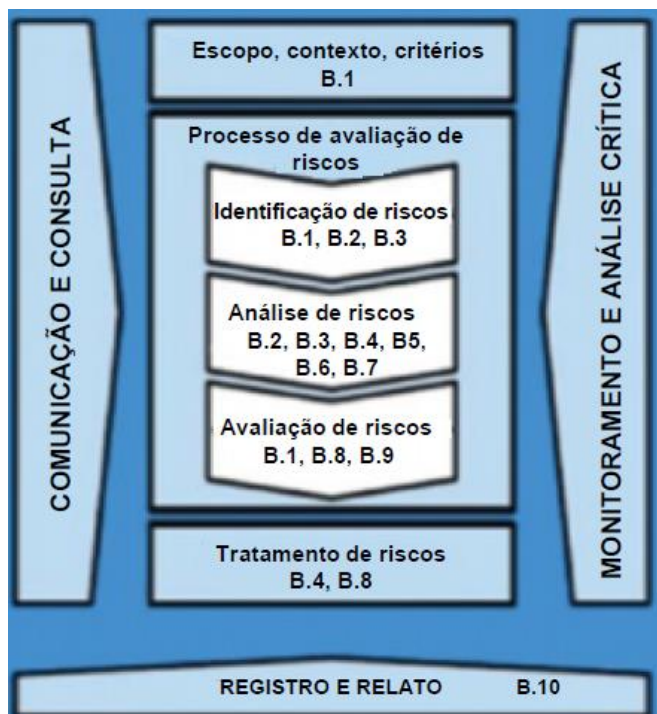


Figura 1. Fluxograma da Gestão de Risco.
Fonte: Adaptado de ABNT NBR IEC 31010:2021.

3.2 Metodologias de análise de risco

Segundo Melo (2014) a análise de risco consiste, essencialmente, no uso da informação disponível para estimar o risco relativo a indivíduos ou populações, a propriedades ou ambiente, decorrentes de condições de perigo. Dentre diversos métodos disponíveis, de acordo com a ABNT NBR ISO IEC 31010:2021, foi adotado para a avaliar a segurança da Barragem durante sua obra de descaracterização o método de análise de risco aprofundada “FMEA” (Análise dos modos de Falha e seus Efeitos).

Segundo Espósito (2013), o método FMEA é uma técnica adequada para definir, identificar e analisar potenciais modos de falha, suas causas e consequências, bem como os meios de detecção. A partir de tais dados, o principal objetivo do método consiste na definição de medidas que diminuam ou impeçam eventuais incidentes. Dentre as vantagens desse método, têm-se sua aplicação a modos de falhas humanas, de equipamentos e sistemas, bem como a facilidade de legibilidade, compreensão e interpretação da estrutura do método. O método permite, também, avaliar os efeitos e sequência de acontecimentos decorrentes de cada falha e classificá-las de acordo com seu risco e probabilidade de ocorrência.

Durante a elaboração do presente PGRBM, após a identificação da complexidade do risco, optou-se pelo uso do método Bow-Tie, como ferramenta de análise de risco alternativa. A análise Bow-Tie é um método simples de descrever e analisar os caminhos de um risco desde suas causas até as consequências, com diagramas construídos, tanto a partir das árvores de falha e eventos quanto por uma sessão de brainstorming (ABNT NBR IEC 31010:2021). Tal alternativa é aplicada para revisão de controles ou em situações das quais não se justifica o uso do FMEA. Trata-se de uma metodologia de fácil compreensão, uma vez que tem como saída a representação gráfica e clara do problema, além de não demandar muitos recursos para sua elaboração.

Assim, o principal objetivo do uso do Bow-Tie na elaboração do projeto está relacionado ao acompanhamento da efetividade das ações implementadas, além da identificação de novos riscos possíveis, análise de indicadores de resultados e controles, além da elaboração de novos controles, caso necessário. Outro ponto importante, o Bow-Tie foi utilizado para melhor compreensão dos riscos apontados no FMEA. Trata-se então de uma metodologia usada de forma auxiliar e complementar, que possibilita análise do processo executivo da obra, uma vez que por ser um processo dinâmico e estar sujeita a imprevistos e surgimento de novos riscos, é possível realizar uma avaliação detalhada e específica de pontos considerados relevantes por meio de uma metodologia simplificada e direcionada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os detalhes sobre a elaboração do PGRBM para uma barragem em descaracterização, em quem apresenta-se as etapas, classificações e planos elaborados, juntamente com um exemplo de risco avaliado.

4.1 Etapas de avaliação

Após a escolha da metodologia empregada na avaliação, define-se a equipe responsável e inicia-se as etapas da avaliação dos riscos, que inclui tanto a identificação quanto a apreciação dos riscos. O principal objetivo dessa etapa está relacionado ao reconhecimento e ao entendimento dos riscos, suas causas, estimativa das grandezas de suas consequências e probabilidades de ocorrência, além da definição de aceitabilidade e tolerabilidade do risco.

Para a identificação dos riscos foi avaliado o projeto de descaracterização da barragem, incluindo cronograma de obra e especificação técnica, além de visitas de campo e entrevistas como outras fontes de informações. Através da metodologia FMEA, realizou-se uma avaliação semi-quantitativa para identificar inicialmente os riscos, suas causas e efeitos. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi aplicada a metodologia Bow-Tie para identificação de novos riscos possíveis e, após a identificação do risco, foi realizado o cálculo do risco, multiplicando-se os valores de Severidade e ocorrência estimada.

4.2 Classificação dos riscos

Na etapa de análise/classificação do risco foram adotados os níveis de risco definidos pela Resolução ANM nº 95/2022: aceitável, ALARP (“tão baixo como razoavelmente exequível”) e não aceitável (ou intolerável). Dessa forma, os riscos são quantificados a partir do produto entre o índice de ocorrência e do índice de severidade e são classificados de forma preliminar em “aceitável” ($R < 5$), “tolerável” ($5 < R < 12,5$) e “intolerável” ($R > 12,5$).

Adicionalmente, os riscos classificados como “toleráveis” passaram por avaliação complementar a fim de se verificar se atendem ao princípio ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*). Além da pontuação estabelecida, para que o risco se classifique como ALARP, avaliou-se se existe a possibilidade de reduzir a severidade ou a ocorrência da falha por meio de algum controle ou recomendação de melhoria, desde que essa possibilidade seja razoavelmente exequível, ou seja, os custos para atingir um nível adicional de redução de risco não sejam desproporcionais se comparadas a redução de risco esperada.

4.3 Impacto no cronograma

Uma vez que se trata da análise de gestão de risco para uma barragem em descaracterização, ou seja, um processo dinâmico e sujeito a imprevistos, fez-se necessário avaliar como possíveis impactos no cronograma afetaria a segurança local e global da estrutura durante as atividades que serão executadas, bem como possíveis novos riscos relacionados a atrasos no planejamento. Assim, a avaliação no impacto do cronograma foi realizada de forma qualitativa, adotando-se as seguintes classificações (Tabela 1): Sem impacto, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

Tabela 1. Classificação quanto ao impacto no cronograma

C	Impacto no Cronograma (IC)
1	Sem Impacto A ocorrência da falha não implicaria em atraso no cronograma da obra ou não implicaria na funcionalidade da estrutura em execução.
2	Baixo A ocorrência da falha implicaria em baixo impacto no cronograma, afetando apenas a atividade ou baixo impacto na sua funcionalidade.
3	Médio A ocorrência da falha implicaria em impacto mediano no cronograma, afetando também a atividade subsequente ou Impacto apenas a funcionalidade da estrutura devido a não finalização da etapa dentro do prazo.
4	Alto A ocorrência da falha implicaria em grandes atrasos no cronograma, afetando também outras etapas da obra de descaracterização ou A finalização da etapa não ocorre no prazo comprometendo a funcionalidade de outras estruturas
5	Muito Alto Avanço das obras para período que traga outros riscos para a estrutura (Avanço das obras para período chuvoso, não atendimento do prazo legal)

Com intuito de classificar as atividades de execução em critério de priorização, dados os riscos identificados e o impacto que o atraso de cronograma pode acarretar, considerou-se a relação do risco pelo impacto no cronograma. Com o resultado é possível ordenar as atividades visando indicar em quais delas

devem ser concentrados os esforços no que diz respeito ao controle de execução, interferências com outras atividades executadas de forma simultânea e controle dos prazos de execução (cronograma proposto).

Para classificação final do risco, considerando fatores de severidade, probabilidade de ocorrência e impacto no cronograma, foram adotados priorização “regular”, “importante” e “muito importante” (Tabela 2), de acordo com a maior necessidade de atenção da equipe técnica durante a execução, ao cronograma, acompanhamento e controles da atividade relacionada a essa falha. Além disso, a priorização considerada “muito importante” requer correções imediatas durante a obra, caso seja identificadas anomalias nas estruturas da barragem relacionadas a essa falha.

Tabela 2. Classificação final do risco.

Classificação	Cor
Regular	
Importante	
Muito Importante	

Destaca-se que, a partir dos valores associados ao risco para a relação da severidade pela probabilidade de ocorrência e para a classificação quanto ao impacto no cronograma, a falha possível é representada na Matriz de Classificação final, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Matriz de risco por impacto no cronograma.

Risco\IC	1	2	3	4	5
De 1 a 5					
De 6 a 12,5					
De 12,5 a 25					

A matriz indica que riscos considerados aceitáveis podem ser classificados com prioridade “regular”, “importante” ou “muito importante” a depender de uma menor ou maior classificação quanto ao impacto no cronograma (primeira linha da matriz). Já os riscos considerados ALARP, podem ter sua prioridade classificada como “importante” ou “muito importante” de acordo com o impacto relacionado ao cronograma, o que mostra maior necessidade de atenção as falhas relacionadas a esse intervalo (segunda linha da matriz). Por fim, os riscos considerados inaceitáveis, geralmente relacionados a possibilidade de ruptura da barragem e liberação descontrolada de rejeito ou impactos legais como sanções da ANM, são classificados apenas com a pprioridades “muito importante” (última linha da matriz).

4.4 Aplicação das classificações

A partir da elaboração da metodologia FMEA aplicada para o presente estudo de caso, incluindo também a avaliação do impacto no cronograma, conclui-se que existem atividades propostas na obra de descaracterização capazes de trazer maiores riscos para a segurança do processo executivo e para a estrutura geral. Dentre essas atividades, destaca-se a adequação do vertedouro, que tem como objetivo garantir a segurança hidráulica da estrutura e também atender o prazo estabelecido pela ANM. Além disso, a etapa de tratamento de fundação se destaca pelo modo de falha catastrófico associado, já que envolve escavação de solo mole a jusante da estrutura. Ademais, considera-se relevante analisar estruturas que entrarão em operação durante a execução das demais atividades de obra e como seu funcionamento poderia trazer riscos para a obra e respectivas causas associadas, um exemplo é a adequação do sistema extravasor já finalizada e como sua atuação pode influenciar na execução das demais etapas da descaracterização.

A análise crítica de cada atividade e seus riscos associados de maneira prévia resultou na compreensão de que a adaptação e complementação de metodologias existentes possibilitou a apresentação de resultados mais coerentes. Um exemplo é apresentado na Tabela 4, com a identificação das causas e do risco associado, e da avaliação da probabilidade de ocorrência, da severidade e do impacto no cronograma.

A inclusão do item de Impacto do Cronograma foi de grande importância para priorizar as ações e controles que foram estabelecidas a seguir, de forma a garantir mais segurança na operação e execução do projeto de descaracterização.

Tabela 4. Exemplo de aplicação.

Fase da obra	Escavação do solo mole a jusante da estrutura
Causas associadas	Alívio de tensões/ sobrecarga
Riscos associados	Movimento de massa local e global
Ocorrência	Remota: Existência de projetos indicando como será realizada a retirada do solo mole. No entanto, é necessário considerar erros de execução devido a falha humana. No estudo de tensão deformação elaborado pela é avaliado o impacto da sobrecarga na estrutura, considerando-se a ocorrência como remota. No entanto, considerou-se possibilidade de erro de execução e falha de equipamentos.
Severidade	Catastrófica: A instabilização da barragem a jusante e liberação descontrolada de rejeito teria grande impacto tanto na segurança de pessoas envolvidas em toda a obra de descaracterização da barragem além da população a jusante da estrutura, com perdas humanas. A instabilização da barragem a jusante e liberação descontrolada de rejeito gera perda catastrófica de habitat, contaminação de recursos hídricos e impactos no ecossistema afetados pela mancha de rejeito. A instabilização da barragem a jusante e liberação descontrolada de rejeito acarretaria em perdas econômicas extremas que afetam a infraestrutura da sociedade localizadas próximas a estrutura, além de violação legal com multas e/ou consequência penal.
Impacto no cronograma	Muito alto: O atraso na escavação do solo mole a jusante da estrutura teria um grande impacto no cronograma, uma vez que existem etapas subsequentes que dependem da sua execução, como a substituição por enrocamento. Tais etapas, caso não sejam executadas antes do período de chuvas, podem trazer outros modos de falhas que não estavam sendo considerados devido a redução da tensão resistente a jusante da barragem, capazes de gerar a ruptura da barragem e liberação descontrolada de rejeito.

4.4 Planos de Ação e Comunicação

Após concluída a avaliação de riscos, elaborou-se o plano de ação com base nas informações apresentadas na etapa de avaliação, em ações são propostas a fim de controlar tais riscos, que, de acordo com Pimenta (2009), consiste em um conjunto de atividades integradas, contemplando ações de decisão, mitigação, prevenção, detecção, planos de emergência, revisão e comunicação de riscos. Assim, segundo Pimenta (2009), para a tomada de decisão faz-se uma comparação entre os resultados obtidos na análise de risco e os critérios de aceitabilidade e tolerância, indicados na apreciação do risco.

Os controles estão relacionados, principalmente, à execução das atividades da obra, ou seja, controle de ocorrência, que tem como objetivo principal evitar que possíveis falhas aconteçam e, por isso, indicam ações a serem seguidas relacionadas a mão de obra, material utilizado, acompanhamento técnico de obra entre outros. Também foram elaborados controles de cronograma, a fim de garantir que a atividade seja executada dentro do prazo proposto para o planejamento da obra, de forma a evitar novos riscos não previstos, relacionados a não funcionalidades das diversas estruturas da barragem ou da operação do processo durante o período de chuvas.

E, por fim, foi elaborado o Plano de Comunicação, com objetivo de organizar e repassar informações para toda a equipe envolvida na obra de descaracterização da Barragem, e outros *stakeholders*, uma vez que, após as etapas de avaliação dos riscos e definição de controles críticos e regulares, há a necessidade de verificar se todas as medidas e precauções desenvolvidas estão de fato sendo efetivas, de modo a testar e monitorar cada controle, para que seja possível estabelecer estatísticas capazes de comprovar a efetividade do processo e, em caso deste não alcançar a eficácia esperada, sejam definidos e propostos planos de ação com estratégias para as mudanças necessárias.

5 CONCLUSÃO

Esse estudo apresentou a importância da adaptação de uma metodologia tradicionalmente utilizada a fim de realizar uma análise aprofundada de cada caso prático, como a gestão de riscos para uma barragem em descaracterização. Por isso, fez-se necessária a implementação da avaliação do impacto do cronograma, uma vez que apenas a análise do risco pelos critérios de severidade e probabilidade de ocorrência não seriam suficientes para proximidade da realidade dos resultados e informações. A classificação final do risco deve permitir um bom direcionamento para a equipe responsável pela estrutura acerca de quais atividades da obra demandariam maior atenção, controle e monitoramento, trazendo, então, embasamento para a priorização das atividades e tomadas de decisão efetivas.

Destaca-se, também, acerca da importância de avaliar as estruturas propostas pelo plano de descaracterização finalizadas e como seus riscos de operação associados poderiam afetar nas atividades subsequentes da obra.

Conclui-se que pode haver necessidade de metodologias complementares, já que por se tratar de uma gestão de risco de obra, ou seja, cenário sujeito a atrasos e falhas de execução, faz-se necessário avaliar novos riscos que não estavam previstos pela metodologia FMEA, associados a esses imprevistos. Neste caso, o Bow-Tie permitiu uma análise e avaliação específica e direcionada de causas, consequências e barreiras relacionados a esses novos modos de falha identificados ao longo da execução da obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à HIDROBR pelo apoio e incentivo na realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Mineração – ANM. Resolução N° 95. Ministério de Minas e Energia: Brasília, 2022, 36 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR ISO 31000. *Gestão de Risco – Princípios e diretrizes* –. Rio de Janeiro, 2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR ISO IEC 31010. *Gestão de Risco – Técnicas para o processo de avaliação dos riscos* –. Rio de Janeiro, 2021.
- Caldeira, L. (2005) Análise de Risco em Geotecnia. Aplicação a Barragens de Aterro. Programa de Investigação para obtenção de Habilitação para funções de Coordenação Científica, LNEC, Lisboa, 238 p.
- Costa, L. N. L. R. (2019) Mineração e sustentabilidade ambiental: o caso pilar de Goiás e os desafios legais e operacionais para o desenvolvimento sustentável frente às inovações normativas no setor de mineração no Brasil. Dissertação. Programa de pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio ambiente – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica. 2019. 83 p.
- Espósito, T., Palmier, L. R. (2013) Application of risk analysis methods on tailings dams. *Soils and Rocks*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 97-117, jan-abr.
- Freitas, C. M., Silva, M. A. D. (2019) Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. *Rev. Bras. Medicina do Trabalho*, v.17, n.1, p.21-29. <https://doi.org/10.5327/Z1679443520190405>
- International Council on Mining and Metals – ICMM: The Global Industry Standard on Tailings Management – Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos – GISTM (2020). Disponível em: < global-tailings-standard_spreads_PT.pdf (globaltailingsreview.org)> Acesso em 20 fev. 2024.
- Melo, A. V. (2014) Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: estudo de caso de barragens da Cemig GT. Dissertação. Mestrado em Geotecnia. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 244 p.
- Pimenta, M. L. B. (2009) Abordagens de riscos em barragens de aterro. Lisboa: LNEC, 2009. 570