

# Avanços e Boas Práticas de Engenharia no Âmbito da Mineração a Partir da Figura do Engenheiro de Registros (EdR)

Luigi Nascimento Pelizzoli

Engenheiro Geotécnico, GEOCOBA, Belo Horizonte, Brasil, luigipelizzoli@gmail.com

Ana Luiza Mendes Halabi

Engenheira Geotécnica, GEOCOBA, Belo Horizonte, Brasil, ana.halabi@lme.pcc.usp.br

Afrânio Costa Pereira

Engenheiro Geotécnico, VALE, Belo Horizonte, Brasil, afranio.pereira@vale.com

**RESUMO:** O Engenheiro de Registros (EdR) é um dos atores principais para a tomada de decisões em segurança de barragens, possuindo um papel crucial desde a concepção de projeto até o monitoramento da estrutura. Organizações como o *Canadian Dam Association (CDA)*, *International Committee on Large Dams (ICOLD)* e *International Council on Mining and Metals (ICMM)* possuem diretrizes para tal função, as quais são importadas e utilizadas na confecção de manuais internos de diversas empresas. Além disso, a legislação nacional, por meio da Resolução ANM nº 95 de Fevereiro/2022, exige que as estruturas de DPA alto possuam um Engenheiro de Registro. Porém, há escassez deste tipo de material no âmbito nacional e que se adeque às normativas e leis brasileiras. Nota-se também, lacuna de material de avaliação de performance da prestação do serviço do EdR. Segundo a Resolução nº 95, o Engenheiro de Registro deve ser capaz de apoiar a empresa na aplicação das boas práticas de segurança. Este deve avaliar continuamente a estrutura, em especial quanto a parâmetros de segurança e ao seu desempenho. Este artigo procura apresentar avanços, e boas práticas da EdR em território nacional, adequando tais diretrizes à experiência brasileira para esta função.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenheiro de Registro, Barragem de Rejeitos, Estrutura de Armazenamento de Rejeitos, Gestão de Riscos, Governança, Segurança de Barragens

**ABSTRACT:** The Engineer of Records (EoR) is one of the key players in decision-making for dam safety, playing a crucial role from project conception to the monitoring of the structure. Organizations such as the Canadian Dam Association (CDA), International Committee on Large Dams (ICOLD), and International Council on Mining and Metals (ICMM) have guidelines for such a role, which are imported and used in the creation of internal manuals for various companies. Moreover, national legislation, through Resolution No. 95 of February 2022, requires that high Associated Potential Damage (APD) structures have an Engineer of Record. However, there is a scarcity of this type of material at the national level that conforms to Brazilian norms and laws. It is also noted, a gap in performance evaluation material for the EoR service provision. According to Resolution No. 95, the Engineer of Record must be able to support the company in applying good safety practices. They must continuously assess the structure, particularly regarding safety parameters and its performance. This article seeks to present advancements and good practices of the EoR in the national territory, adapting such guidelines to the Brazilian experience for this role.

**KEYWORDS:** Engineer of Record, Tailings Dam, Tailings Storage Facility, Governance, Risk Management, Dam Safety

## 1 INTRODUÇÃO

O Engenheiro de Registro (EdR) tem como responsabilidade primária assessorar o Proprietário da estrutura nos principais aspectos do projeto, assegurando a todos os *stakeholders* o projeto e a operação da estrutura conforme as técnicas de engenharia vigentes. O *GISTM (Global Industry Standard on Tailings Management)* recomenda a nomeação de um Engenheiro de Registro experiente, com autoridade, papel e

responsabilidades bem definidos e com apoio do operador da estrutura, como princípio de gestão segura de barragens de rejeitos (GISTM, 2020).

O acompanhamento da estrutura por um engenheiro responsável é importante devido à sua complexidade, que tem a construção ao longo de sua vida útil relacionada a operação da mina, e que precisa ser, portanto, acompanhada para garantir que esta mantenha o conceito do projeto ou, se necessário, as alterações sejam realizadas de maneira segura (MACROBERT, 2022). O EdR é definido como responsável por auxiliar o empreendedor com orientação técnica, sendo responsável pela verificação do projeto, construção e operação da estrutura conforme as normas e diretrizes aplicáveis, além do registro de todas as informações relevantes no histórico da estrutura (IBRAM, 2019). Assim, tem um papel essencial na gestão de riscos da estrutura, a partir da gestão da informação, diminuição das incertezas em projetos, acompanhamento do desempenho da estrutura e avaliação periódica de sua segurança;

No âmbito nacional, o Engenheiro de Registros (EdR) foi primeiramente definido pela Resolução n. 95 da Agência Nacional de Mineração (ANM) (2022), e tem que ser um profissional externo à empresa proprietária da estrutura e cadastrado no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), e que deve ser capaz de dar apoio na aplicação das boas práticas de segurança nas barragens de rejeitos. Um EdR deve ser designado para todas as barragens de mineração que apresentem Dano Potencial Associado (DPA) alto. Assim, o EdR deve acompanhar a estrutura, avaliando sua segurança e emitindo relatório e ART, compondo o Processo de Gestão de Risco.

A importância de um EdR é vista pela MAC (2019) como uma boa prática no gerenciamento de estruturas de armazenamento de rejeitos, facilitando trocas de informações entre a área operacional, a executiva e, na gestão de informações e técnica durante o ciclo de vida das estruturas. Esta relação entre os diferentes atores no resporte de informações sobre a gestão das estruturas de armazenamento de rejeitos é apresentada na Figura 1.

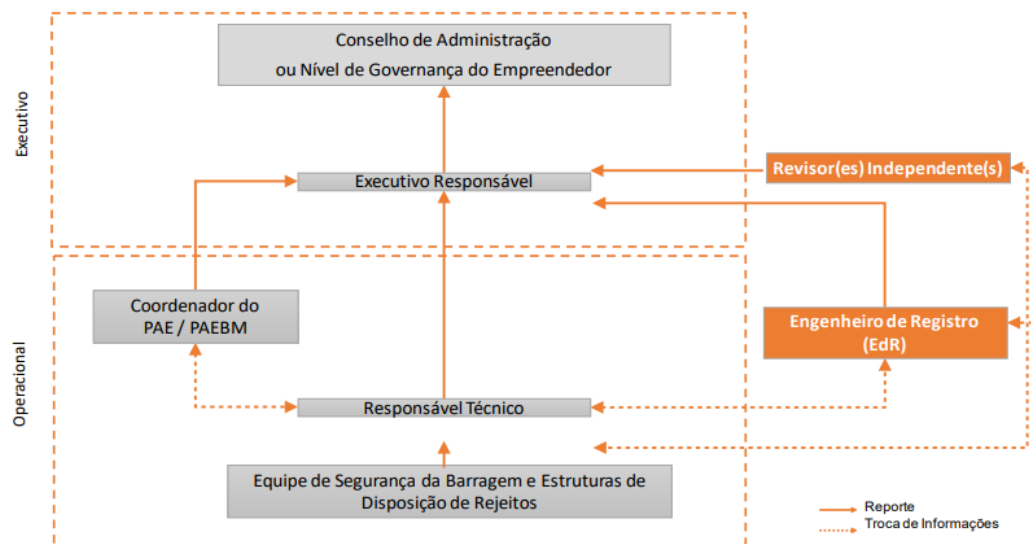


Figura 1. Ciclo de informações sobre gestão de TSFs. Fonte: ICMM (2018). Adaptado pelos autores.

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.

É importante que o EdR seja externo às operações, embora possa pertencer aos quadros da empresa, evitando conflitos de interesse e levando 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.

## 2 ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO DE REGISTROS

O papel do EdR é multifacetado, essencial e central para a gestão de segurança e sustentabilidade de uma instalação de rejeitos. Este profissional é o pilar central que sustenta várias áreas cruciais, como a expertise técnica no design e acompanhamento da estrutura, a comunicação estratégica com todas as partes interessadas, e a responsabilidade legal perante regulamentações e padrões da indústria (ilustrado na Figura 2). Com uma responsabilidade abrangente que vai desde a concepção até o fechamento da instalação, o EdR deve manter uma vigilância constante, garantindo que todas as fases do ciclo de vida da instalação estejam alinhadas com as melhores práticas e as expectativas dos *stakeholders* (GBA, 2018).



Figura 2. Ciclo de informações sobre gestão de TFSs. Fonte: GBA (2018). Adaptado pelos autores.

O EdR desempenha um papel vital em garantir a segurança e a integridade das instalações de rejeitos desde a concepção até o fechamento das TFSs (*Tailings Storage Facilities*). Esta função envolve uma série de responsabilidades críticas que começam com o desenvolvimento e a revisão do projeto para assegurar que todos os aspectos da instalação estejam em conformidade com os objetivos de desempenho, diretrizes aplicáveis, padrões e requisitos regulatórios. Também é encarregado de realizar inspeções de segurança de barragens, elaborar relatórios associados e participar ativamente em avaliações de risco, garantindo assim que a instalação opere de forma segura ao longo de seu ciclo de vida. Além disso, a implementação de um sistema formal de gestão de mudanças permite ao EdR avaliar, revisar, aprovar e documentar alterações de forma a manter a integridade e a segurança da instalação (GISTM, 2020).

O monitoramento técnico e a avaliação de desempenho são fundamentais para identificar e responder prontamente a qualquer desvio do desempenho esperado, com o EdR desempenhando um papel essencial na análise dos dados e na comunicação de preocupações ao proprietário e outras partes interessadas. A elaboração de documentos chave, são tarefas importantes que garantem a documentação adequada e a transparência das operações. Além disso, o EdR deve estabelecer e manter uma equipe de apoio experiente, comprometida com a melhoria contínua e a sustentabilidade de longo prazo das práticas de gestão de rejeitos.

Através da implementação de programas de qualidade e da manutenção de diálogos regulares e consultivos, o EdR impulsiona uma cultura organizacional voltada para a segurança, a responsabilidade e o aprimoramento constante. Esta abordagem integrada possibilita ao EdR desempenhar um papel crucial na

mitigação de riscos, na proteção ambiental e social, e na promoção da sustentabilidade dentro da indústria de mineração. Na prática, o EdR é responsável pela realização sistemática de inspeções e pela manutenção de registros precisos, o que permite uma resposta ágil e bem fundamentada a qualquer anormalidade. Uma comunicação eficaz com a comunidade e partes interessadas, como empreendedores, *RTFE (Responsible Tailings Facilities Engineer)* e *ITRB (Independent Tailings Review Board)*, junto com a interação com órgãos reguladores, solidifica a transparência e a confiança pública. Essa abordagem observacional e preventiva, enraizada na experiência do EdR, assegura a integração das dimensões operacionais, ambientais e sociais.

Organizações como o *CDA*, *ICOLD* e *ICMM* possuem diretrizes para tal função, as quais são importadas e utilizadas na confecção de manuais internos de diversas empresas e, embora haja um esforço contínuo para alinhar as práticas de gestão de rejeitos no Brasil às melhores práticas e padrões internacionais, como os propostos pelo *GISTM (2020)*. Ainda existem diferenças notáveis entre os manuais internacionais e a legislação nacional brasileira, principalmente em termos de aplicação e responsabilidades. Internacionalmente, há uma ênfase crescente na governança corporativa, na cultura de segurança, na gestão de risco durante todo o ciclo de vida das instalações de rejeitos e no envolvimento contínuo de um EdR, que ultrapassa o mero cumprimento técnico e legal e se estende para assegurar a aderência aos padrões éticos, ambientais e de segurança.

No Brasil, apesar dos avanços significativos pós-desastres de Mariana e Brumadinho, com a implementação de legislações mais rigorosas e o desenvolvimento de novos padrões de segurança, ainda pode haver lacunas na integração plena dos conceitos do *GISTM*, como a responsabilidade do EdR durante todo o ciclo de vida da barragem, incluindo fechamento e pós-fechamento, e a aplicação do princípio de risco *ALARP (As Low As Reasonably Practicable)*. Além disso, enquanto o *GISTM* enfatiza uma abordagem sistemática e proativa para a gestão de riscos, incluindo a análise contínua de riscos e a atualização das práticas de gestão de rejeitos, pode haver diferenças na frequência e no escopo dessas avaliações de riscos conforme exigido pela legislação brasileira. A comunicação transparente com os *stakeholders* e a responsabilização contínua por parte do EdR, como preconizado pelos padrões internacionais, são aspectos que ainda estão sendo fortalecidos no Brasil.

Ainda que o Brasil esteja avançando para fechar essas lacunas, é essencial continuar os esforços para integrar plenamente os princípios de governança e responsabilidade ambiental presentes nos manuais internacionais. Isso inclui a capacitação contínua de profissionais, a melhoria da transparência nas comunicações e o estabelecimento de revisões independentes e regulares das instalações de rejeitos para assegurar que os padrões de segurança sejam atualizados e estejam em conformidade com as melhores práticas internacionais. A adoção de tais práticas não só fortalecerá a segurança das barragens de rejeitos no Brasil, mas também promoverá uma cultura de segurança e sustentabilidade que é vital para o setor de mineração e para a sociedade como um todo.

### 3 A FIGURA DO EDR APLICADA NA GESTÃO DE RISCOS

A presença de um Engenheiro de Registro no acompanhamento de uma estrutura tem o objetivo de diminuir seus riscos associados à operação. Assim, este profissional é responsável por auxiliar em seu acompanhamento, facilitando o gerenciamento de riscos ao longo de sua vida útil. Porém, a descrição das obrigações desses profissionais, e a quais são os acompanhamentos realizados para o cumprimento desse objetivo, apresentam algumas especificidades quanto à atuação deste profissional.

Ambos o *GISTM* e a Res. N° 95 da ANM definem a obrigação do EdR de realizar o acompanhamento da estrutura, minimizando riscos de falhas e aumentando sua segurança. Além disso, é importante nas comunicações entre operadores, reguladores e a comunidade, e é fundamental na garantia de cumprimento de regulamentos e normas de segurança.

O EdR, para a legislação brasileira, é necessário para o atendimento dos requisitos legais em estruturas com DPA alto. Este profissional deve ser externo a empresa e deve apoiar a aplicação das boas práticas de segurança, assegurando a aplicação dos regulamentos, diretrizes e normas aplicáveis (RES N° 95 ANM), além de ser co-responsável legal pela estabilidade da estrutura. O profissional deve ser credenciado no órgão fiscalizador aplicável, como por exemplo, a ANM no caso das barragens de mineração e a FEAM-MG para as estruturas em Minas Gerais. Este profissional, então, deve ao longo do ano realizar inspeções periódicas (em geral, mensais), e avaliação contínua da instrumentação e comportamento da estrutura, apresentados

mensalmente nos Relatórios Mensais (RM). Além disso, o EdR deve atuar na elaboração do Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) semestralmente e emitir a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE). Assim, o Engenheiro de Registro na legislação brasileira pretende diminuir os riscos, sendo um consultor externo

Segundo o *GISTM*, o EdR deve auxiliar na implementação de medidas para redução do risco envolvido em uma estrutura de disposição de rejeitos, reduzindo a probabilidade de colapso e as consequências a um nível tão baixo quanto razoavelmente possível (do inglês, *ALARP*). Assim, o EdR deve produzir uma série de documentos com o objetivo de manter registros, realizar melhorias na estrutura e implementar a gestão de mudanças na estruturas. Dentre estes documentos temos:

- Relatório de Base de Projeto (do inglês, *DBR - Desing Basis Report*) – consolidação de dados da estrutura, detalhamento de pressupostos e critérios do projeto, com restrições operacionais. Deve ser atualizado sempre que ocorrer alguma mudança relevante na estrutura;
- Relatório de Registro de Construção (relatório “Como Construído” ou *As Built*), que deve ser atualizado sempre que houver mudança relevante na estrutura ou sua infraestrutura. Em caso de ausência deste, o empreendedor deverá desenvolver o Relatório “Como Está” ou *As Is*;
- Manual de Operações, Manutenção e Vigilância (OMV) – descrever o contexto e prever os controles críticos para operações seguras das estruturas, de forma a apoiar a gestão eficaz de riscos; prever frequência de leitura de instrumentos, identificando e apresentando evidências de desvios do desempenho esperado;
- Relatório de Avaliação de Alterações (RAA) – avaliação do impacto cumulativo de mudanças no nível dos riscos, além de apresentar recomendações para a gestão de riscos.

Apesar das diferenças entre a função do EdR nacional e as recomendações internacionais, observa-se que o objetivo e a principal função é a mesma. Este profissional deve registrar e analisar os dados da estrutura, monitorar o seu funcionamento e histórico, e auxiliar tecnicamente o empreendedor de forma a manter a segurança o mais segura o possível. Isso porque, seguindo o princípio de manter o risco tão baixo quanto razoavelmente possível (Princípio *ALARP*).

De maneira geral o EdR auxilia na diminuição das incertezas acerca da estrutura, no aumento da segurança dos projetos, na manutenção da estrutura e, assim, na diminuição da frequência de ocorrência de incidentes ou acidentes. Além disso, auxilia na diminuição da magnitude de consequências, dentre outros, a partir da previsão de controles críticos de instrumentos, o que permite uma resposta antecipada a incidentes. A Figura 3 apresenta o princípio *ALARP* aplicado na análise de risco, importante para o gerenciamento seguro das estruturas, exemplificando o papel da manutenção, da atualização de projeto e da mudança de plano de operação na redução de riscos de uma estrutura.

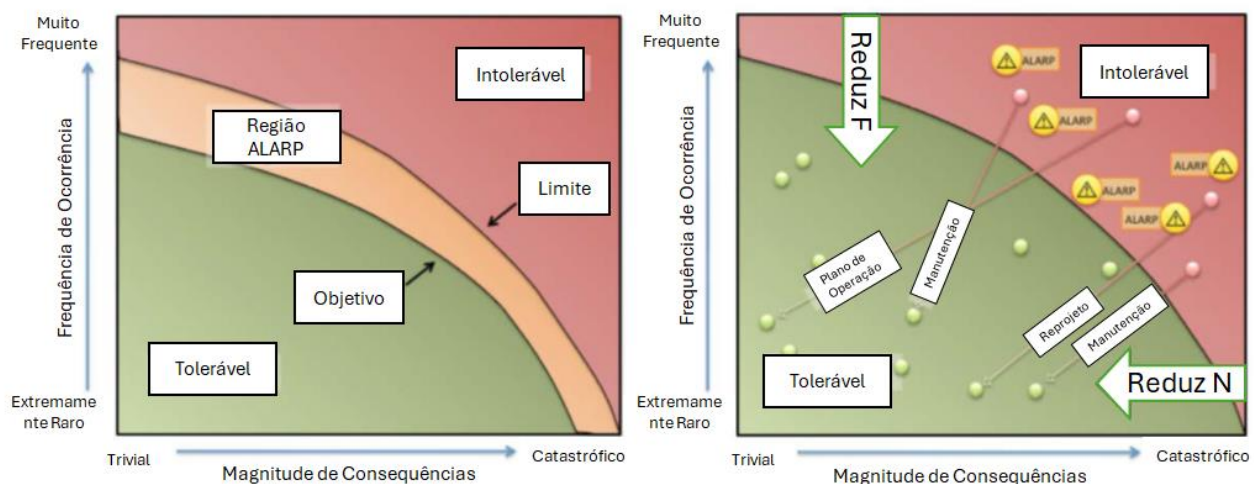


Figura 3. Ilustração esquemática do princípio *ALARP* aplicado no gerenciamento de riscos. Fonte: Williams (2021). Adaptado pelos autores.

## 4 CONCLUSÕES

O papel do Engenheiro de Registros emergiu como fundamental na gestão de segurança das barragens de rejeitos no Brasil, marcando uma evolução significativa na abordagem de segurança e sustentabilidade do setor de mineração. Através da implementação de legislações rigorosas e a adoção de padrões internacionais como o *GISTM*, o EdR atua como um pilar central na garantia das práticas de engenharia aplicadas ao longo do ciclo de vida das *TSFs*, de modo que estejam alinhadas com as melhores práticas e as expectativas de todas as partes interessadas. Esta função não apenas assegura a integridade técnica e a conformidade regulatória das instalações, mas também promove uma cultura de segurança, responsabilidade e transparência entre operadores, reguladores e a comunidade.

Apesar dos avanços, persistem desafios na plena integração dos princípios de governança e responsabilidade ambiental preconizados pelos padrões internacionais, notadamente em aspectos como a gestão de riscos *ALARP* e a comunicação transparente com *stakeholders*. A continuidade dos esforços para o alinhamento das práticas brasileiras às melhores práticas internacionais é essencial para não apenas fortalecer a segurança das barragens de rejeitos, mas também para consolidar uma indústria de mineração sustentável e socialmente responsável no Brasil. O compromisso contínuo com a capacitação de profissionais, a melhoria da transparência nas comunicações e a realização de revisões independentes regulares são passos fundamentais para alcançar estes objetivos, promovendo assim um legado de segurança e sustentabilidade para as futuras gerações.

É imperativo destacar a persistente carência de materiais e diretrizes específicas nacionais que norteiem a performance e avaliação contínua da atuação do EdR ao longo da vida útil das estruturas. Essa lacuna se traduz em um desafio para a implementação e manutenção de práticas consistentes e eficazes, que garantam a segurança e a sustentabilidade dessas instalações em longo prazo. A criação e a disseminação de manuais, diretrizes, e estudos de caso nacionais que se alinhem às peculiaridades e regulamentações brasileiras são fundamentais para preencher essa lacuna, assegurando assim que a atuação do EdR esteja sempre pautada nas melhores práticas e na vanguarda da tecnologia e da inovação em engenharia geotécnica. A continuidade da pesquisa e o desenvolvimento de material específico nessa área são cruciais para a evolução contínua da segurança de barragens de rejeitos no Brasil, contribuindo para a mitigação de riscos e para a proteção do meio ambiente e das comunidades ao redor dessas estruturas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas GEOCOBA e VALE pelo ambiente de troca de ideias e experiências.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANM. Agência Nacional de Mineração. Resolução n° 95, de 07 de fevereiro de 2022. *Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração*. Brasil, 2022.
- CDA. Canadian Dam Association. (2019) *Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*. Tech. Bul. Mining Dams Comm. Can. Dam Ass., Disponível em: <https://www.cda.ca/ItemDetail?iProductID=faa3a4d0-7d70-4429-998a-f4d8dce8b588&Class=09c61659-a500-41dc-ac034dd71a7120b7&WebsiteKey=f82d2da7-0fd4-40d3-aa86-fb45e40121d5>. Acesso em: 14 mar. 2024. Toronto, Ontario.
- GBA. Geoprofessional Business Association. (2018) *Proposed Best Practices for the Engineer of Record (EOR) for Tailings Dams*. 25 p.
- Global Tailings Review. (2020) *Global Industry Standard on Tailings Management*. International Council on Mining and Metals (ICMM), United Nations Environment Program (UNEP), Principles for Responsible Investment (PRI), 2020, 42 p.
- IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. (2019) *Guia de Boas Práticas de Gestão de Barragens e Estruturas de Disposição de Rejeitos*. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2019/07/manual-ibram-2019-07-14-r0f-1.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2024.

- ICMM. International Council on Mining and Metals. (2021) *Tailings Management: Good practice guide*. London: ICMM, 2021.
- MAC. Mining Association of Canada. (2019) *A Guide to the Management of Tailings Facilities: Version 3.1*. Ottawa: The Mining Association of Canada, 2019.
- MacRobert, C.; Wates, J.; Coetzee, A.; Howell, G. (2022) *GISTM: Who are the responsible individuals?* Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, v. 122, n. 6, p. 299-304.
- MINAS GERAIS. Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021. *Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências*. Belo Horizonte: Minas Gerais, 25 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacaomineira/texto/DEC/48140/2021/?cons=1>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- Ruiden, P.; Thomas, F.; Pei, E.; David, M. (2021) *Engenheiro de Registro (EOR) para Instalações de Rejeitos*. Disponível em: <<https://www.knightpiesold.com/sites/en/assets/File/KP%202021%20-%20EORServicesGuidelinePortuguese.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- Silva, A. (2022) *Aplicação de um Engenheiro de Registro (EDR) em Barragens de Abastecimento de Água: Benefícios na Segurança*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hídrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.
- Williams, D. (2021) *Lessons from Tailings Dam Failures — Where to Go from Here?* Minerals, v. 11, n. 853, 34 p.