

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/8

Análise das Técnicas de Disposição de Resíduos Provenientes do Beneficiamento de Minérios

Fernanda dos Santos Oliveira

Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Juazeiro, Brasil, fe.oli@hotmail.com

Raliny Mota de Souza Farias

Professora Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro, Brasil, raliny.mota@univasf.edu.br

RESUMO: A disposição dos resíduos gerados pela indústria da mineração tornou-se relevante visto as implicações ambientais e socioeconômicas que envolvem os critérios de risco e dano potencial associados à segurança de barragens. As obras caracterizadas pela contenção de rejeitos, por exemplo, constituem-se de estruturas geotécnicas que apresentam um desafio quanto à resistência, estabilidade e segurança. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os métodos de disposição de estéril e rejeito oriundos da exploração de minérios, visando a seleção de alternativas viáveis, que considerem o aspecto operacional, econômico e geotécnico, para implementação. A metodologia consistiu em uma pesquisa bibliográfica com elaboração de diagnóstico qualiquantitativo dos critérios adotados na escolha das áreas de disposição, técnicas de lavra, equipamento de instrumentação, além da verificação das práticas de segurança. Os resultados permitiram entender as técnicas atuais e apresentar uma ferramenta de tomada de decisão capaz de contribuir com a descaracterização de barragens do tipo montante, em conformidade com a legislação vigente. Concluiu-se que tais informações representam um indicativo da melhor técnica para armazenamento dos resíduos e rejeitos, promovendo uma gestão responsável capaz de mitigar efeitos negativos do setor da mineração e oferecer alternativas a substituição das barragens consideradas de alto e médio risco.

PALAVRAS-CHAVE: Rejeito de Minério, Empilhamento de Resíduos, Descaracterização de Barragem a Montante, Lavra.

ABSTRACT: The disposal of waste generated by the mining industry has become relevant given the environmental and socioeconomic implications that involve the criteria of risk and potential damage associated with dam safety. Works characterized by tailings containment, for example, consist of geotechnical structures that present a challenge in terms of resistance, stability and safety. In this context, the present work aimed to evaluate the methods for disposing of waste rock and waste arising from mineral exploration, aiming to select viable alternatives, which consider the operational, economic and geotechnical aspects, for implementation. The methodology consisted of bibliographical research with the elaboration of a qualitative and quantitative diagnosis of the criteria adopted in the choice of disposal areas, mining techniques, instrumentation equipment, in addition to the verification of safety practices. The results allowed us to understand current techniques and present a decision-making tool capable of contributing to the decharacterization of upstream dams, in accordance with current legislation. It was concluded that such information represents an indication of the best technique for storing waste and tailings, promoting responsible management capable of mitigating negative effects in the mining sector and offering alternatives to replacing dams considered high and medium risk.

KEYWORDS: Ore Rejecting, Waste Piling, Decharacterization of Upstream Dam, Mining.

1 INTRODUÇÃO

A exploração de recursos minerais desempenha um papel significativo no Brasil, por contribuir com a economia e influenciar a ocupação territorial ao longo dos anos. A partir das atividades do setor da mineração ocorrem a geração de resíduos que representam os volumes de materiais, denominados estéril e rejeito. O

estéril se caracteriza como um resíduo resultante das operações de extração da mina, reconhecido pelo baixo valor econômico e geralmente disposto em pilhas. Já o rejeito, é um material proveniente de processos de beneficiamento do minério, cujo objetivo é uniformizar o material e eliminar minerais sem valor econômico associados a melhorias na qualidade, pureza ou teor do produto final (IPEA, 2012).

O método de disposição de rejeito mais conhecido e amplamente utilizado é o convencional, através de barragens de contenção, que armazena o rejeito do processo da extração do minério através de alteamentos sucessivos. Além do método convencional, pode-se ainda fazer uso do empilhamento drenado para rejeito arenoso, lama espessada, pasta, disposição subaérea e disposição de rejeito filtrado para rejeitos finos, outra abordagem é a co-disposição, que envolve o depósito conjunto de rejeito e estéril (Alves, 2020).

A primeira barragem com essas características no Brasil, foi planejada para o Vale do Queiros, na década de 50 em Nova Lima, onde a sua construção foi fundamentada nas práticas e nos equipamentos disponíveis na época. Apesar do desenvolvimento das tecnologias, as barragens eram consideradas não seguras uma vez que não existia rigor na aplicação de técnicas específicas para esse tipo de estrutura (Ávila *et al.*, 2021). Por isso, a mineração enfrentou ao longo dos anos, diversos desafios na acomodação de seus rejeitos, assim como na disposição dos estéreis.

Os acidentes envolvendo barragens de rejeito de minério geram um grande alerta no setor e impulsionam os avanços na legislação e na tecnologia. A ruptura da barragem *El Cobre*, no Chile (ano de 1965), resultou em uma regulamentação mais rígida na indústria da mineração. Assim, os aspectos técnicos de estabilidade da fundação foram considerados. Já as rupturas nas barragens da Mineração Rio Verde, em Minas Gerais nos anos 2000, levou à implementação de legislação estadual e programas de gestão de barragens. Nos anos seguintes, com as rupturas Fundão na cidade de Mariana (ano de 2015) e Brumadinho (ano de 2019), o setor da mineração adotou esforços para revisar os procedimentos de segurança de barragens e desenvolver novas técnicas de disposição de rejeitos, influenciando na percepção da sociedade sobre a gestão de resíduos pela indústria de mineração (Ávila *et al.*, 2021). Assim os métodos de disposição progrediram com o intuito de promover a redução do potencial de danos, quanto ao aumento da segurança das estruturas que os contêm.

Estes aspectos reforçam a necessidade de investigar a implementação de novas abordagens para gerenciamento dos resíduos, visando a minimização de área necessária, a mitigação dos impactos ambientais e o aprimoramento das condições geotécnicas das estruturas de contenção, seja por meio de pilhas ou barragens. Diante desse contexto, o presente trabalho analisou os diferentes métodos de disposição de estéril e rejeito provenientes mineração, com o intuito de oferecer diretrizes para encontrar alternativas mais adequadas considerando os aspectos operacionais, econômicos e geotécnicos.

2 DIAGNÓSTICO DA DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS E REJEITOS DA MINERAÇÃO

Nos primórdios da mineração no Brasil, a disposição de resíduos e os consequentes impactos ambientais eram comumente negligenciados, tornando a descarga direta no meio ambiente. A partir do século XX, as mineradoras adotaram dispositivos legais para minimizar as práticas ambientais inadequadas, na construção de barragens (IBRAM, 2016). A partir de 2010, as práticas de gestão de estéril quanto aos projetos de barragens de rejeito, trouxeram evolução de requisitos legais e normativos estabelecidos na adoção de critérios técnicos voltados para prevenção de riscos, como também a redução de impactos ambientais. Por isso, é importante entender como cada técnica é desempenhada na legislação vigente.

2.1 Barragem de Rejeitos

As barragens de contenção de rejeito, são estruturas geotécnicas projetadas para a contenção de resíduos provenientes de processos de beneficiamentos dos minérios. Logo, a disposição dos rejeitos varia conforme o processo de mineração, considerando as características geológicas e topográficas da área, como a propriedades dos materiais e o impacto ambiental dos contaminantes (Duarte, 2008).

As barragens convencionais, geralmente são construídas em uma única etapa, ou ocasionalmente, em duas ou três elevações, seguindo padrões rigorosos de construção. Há o método da linha de montante, a qual ocorre o deslocamento do eixo para montante, no qual os rejeitos são depositados são aproveitados como parte da estrutura de contenção. Dessa forma, são lançados a montante a partir da crista do dique inicial, formando uma praia que será a base de construção do próximo alteamento. Por conseguinte, o método de jusante se

caracteriza pelo aumento gradual da altura da barragem na direção do fluxo de água, a jusante do dique de partida. Construída através da utilização do próprio rejeito, solos de empréstimo ou estéril proveniente da mineração. Esse método é considerado uma opção mais segura, uma vez que possibilita o controle da qualidade do maciço e a posição da linha freática por meio da implementação de sistema contínua de drenagem interna, resultando na minimização do risco de ruptura devido à liquefação e *piping* (IPEA, 2012). O método de alteamento por linha de centro envolve a construção de alteamento sobre o rejeito depositado a montante e sobre o próprio barramento a jusante, seguindo um eixo vertical a partir do dique de partida (Machado, 2022). É possível observar esboço dos três métodos na Figura 1.

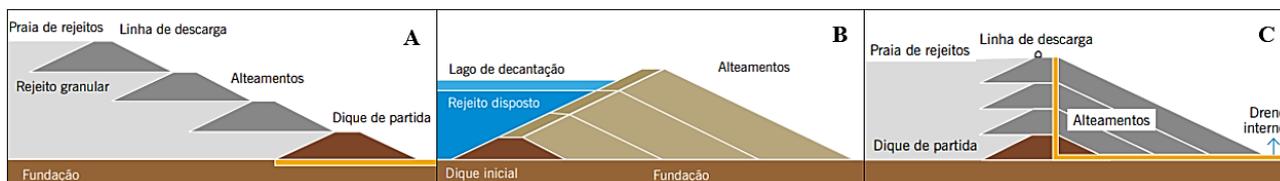


Figura 1. A: Tipos de disposição de rejeito à montante. B: À jusante. C: De centro. Fonte: IBRAM (2016).

O rejeito a ser contido é resultado de processos de beneficiamento mineral, que extrai os elementos de maior interesse econômico. Os procedimentos visam regularizar o tamanho dos fragmentos, retirando os minerais sem valor econômico e aprimorando a qualidade do produto final. Para tanto são empregados métodos como britagem, moagem e diferentes concentrações, variando conforme o tipo e qualidade do minério. A grande produção desses rejeitos exerce um impacto significativo no meio ambiente, levando as empresas e se preocuparem cada vez mais em reduzir os danos ambientais e os custos relacionados à disposição e contenção (Portes, 2013).

2.2 Empilhamento Drenado

O método do empilhamento drenado consiste em empregar uma estrutura de barramento impermeável, escolhendo uma outra drenante que permite a passagem de água livre por meio dos poros dos rejeitos, permitindo que seja drenado através da água liberada no sistema de drenagem com alta capacidade de vazão, interligada aos rejeitos do reservatório. Embora, seja um método implementado desde a década de 80, no Brasil, é denominada como “novo método” para reduzir o potencial de dano (IBRAM, 2016). A adoção de empilhamento filtrado oferece benefício na gestão de resíduos, minimização de riscos geotécnicos e ambientais, como menor área de disposição.

Os estéreis são extraídos a partir da atividade de lavra e se caracterizam com o teor e as propriedades físicas, dessa forma o processamento ou a comercialização. Já o método de construção de pilhas de estéril pode se dar através do método de disposição em camadas (Figura 2A), a qual consiste na utilização de caminhões para o transporte de material estéril e a descarga por basculante em plataforma abertas, resultando em pilhas cônicas, por fim o trator nivela o material com intuito de uniformizar as camadas e repetindo a ação até a construção da altura final da estrutura (Nunes, 2014).

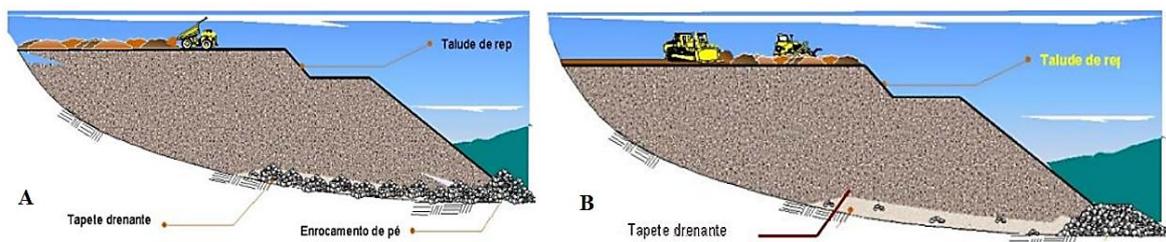


Figura 2. Empilhamento. A: Disposição em Camadas e B: Método por Bancos. Fonte: Nunes (2014).

O segundo método construtivo é por bancos ou ponta de aterro (FIGURA 2B), onde a geometria dos taludes é determinada através dos ângulos de repouso dos solos, sendo estes compactados exclusivamente pelo tráfego de equipamentos de terraplenagem (Petronilho, 2010). O terceiro método para o empilhamento de

estéril é a disposição por correias transportadoras, a qual o material é transportado e depositado na pilha por meio de correias, visto que é um elemento que transporta e lança o material (Nunes, 2014).

Quanto aos critérios geotécnicos, operacionais, econômicos e de segurança do empilhamento, o Brasil não possui normativas regulamentadoras para o desenvolvimento de projetos de engenharia para o empilhamento de rejeito filtrado e compactado, dessa maneira os empreendedores fazem uso de normativas voltadas para barragens e pilhas de estéril (Machado, 2022).

Sobre a estabilidade, a NBR 13029 (ABNT, 2017) determina que o fator de segurança (f_s) mínimo em empilhamento a partir de obtenção da vazão medida deve ser no mínimo de 1,5, já a vazão calculada deve ser no mínimo 2,5. A análise de estabilidade tem por finalidade avaliar a possibilidade de ocorrer movimentos de massa em taludes naturais ou artificiais, os quais poderiam comprometer a integridade da estrutura. Assim, quantificar o “ f_s ” será uma medida objetiva para compreender o potencial de rupturas (Machado, 2022).

Conforme Crystal *et al.* (2018) o empilhamento de rejeito filtrado tornou-se uma alternativa com uma produção significativamente mais altas, tendo de 2.500 até 30.000 toneladas por dia. A relação entre o custo operacional e a estabilidade física da pilha, têm influência na eficiência do filtro utilizado, os controles operacionais, como *Quality Assurance and Quality Control* (QA/QC,) instrumentação e monitoramento, sendo considerados trabalhosos durante a implantação, no entanto dispensa os métodos convencionais.

O critério geotécnico do empilhamento de estéril é fornecido pela NBR 13029 (2017), a qual fornece os fatores de segurança mínimo em que pode se operar uma pilha, sendo 1,5 para a superfície freática e 1,3 para superfície freática crítica. Para empilhamento de rejeito os critérios adotados são os mesmos.

A partir da Política Nacional de Segurança de Barragens, de acordo com a Lei nº 14.066 (BRASIL, 2020), estabeleceu-se critérios e ações para serem adotados para barragens de disposição de rejeitos, tem-se a classificação das barragens por Categoria de Risco alto, médio ou baixo, determinado baseando-se nas características técnicas, método construtivo, estado de conservação do empreendimento e conformidade com o Plano de Segurança de Barragem. Seguindo para a classificação por Dano Potencial Associado, podendo ser alto, médio ou baixo, estabelecido de acordo com o potencial por perda de pessoas e impactos econômicos, sociais e ambientais resultantes de uma eventual ruptura de barragem.

2.3 Instrumentação em Estruturas Geotécnicas e Transporte de Resíduos de Minério

A filtragem na mineração é extremamente importante, conforme Davies (2011), os rejeitos filtrados devem apresentar o grau ideal de saturação entre 60 e 80% para que permita a compactação ótima do material. E a partir dos avanços recentes na tecnologia implementada na filtragem, é possível alcançar a redução de custos de *Operation Expenditure* (OPEX), por viabilizar filtros mais duráveis e eficientes de processos em relação ao tempo de ciclo, sopro de ar, ciclo de lavagem, entre outros.

Na operação de uma barragem é essencial monitorar as deformações e a percolação através do maciço, das ombreiras e da fundação, o uso de instrumentos adequados é fundamental para garantir a estabilidade e segurança da estrutura (Oliveira e Silva, 2020). A implantação destes em barragens surgiu no século XIX com a utilização de piezômetro, visando a investigação das condições de percolação. Já em empilhamentos de estéril são instalados níveis de água, medidores de poropressão e marcos superficiais (Petronilho, 2010). No Quadro 1 é possível observar o tipo de instrumentação e suas respectivas características.

Quadro 1: Tipos de instrumentos e suas respectivas características. Fonte: Oliveira e Silva (2020).

Tipos de Instrumentos	Propósito de Monitoramento
Piezômetro	Monitora a Poropressão ou Subpressão no maciço
Indicador de Nível de Água	Monitora a linha freática no corpo do maciço
Medidor de Nível de Água	Monitora a linha freática para drenagem interna
Marco Superficial/Radar/GPS integrado	Monitora os deslocamentos verticais e horizontais
Inclinômetro	Monitora os deslocamentos, horizontais e superficiais
Medidor de Recalques	Monitoramento da deformação em profundidade

Já o transporte de resíduos da mineração utiliza sistemas por caminhão e por correia, onde a seleção de equipamentos é definida devido a diferença entre a lavra das minas, a propriedade do minério, as condições meteorológicas e a disposição dos depósitos (Racia, 2016).

O método convencional de descarte de resíduos estéreis se dá através de caminhões, sendo amplamente empregada nas minas brasileiras. A utilização de uma gestão eficiente de transporte e disposição do estéril implica significativamente nos custos no método de disposição (Nunes, 2014).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu em uma pesquisa bibliográfica com análise quali-quantitativa que destaca a abordagem do problema, cujo propósito foi diagnosticar as condições para a seleção de área de disposição, técnicas de lavra, instrumentação, redução de impactos ambientais e econômicos, além da verificação das práticas de segurança, com base na eficiência e redução dos danos operacionais. Foram analisados documentos científicos e dados oficiais contemplando diferentes mineradoras nacionais e internacionais, com nível de busca que contemplou o tipo de minério lavrado, o método de transporte, o material utilizado para disposição e qual material seguinte ao beneficiamento foi gerado, conforme Figura 3.

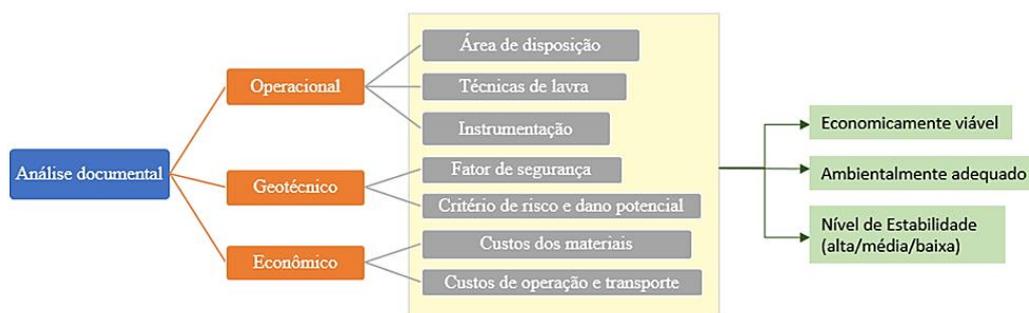


Figura 3. Fluxograma de metodologia implementada. Fonte: Autor (2024).

Os dados obtidos foram compilados e comparados a partir de 3 critérios para tomada de decisão operacional, econômico e geotécnico. Posteriormente foi desenvolvida uma ferramenta que sugere as melhores opções sobre método de disposição ou descaracterização de barragem.

3.1 Critério Geotécnico, Econômico e Operacional na Disposição de Resíduos

Os critérios adotados para serem utilizados com indicadores para avaliar a estabilidade utilizou as prescrições da NBR 13029 (ABNT, 2017), as quais considera que as análises de estabilidade de uma pilha de estéril devem ser realizadas adotando-se fatores de segurança mínimos ($f_s=1,50$ para superfície freática normal, $f_s=1,30$ para superfície freática crítica, $f_s=1,5$ para ruptura do talude em solo e $1,30$ para rocha).

Os custos operacionais foram analisados como indicadores para avaliação da utilização da disposição em empilhamento com as demais técnicas de disposições de rejeitos, segundo metodologia de MEND (2017).

Por conseguinte, a metodologia de Alves (2020) foi considerada para determinar o indicativo de custos operacionais na avaliação do custo de implantação de uma nova barragem, o alteamento de uma existente e a implantação de uma pilha de rejeito filtrado.

A partir da Deliberação Normativa COPAM nº217 (2017) também foi avaliado o termo para análise ambiental e critérios de potencial poluidor, porte e localização, o que determinam a modalidade de licenciamento que pode ser liberada para cada tipo de empreendimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise no Tipo de Disposição e Respective Impactos

A partir do diagnóstico realizado a disposição de rejeito e estéril ocorrem em predominância de forma conjunta, sobre âmbito internacional o que compreende uma forma simples e flexível. Contudo, essa adoção requer a utilização de equipamento de terraplenagem que eleva os custos do empreendimento (Peixoto, 2012). Nas barragens avaliadas no Brasil a disposição separada tornou-se a mais utilizada, conforme Figura 4.

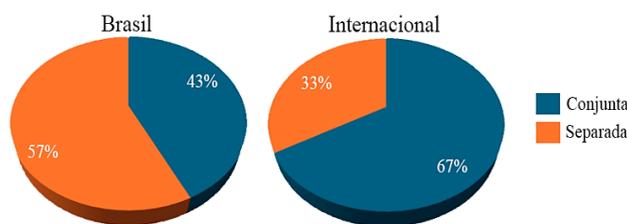


Figura 4. Análise de tipo de disposição nacional e internacionalmente. Fonte: Autor (2024)

Já ao avaliar o aspecto geotécnico, as condicionantes geotécnicas na utilização de materiais distintos utilizados na construção apresentaram comportamento diferentes dentro de estruturas de grande porte. Dessa forma, pilhas com a adoção de métodos de co-disposição requereram alto custo para a operação, para viabilizar ações e intervenções imediatas associadas a segurança ao implantar o monitoramento e instrumentação.

Observou-se que quanto a avaliação de acordo com os indicadores da COPAM (2017) há impacto ambiental no Potencial Poluidor considerável no Ar tanto nacionalmente como internacionalmente, na Água ressaltou-se a minimização do reaproveitamento de água na operação das estruturas e os demais nenhuma minimização. Por fim, no Solo nenhuma solução para redução do impacto durante a operação, somente seguinte ao plano de fechamento da estrutura para retornar ao meio ambiente (Figura 5).



Figura 5. Análise do Impacto Ambiental no Brasil e Internacionalmente. Fonte: Autor (2024)

A crescente preocupação ambiental e a pressão da opinião pública têm-se constituído em obstáculos para obter licenciamento de áreas destinadas à construção de novas barragens. Dessa forma, ao avaliar a área de disposição de empresas de mineração, abordadas por Cruz (2023), notou-se a adoção da implementação de pilhas drenadas como alternativas para dispor o rejeito e estéril, oriundo da lavra.

4.2 Análise Geotécnica e de Transporte

O empilhamento a seco com filtro prensado, também conhecido como disposição de rejeito filtrado, emergiu com uma alternativa considerável para o gerenciamento de rejeito em instalações em operação (Crystal *et al.*, 2018). Logo, o método de disposição a seco de rejeitos empilhados após o desaguamento prévio, resulta em material com baixa umidade e alta resistência ao cisalhamento, comportando-se como um material sólido no transporte e na forma de estruturas autoportante, requerendo contenção mínima (Cruz, 2023).

Por conseguinte, devido apresentarem “fs” como requerido na NBR configura estruturas estáveis e adequadas para implantação. Vale ressaltar que, ao avaliar geotecnicamente, de acordo com Peixoto (2012), a interação de materiais com comportamento distintos em estruturas de grande escala, é necessário adotar análises específicas das poropressões e estabilidade global. Como também, o plano de monitoramento e instrumentação é insubstituível para gerar informações sobre a estrutura, e viabilizar ações e intervenções eficazes diante de eventuais problemas. Dessa forma, ao avaliar operacionalmente, ambientalmente e economicamente a disposição em pilhas drenadas, segundo IISA (2016), requer gestão mínima e pouca contenção, como também o transporte pode ser realizado por caminhões ou correias, apresentando a taxa de infiltração desconsiderável, permitindo a possibilidade de recuperação progressiva da área de disposição, mantém a massa de rejeito estável, embora os custos de *Capital Expenditura* (CAPEX) e *Operational Expenditura* (OPEX) sejam elevados.

A partir dos critérios de avaliação definidos para implantação do empilhamento pelos valores por MEND (2017) e o custo orçado para o CAPEX e OPEX por Alves (2020), avaliou empresas que possuem

barragem e pilhas e concluiu que é mais econômico a implantação de mais empilhamentos devido aos investimentos em ativos, que a longo prazo amortizam o custo de implantação ou alteamentos.

4.3 Ferramenta para Avaliação de Implantação de Estrutura Geotécnica

A partir da inserção de dados quanto ao tipo de disposição, o impacto ambiental, técnica de disposição, condições geotécnicas apresentadas pela estrutura e o investimento *Capital Expenditura* (CAPEX) e *Operational Expenditura* (OPEX), seguinte a qual já estava alimentada com as opções que poderiam ser adotadas pelo empreendedor. Ao selecionar as condições possíveis de implantação da estrutura, a ferramenta indica a estrutura mais favorável as alternativas inseridas a fim de substituir a utilização das barragens a montante, segundo os critérios ambientais, geotécnicos e econômicos (Figura 5).

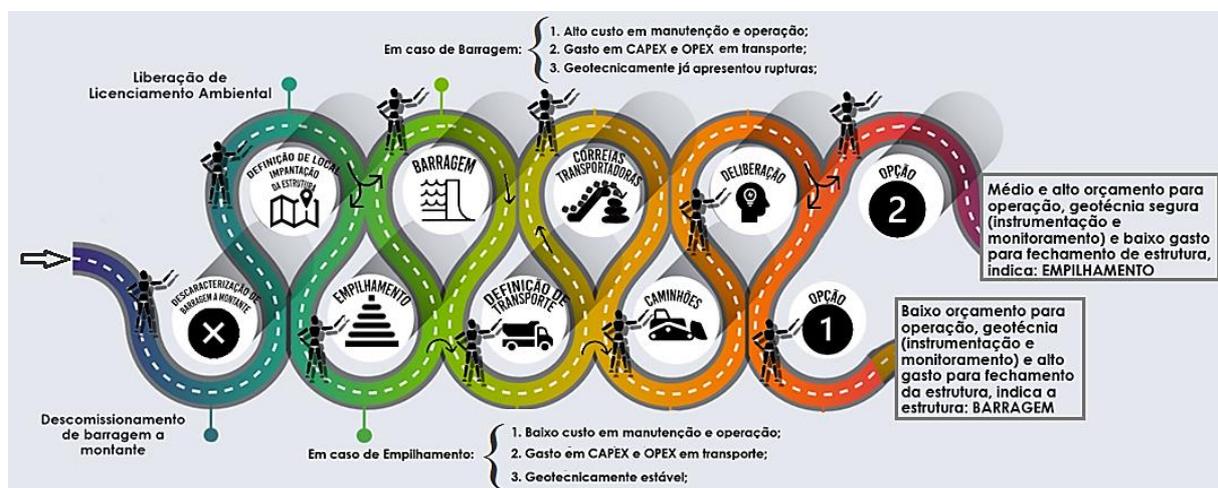


Figura 5. Esboço dos comandos interativos da ferramenta de tomada de decisão. Fonte: Autores (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o visto a atividade de mineração é crucial demanda atenção e cuidado para que haja redução de impactos ambientais negativos e sociais, devido as rupturas de barragens à montante. Os resultados obtidos proporcionaram uma compreensão aprofundada das técnicas atuais e culminaram na apresentação de uma ferramenta de tomada de decisão eficaz, representada pelo norteador na implantação de novas medidas, para a descaracterização de barragens em conformidade com a legislação vigente.

Esse instrumento de gestão pode representar a identificação da abordagem mais adequada para o armazenamento de resíduos e rejeitos, destacando a importância da gestão responsável para mitigar os impactos negativos associados ao setor da mineração. Além disso, evidenciam a necessidade premente de oferecer alternativas viáveis para substituir as barragens consideradas de alto e médio risco. Sugere-se em pesquisas futuras a consolidação e ampliação prática do método desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT-Associação brasileira de normas técnicas (2017). NBR 13029 Mineração -*Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha*. Rio de Janeiro.
- Alves, Pedro Ivo Amaro (2020). *Empilhamento de rejeito filtrado: a expansão de uma alternativa para substituição de barragens*. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Ávila, Joaquim Pimenta; Sawayab, Marta; Sayão, Alberto S. F; Ferreira, Leonardo A. (2021). *Segurança de barragens de rejeitos no Brasil: avaliação dos acidentes recentes*. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, n. 152, p. 435-464.

- BRASIL (2020). Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. *Dispõe sobre a classificação de barragens quanto ao potencial de dano associado e quanto ao risco*. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Seção 1, p. 1-2.
- Cruz, Rosy Cristina Amador (2023). *Análise da disposição de rejeito a seco relacionada ao projeto, estruturas de empilhamento e métodos de desaguamento do rejeito*. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Crystal, Collen; Hore, Cameron; Ezama, Ignacio. (2018). *Filter-Pressed Dry Stacking: Design Considerations Based on Practical Experience*. 2018. 11p. Tailing and Mine Waste, SRK Consulting.
- Duarte, A. P. (2008). *Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Davies, M.P. (2011). Filtered dry stacked tailings – the fundamentals. In Proceedings Tailings and Mine Waste, Vancouver, BC, Canadá.
- COPAM - Conselho de Proteção Ambiental (2017). Deliberação Normativa Copam nº217, de 06 de dezembro de 2017. *Estabelece critérios para classificação e critérios locacionais para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais*. Diário do Executivo. Minas Gerais.
- IISA - INDUSTRY, INNOVATION AND SCIENCE AUSTRALIA (2016). *Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry - Tailings Management*. Austrália.
- IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2012). *Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas: Relatório de pesquisa*. Brasília: Silva, A. P. M., Viana, J. P., Cavalcante, A. L. B. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15164>. Acessado em 07 mar. 2024.
- IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração (2016). *Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração*. Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. Brasília: IBRAM.
- Machado, Leonardo da Silva (2022). *Estabilização de rejeitos de minério de ferro filtrados com uso de aditivos para disposição em pilhas compactadas (dry stacking)*. 2022. 289 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MEND – Mine Environment Neutral Drainage Project. (2017). Report 2.50.1 *Study of Tailings Management Technologies*. Klohn Crippen Berger. The Mining Association of Canada (MAC), Canadá.
- Nunes, D. dos R (2014). *Comportamento geotécnico de pilha de estéril formada pelo método de disposição por correia*. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Oliveira, D. M. A. ; Silva, C. A. L. X (2020). . *Estudo da Arte de Instrumentação Geotécnica, Modos de Falha e Recomendações para Auscultação*. In: COBRAMSEG 2020, 2020, CAMPINAS - SP. COBRAMSEG 2020.
- Racia, I. N (2016). *Desenvolvimento de um Modelo de Dimensionamento de Equipamento de Escavação e de Transporte em Mineração*. Dissertação para Obtenção de Título de Mestre em Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Portes, A. M. C. (2013). *Avaliação da disposição de rejeitos de minério de ferro nas consistências polpa e torta*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil, 154p.
- Peixoto, C.L.P (2012). *Proposta de nova metodologia de desaguamento de rejeitos em polpa*. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Petronilho, M. R (2010). *Avaliação do comportamento geotécnico de pilhas de estéril por meio de análise de risco*. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.