

# 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

## BARRAGENS DE MINERAÇÃO: CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS A JUSANTE NA FASE DE OPERAÇÃO

Omar Yazbek Bitar <sup>1</sup>; Sofia Júlia Alves Macedo Campos <sup>2</sup>; Sérgio Gouveia de Azevedo <sup>3</sup>; Fernando Fernandez <sup>4</sup>; Guilherme de Paula Santos Cutolo Cortez <sup>5</sup>; Marcelo Fischer Gramani <sup>6</sup>

### RESUMO

Este artigo sintetiza resultados obtidos em estudos de caso sobre barragens de mineração, em diferentes localidades do Estado de São Paulo e do País. Objetiva-se apresentar considerações sobre requisitos e práticas adotadas em relação à gestão de impactos ambientais em áreas localizadas a jusante, em decorrência da operação regular e continuada dessas estruturas. Os resultados são discutidos em face da influência potencial de novas exigências legais, enquadramento das barragens de mineração nos contextos nacional e estadual e observações acerca de práticas adotadas na gestão de impactos ambientais a jusante. Constata-se que boa parte das práticas identificadas aborda de forma genérica os impactos da operação a jusante de barragens. Analisam-se frequentemente as consequências no cenário de eventual ruptura, mas pouco se avaliam os efeitos que podem advir em razão da operação e de possíveis deficiências em seu funcionamento. O reconhecimento de campo em trechos de rios e planícies aluviais a jusante de barragens em operação propicia destacar alguns problemas comuns, como alterações na morfologia e dinâmica fluviais e na qualidade e disponibilidade de recursos hídricos, com consequências negativas ao abastecimento de água de comunidades e outros usuários, além de danos ao estado de conservação de ecossistemas, sobretudo em áreas de preservação permanente. Ao final, enfatiza-se a importância de desenvolver medidas específicas para a gestão de impactos ambientais a jusante de barragens, a incluir desde os estudos prévios para fins de licenciamento até a execução de planos e programas na gestão ambiental da operação.

**PALAVRAS CHAVE:** Barragem de mineração; Impacto ambiental; Gestão ambiental.

### ABSTRACT

*This paper summarizes the results obtained in case studies of mining dams in different locations in the State of São Paulo and in the Country. The objective is to present considerations about the requirements and practices adopted in relation to the management of environmental impacts in downstream areas, in due to the regular and continuous operation of these structures. The results are discussed in view of the potential influence of new legal requirements, the framing of mining dams in the national and state contexts and observations about the practices adopted in the management of environmental impacts downstream. It is observed that a good part of the identified practices covers in a general way the impacts of the operation downstream of dams. The consequences in the scenario of possible rupture are often analyzed, but the effects that can result from the operation and possible deficiencies in its operation are not very evaluated. Field recognition in stretches of rivers and floodplains downstream of operating dams allows us to highlight some common problems, such as changes in river morphology and dynamics, and the quality and availability of water resources, with negative consequences for the water supply of communities and others users, as well as damage to the state of conservation of ecosystems, especially in areas of permanent preservation. At the end, it is emphasized the importance of developing specific measures for the management of environmental impacts downstream of dams, from previous studies for licensing purposes to the execution of plans and programs in the environmental management of the operation.*

**KEYWORDS:** Mining dam; Environmental impact; Environmental management.

<sup>1</sup> Geólogo, Dr., Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 11 3767.4489/4938, omar@ipt.br; <sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>. Civil, Ma., Pesquisadora do IPT, scampos@ipt.br; <sup>3</sup> Geólogo, Ms., Pesquisador do IPT, sazevedo@ipt.br; <sup>4</sup> Eng. Geólogo, Pesquisador do IPT, fernandofz@ipt.br; <sup>5</sup> Gestor Ambiental, Ms., Pesquisador do IPT, gcortez@ipt.br; <sup>6</sup> Geólogo, Ms., Pesquisador do IPT, mgramani@ipt.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Barragens destinadas à acumulação de água para fins de mineração, geração de energia em usinas hidrelétricas, disposição de resíduos industriais e abastecimento público encontram-se sujeitas às diretrizes da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), editada pela Lei Federal 12.334/2010 (BRASIL, 2010). Entre os diversos aspectos contemplados, a PNSB prevê a elaboração e implantação de Plano de Segurança da Barragem (PSB) em determinadas situações, a cargo do empreendedor. O enquadramento de uma barragem no âmbito da PNSB ocorre em razão da presença de ao menos um dentre quatro critérios a verificar: altura do maciço, que deve ser  $\geq$  a 15 m; capacidade total do reservatório, cujo volume deve ser  $\geq$  3.000.000 m<sup>3</sup>; contenção de resíduos perigosos, que podem ser assim classificados conforme normas técnicas aplicáveis; e dano potencial associado (DPA) médio ou alto, avaliado por meio de estudos específicos em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perdas de vidas humanas.

Para o caso da mineração, nas situações de enquadramento conforme a PNSB, a elaboração do PSB deve seguir a Portaria 70.389/2017 (BRASIL, 2017) do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), órgão responsável pela fiscalização das barragens no País e em fase de transição institucional para a formação da Agência Nacional de Mineração. Entre outros tópicos, a Portaria estabelece os requisitos para elaboração do PSB, em termos de conteúdo mínimo e nível de detalhamento, bem como as orientações para a formulação de Plano de Ação de Emergência (PAE) específico para mineração, denominado de Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM).

Pode-se considerar que a edição dessa nova Portaria, a qual integra e substitui outras normas anteriores do DNPM sobre o tema, foi motivada pelo evento de ruptura da barragem do Fundão, pertencente à empresa de mineração Samarco, ocorrido em novembro de 2015 no município de Mariana/MG. Os efeitos dessa ruptura se tornaram notórios globalmente e produziu, além da perda de vidas humanas, inequívoco cenário de desastre socioambiental e econômico imposto pelo evento ao longo de cursos d'água, comunidades rurais e áreas urbanas situadas a jusante, abrangendo diferentes regiões desde o interior até o oceano.

Não obstante seu direcionamento primordial no sentido de contribuir para evitar situações como as da barragem do Fundão, focalizando-se as ações de prevenção e de emergência ante os riscos de ruptura, deve-se destacar que a Portaria estabelece diretrizes que abrangem também a possibilidade de mau funcionamento dessas estruturas na fase de operação. A inclusão dessa possibilidade sugere que se considere a integração dos estudos relativos ao PSB com os estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), desde as etapas iniciais dos processos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e de licenciamento ambiental. Cabe, então, abordar o tema sob a perspectiva de integração contínua dessas duas vertentes de estudos prévios (gestão de riscos e avaliação de impactos), explicitando-se as necessárias medidas a adotar para a gestão adequada de impactos que possam ocorrer a jusante de barragens.

Nesse contexto, este artigo aborda o tema das barragens de mineração em suas interações com o ambiente na fase de operação. As demandas por boas práticas de gestão ambiental na operação de barragens de mineração, como as de rejeito e outros tipos de barramentos, planejadas e executadas em conformidade com planos e programas ambientais estabelecidos nos processos de AIA e de licenciamento ambiental, bem como em sintonia com o PSB e PAEBM enfatizados pela Portaria do DNPM, encontram-se salientadas em vários estudos de entidades setoriais, conforme se nota, por exemplo, nos trabalhos de MAC (2011) e de Mesquita et al. (2016), que salientam a importância das boas práticas de gestão ambiental para uma mineração segura e ambientalmente responsável. Convém acrescentar, ainda, os desafios postos ao País pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, propugnado pela Organização das Nações Unidas (ONU BR, 2018) e aceito pelo Governo Federal, de modo a assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, a ser considerado também no caso da mineração, tendo em vista a importância dos recursos hídricos frequentemente envolvidos.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é apresentar considerações gerais acerca de práticas na gestão de impactos ambientais em áreas localizadas a jusante de barragens de mineração, em

face da operação regular e continuada e da eventual possibilidade de que possam ocorrer deficiências no funcionamento dessas estruturas durante a fase de operação. Busca-se, em termos específicos: identificar alguns dos principais problemas existentes e suas causas prováveis; apontar a tipologia básica acerca de enfoques e medidas a desenvolver, particularmente no sentido de reduzir a magnitude dos impactos ambientais associados a alterações nos recursos hídricos; e contribuir para o aprimoramento das abordagens sobre o tema desde as etapas iniciais dos estudos prévios de impacto ambiental.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos empregados têm como referência a análise de práticas adotadas na gestão de impactos ambientais associados a barragens de mineração na fase de operação, envolvendo principalmente barragens de rejeito, diques auxiliares para formação de bacias de rejeito, barragens de contenção de sedimentos e outros tipos de barramentos. Focalizam-se cenários atuais ou potenciais de operação regular e continuada dessas estruturas e/ou de seus dispositivos correlatos, particularmente os extravasores e os que se destinam a atuar no controle do lançamento de águas excedentes em drenagens a jusante. Consideram-se estudos de casos realizados em diferentes localidades do Estado de São Paulo nos últimos anos, onde predomina a lavra de agregados e de minerais industriais, destacando-se a produção de rocha britada e areia para construção civil, bem como observações ocasionais efetuadas em visitas técnicas a outras minas no País.

O método empregado é o da indução, procurando-se destacar aspectos observados em estudos de caso para posterior tentativa de generalização a situações comparáveis. Nesse contexto, utilizam-se, como base de análise, dados sobre minerações visitadas durante a execução dos trabalhos relatados em SÃO PAULO (2016), a respeito da situação geral das barragens de mineração no Estado de São Paulo. Consideram-se, ainda, dados mais recentes sobre o enquadramento e classificação de barragens, apresentados em Arcoverde (2018). Todos esses dados puderam ser confrontados com os novos requisitos estabelecidos em normalização federal mais recente, particularmente quanto à abordagem requerida para fins dos estudos sobre áreas a jusante, que devem ser efetuados pelo empreendedor em cada barragem e apresentados no PSB e PAEBM.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os resultados obtidos, destacam-se, para as finalidades do presente artigo, considerações gerais relacionadas com requisitos legais voltados para áreas situadas a jusante de barragens de mineração, bem como breve panorama sobre o enquadramento atual dessas estruturas nos cenários normativos nacional e estadual e, ainda, observações efetuadas acerca de riscos e de impactos ambientais a jusante em situações de operação regular e continuada de barragens nos casos estudados e respectivas abordagens praticadas em relação à gestão ambiental empreendida nas minerações.

#### 4.1 Requisitos legais

De acordo com a referida Portaria do DNPM, barragens de mineração incluem “*barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais*”. Portanto, o conceito legalmente empregado apresenta uma conotação ampla, podendo-se contemplar estruturas com diferentes finalidades e usualmente empregadas em atividades de mineração, ou seja, não se restringindo às barragens de rejeito.

Ao cabo, todas as barragens de mineração inseridas na PNSB, de acordo com os critérios anteriormente mencionados, devem ser classificadas para fins de gestão de segurança mediante a aplicação de uma matriz que combina dois fatores básicos: Categoria de Risco (CR), que é

atribuída conforme os aspectos de engenharia que possam influenciar a possibilidade de ocorrência de um evento, levando-se em conta as características construtivas da barragem, seu estado de conservação e o PSB; e o DPA, que focaliza as características do ambiente a jusante da estrutura analisada. A combinação desses fatores resulta na classificação geral e relativa da barragem, segundo a classe A, B, C, D ou E, onde A é a classe com maior possibilidade de ruptura e maior dano potencial e E é a classe com menor possibilidade de ruptura e menor dano potencial (**Figura 1**).

Categoria de Risco (CR)	Dano Potencial Associado (DPA)		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	B	C	E

**Figura 1-** Matriz para classificação de barragens, segundo a Categoria de Risco (relacionada com as condições estruturais e construtivas da barragem) e o Dano Potencial Associado (relacionado com as condições sociais, econômicas e ambientais presentes a jusante da barragem). Fonte: Brasil (2017).

A nova Portaria estabelece a periodicidade de execução ou atualização do PSB, bem como a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) e do PAEBM. A RPSB deve ser realizada a cada três anos para DPA alto, cinco para DPA médio e sete para DPA baixo. A primeira RPSB deve ser realizada por equipe multidisciplinar, composta por profissionais externos ao quadro de pessoal do empreendedor. Em razão dos escopos potencialmente envolvidos nesse trabalho, pressupõe-se a necessária participação de profissionais das áreas de geologia de engenharia e ambiental, tanto em investigações acerca de fundações de barragens para fins de segurança construtiva quanto de compreensão dos processos geodinâmicos atuantes.

Define-se, na Portaria, o DPA como aquele dano que pode ocorrer devido ao rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais envolvidos. Portanto, além da possibilidade de perda de vidas humanas, que tendem a ocorrer sobretudo em caso de ruptura da barragem, a Portaria explicita a importância de analisar, quando da classificação do DPA, as consequências de possível mau funcionamento da barragem, o que impõem a necessidade de avaliar os prováveis impactos também em face dessa condição operacional.

Segundo a mesma Portaria, o empreendedor deverá elaborar, para cada barragem individualmente: estudo de inundação de maneira a caracterizar os potenciais impactos na hipótese de ruptura; e mapa de inundação, contendo a delimitação geográfica das áreas potencialmente afetadas por eventual ruptura. O estudo de inundação é definido como aquele capaz de caracterizar adequadamente os potenciais impactos, provenientes do processo de inundação em virtude de ruptura ou mau funcionamento da barragem de mineração, que deverá ser feito por profissional legalmente habilitado para essa atividade, cuja descrição e justificativa deverá, necessariamente, constar no PAEBM, sendo de responsabilidade do empreendedor e deste profissional a escolha da melhor metodologia para sua elaboração. Aqui, novamente, espera-se a contribuição do conhecimento das geociências aplicadas e dos profissionais atuantes em áreas do campo da geologia de engenharia e ambiental, em suas interfaces com as especializações em processos hidrológicos e engenharia hidráulica.

Dessa forma, embora o estudo de inundação requerido pela Portaria possa induzir certa prioridade à caracterização dos potenciais impactos de uma eventual ruptura, a perspectiva de possível mau funcionamento da barragem durante sua operação regular e continuada é mencionada nessa norma como um dos cenários de risco a ser também devidamente contemplado nas análises. Deve-se, assim, ter em vista as relações dos estudos de risco com os estudos destinados a avaliar os impactos e a suportar as atividades de gestão ambiental.

Por sua vez, o mapa de inundação é definido na Portaria como produto do estudo de inundação, devendo compreender a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por uma eventual ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados. Visa-se, desse modo, facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por essa possível situação. Assim, embora o foco pretendido pareça ser dirigido aos cenários de ruptura, novamente as situações de eventuais problemas no funcionamento das barragens devem ser abrangidas pelos estudos sobre segurança de barragens, em razão da vinculação entre o mapa de inundação e o estudo de inundação, no contexto da gestão de riscos e da gestão de impactos ambientais a jusante.

Nas situações em que haja outras barragens localizadas a jusante da estrutura objeto de avaliação, dentro da área de influência da inundação potencial, o estudo e o mapa de inundação requeridos devem considerar também, segundo a Portaria, uma análise conjunta de todas as estruturas potencialmente envolvidas. Portanto, requer-se, para fins de análise e gestão de impactos ambientais, a aplicação de uma abordagem própria da avaliação de impactos cumulativos, a qual, contudo, se mostra ainda incipiente no âmbito dos procedimentos de AIA e pouco salientada em EIA/Rimas no País. De todo modo, o mapa de inundação requerido pela Portaria deve refletir o cenário atual da barragem e estar em conformidade com sua cota licenciada, auxiliando na classificação referente ao DPA. Neste tema, convém alertar para os pesos relativamente maiores atribuíveis às variáveis socioambientais (existência de população; e impacto ambiental), conforme o quadro a ser utilizado para fins de classificação do DPA, vinculando-se o conceito de risco enquanto aspecto ambiental (ou seja, tendo-se as possibilidades de ruptura ou de mau funcionamento consideradas como ações impactantes) com o impacto ambiental propriamente dito (**Figura 2**).

Volume total do reservatório	Existência de população	Impacto ambiental	Impacto socioeconômico
Muito pequeno: < 500 mil m <sup>3</sup> (1)	Inexistente (0)	Insignificante (0)	Inexistente (0)
Pequeno: 500 mil a 5 milhões m <sup>3</sup> (2)	Pouco frequente (3)	Pouco significativo (2)	Baixo (1)
Médio: 5 a 25 milhões m <sup>3</sup> (3)	Frequente (5)	Significativo (6)	Médio (3)
Grande : 25 a 50 milhões de m <sup>3</sup> (4)	Existente (10)	Muito significativo (8)	Alto (5)
Muito grande: > 50 M m <sup>3</sup> (5)	-	Muito significativo agravado (10)	-

**Figura 2-** Resumo do quadro utilizado para fins de classificação do Dano Potencial Associado (DPA). As variáveis envolvidas não apresentam correspondência direta no quadro, sendo apresentadas dessa forma apenas de maneira a facilitar a visualização e a atribuição de pontuação total em cada uma delas (0 a 10). O DPA é, então, assim definido: *alto*, para soma  $\geq 13$ ; *médio*, para soma entre 7 e 13; e *baixo*, para soma  $\leq 7$ . Fonte: Brasil (2017).

Ainda de acordo com a Portaria do DNPM de 2017, nas barragens enquadradas com DPA *alto* ou *médio* (ou seja, soma  $> 7$ ), o estudo deverá ser detalhado e o mapa de inundação exibir, em gráficos e mapas georreferenciados, as áreas a serem inundadas, explicitando-se, além das chamadas Zona de Autossalvamento e Zona de Segurança Secundária, os tempos de viagem para os picos da frente de onda e inundações em locais críticos, abrangendo os corpos hídricos e possíveis impactos ambientais associados. Para atender a isso, bastaria, por exemplo, de acordo com os parâmetros da Figura 2, que o *impacto ambiental* seja considerado “Muito significativo”. Ou seja, apenas com a variável *impacto ambiental*, nesse exemplo o DPA já atingiria o valor 8, superando o limite mínimo (patamar = 7) para ser considerado *alto* ou *médio*, prescindindo-se da verificação de outras variáveis a jusante, como existência de população e impacto socioeconômico. Reforça-se, portanto, com isso, além dos aspectos de risco envolvidos, a importância da avaliação adequada de impactos ambientais decorrentes de eventuais problemas a jusante em face do funcionamento regular e continuado da barragem.

Além da obrigação de elaborar o mapa de inundação para cada barragem, também se torna obrigatória, com a nova Portaria, a implementação de sistema de monitoramento nas barragens de mineração. Para as barragens de DPA alto, com população a jusante e, ainda, construída ou

alteada pelo método a montante, o empreendedor deve manter o sistema de monitoramento com acompanhamento em tempo integral. Retoma-se, portanto, a obrigatoriedade de elaboração de mapa de inundação para todas as barragens de mineração, independente da CR que se enquadre, visando auxiliar na classificação referente ao DPA. Para as barragens que já eram obrigadas a elaborar PAEBM, a Portaria exige a elaboração de mapa de inundação detalhado.

## 4.2 Enquadramento das barragens de mineração

Dados apresentados em Arcoverde (2018), acerca do cadastramento e classificação das barragens de mineração no Brasil, após a edição da nova Portaria do DNPM de 2017, mostram um total de 787 barragens no País, das quais 418 se encontram inseridas na PSB. Portanto, cerca de 53 % das barragens cadastradas no sistema do DNPM enquadram-se em pelo menos um daqueles quatro critérios anteriormente citados.

O mesmo autor aponta que, no Estado de São Paulo, há 79 barragens de mineração cadastradas no sistema do DNPM, das quais 18 (cerca de 23 %) enquadradas na PNSB. Salienta-se que 50 % destas (ou seja, nove barragens) encontram-se inseridas sem a apresentação do respectivo PAEBM, o que configura uma lacuna para fins de gestão de riscos e impactos ambientais em caso de ruptura e também de eventual mau funcionamento da barragem. Dentre as 18 barragens no Estado de São Paulo inseridas na PNSB, no que se refere ao DPA associado, este em geral definido pelos empreendedores e/ou empresas consultoras responsáveis pelos estudos principalmente com base no cenário de eventual ruptura, nove estão classificadas como *alto*, três como *médio* e seis como *baixo*.

Estudos elaborados por Grupo de Trabalho especialmente constituído para avaliar a situação das barragens de mineração no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2016), envolvendo órgãos estaduais e o DNPM, logo após o evento de ruptura da barragem do Fundão, em novembro de 2015, apontam números um pouco mais elevados em relação ao total. Na ocasião, havia 22 barragens inseridas na PNSB. Presume-se que essa diferença (redução de 22 para 18 barragens) tenha ocorrido em razão da revisão efetuada pelos empreendedores em 2017, após a edição da nova Portaria. Tem-se em conta, ainda, o fato de que o referido Grupo de Trabalho utilizou, em suas análises, principalmente dados do DNPM referentes a 2014 e dos empreendedores a 2015.

Além dos aspectos relacionados à segurança das barragens em termos construtivos, que se reflete em função da CR, Arcoverde (2018) salienta a importância de se enfrentar o desafio das necessárias medidas de gestão territorial que devem ser tomadas em relação às áreas situadas a jusante do empreendimento e a criação de mecanismos de interlocução com as comunidades, incluindo-se, para isso, a implantação de sistemas de monitoramento das operações em geral, bem como o desenvolvimento de novas técnicas para reduzir impactos ambientais. Entre essas técnicas, o referido autor destaca: beneficiamento a seco; disposição em pastas; espessamento de rejeitos; filtragem para concentração de rejeitos; eliminação da água livre em barragens com alteamento efetuado com o próprio rejeito; e eliminação do excesso de água nas barragens. De fato, essas alternativas, à medida que se destinam principalmente a possibilitar a redução dos volumes de rejeito a dispor em barragens, tendem a contribuir também para a redução da quantidade e das dimensões de barramentos a construir.

Ao mesmo tempo, há que se refletir também a sobre a tendência apontada em Mesquita et al. (2016), no sentido de que é cada vez maior o empenho de mineradoras no sentido de aproveitamento de jazidas com teores cada vez menores, o que pode influenciar a dimensão de volumes a lavrar e os esforços para a redução de barramentos e bacias de rejeito.

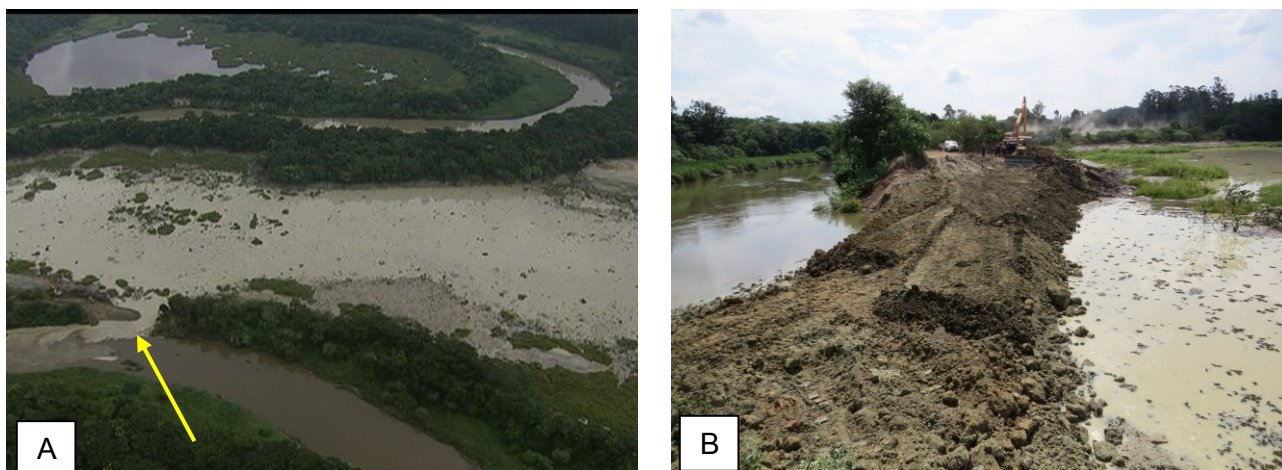
## 4.3 Algumas práticas adotadas na gestão de impactos a jusante

Os resultados nos estudos de caso realizados salientam, entre outros tópicos relacionados aos instrumentos de gestão aplicáveis, a importância do estudo de inundação, que deve ser efetuado na elaboração do PSB e do PAEBM, de modo a caracterizar adequadamente os potenciais impactos decorrentes do processo de inundação. Considera-se que esses estudos se constituem como subsídio essencial para gerir tanto os riscos quanto os impactos que venham a

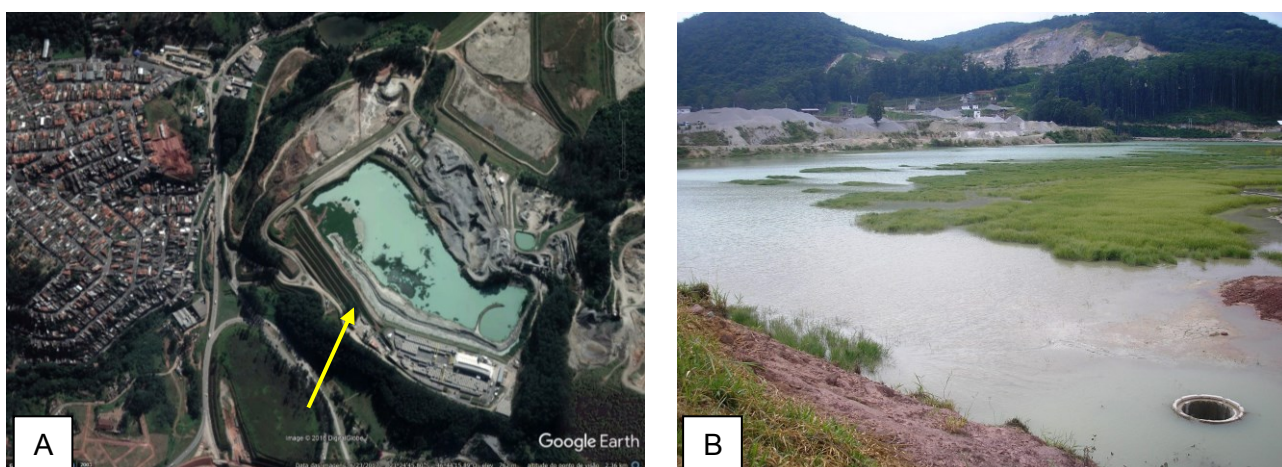


ocorrer em caso de eventual ruptura, os quais tendem a configurar cenários de desastre, bem como aqueles associados à operação regular e continuada das barragens, dado que estes últimos podem, por vezes, resultar também em situações de perdas significativas às comunidades e ao ambiente em geral.

Casos como os ilustrados nas figuras a seguir indicam situações onde se pode constatar, respectivamente, impactos ocorridos em relação a áreas situadas a jusante (**Figura 3**) e ocupação e população existente a jusante que sugerem reforçar a importância dos estudos prévios em relação a possíveis impactos, de modo a que sejam evitados ou mitigados (**Figura 4**).



**Figura 3**- Imagens de evento de ruptura de dique em extração de areia (Jacareí/SP; fev/2016), que afetou a captação de água da cidade de São José dos Campos, situada a jusante. A - local de ruptura, notando-se fluxo de sedimentos ao rio Paraíba do Sul (Fonte: <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2016/02/rompimento-de-barragem-afeta-abastecimento-de-agua-em-sao-jose.html>, acesso em 17/4/2018). B - atividades de reconstrução do dique, isolando-se a cava (à direita) em relação ao rio (à esquerda). Fonte: Arquivo IPT.



**Figura 4** - Imagens em área de mineração de rocha britada, localizada na região norte do município de São Paulo/SP, notando-se: A- ocupação a jusante da barragem (esta indicada pela seta amarela) - Fonte: Google Earth - acesso em 17.4.18; B- panorama da bacia formada pela barragem, com o setor de lavra ao fundo - Fonte: Arquivo IPT.

De fato, ao se efetuar o reconhecimento de campo em trechos de rios e planícies aluviais a jusante de barragens em operação, nos casos estudados, mesmo em empreendimentos sem qualquer histórico de ruptura, pode-se verificar a presença recorrente de alguns efeitos e impactos ambientais importantes, destacando-se:

- Alterações na morfologia e dinâmica fluviais presentes a jusante, especialmente em trechos situados nas proximidades dos barramentos, desencadeadas sobretudo por ocasião de chuvas intensas, causando erosão e solapamento de taludes marginais, em decorrência de lançamento concentrado de água por sistemas de extravasamento;
- Alterações na qualidade e disponibilidade de recursos hídricos, com consequências negativas ao abastecimento de água de comunidades situadas a jusante, em decorrência

do aumento de turbidez e da concentração de sedimentos em suspensão, refletindo-se no bem estar das populações residentes e em prejuízos a demais usuários; e

- Danos ao estado de conservação de ecossistemas aquáticos e terrestres, sobretudo em áreas de preservação permanente, conforme previstas na legislação ambiental vigente, como margens de cursos d'água e nascentes, reduzindo sua capacidade funcional na manutenção e geração de serviços ecossistêmicos.

Os levantamentos efetuados mostram, ainda, que a maior parte dos estudos de inundação elaborados para fins de PSB e de PAE, consultados durante a realização dos estudos de caso, aborda apenas de forma genérica os prováveis impactos decorrentes de eventual mau funcionamento das barragens, comumente apenas identificando-os e frequentemente desacompanhados de análise detalhada de suas características principais, em vista dos estudos prévios de impacto ambiental, como magnitude e relevância. Consideram-se geralmente as consequências de eventual ruptura, mas pouco se avaliam os efeitos e impactos ambientais que podem decorrer de possíveis deficiências na operação regular e continuada da barragem.

Do mesmo modo, observa-se, com base nos casos estudados, que as atividades de gestão ambiental conduzidas em áreas a jusante deixam de contemplar, muitas vezes, o desenvolvimento de soluções adequadas para evitar o surgimento de problemas como aqueles anteriormente apontados. Os mapas requeridos na elaboração dos referidos estudos de inundação, parte dos quais efetuados ao tempo das análises de risco realizadas concomitantemente aos estudos prévios de impacto ambiental, ilustram a disponibilidade de instrumentos que propiciariam uma avaliação detalhada sobre prováveis impactos ambientais a jusante em caso de deficiências no funcionamento da barragem, o que, no entanto, raramente é encontrado em meio à documentação técnica correlata, bem como na descrição de atividades de gestão ambiental em andamento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As considerações apresentadas anteriormente sugerem que a revisão da regulamentação sobre segurança e riscos associados a barragens de mineração no País tende a estimular a produção de dados e informações que podem ser bastante úteis também à gestão dos impactos ambientais a jusante. Isso tanto em relação à prevenção de eventuais rupturas quanto para auxiliar na gestão ambiental de situações indesejadas associadas ao funcionamento dessas estruturas durante a fase de operação.

Por outro lado, no que se refere ao conteúdo dos estudos de inundação elaborados, nota-se que a maior parte deles, quando presentes em meio ao PSB e PAEBM, abordam apenas genericamente os prováveis impactos da operação regular e continuada das barragens, carecendo de análises mais detalhadas, bem como de um maior aproveitamento desses dados quando da elaboração dos estudos prévios de impacto ambiental e dos planos e programas de gestão ambiental da operação. Na prática, mais do que a simples falta de integração, evidencia-se o flagrante distanciamento entre os estudos destinados à gestão de riscos e os de avaliação de impactos ambientais. Os resultados de uma possível integração desses estudos certamente contribuiriam para o aproveitamento maior de dados nos planos e programas ambientais correspondentes, alcançando-se a gestão ambiental da operação em sua plenitude.

Assim, com base nessas e em outras observações efetuadas nos estudos de caso, considera-se que as recomendações a apresentar às atividades de gestão ambiental devem focalizar a formulação e execução de medidas específicas a incorporar na fase de operação de barragens, tanto para fins de controle e de mitigação quanto de recuperação ambiental, independentemente das necessárias medidas destinadas a evitar rupturas (que incluem monitoramento, instrumentação e outras). Tais medidas devem ser claramente previstas e estabelecidas desde os estudos prévios de impacto ambiental, apresentados ao longo do processo de AIA e de licenciamento ambiental do empreendimento, bem como estendidos aos planos e programas de gestão ambiental da operação, o que inclui contemplar os aspectos ambientais da construção da barragem e de seus possíveis e sucessivos alteamentos em face de efeitos e impactos a jusante.



## AGRADECIMENTOS

Registram-se os agradecimentos a todos os que colaboraram, direta ou indiretamente, na elaboração dos trabalhos sintetizados neste artigo, em especial os profissionais do IPT e de outras instituições parceiras, como a Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, Instituto Geológico da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Coordenaria Estadual de Defesa Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e DNPM, entre outras, pelo compartilhamento de dados e observações efetuadas durante os trabalhos relatados em SÃO PAULO (2016) e em outros estudos correlatos. Agradece-se também a Ana Maria de Azevedo Dantas Marins pela revisão das referências bibliográficas.

## REFERÊNCIAS

ARCOVERDE, W. L. Atualização das Medidas de Implantação da Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB no Setor Mineral Brasileiro: novas medidas em segurança de Barragens. In: **Conferência sobre Barragens de Mineração em São Paulo**. Disponível em <http://www.energia.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Walter-Lins.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. MME - Ministério de Minas e Energia. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria Nº 70.389, de 17 de maio de 2017**. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. Brasília, DF: DNPM, 2017. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens-de-mineracao>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 set. 2010.

SÃO PAULO (Estado). SEM - Secretaria de Energia e Mineração. SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. SSRH - Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. CMIL - Casa Militar do Gabinete do Governador. **Barragens de mineração no Estado de São Paulo: diagnóstico e recomendações**. Relatório do Grupo de Trabalho instituído pela Resolução Conjunta SEEM/ SMA/ SSRH/ CMIL - 1, de 27 de novembro de 2015. São Paulo: Secretaria de Energia e Mineração/ Subsecretaria de Mineração, 2016.

MAC - MINING ASSOCIATION OF CANADA. **Um guia de auditoria e avaliação da gestão de instalações de rejeitos**. Ottawa, Canada, 2011. (Traduzido pelo IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração). Disponível em: <<http://mining.ca/sites/default/files/documents/Audit-Assessment-Tailings-Guide-Portuguese.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L. de; OGANDO, L. D. Desenvolvimento e inovação em mineração e metais. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 43, p. 325-361, mar. 2016.

ONU BR - NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. Brasília: Nações Unidas no Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Gloss%C3%A1rio%20-%20ODS%206.pdf>>. Acesso em: abr. 2018.