

# Barragens de Rejeitos da Mineração de Ferro: Panorama Geral Brasileiro e Avaliação de Impactos Associados

## Tailings dam of Iron Mining: Brazilian Overview and Impact Assessment

Luana Cactano Rocha de Andrade

Universidade Pitágoras Unopar, Curso de Engenharia Civil. PR, Brasil.  
E-mail. [luana.rocha@kroton.com.br](mailto:luana.rocha@kroton.com.br)

---

### Resumo

A disposição final de rejeitos advindos do beneficiamento do minério de ferro em barragens pode trazer consigo inúmeros riscos e impactos potenciais associados. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo traçar um panorama das barragens de rejeitos da mineração de ferro no Brasil e demonstrar uma avaliação de impactos ambientais nas fases de construção, operação e encerramento destas barragens de rejeito. Para elaboração do panorama das barragens de rejeito do Brasil foram utilizados dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) enquanto que a avaliação dos impactos ambientais fundamentou-se na Resolução Conama N.º 01/86. Como resultados obteve-se um panorama em que 75% das barragens de rejeitos da mineração de ferro do Brasil apresentam alto impacto potencial associado, sendo observados impactos relevantes e de alta magnitude em todas as fases da vida útil de uma barragem.

**Palavras-chave:** Mineração de Ferro. Barragem de Rejeito. Avaliação de Impactos Ambientais.

### Abstract

*The final disposal of iron ore tailings within dam's structures can bring many risks and potential impacts. Therefore, this study aimed to draw an overview of iron ore tailings dams in Brazil. In addition, to apply a methodology for environmental impacts assessment of tailings dams construction, operation and closure phases. The panorama of the tailings dams in Brazil was made with data provided by the Nacional Department of Mineral Research (DNPM) while the methodology for environmental impact assessment was based on the Brazil Federal Law N.º 01/86. As a result, 75% of iron mining tailings dams in Brazil have a high potential impact associated. Further, it was observed that relevant and high magnitude impacts at all life phases of these dams.*

**Keywords:** Iron Ore. Tailings Dams. Environmental Impact Assessment.

---

### 1 Introdução

A mineração de ferro apresenta importância decisiva junto ao desenvolvimento econômico do Brasil, entretanto, é importante lembrar que ela gera um grande ônus para sociedade: o surgimento de uma enorme extensão de áreas drasticamente alterada que, na maioria das vezes, não poderá ter um uso futuro. Diante disso, e devido ao aumento da produção de minério de ferro, observado nas últimas décadas, as interações entre a atividade minerária e o meio ambiente assumiram grande relevância. Estudos demonstram que os impactos causados por essa atividade são inúmeros e que se não forem devidamente controlados podem causar danos não somente à área diretamente afetada, mas também à sociedade, ao meio ambiente e à economia do local (KOPEZINSKI, 2000).

Um dos principais aspectos ambientais relacionados à extração do ferro é o grande volume de resíduo gerado no processo de beneficiamento, tratamento dado ao minério para o máximo aproveitamento do material de interesse. Alguns métodos de beneficiamento de minérios exigem a moagem dos materiais e adição de água e produtos químicos na planta de tratamento, produzindo nesse processo, um grande volume

de resíduo em forma de polpa, chamado de rejeito, que é armazenado em barragens.

Silva (2007), Duarte (2008) e Castro *et al.* (2011); descreveram as barragens de rejeitos como empreendimentos que apresentam significativos impactos ambientais associados, tais como: Desmatamento na fase de construção; Poluição da água superficial e subterrânea durante a operação e após o fechamento da mina; Geração de poeira na praia de rejeito; e Impacto visual em todas as fases da vida útil da barragem.

Além dos impactos ambientais, as barragens de rejeito apresentam aspectos relacionados à segurança que são de grande relevância. Por serem, muitas vezes, estruturas de grande porte, as barragens de rejeito podem apresentar expressivos danos potenciais em decorrência de seu rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento.

Eventos recentes de rompimentos de barragens de rejeitos exemplificam o grande risco inerente a estas estruturas. Em agosto em 2014, um desastre com uma barragem da empresa mineradora *Imperial Metals Corp.* despejou 5 milhões de metros cúbicos de rejeitos no rio Iskut, na província de *British Columbia* no Canadá. Segundo o Conselho de Defesa

dos Recursos Naturais do Canadá, este derramamento casou impactos negativos em toda a América do Norte, uma vez que o rio Iskut deságua no rio Stikine, que cruza o território dos Estados Unidos (BAKER *et al.*, 2014).

No Brasil, em setembro de 2014, o rompimento de uma barragem de rejeitos da mineração Herculano, localizada no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, deixou mortos e feridos. Além disso, causou graves impactos ambientais em córregos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas que abastece a região metropolitana de Belo Horizonte (CRUZ, 2014).

Diante deste cenário, *Commonwealth of Australia* (2006); *The Mining Association of Canada* (2011) e Ibram (2013), têm proposto recomendações para o adequado gerenciamento de barragens de rejeitos. Dentre as suas disposições, encontra-se a inserção, no plano de fechamento de mina, da identificação e avaliação dos aspectos ambientais significativos, de saúde e segurança e riscos associado a estas barragens. Além disso, que se apresentem estudos de impactos ambientais e medidas de mitigação dos impactos ambientais negativos advindos de suas fases de construção, operação e encerramento.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um panorama das barragens de rejeitos da mineração de ferro no Brasil. Além disso, visa apresentar uma avaliação de impactos ambientais aplicada às fases de construção, operação e encerramento destas barragens de rejeito, com objetivo de melhorar a compreensão de profissionais da área sobre os possíveis impactos desse tipo de empreendimento.

## 2 Material e Métodos

No Brasil, algumas normas apresentam propostas com vistas à segurança e à minimização de impactos ambientais em todas as fases da vida útil de uma barragem, tais como:

- ✓ Lei Federal N.º 6938/81 - estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e inclui, em seu Art. 18, a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como parte integrante do processo de licenciamento de atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou causadores de degradação ambiental (BRASIL, 1981).
- ✓ Resolução CONAMA N.º 01/86 – estabelece critérios básicos e diretrizes para o uso e implementação da AIA (CONAMA, 1986).
- ✓ Lei Federal N.º 12334/10 – estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (BRASIL, 2010).

A fim de embasar o gerenciamento e monitoramento adequado das barragens de rejeito no Brasil, a Lei Federal N.º 12334/10 dispõe que devem ser classificadas por categoria de risco e por dano potencial associado e inseridas na PNSB, de acordo com o estabelecido por órgão competente, barragens com as seguintes características:

- ✓ altura do maciço maior ou igual a 15 metros;
- ✓ capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m<sup>3</sup>;
- ✓ reservatório que contenha resíduos perigosos, conforme normas técnicas aplicáveis; ou

- ✓ categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Desta forma, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em sua Resolução CNRH N.º143/12, fornece metodologia para enquadrar as barragens para disposição de resíduos e rejeitos por categorias de risco e dano potencial associado. Nesta resolução, as barragens podem ser enquadradas quanto à categoria de riscos – alto, médio ou baixo – de acordo com características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. Além disso, podem ser enquadradas quanto à categoria de dano potencial associado – alto, médio ou baixo – em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da possível ruptura da barragem (CNRH, 2012).

A PNSB estabelece, ainda, que o órgão fiscalizador deve implantar e manter o cadastro das barragens para fins de incorporação ao Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Além disso, deve exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas às barragens sob sua responsabilidade. Atualmente, o órgão responsável pela efetivação dos cadastros das barragens ligadas à mineração no Brasil é o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Neste contexto, para apresentação do panorama das barragens de rejeito da mineração de ferro no Brasil, portanto, foi realizado um levantamento de dados junto ao SNISB, disponibilizado no *site* do DNPM, *database* 2016. Por meio destes dados foram identificados o número de barragens de rejeito da mineração de ferro no Brasil, a localização destas barragens, a fase da vida útil em que se encontram – construção, operação ou inativa – e, ainda, a classificação de risco e danos potencial associado a estas barragens.

No que diz respeito à metodologia para avaliação dos impactos ambientais, fundamentou-se na Resolução CONAMA N.º 01/86. Esta resolução estabelece que a avaliação de impactos ambientais deve ser realizada para as fases de construção, operação e encerramento das atividades, promovendo-se um diagnóstico dos impactos para os meios físico (subsolo, as águas, o ar e o clima), biológico e ecossistemas naturais (fauna e flora) e socioeconômico (interação homem, ambiente e economia). Além disso, que deve ser composta pela identificação, previsão da magnitude e interpretação dos prováveis impactos relevantes.

Neste sentido, para identificação dos impactos ambientais ao longo da vida útil de uma barragem de rejeito, procedeu-se ao levantamento prévio, com base em dados secundários, dos possíveis impactos associados às suas fases de construção, operação e encerramento.

Posteriormente, foram realizadas visitas *in loco* a três barragens de rejeito da mineração de ferro localizadas no Quadrilátero Ferrífero que se encontravam nas fases de

construção, operação e inativa, respectivamente. Com isso, foi possível realizar o reconhecimento das características de um ambiente alterado pela construção ou presença de uma barragem de rejeitos, promovendo-se a validação e avaliação dos impactos previamente identificados.

Após a identificação e validação dos reais impactos *in loco*, estes foram classificados de acordo com suas magnitudes, utilizando-se o método de ponderação de atributos, apresentado por Sánchez (2008).

De acordo com este método, devem ser selecionados indicadores e atributos que serão utilizados para se determinar a magnitude dos impactos ambientais. Os indicadores são

critérios gerais utilizados para avaliar a importância dos impactos e os atributos são parâmetros estabelecidos para valorar a relevância de cada indicador dentro da avaliação de um impacto ambiental. Desta forma, para cada atributo são definidos pesos, que são combinados em uma equação capaz de avaliar a magnitude de um impacto ambiental (SÁNCHEZ, 2008).

No presente trabalho, para determinação da magnitude e posterior avaliação dos impactos ambientais, foram selecionados os indicadores e atributos apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1** - Indicadores, atributos e valores para avaliação dos impactos ambientais.

Indicador de valoração do impacto	Atributos	Descrição	Valor
Natureza (N)	Positivo	Impacto benéfico	1
	Negativo	Impacto adverso	-1
Reversibilidade (Rv)	Reversível	Cessada atividade o ambiente retorna, no curto prazo, a condições semelhantes às iniciais	1
	Reversível a médio e longo prazo	Cessada atividade o ambiente retorna, no médio e longo prazo, a condições semelhantes às iniciais	2
	Irreversível	Cessada atividade o impacto permanece	3
Abrangência (Ab)	Pontual	Impacto restrito à área do empreendimento	1
	Local	Impacto extrapola a área do empreendimento, porém se restringe a sua área de influência direta	2
	Regional	Impacto extrapola a área do empreendimento e atinge escala regional	3
Relevância (Rl)	Irrelevante	Impacto não pode ser percebido ou mensurado	0
	Baixa relevância	Impacto é percebido, porém não caracteriza perdas ou ganhos de qualidade ambiental	1
	Média relevância	Impacto é percebido e caracteriza perdas ou ganhos de qualidade ambiental	4
	Alta relevância	Impacto é percebido e caracteriza perdas ou ganhos de qualidade ambiental expressivos	9

Fonte: Dados da pesquisa.

A magnitude de um impacto pode ser traduzida como a importância e significância da alteração da qualidade ambiental do meio que está sendo objeto da avaliação. Na presente metodologia, a magnitude (Mg) é determinada a partir do módulo do produto dos valores atribuídos aos indicadores de impactos ambientais apresentados no Quadro 1. A Equação 1 a seguir pode ser utilizada para o cálculo da magnitude dos impactos, considerando-se os valores atribuídos aos indicadores de natureza, reversibilidade, abrangência e relevância dos impactos ambientais.

$$Mg = |N \times Rv \times Ab \times Rl| \quad (\text{Equação 1})$$

Isto posto, a magnitude pode ser classificada da seguinte forma:

- ✓ Desprezível – decorrente obrigatoriamente de impactos classificados como irrelevantes, cujo valor obtido da Equação 1 é igual a zero (0);
- ✓ Baixa – quando o resultado obtido da Equação 1 está inserido entre 1 e 6, inclusive;
- ✓ Moderada – quando o resultado obtido da Equação 1 está inserido entre 8 e 18, inclusive;

- ✓ Alta – quando o resultado obtido da Equação 1 está inserido entre 24 e 81, inclusive.

Na ocasião do cálculo da magnitude dos impactos, os resultados negativos correspondem a impactos adversos e os resultados positivos correspondem a impactos benéficos ao meio ambiente, entretanto, para definição da magnitude é utilizado o módulo dos valores. Desta forma, quanto maiores os valores obtidos, maior é a magnitude do impacto avaliado, seja ele positivo ou negativo.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Panorama das barragens de rejeito da mineração de ferro no Brasil

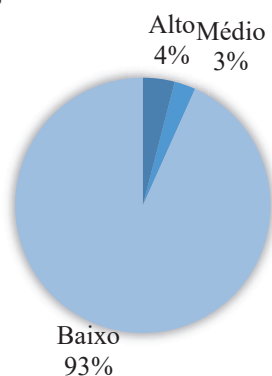
De acordo com banco de dados do DNPM, *database* 2016, existem no Brasil 247 barragens de rejeito da mineração de ferro. Destas, aproximadamente 88% estão situadas no estado de Minas Gerais, mais especificamente no Quadrilátero Ferrífero. Do restante, 6% se localizam no Mato Grosso do Sul, 2% no Pará, 1% no Amapá e 3% não tiveram a localização

identificada.

Tal distribuição se deve, principalmente, ao fato de Minas Gerais ser o maior produtor de ferro nacional, e ao tipo de processo de beneficiamento do minério de ferro utilizado pelas empresas mineradoras em Minas Gerais, que agrega grandes quantidades de água em seu processo. Já no estado do Pará, segundo estado em produção de ferro no Brasil, grande parte do minério de ferro é processada utilizando-se somente a unidade natural para peneirar o material. Além disso, as barragens existentes apresentam capacidade de armazenar quantidades consideráveis de rejeitos, devido às suas grandes dimensões, explicando, assim, a quantidade reduzida de barragens em território paraense.

No que diz respeito à fase da vida útil em que se encontram

**Figura 1** - Distribuição das barragens da PNSB de acordo com a categoria de risco.



Fonte: Os autores.

Os dados cadastrados pelos empreendedores no DNPM apresentam um panorama em que, no que diz respeito às características técnicas e do estado de conservação, uma parcela ínfima, 7%, das barragens inseridas na PNSB apresentam risco alto ou médio.

Em contrapartida, observa-se que a maioria das barragens que se enquadram na PNSB, 75%, quando considerados potencial de perdas de vidas humanas e impactos econômicos, sociais e ambientais, apresentam alto ou médio dano potencial associado. Neste contexto, diversos podem ser os impactos advindos da disposição final de rejeito em barragens. A identificação e avaliação de tais impactos nas diferentes fases da vida útil de uma barragem são apresentados a seguir.

### 3.2 Avaliação de impactos ambientais de barragens de rejeito da mineração de ferro do quadrilátero ferrífero

Inicialmente, para um melhor entendimento da avaliação de impactos realizada, são apresentadas características gerais do Quadrilátero Ferrífero, região onde estão inseridas as barragens avaliadas, e dos rejeitos da mineração de ferro.

O Quadrilátero Ferrífero é uma região localizada na porção centro-sul do estado de Minas Gerais e é considerado uma das mais importantes províncias minerais do Brasil devido as suas jazidas de ouro, ferro, manganês, topázio imperial e bauxita.

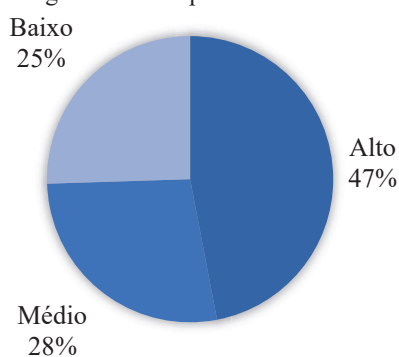
Esta região apresenta como unidade geomorfológica

as barragens de rejeito cadastradas, 78% estão em operação, 21% estão desativadas e 1% está em construção. Cabe salientar que 92% das barragens desativadas encontram-se no Quadrilátero Ferrífero, assim como a totalidade das barragens em construção.

Ainda com base nos dados apresentados pelo DNPM, 60% barragens cadastradas se enquadram na PNSB, ou seja, devem ser classificadas segundo a categoria de risco e dano potencial associado.

As Figuras 1 e 2 apresentam a distribuição destas barragens, de acordo com sua categoria de risco e dano potencial associado, conforme estabelecido na Resolução CNRH N. 143/12.

**Figura 2** - Distribuição das barragens da PNSB de acordo com a categoria de dano potencial associado.



Fonte: Os autores.

um conjunto de relevo dobrado e bastante dissecado, do tipo apalacheano, ou seja, com formas de relevo invertido, elaboradas em estruturas dobradas e falhadas, decorrentes da sucessão de vários ciclos geotectônicos. Os solos do Quadrilátero Ferrífero são em geral incipientes e sua origem está normalmente associada ao substrato de rochas ferríferas. Esta incipiência se deve a, pelo menos, dois fatores: a condição do relevo da região e a constituição litológica do substrato.

No que diz respeito às condições climáticas, de acordo com a classificação climática de Köppen, a maior parte do Quadrilátero Ferrífero tem características de clima Cwa, ou seja, um clima mesotérmico com verões quentes, e estação chuvosa (forte) também no verão. As médias térmicas variam entre os 19°C e os 27°C. Este clima pode também ser definido, genericamente, como tropical de altitude, por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, que contribuem para a amenização das temperaturas.

A cobertura vegetal original dessa região era originalmente constituída por matas densas e úmidas (Floresta Estacional Semidecidual), que cobriam vales e encostas mais baixas. Estas cediam lugar, apenas nos pontos mais altos ou sobre afloramentos rochosos, a campos rupestres ou de altitude. Em função da interferência antrópica, atualmente, estes ambientes encontram-se bastante alterados, tendo sido, em grande parte, substituídos por pastagens ou culturas. As matas e campos

restantes foram também descaracterizados, e o que hoje pode ser observado é um predomínio das capoeiras e matas secundárias, ilhadas em meio a ambientes artificiais.

Em se tratando dos rejeitos da mineração de ferro, que são armazenados nas barragens, é importante mencionar que estes são compostos, basicamente, de água e partículas minerais. Desta forma, podem ser classificados como resíduos não perigosos e inertes, não apresentando por si só risco à saúde pública e/ou ao meio ambiente.

Dito isto, são apresentados a seguir os principais impactos ambientais aos meios físico, biológico e ecossistemas naturais e socioeconômico, para as fases de construção, operação e encerramento de barragens de rejeito localizadas no Quadrilátero Ferrífero. Cabe salientar, que neste estudo serão apresentados os impactos ambientais mais comumente relacionados às diferentes fases da vida útil de uma barragem, podendo existir outros impactos além dos que serão citados.

### 3.2.1 Avaliação de impactos ambientais da fase de construção de uma barragem de rejeitos

#### Impactos ao Meio Físico

Os principais impactos ao meio físico, relacionados à construção de uma barragem de rejeito da mineração de ferro, são:

- ✓ alteração da paisagem;
- ✓ assoreamento de cursos d'água;
- ✓ alteração da qualidade da água superficial;
- ✓ alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea;
- ✓ alteração das propriedades do solo;
- ✓ erosão;
- ✓ alteração nos níveis de pressão sonora; e
- ✓ alteração da qualidade do ar.

As atividades desenvolvidas nesta fase que acarretarão os principais impactos ambientais são: limpeza e supressão de vegetação, retirada de solos superficiais, escavação de materiais de construção na área de empréstimo, construção do dique de partida e movimentação de caminhões, máquinas ou equipamentos.

Os impactos ambientais de alteração da paisagem e assoreamento de cursos d'água apresentam natureza negativa e média relevância. Entretanto, a alteração da paisagem é considerada um impacto local e irreversível e o assoreamento de cursos d'água é classificado como regional e de reversibilidade a médio e longo prazo. Apesar das diferenças, baseando-se na metodologia de classificação de impactos apresentada anteriormente, ambos os impactos apresentam alta magnitude.

A alteração da qualidade da água superficial está intimamente ligada à geração e aporte de sedimentos para cursos d'água. A geração e aporte de sedimentos podem acarretar o aumento da quantidade de sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão na água e, dependendo da característica dos sedimentos, alterar as suas propriedades químicas e físicas. A alteração da qualidade da água superficial na fase

de construção da barragem é caracterizada pela natureza negativa, reversibilidade a médio e longo prazo quando cessadas as atividades impactantes, abrangência regional, média relevância, acarretando numa alta magnitude.

A retirada de solos superficiais e a construção do dique de partida irão provocar a alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea, uma vez que modificam diretamente o regime de escoamento superficial e infiltração de água no solo. Este é um dos principais impactos da fase de construção de uma barragem de rejeito, tendo sido caracterizado como negativo, irreversível, regional e de alta relevância que o enquadra como impacto ambiental de alta magnitude.

A retirada de solos superficiais, juntamente com a limpeza e supressão de vegetação e escavação de materiais de construção de áreas de empréstimo, são as principais atividades que promoverão alterações nas propriedades do solo, podendo conduzir a processos erosivos no local da construção e em seu entorno.

Neste contexto, o impacto de alteração das propriedades do solo é um impacto que exhibe natureza negativa, irreversibilidade, abrangência pontual e média relevância. Já o desencadeamento dos processos erosivos é considerado um impacto indireto da alteração das propriedades do solo e da alteração da dinâmica hídrica superficial, também considerado negativo, irreversível, pontual e de média relevância. No cálculo da magnitude, ambos são considerados de magnitude moderada.

A movimentação de caminhões, máquinas ou equipamentos movidos a combustíveis fósseis, implicará no aumento dos níveis de pressão sonora e na emissão de material particulado e de gases (CO, CO<sub>2</sub>, NO, SO, entre outros). Além disso, algumas atividades que promovem a retirada de cobertura vegetal e de solo, aumentam a quantidade de material particulado em suspensão, alterando, assim, a qualidade do ar.

A alteração dos níveis de pressão sonora e alteração da qualidade do ar são impactos que podem ser classificados, portanto, como negativos, reversíveis, e de média relevância. Entretanto, a alteração da qualidade do ar é de abrangência regional e a alteração dos níveis de pressão sonora é de abrangência local. Apesar desta diferença, ambos apresentam magnitude moderada.

#### Impactos ao Meio Biológico e Ecossistemas Naturais

Os principais impactos ao meio biológico e ecossistemas naturais passíveis de ocorrência na fase de construção de uma barragem são:

- ✓ perda de espécimes da flora;
- ✓ alterações populacionais da fauna;
- ✓ perda de parcelas de áreas de preservação permanente (APP);
- ✓ afugentamento com perturbações da fauna;
- ✓ alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos; e
- ✓ alteração do metabolismo vegetal.

A atividades de limpeza e supressão de vegetação e retirada de solos superficiais são as principais atividades responsáveis

pela perda de espécimes de flora, alterações populacionais da fauna e perda de parcelas de APP. Estes impactos são de natureza negativa, reversíveis a médio e longo prazo, pontuais e de alta relevância, caracterizando uma magnitude moderada.

Além da limpeza e supressão de vegetação e da retirada de solos superficiais, a escavação de materiais de construção na área de empréstimo contribui para o afugentamento com perturbações da fauna. Devido aos ruídos advindos da movimentação de caminhões, máquinas ou equipamento, este impacto ganha abrangência regional, sendo um dos impactos de maior magnitude, considerando o meio biológico e ecossistemas naturais, na fase de construção da barragem. Neste contexto, o afugentamento com perturbações da fauna pode também ser considerado como impacto indireto da alteração nos níveis de pressão sonora. Este impacto apresenta alta magnitude, sendo reversível a médio e longo prazo, pontual e de alta relevância.

A alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos, principal impacto ao meio biológico e ecossistemas naturais na fase de construção de uma barragem, é um impacto indireto e se deve à alteração da qualidade da água, assoreamento dos cursos d'água e alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea. Este se caracteriza por ser reversível a médio e longo prazo, regional, e de média relevância, caracterizando uma alta magnitude.

A alteração do metabolismo vegetal, devido à deposição de material particulado na superfície das folhas, é um impacto indireto, consequência da alteração da qualidade do ar. Esta alteração é classificada como reversível a médio e longo prazo, regional e de média relevância. No cálculo da magnitude, portanto, é classificado como um impacto de alta magnitude.

#### *Impactos ao Meio Socioeconômico*

Os principais impactos advindos da construção de uma barragem de rejeito ao meio socioeconômico são:

- ✓ geração de emprego e renda;
- ✓ geração de riscos e incômodos decorrentes da implantação do empreendimento.

Na fase de construção da barragem o impacto positivo de geração de emprego e renda, devido a mobilização de mão de obra e equipamentos, apresenta alta magnitude, sendo caracterizado pela sua reversibilidade, abrangência regional e alta relevância. Já a geração de riscos e incômodos decorrentes da implantação do empreendimento, apresenta-se como impacto negativo, irreversível, de abrangência local e baixa relevância, sendo enquadrado como de baixa magnitude. Nesta fase, este impacto é considerado de baixa relevância uma vez que o reservatório ainda se apresenta em estágio de construção e, portanto, vazio.

### **3.2.2 Avaliação de impactos ambientais da fase de operação de uma barragem de rejeitos**

#### *Impactos ao Meio Físico*

No que diz respeito aos impactos ao meio físico,

relacionados à operação de uma barragem de rejeito, foram identificados:

- ✓ alteração da paisagem;
- ✓ assoreamento de cursos d'água;
- ✓ alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea;
- ✓ alteração da qualidade da água; e
- ✓ alteração da qualidade do ar.

A alteração da paisagem está relacionada à disposição do rejeito, propriamente dita, e ao alteamento da barragem. Este se apresenta como um impacto de média relevância, podendo variar de baixa a alta relevância, dependo de sua localização e impacto visual associado. Apresenta, ainda, característica de irreversibilidade, natureza negativa e abrangência local, sendo classificado como impacto de alta magnitude.

Tanto o assoreamento de cursos d'água como a alteração na qualidade da água superficial são impactos de natureza negativa, de abrangência regional, reversíveis a médio e longo prazo e de média relevância. Tais impactos estão relacionados ao armazenamento dos rejeitos no reservatório. Além disso, o assoreamento de cursos d'água é agravado pelo processo de limpeza do sistema de drenagem superficial, que pode gerar grande quantidade de sedimentos. Desta forma, os impactos de assoreamento de cursos d'água e alteração na qualidade da água, são classificados como de alta magnitude.

No contexto da operação da barragem, a alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea é o impacto de maior magnitude ao meio físico. Isto por que sua presença irá alterar permanentemente o regime de escoamento superficial de água, podendo afetar negativamente a vazão e regime dos cursos d'água a jusante. O fluxo de água subterrânea também poderá ser afetado, pois o barramento ocasiona a elevação do nível de água no reservatório da barragem e em seu entorno, podendo aumentar a recarga dos aquíferos superficiais (freáticos). Neste sentido, este impacto é classificado como negativo, irreversível, regional, de alta relevância e, portanto, de alta magnitude.

A alteração da qualidade do ar nesta fase, se deve, principalmente, ao material particulado advindo das praias de rejeito formadas após a drenagem da água. Este impacto apresenta baixa magnitude, devido a sua natureza negativa, reversibilidade, caráter regional e baixa relevância. A alteração da qualidade do ar pode apresentar uma maior relevância, dependendo da localização do empreendimento.

#### *Impactos ao Meio Biológico e Ecossistemas Naturais*

Durante a operação de uma barragem de rejeitos os impactos relevantes ao meio biológico e ecossistemas naturais são:

- ✓ alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos; e
- ✓ alteração do metabolismo vegetal.

A alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos que pode ser considerado um impacto indireto da alteração da qualidade da água, do assoreamento de cursos d'água e da alteração da dinâmica hídrica superficial. Este impacto apresenta natureza

negativa, é reversível a médio e longo prazo, com abrangência regional e alta relevância, caracterizando uma alta magnitude.

A alteração do metabolismo vegetal, devido à deposição de material particulado na superfície das folhas, assim como na fase de construção, é um impacto indireto, consequência da alteração da qualidade do ar. Esta alteração é classificada como: reversível a médio e longo prazo, regional e de baixa relevância para esta fase, o que leva a uma baixa magnitude.

#### *Impactos ao Meio Socioeconômico*

Os principais impactos advindos da operação de uma barragem de rejeito ao meio socioeconômico são:

- ✓ geração de emprego e renda;
- ✓ geração de riscos e incômodos decorrentes da implantação do empreendimento.

Na fase de operação, a magnitude dos impactos relacionados ao meio socioeconômico, citados na fase de construção, se invertem, sendo o impacto de geração de emprego e renda como de baixa magnitude e a geração de riscos e incômodos decorrentes da operação do empreendimento como de alta magnitude. Tal fato se deve à desmobilização de mão de obra após a construção da barragem, permanecendo somente a mão de obra especializada para operação e manutenção da estrutura. Além disso, conforme os alteamentos vão sendo realizados e o reservatório vai sendo cheio, o risco e o dano potencial associado à barragem aumentam.

Desta forma, o impacto de geração de emprego e renda e aumento da arrecadação de impostos na fase de operação da barragem é classificado como positivo, reversível, regional e de média relevância. Já a geração de riscos e incômodos decorrentes da operação do empreendimento é tido como reversível, regional e de alta relevância, sendo portanto, de moderada magnitude. Neste caso, o impacto é considerado reversível, uma vez que, se outro fim for dado aos rejeitos e a barragem for eliminada, os riscos e incômodos deixam de existir.

### **3.2.3 Avaliação de impactos ambientais de uma barragem de rejeito inativa**

A avaliação dos impactos ambientais após o término da vida útil de uma barragem da mineração de ferro irá depender dos planos de fechamento e dos projetos de recuperação de áreas degradadas aplicados na área. Neste estudo será considerada uma barragem em que a somente ocorre a recuperação natural, sendo os impactos ambientais existentes apresentados a seguir.

#### *Impactos ao Meio Físico*

Os impactos ambientais ao meio físico existentes devido a presença da barragem inativa são:

- ✓ alteração da paisagem;
- ✓ alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea;
- ✓ alteração da qualidade do ar, e
- ✓ alteração da qualidade da água;

A alteração da paisagem está relacionada, agora, à presença da barragem desativada, que devido à praia de rejeito e à vegetação com baixa densidade continua causando um impacto visual. Este se apresenta como um impacto de média relevância, podendo variar de baixa a alta relevância, dependendo de sua localização e impacto visual associado. Além disso, por ser um impacto irreversível, de natureza negativa e local, apresenta alta magnitude.

A alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea é um impacto que persiste desde a construção da barragem, uma vez que altera permanentemente o regime de escoamento superficial de água, podendo afetar negativamente a vazão dos cursos d'água a jusante e a recarga de aquíferos. Neste sentido, este impacto é classificado como irreversível, regional, de alta relevância e, portanto, de alta magnitude.

Por fim, têm-se a alteração da qualidade do ar e a alteração da qualidade da água, que também permanecem desde a fase de construção devido à presença das praias de rejeito. Tais impactos são de baixa magnitude, caracterizados pela natureza negativa, reversibilidade a médio e longo prazo, regionalidade e baixa relevância. Dependendo da localização do empreendimento, a relevância destes impactos podem ser maior e sua magnitude passar a moderada ou alta.

#### *Impactos ao Meio Biológico e Ecossistemas Naturais*

Os impactos ao meio biológico e ecossistemas naturais pela presença de uma barragem de rejeito inativa, assim como na fase de operação, estão restritos à:

- ✓ alteração do metabolismo vegetal; e
- ✓ alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos.

A alteração do metabolismo vegetal, devido à deposição de material particulado na superfície das folhas, assim como nas demais fases, é um impacto negativo e indireto, consequência da alteração da qualidade do ar. Esta alteração é classificada, ainda, como reversível a médio e longo prazo, regional, de baixa relevância e de baixa magnitude para esta fase.

Já a alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos, que pode ser considerado um impacto indireto da alteração da qualidade da água e da alteração da dinâmica hídrica superficial, apresenta natureza negativa, é reversível a médio e longo prazo, com abrangência regional e baixa relevância, caracterizada também pela baixa magnitude.

#### *Impactos ao Meio Socioeconômico*

Após o encerramento da operação da barragem os impactos ao meio socioeconômico, assim como nas demais fases, são:

- ✓ geração de emprego e renda;
- ✓ geração de riscos e incômodos decorrentes da desativação do empreendimento.

Isto se deve ao fato de ser mantida a mão de obra especializada para monitoramento e manutenção da estrutura e da barragem continuar apresentando os mesmos riscos à população. Desta forma o impacto de geração de emprego e renda após a desativação da barragem é classificado como

positivo, reversível, regional e de baixa relevância, o que define uma baixa magnitude.

Já a geração de riscos e incômodos da barragem desativada é avaliada como reversível, regional, de alta relevância e, portanto, de magnitude moderada. Neste caso, o impacto é considerado reversível, uma vez que, assim como na fase de construção, se outro fim for dado aos rejeitos e a barragem for eliminada, os riscos e incômodos deixam de existir.

### 3.2.4 Análise e perspectivas para o cenário apresentado

Com base na avaliação apresentada, os impactos ambientais de maior magnitude na fase de construção foram: alteração da paisagem; assoreamento de cursos d'água; alteração da qualidade da água superficial; alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea; afugentamento com perturbações da fauna; alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos; alteração do metabolismo vegetal; e geração de emprego e renda. Já na fase de operação, os impactos ambientais de maior magnitude foram: alteração da paisagem; assoreamento de cursos d'água; alteração da qualidade da água; alteração da dinâmica hídrica superficial e subterrânea; alteração na dinâmica de ecossistemas aquáticos e geração de riscos e incômodos decorrentes da operação do empreendimento. Por fim, ao se avaliar os impactos ambientais de uma barragem desativada, tem-se como impactos de maior magnitude a alteração da paisagem, a alteração da dinâmica hídrica superficial e geração de riscos e incômodos decorrentes da operação do empreendimento.

É importante salientar que se apresenta como único impacto positivo da construção, operação e presença da barragem inativa no ambiente a geração de emprego e renda que se dá no meio socioeconômico. Este impacto ambiental positivo apresenta alta magnitude na fase de construção, moderada magnitude na fase de operação e baixa magnitude após o encerramento da operação da estrutura. Ainda no contexto dos impactos ao meio socioeconômico, destaca-se a alta relevância do impacto geração de riscos e incômodos da barragem, tanto na fase operação, quanto após o encerramento, impacto que pode ser considerado reversível mediante ao descomissionamento da barragem, quando é realizada a retirada do rejeito para aproveitamento ou disposição em outro local.

Tendo em vista os grandes riscos e impactos sociais, ambientais e econômicos associados às barragens, torna-se urgente pensar em alternativas para disposição de rejeitos. No caso específico da mineração de ferro, os rejeitos dispostos em barragens podem conter significativas quantidades de ferro, que podem retornar ao processo produtivo, além de materiais inertes, passíveis de serem utilizados na construção civil (WOLFF, 2009). Analisando-se resultados apresentados por Wolff (2009), em estudo realizado para determinação do teor total de ferro de rejeitos de minério de ferro de minas da VALE, observam-se concentrações que variam de 44,3 a 64,0%, de ferro em rejeitos de nove minas diferentes. Gomes

*et al.* (2011), também em uma caracterização dos finos de uma barragem de rejeito da mineração de ferro, encontrou teores médios de 48,08% de  $Fe_2O_3$ , 20,58% de  $SiO_2$  e 3,16% de  $Al_2O_3$ .

Acredita-se que esta seja uma realidade em muitas barragens de rejeito da mineração de ferro já encerradas no Brasil, principalmente no Quadrilátero Ferrífero, onde grande quantidade de minérios com altos teores de ferro já foram extraídos e beneficiados por processos pouco eficazes. Neste contexto, é possível afirmar que o reaproveitamento dos rejeitos existentes em barragens já desativadas pode apresentar grande viabilidade tanto econômica, quanto ambiental, sendo necessários estudos, pesquisas e projetos para que isso se torne uma realidade.

## 4 Conclusão

A importância da extração do minério de ferro para a economia brasileira e para a sociedade moderna é indiscutível. Entretanto, conforme apresentado anteriormente, 75% das barragens de rejeito da mineração de ferro do Brasil, que se enquadram na PNSB, apresentam dano potencial associado alto ou médio, quando considerados o potencial de perdas de vidas humanas e os impactos econômicos, sociais e ambientais.

No que diz respeito à avaliação de impactos ambientais dessas barragens de rejeito da mineração de ferro, observou-se impactos de alta relevância e/ou elevada magnitude no meio físico, no meio biológico e ecossistemas naturais e no meio socioeconômico em todas as fases de sua vida. Dessa forma, com base no panorama e avaliação de impactos apresentados, é possível observar a importância de se pensar em formas de minimização dos potenciais impactos associados a estas estruturas e avaliar alternativas que visem a redução de sua utilização e até mesmo se propor soluções ambientais viáveis para as barragens que se encontram desativadas, como, por exemplo, o aproveitamento desses rejeitos na construção civil.

## Referências

- BAKER, P.; SWEENEY, M.S.; MCELROY, J. Residents calling it an environmental disaster: tailings pond breach at Mount Polley Mine near Likely, BC. Canada: Globo News, 2014. .
- BRASIL. Lei Federal N.6938 de 31 de agosto de 1981. Institui a Política nacional de Meio Ambiente entre outros. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm)> Acesso em: 07 ago. 2018.
- BRASIL. Lei N.º12305, de 02 ago. 2012. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em: 14 maio 2018.
- CASTRO, T.A.; NALINI JUNIOR, H.A.; LIMA, H.M. *Entendendo a mineração no quadrilátero ferrífero*. Belo Horizonte: Ecológico, 2011.
- CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH N.º143 de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco,



- dano potencial associado e pelo seu volume. Disponível em: <[https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7231](https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7231)> Acesso em: 7 ago. 2018.
- COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. Mine closure and completion. 2006. Disponível em: <[http://www.minerals.org.au/file\\_upload/files/resources/enduring\\_value/mine\\_closure.pdf](http://www.minerals.org.au/file_upload/files/resources/enduring_value/mine_closure.pdf)> Acesso em: 7 ago. 2018.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA N.º01 de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, entre outros. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 7 ago. 2018.
- CRUZ, L. Deslizamento de terra em mina deixa vítimas e mobiliza bombeiros em Itabirito. Estado de Minas, Belo Horizonte, 10 set. 2014. Disponível em: <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/09/10/interna\\_gerais,567542/deslizamento-de-terra-em-mina-deixa-vitimas-e-mobiliza-bombeiros-em-itabirito.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/09/10/interna_gerais,567542/deslizamento-de-terra-em-mina-deixa-vitimas-e-mobiliza-bombeiros-em-itabirito.shtml)> Acesso em: 9 nov. 2018.
- DNPM - Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. Portaria nº 12 de 22 de janeiro de 2002. Normas reguladoras da mineração. Disponível em: <[www.dnpm.gov.br/assets/legislacao/p00310102.rtf](http://www.dnpm.gov.br/assets/legislacao/p00310102.rtf)>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- DUARTE, A.P. Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
- GOMES, M. A.; PEREIRA, C. A. I. PERES, A. E. C. Caracterização tecnológica de rejeito de minério de ferro. Rem: Rev. Esc. Minas, v.64, n.2. p.233-236, 2011.
- IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. Guia para planejamento do fechamento de mina. 2013. Disponível em: <http://www.ibram.org.br> Acesso em: 24 jul. 2018.
- KOPEZINSKI, I. Mineração x Meio Ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre: UFRGS, 2000.
- SÁNCHEZ, L.E. Avaliação da importância dos impactos. In: SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.287-313
- SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. *Rev. Espaço Sophia*, n.8. 2007.
- THE MINING ASSOCIATION O68 p. 2011. Disponível em: <<http://mining.ca/sites/default/files/documents/GuidetotheManagementofTailingsFacilities2011.pdf>> Acesso em: 7 ago. 2018.
- WOLFF, A. P. Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da VALE. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.