

Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM). Preparando-se para Implementação.

Marcelo Roberto Barbosa

Diretor Técnico, MB Consultoria Mineral Ltda, Rio de Janeiro, Brasil, marcelo.barbosa@mbcm.com.br

Lucas Samuel Santos Brasil

Analista Pleno, GWS Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, lucas.brasil@gwseengenharia.com.br

Flavia Cruz Pereira

Analista Sistema, LM Consulting Ltda, Belo Horizonte, Brasil, flavia.cruz@lmconsulting.com.br

Denise Capanema

Analista Pleno, GWS Engenharia Ltda, Belo Horizonte, Brasil, denise.capanema@gwseengenharia.com.br

Marina Borges

Analista Pleno, Vale SA, Belo Horizonte, Brasil, marina.borges@vale.com

RESUMO: O lançamento do Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos, GISTM da sigla em inglês em agosto de 2020, representou um divisor de águas no gerenciamento das Estruturas de Armazenamento de Rejeitos (EARs), trazendo para um mesmo guia uma robusta abrangência temática, técnica e não técnica, até certo ponto inédita, tendo em vista as partes envolvidas na elaboração. Atestando sua importância, todas as mineradoras globais, membros do Conselho Internacional de Mineração e Metais, ICMM da sigla em inglês, firmaram compromisso público para sua adoção. À primeira vista, o Padrão parece tarefa complexa e de difícil implementação, mas não é, desde que seja encarada como uma transformação cultural na gestão de rejeitos da Companhia. O trabalho apresenta alguns aspectos de uma implementação do GISTM em empresas, trazendo o caso da Vale SA, que entre 2020 e 2023 alcançou conformidade em 48 EARs. Através de um diagrama do arcabouço de governança, os Macroprocessos da Fase de Pré-Implementação serão comentados, sugerindo uma forma de se preparar para implementar, alcançar e manter a conformidade ao Padrão. Com isso, espera-se estar contribuindo para estimular outras mineradoras no engajamento voluntário ao GISTM, visando um contínuo aprimoramento dos processos, elevando a segurança das EARs.

PALAVRAS-CHAVE: GISTM, Rejeitos, Barragem, Estrutura Geotécnica, Compliance Geotécnico

ABSTRACT: The launch of the Global Industry Standard on Tailings Management, GISTM for its acronym in English, in August 2020, represented a milestone in the management of Tailings Storage Facilities (TSFs), bringing a robust thematic technical and non-technical coverage to the same guide, to some extent unprecedented, considering the parties involved in the preparation. Attesting to its importance, all global mining companies, members of the International Council on Mining and Metals, ICMM for its acronym in English, made a public commitment to its implementation. At first glance, the Global Standard seems like a complex and difficult task to implement, but it is not, as long as it has to be seen as a cultural transformation in the Company's waste management. The work presents some key aspects for companies to implementing GISTM, bringing some facts about Vale SA, which between 2020 and 2023 achieved compliance for 48 TSFs. Through a governance framework, the Macroprocesses of the Pre-Implementation Phase will be commented, suggesting a way of preparation to achieve and maintain compliance with the Standard. Finally, it is expected to encouraging other mining companies to voluntarily engage with GISTM, aiming at the continuous improvement of processes to increase the safety of the TSFs.

KEYWORDS: GISTM, Tailings, Dam, Geotechnical Structure, Geotechnical Compliance

1 INTRODUÇÃO

O documento “Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos”, GISTM da sigla em inglês, (ICMM, 2020), que será tratado neste artigo também como “Padrão de Rejeitos” ou simplesmente “Padrão”, representou um divisor de águas para a indústria mineral no gerenciamento mais responsável e sustentável para Estruturas de Armazenamento de Rejeitos (EARs), ou “barragens de rejeitos”, também tratados neste artigo como “barragens”. Ele reuniu em um mesmo guia, uma abrangência temática, técnica e não técnica, até certo ponto inédita, tendo em vista a diversa e robusta documentação de diretrizes e boas práticas sobre rejeitos já disponíveis na mineração global.

A elaboração do GISTM, publicado em agosto de 2020, teve como gatilho o rompimento de barragens de rejeitos em anos anteriores, culminando com o incidente de Brumadinho no Brasil em 2019. Um reforço a esta iniciativa para o desenvolvimento de um Padrão de Rejeitos vem de Williams, D.J. (2021) que lembra que os alteamentos progressivos das barragens de rejeitos levaram a uma taxa inaceitável de falhas catastróficas, resultando em mortes e danos a infraestruturas e ambientais. O autor ressalta ainda que a taxa de danos em barragem de rejeitos é cerca de duas ordens de magnitude superior à de barragens de água.

O GISTM foi fruto de uma colaboração entre o Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e os Princípios para o Investimento Responsável (PRI). Este consórcio inédito trouxe uma produtiva mescla de objetivos e valores que concebeu um conjunto abrangente de diretrizes e requisitos, mirando uma gestão mais segura, não só da engenharia e geotecnia, mas também social, ambiental e de governança para as barragens de rejeitos durante todo seu ciclo de vida, desde o projeto e construção até a operação, fechamento e pós-fechamento, além de prever que o Padrão deve ser aplicado a barragens atuais e futuras.

Em relação aos prazos de implementação, o GISTM recomendou que as empresas membros do ICMM, implementassem e divulgassem suas conformidades até agosto de 2023 para as barragens classificadas como de consequência extrema e muito alta. Para as demais barragens de rejeitos, o prazo final para a conformidade é agosto de 2025.

Para esclarecimento, “Conformidade” significa que a empresa é capaz de demonstrar a existência de sistemas e processos para implementar todos os Requisitos aplicáveis do Padrão (sem conflitar com a legislação pertinente vigente).

Diversos autores vem destacando a relevância do GISTM para a indústria, entre eles Romero, J.P. (2023) que cita que o Padrão dá forte ênfase na prevenção de falhas catastróficas pois promove a adoção de abordagens baseadas em riscos para garantir a segurança dos trabalhadores, das comunidades e do meio ambiente. Ele acrescenta que ainda incentiva o uso de melhores práticas para minimizar o impacto ambiental, inclui medidas para reduzir o consumo de água, prevenir a poluição e promover a reabilitação e recuperação para restaurar os ecossistemas afetados. O autor finaliza dizendo que o Padrão enfatiza a importância de transparência, responsabilização e envolvimento das partes interessadas, além de encorajar as mineradoras a divulgarem informações relevantes sobre suas barragens e interagir com as comunidades afetadas.

Sova, M.R. et al. (2023) coloca que proprietários de minas, reguladores e consultores de engenharia já vinham reportando sobre aspectos técnicos e de segurança de barragens, porém, com o novo Padrão, eles agora reportam a um nível ainda não exigido ou definido, pois o ciclo de vida típico de uma barragem pode durar de 10 a 100 anos, e as instalações muitas vezes passam por construções progressivas, mantendo-as ativas. A autora ainda lembra que envolver-se na conformidade ao Padrão tem sido um grande desafio para a indústria, exigindo maior responsabilidade dos engenheiros e proprietários das barragens.

O trabalho tem o objetivo de trazer alguns aspectos da implementação do GISTM em empresas, compartilhando o caso da Vale SA que implementou o Padrão entre 2020 e 2023 para 48 barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá.

2 SOBRE O GISTM E OS PROTOCOLOS DE CONFORMIDADE

2.1 GISTM

O GISTM, possui 6 Tópicos, subdivididos em 15 Princípios, que por sua vez se dividem em 77 Requisitos auditáveis. A Figura 1 mostra de forma resumida quais os temas inter-relacionados por todo o Padrão, sendo importante frisar que, de alguma forma, boa parte deles estão contemplados na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

6 Tópicos	15 Princípios	77 Requisitos
1 - Comunidades Afetadas	1 - Direitos Humanos	4
2 - Base Integrada de Conhecimentos	2 - Cohecimento	4
	3 - Informação para Decisão	4
3 - Projeto, Construção, Operação e Monitoramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos	4 - Planejamento	8
	5 - Desenho	8
	6 - Riscos	6
	7 - Monitoramento	5
4 - Gestão e Governança	8 - Políticas	7
	9 - EoR	5
	10 - Revisão	7
	11 - Cultura	5
5 - Respostas a Emergências e Recuperação de Longo Prazo	12 - Denunciante	2
	13 - Emergência	4
6 - Divulgação Pública e Acesso à Informação	14 - Recuperação	5
	15 - Divulgação	3

Figura 1. Temas inter-relacionados dos Tópicos, Princípios e Requisitos do GISTM.

O Padrão reúne elementos de transformação cultural e estabelece uma nova visão mais integradora e abrangente, que chama a responsabilidade agora para todas as áreas da empresa, que de alguma forma interagem para que as equipes de geotecnia de barragens estejam instituídas e valorizadas, e ainda tendo como premissa ser um Padrão ativo por todo o ciclo de vida das barragens. Outros destaques do novo Padrão é que as avaliações e auditorias de conformidade (internas e externas) passam a ser individualizadas por cada barragem, e atribui novos papéis e responsabilidades, transpassando toda a hierarquia da empresa dos níveis operacionais até os mais altos níveis.

2.2 Os Protocolos de Conformidade

O documento Os Protocolos de Conformidade (ICMM, 2021) também elaborado pelo ICMM, foi publicado em maio de 2021. Este documento teve a colaboração de 2 empresas de consultoria internacional e do “Grupo de Trabalho sobre Rejeitos do ICMM”, composto por profissionais de 21 empresas membros do ICMM.

O objetivo principal destes protocolos é servir de guia para que as empresas e terceiras partes independentes possam avaliar a implementação dos requisitos e confirmar a conformidade com o GISTM.

É um documento sob a forma de fichas, com critérios de como os requisitos deverão ser avaliados, e alguns exemplos de documentações, atividades e iniciativas que poderão ser apresentadas como evidências para os 77 requisitos auditáveis do Padrão. Importante ressaltar que apesar destas orientações, o conteúdo dos requisitos deve ser amplamente estudado, interpretado e entendido pelas equipes envolvidas na implementação, pois carregam uma rica transversalidade de disciplinas, e deve ser aproveitado ao máximo, auxiliando sobremaneira no engajamento e integração das equipes. A Figura 2 mostra o exemplo de uma página do documento sob a forma de ficha para cada um dos 77 requisitos do Padrão.

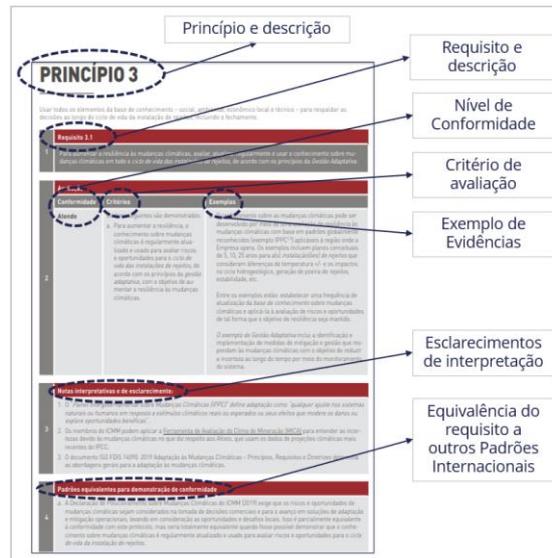


Figura 2. Exemplo de página do documento Os Protocolos de Conformidade sob a forma de ficha para cada um dos 77 requisitos do Padrão.

O Padrão, portanto, por meio dos protocolos de conformidade do ICMM, ajudará a demonstrar a todas as partes interessadas, que práticas responsáveis estão sendo aplicadas em todo o ciclo de vida das barragens de rejeitos da empresa.

Finalmente é relevante destacar uma recomendação deste documento para que as empresas membros do ICMM estejam comprometidas de demonstrar suas conformidades com base, no mínimo, em autoavaliações dentro dos prazos acordados. No entanto, deve-se contratar terceiras partes independentes para realizar uma validação ou verificação, assim que razoavelmente possível, para confirmar as afirmações feitas nas autoavaliações.

3 MACROPROCESSOS DE GOVERNANÇA GISTM E ALGUNS ASPECTOS DA IMPLEMENTAÇÃO

O arcabouço de governança GISTM necessário para a implementação nas empresas, pelas diversas peculiaridades intrínsecas, e a variada gama de fatores que regem suas estruturas de rejeitos, indica que não há como ter uma “bala de prata” de metodologias e arcabouços prontos ou ideais. O que a experiência mostra é que cada empresa deverá desenvolver sua própria metodologia e sua única jornada de transformação cultural ao adotar o GISTM, o que vem necessariamente ao longo do tempo, porém, obviamente, aproveitando-se de vivências de implementações divulgadas na indústria global, que é exatamente a intenção com o presente artigo.

O diagrama dos macroprocessos a ser apresentado, carrega importante maturidade, graças ao seu tempo de implementação, que permitiu uma profunda interpretação e entendimento dos ‘meandros’ dos requisitos GISTM. A Figura 3 mostra a sequência dos macroprocessos e suas inter-relações com as 3 Fases da implementação sugeridas.

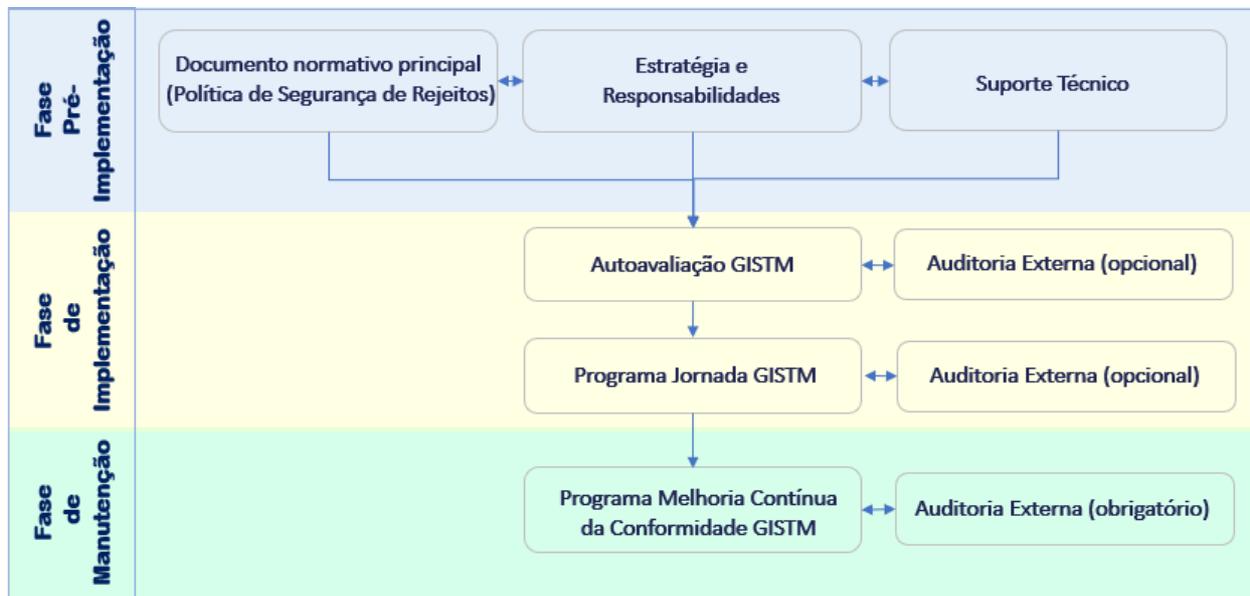


Figura 3. Macroprocessos de governança GISTM em suas 3 Fases: Pré-Implementação, Implementação e Manutenção da Conformidade ao Padrão.

Todos os Macroprocessos são desdobrados em inúmeros processos e produtos, porém, pela limitação imposta ao tamanho do artigo, apenas os Macroprocessos da Fase de Pré-Implementação serão comentados em seus pontos de atenção e aspectos chave.

3.1 Macroprocessos da Fase Pré-Implementação do GISTM

A experiência mostrou que, com o foco nos 3 Macroprocessos desta Fase, se bem discutidos e planejados internamente, conseguem entregar para as empresas uma boa visibilidade de como o Padrão estará integrado futuramente dentro dos processos da Companhia. Os Macroprocessos que serão comentados a seguir são interdependentes e não necessariamente tem um prazo definido para serem concluídos.

3.1.1 Macroprocesso - Documento Normativo Principal

Este macroprocesso pode ser encarado como o “ponto de partida” da implementação do Padrão na empresa. Trata-se de documento de extrema importância que, pode até já existir internamente junto com outros normativos da empresa, e/ou ter outras denominações, mas em geral deve ser elaborado e intitulado como “Política de Segurança de Rejeitos”. Este documento chancela o comprometimento da alta administração com a gestão responsável dos rejeitos, e com a implementação do GISTM, ou mesmo podendo ser outro padrão de conformidade já existente, externo ou interno, nacional ou internacional.

Este documento deve ter a assinatura do maior nível hierárquico da empresa, e ampla divulgação interna e pública, dando visibilidade a seriedade do compromisso aos funcionários e ao mercado.

- *Caso da Vale SA: A Política foi revisada e publicada com ampla divulgação interna.*
- *Lição: Base importante para construir a sinergia e engajamento necessários.*

3.1.2 Macroprocesso - Estratégia e Responsabilidades

Este macroprocesso traz 3 pontos de atenção a serem considerados:

- **Prazo de implementação:** Para empresas não membros do ICMM o engajamento ao Padrão é voluntário, e, portanto, este prazo é livre e flexível, e deve ser ajustado a necessidade e a viabilidade enxergada pela empresa.
 - *Caso da Vale SA: Foram 3 anos para alcançar a Conformidade GISTM em 48 barragens.*

- *Lição: Deve se ter como premissa um cronograma realista e factível, com metas progressivas. O importante é planejar-se para ir atingindo as metas aos poucos, o que rodará um loop contínuo de estímulo às equipes envolvidas e à alta administração.*
- **Recursos humanos:** A “equipe GISTM” deve ser preferencialmente dedicada, ou seja, independente da equipe operacional da barragem. O benefício da dedicação exclusiva deve-se ao fato de que pela multidisciplinariedade dos requisitos do Padrão, uma interlocução técnica central é mais produtiva e integradora, constituindo referência e ponto focal nos desdobramentos da implementação, além de não levar sobrecarga de novas demandas às equipes operacionais. Esta equipe dedicada deve ter pelo menos um profissional sênior da empresa com expertise em geotecnia de mineração.
 - *Caso da Vale SA: A equipe GISTM flutuou entre 10 profissionais (2 em tempo integral da Vale SA (1 sênior e 1 trainee), e 8 contratados de empresas terceiras de geotecnia e tecnologia (3 em tempo integral (profissionais pleno), 3 meio período (profissionais júnior e pleno) e 2 sob demanda (profissionais sênior))*
 - *Lição: Um pequeno núcleo GISTM dedicado é suficiente para acompanhar e buscar engajamento dentro da companhia aos processos de implementação.*
- **Recursos financeiros:** O orçamento a ser empenhado é outro assunto de livre discussão na empresa, diretamente relacionado ao número de estruturas de rejeitos, e obviamente, intrínseco a disponibilidade. Este item terá reflexo mais visível em 3 pontos importantes: no prazo da implementação, na equipe dedicada, e no suporte técnico, seja de consultoria ou tecnologia.
 - *Caso da Vale SA: Opção pelo longo prazo de implementação (segundo o prazo recomendado pelo ICMM de 3 anos), equipe GISTM própria “enxuta” e preferência por desenvolver sua plataforma de tecnologia para gestão e controle.*
 - *Lição: Deve-se ter em mente que, como o prazo, equipe e infraestrutura podem ser adaptados, a decisão sobre o orçamento de implementação também pode. A mensagem é, que é melhor iniciar a implementação em ritmo mais lento do que postergar ou não iniciar.*

3.1.3 Macroprocesso – Suporte Técnico

Este macroprocesso traz 2 pontos de atenção a serem considerados:

- **Expertise técnica externa:** Este ponto trata da necessidade de buscar conhecimento técnico externo para apoiar a implementação do Padrão, que em princípio se dá sob três formas:
 - a) **Consultoria técnica:** Essa forma de suporte não é prevista no Padrão e, portanto, é opcional e de livre iniciativa da empresa, segundo sua necessidade de adquirir conhecimento para implementação. Pode ser empresa ou consultor independente para orientar os primeiros passos no GISTM e/ou acompanhar os desdobramentos dos trabalhos de implementação.
 - *Caso da Vale SA: Foram contratadas duas empresas para acompanhar toda a implementação até a conformidade. Uma empresa de engenharia e geotecnia (respaldo nas áreas técnicas e não técnicas do Padrão), e uma empresa de tecnologia e gerenciamento de projetos e processos (respaldo no ambiente digital de armazenamento, gestão, controle de indicadores de performance (KPI) e visibilidade dos resultados).*
 - *Lição: Pela multidisciplinariedade do Padrão e suas temáticas abrangentes, não é imprescindível contratar ou montar uma grande equipe como visto no item 3.1.2, porém, a aquisição de conhecimento prévio do Padrão, pelo menos nos primeiros passos para planejar um bom “roadmap”, é bastante aconselhável.*
 - b) **Profissional independente:** Essa forma de suporte é recomendada pelo Padrão para uma atividade específica de validação dos resultados, que também pode ser chamada de verificação

ou auditoria. Esta atividade é importante quando a empresa já iniciou o trabalho de implementação e decide que precisa calibrar sua metodologia e resultados em andamento, ou ainda, confirmar o nível de conformidade já alcançada até aquele momento. Os Protocolos de Conformidade denominam esta atividade de “validação de terceiros” ou “auditoria de terceiros”, que deve ser realizada por um profissional ou auditor com a experiência, competências e conhecimentos necessários para confirmar, com perícia a razoabilidade, a autenticidade das afirmações feitas pelas autoavaliações das empresas, ou para realizar uma auditoria autônoma.

Importante alertar em relação a prazos, que, apesar de ser apenas uma recomendação, esse texto do Padrão reitera que as empresas devem contratar auditores para realizar a validação de terceiros o mais rápido possível para confirmar as afirmações das autoavaliações. Posteriormente, os intervalos entre as auditorias independentes devem ser de no máximo três anos para as barragens com consequência “Extrema” ou “Muito alta” e de cinco anos para todas as outras.

- *Caso da Vale SA: Foram contratadas duas empresas para auditoria em dois períodos diferentes. A primeira rodada foi uma “auditoria de calibração” após a primeira autoavaliação das barragens (para analisar a metodologia e o nível de conformidade alcançada até aquele momento), e uma segunda rodada, com uma “auditoria de verificação e validação” antes da divulgação da conformidade ao mercado (para assegurar a confiabilidade dos resultados).*
- *Lição: Apesar destas calibrações, validações, verificações, ou auditorias não serem mandatórias, mas recomendações do Padrão, o importante é assegurar a qualidade e a confiança nos resultados da implementação, sendo a melhor forma dessa asseguarção, uma visão externa e independente.*

c) Conselho Independente de Revisão de Rejeitos (ITRB da sigla em inglês) e Revisor Técnico Sênior Independente: Esta forma de suporte é obrigatória pelo Padrão. Diversos requisitos mais focados em riscos e emergências solicitam que, algumas atividades, documentos e/ou produtos a serem apresentados como evidência de atendimento destes requisitos, passem pelo crivo ou de um ITRB (que é um grupo de 2 ou mais Revisores Independentes, com experiência acima de 25 anos) ou de um Revisor Independente (que é apenas 1 profissional com experiência acima de 25 anos). Esta escolha entre ITRB ou Revisor Independente é uma opção da empresa contratante, que pode se dar em função do número de barragens (quanto maior a quantidade, melhor é ter a opinião de um grupo de especialistas), mas também pode ser pelo nível de criticidade ou risco do ativo naquele momento, que também exigiria preferencialmente a opinião de mais de um especialista.

- *Caso da Vale SA: Foram contratadas as duas formas de suporte.*
- *Lição: Importante atender a esta exigência do Padrão, procedimento fundamental, principalmente pela segurança física das barragens.*

o) Transformação digital: Este ponto de atenção trata da promoção de um ambiente digital na empresa, igualmente de sua livre iniciativa, podendo ser ajustado a necessidade e a viabilidade dos recursos humanos, tecnológicos e orçamentários. Importante frisar que estes ambientes digitais, em geral, são escalonáveis, podendo iniciar-se com ferramentas básicas, as chamadas “low code”, e ir-se construindo melhorias e robustez progressivamente. Todavia, este ponto é sensível, e deve ser entendido como a forma “ótima” de organizar e registrar todo o processo de governança, além do potencial que carrega de ser o “cartão de visita” da implementação do GISTM interno e externamente, principalmente visando futuras auditorias.

Esta transformação digital sugerida tem pelo menos 3 objetivos:

- a) Cadastro unificado de dados em rede corporativa: Deve-se evitar cadastros e manipulação de dados e informações em fontes isoladas. Pode-se pensar em “front-end” com interfaces mais amigáveis, padronização, metadados e controles de acessos. Busca-se no mínimo dar confiabilidade e auditabilidade aos dados e evitando disseminação de dados divergentes pela empresa;
- b) Armazenamento e consulta centralizados dos dados e evidências: Deve-se evitar diretórios isolados e não controlados. Pode-se pensar em repositórios mais robustos para os arquivos digitais de evidências, com segurança e controle de acessos e “backlog” de alterações e modificações. Busca-se, no mínimo demonstrar integridade do ambiente de ponta a ponta (importante nas auditorias), e;
- c) Tratamento, gerenciamento e divulgação dos dados: Deve-se evitar ferramentas sem regras de alerta de erros de digitação e redundâncias ou outras. Pode-se pensar no desenvolvimento de indicadores de performance (KPIs), com saídas em painéis “dashboards” com gráficos customizados, e relatórios e mapas parametrizáveis.
 - *Caso da Vale SA: Foi desenvolvido ambiente digital apropriado e escalonável.*
 - *Lição: Deve-se procurar desenvolver um ambiente digital centralizado e integrado com ferramentas de gestão e controle em rede, dando visibilidade ao acompanhamento interativo da implementação e de seus resultados progressivos, que, de alguma forma, auxilia e estimula a transformação cultural sugerida pelo Padrão.*

4 CONCLUSÃO

Um diagrama do arcabouço de governança GISTM foi sugerido e seus Macroprocessos foram comentados junto a fatos reais da empresa Vale SA, que implementou o Padrão e alcançou a conformidade para 48 EARs em 3 anos.

A mensagem principal é que, para as empresas não membros do ICMM, existe uma grande flexibilidade para implementação do GISTM em termos de prazo, equipe e/ou recursos financeiros. Estas variáveis podem ser ajustadas a qualquer perfil de empresa, o que retira, em parte, a aparente dificuldade e complexidade de implementação pela magnitude do Padrão, o que se entende como um convite para que possam engajar-se voluntariamente, iniciando suas jornadas de transformação cultural trazidas pelo GISTM.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Vale SA pela autorização do uso dos fatos descritos da sua implementação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICMM (2020) Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM).

ICMM (2021) Os Protocolos de Conformidade - GISTM.

Romero, J.E. (2023) Engineers of Record, Professional Registration, and the Mining Industry in Mexico. In: Anais do Tailings and Mine Waste 2023, Vancouver, Canada p. 201–212.

Soya, M.R.; Erturk, H.S.; Hatton, C.N. (2023) Effective EoR Succession Planning. Recommendations for Implementation of GISTM. In: Anais do Tailings and Mine Waste 2023, Vancouver, Canada p. 213–224.

Williams, D.J. (2021) Lessons from Tailings Dam Failures — Where to Go from Here? Minerals, 11, 853. 34P. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/min11080853> Acesso em: 10 março 2024.