

ASPECTOS LEGAIS DA SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO: IMPLICAÇÕES PARA A QUALIDADE AMBIENTAL E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA NO ALTO RIO DAS VELHAS (MG)

Guilherme Eduardo Macedo Cota*

Universidade Federal de Minas Gerais

Nayara Mariana Gonzaga Rosa**

Universidade Federal de Minas Gerais

Camila Esteves Romeiro***

Universidade Federal de Minas Gerais

Izabela Aparecida da Silva Mendes****

Universidade Federal de Minas Gerais

Antônio Pereira Magalhães Júnior*****

Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo: A construção de barramentos para a contenção de rejeitos provenientes da exploração mineral é uma prática comum em Minas Gerais, principalmente no Quadrilátero Ferrífero. Os riscos ambientais associados ao colapso destas estruturas favoreceram a elaboração de parâmetros legais que regulam as barragens de rejeito de minério no Brasil, estabelecidos através da Política Nacional de Segurança de Barragens e do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. A bacia do Alto Rio das Velhas está totalmente inserida no Quadrilátero Ferrífero, onde a mineração se sobressai em diferentes contextos de uso e ocupação do solo no entorno dos cursos d'água. Deste modo, destaca-se a importância da realização de estudos que abordem os aspectos e instrumentos legais tocantes à segurança de barragens de rejeitos, fomentando reflexões acerca das implicações e dos riscos inerentes à instalação e à manutenção deste tipo de estrutura na região. Neste sentido, este artigo apresenta um panorama dos aspectos jurídicos, legais e administrativos que envolvem a segurança de barragens de rejeito de minério instaladas na região do Alto Rio das Velhas e faz uma reflexão sobre o seu contexto espacial, apontando os problemas, riscos e consequências para a qualidade ambiental e a manutenção de usos múltiplos da água na bacia.

Palavras-chave: Mineração. Riscos ambientais. Quadrilátero Ferrífero.

LEGAL ASPECTS ON SAFETY OF MINING REJECT DAMS: IMPLICATIONS FOR AN ENVIRONMENTAL QUALITY AND MULTIPLE WATER USES IN THE UPPER RIO DAS VELHAS BASIN (MINAS GERAIS STATE, BRAZIL)

Abstract: The construction of dams to store and contain mineral tailings is a common practice in the Minas Gerais state, Brazil, mainly in the so-called "Quadrilátero Ferrífero" geological region (iron quadrangle). The environmental risks associated with the collapse of these structures favored the elaboration of legal parameters that regulate this sector in Brazil. These parameters are established through the national policy on dam's safety and the national information system on dam's safety. The Alto Rio das Velhas basin is totally inserted in the "Quadrilátero Ferrífero", where mining excels in different contexts of land use and occupation around the water courses. Therefore, it is important to carry out studies that address the legal aspects and instruments related to the safety of mining tailings dams, motivating reflections about the implications and risks inherent to their installation and maintenance in the region. In this sense, this article presents an overview of the juridical, legal and administrative aspects that involve the safety of mining tailings dams installed in the region and reflects on their spatial context, pointing out the problems, risks and

* Mestrando em Geografia e Análise Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG. Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Cep 31270-901 - Belo Horizonte-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6904-316X>. E-mail: guilhermebhmg@hotmail.com

** Mestranda em Geografia e Análise Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG. Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Cep 31270-901 - Belo Horizonte-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8804-0474>. E-mail: nayara.mariana07@gmail.com

*** Mestranda em Geografia e Análise Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG. Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Cep 31270-901 - Belo Horizonte-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6339-1817>. E-mail: romeiro.camila@gmail.com

**** Doutoranda em Geografia e Análise Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG. Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 - Cep 31270-901 - Belo Horizonte-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0881-9710>. E-mail: mendes.ias@gmail.com

***** Professor do Departamento de Geografia - Instituto de Geociências da UFMG - Av. Antônio Carlos, 6627 - Cep 31270-901 - Belo Horizonte-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5327-3729>. E-mail: antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

consequences for environmental quality around maintaining commitment of water multiple uses in the basin.

Keywords: Mining. Environmental risks. "Quadrilátero Ferrífero" (iron quadrangle).

ASPECTOS LEGALES DE LA SEGURIDAD DE PRESAS DE RESIDUOS MINEROS: IMPLICACIONES PARA LA CALIDAD AMBIENTAL Y USOS MÚLTIPLES DEL AGUA EN LA CUENCA DEL ALTO RIO DAS VELHAS (MINAS GERAIS; BRASIL)

Resumen: La construcción de presas para la contención de residuos provenientes de la explotación minera es una práctica común en el estado de Minas Gerais, Brasil, principalmente en la unidad geológica del "Quadrilátero Ferrífero". Los riesgos ambientales asociados al colapso de estas estructuras favorecieron la elaboración de parámetros legales nacionales de regulación, establecidos a través de la política nacional de seguridad de presas y del sistema nacional de información sobre seguridad de presas. La cuenca del Alto Río das Velhas está totalmente inserida en el "Quadrilátero Ferrífero", donde la minería se destaca en diferentes contextos de uso y ocupación de la tierra en el entorno de los cursos de agua. De ese modo, se destaca la importancia de la realización de estudios que aborden los aspectos e instrumentos legales tocantes a la seguridad de presas de residuos mineros, fomentando reflexiones sobre las implicaciones y los riesgos inherentes a la instalación y el mantenimiento de este tipo de estructuras en la región. En este sentido, este artículo presenta un panorama de los aspectos jurídicos, legales y administrativos que involucra la seguridad de presas de residuos mineros en la región del Alto Río das Velhas y trae reflexiones sobre su contexto espacial, apuntando a los problemas, riesgos y consecuencias para la calidad ambiental y el mantenimiento de usos múltiples del agua en la cuenca.

Palabras-clave: Minería. Riesgos ambientales. "Quadrilátero Ferrífero" (cuadrilátero de hierro).

Introdução

A exploração mineral pode ser considerada como um dos setores básicos da economia nacional, representando cerca de 9% do PIB brasileiro (ANA, 2006). No entanto, apesar de sua clara importância econômica, sabe-se que a atividade minerária gera impactos ambientais significativos, principalmente no que se refere aos recursos hídricos.

A interação água-mineração se dá tanto durante a exploração da jazida quanto nos processos de tratamento do minério, podendo desencadear na degradação de sistemas hídricos e em situações de rarefação ou escassez. Além destes impactos diretos, outros fatores relacionados à atividade devem ser destacados quando se trata de implicações sobre a integridade ambiental, como é o caso da construção de barramentos para a contenção de resíduos líquidos e sólidos oriundos do beneficiamento do minério.

Estas estruturas são utilizadas em larga escala no Brasil e no mundo, mas, apesar de apresentarem vantagens ligadas principalmente ao seu custo-benefício, são permeadas por uma série de riscos relacionados à estabilidade, sendo significativos os registros históricos envolvendo rompimentos e o desencadeamento de severos impactos ambientais (Costa et al., 2016). Diante destes riscos, existem parâmetros legais que regulam as barragens de rejeito de minério no Brasil, estabelecidos através da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Sabe-se que no estado de Minas Gerais a mineração constitui um dos setores econômicos mais

significativos, fato que remonta ao início da exploração aurífera no Brasil em meados do século XVII (Sobreira, 2014). A maior parte desta produção se dá na região do Quadrilátero Ferrífero (MG), onde localizam-se as maiores concentrações de minério, principalmente de ferro. Para além, entretanto, das reconhecidas riquezas minerais, o Quadrilátero Ferrífero também apresenta atributos ambientais expressivos, dentre os quais se destacam os sistemas hídricos, distribuídos ao longo de bacias hidrográficas de extrema importância para o equilíbrio ambiental e socioeconômico regional. Este é o caso da Bacia do Rio das Velhas, cujo alto curso coincide com a maior parte do Quadrilátero.

A Bacia do Rio das Velhas abrange 51 municípios e possui uma área total de aproximadamente 27.887,69km². No Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia seu território de gestão foi dividido em quatro regiões hidrográficas, definidas como Alto Rio das Velhas; Médio-Alto Rio das Velhas; Médio-Baixo Rio das Velhas; e Baixo Rio das Velhas (Ecoplan, 2015). A região do Alto Rio das Velhas compreende toda a área do Quadrilátero Ferrífero que se insere na bacia, abrangendo os municípios de Ouro Preto, Itabirito, Nova Lima, Rio Acima, Raposos, Caeté e Sabará, além da totalidade do território de Belo Horizonte (Lemos, 2018). Nas águas de seu curso principal tem-se a captação de Bela Fama, que é a fonte principal para o abastecimento humano da capital mineira e de outros municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Os cursos d'água do Alto Rio das Velhas estão sob diferentes contextos de uso e ocupação do solo, dos quais se destaca a mineração. Os empreendimentos minerários da região, por sua vez, utilizam em grande

parte barragens para contenção de resíduos, fato que vem gerando grandes controvérsias devido aos riscos associados ao colapso destas estruturas.

Considerando a importância da Bacia do Rio das Velhas em termos ambientais, sociais e econômicos, vê-se como necessária a realização de estudos que abordem os aspectos e instrumentos legais tocantes à segurança de barragens de rejeitos, fomentando reflexões acerca das implicações e dos riscos inerentes à instalação e à manutenção destes tipos de empreendimentos na região.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo apresentar um panorama dos aspectos jurídicos, legais e administrativos que envolvem a segurança de barragens de rejeito de minério instaladas na região do Alto Rio das Velhas (MG), fornecendo um panorama da configuração espacial das barragens identificadas e distinguindo-as quanto às classes de risco, tipos de rejeito retidos, empresas responsáveis e se estão inseridas ou não na PNSB. Por fim, é feita uma reflexão sobre o cenário atual das barragens no Alto Rio das Velhas, apontando seus problemas, riscos e consequências para a qualidade ambiental e a multiplicidade de usos da água na bacia.

Procedimentos metodológicos

Este trabalho teve por base pressupostos técnicos, teóricos e conceituais, estabelecidos a partir das discussões que permeiam os aspectos legais e espaciais sobre barragens de rejeito de minério na região do Alto Rio das Velhas.

Buscando alcançar os objetivos estabelecidos, primeiramente construiu-se uma revisão bibliográfica sobre a conjuntura da segurança de barragens de rejeito dando enfoque e contextualizando à legislação federal e estadual. Posteriormente, lançou-se mão de técnicas de cartografia e geoprocessamento para construção de croquis com a espacialização das barragens na área de estudo, contribuindo com a compreensão da dinâmica territorial da bacia. A produção cartográfica foi realizada através da suíte de aplicativos de geoprocessamento ArcGIS® em sua versão 10.5.

Figura 1 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados.



Fonte: elaboração dos autores.

Levando em consideração a escala dos dados disponíveis, ressalta-se que estes refletem características sintéticas da região. As bases de dados digitais utilizadas para a elaboração dos mapas temáticos compreenderam informações da Agência Nacional de Mineração (ANM)¹; da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE/MG); do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT); da Agência Nacional de Águas (ANA); do Ministério de Meio Ambiente (MMA); e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Por fim, realizou-se uma análise das implicações e dos riscos ambientais das barragens identificadas no Alto Rio das Velhas considerando, sobretudo, sua inserção na PNSB. Tais reflexões serviram para elucidações críticas sobre as conformações da dinâmica espacial da bacia e o levantamento de prognósticos.

Aspectos legais tocantes à segurança de barragens de rejeito de minério no Brasil

A atividade minerária, de maneira geral, é compreendida por um conjunto de processos de lavra, concentração e transformação do minério para múltiplas finalidades (D'Agostino, 2008). Vale destacar, contudo, que este conjunto de ações possui particularidades, que variam de acordo com o tipo de minério extraído.

Nesse sentido, um empreendimento pode gerar, a partir da exploração e do beneficiamento do minério, quantidades variáveis de rejeito, os quais podem ou não ser dispostos em barragens (ANA, 2006). Outras formas para deposição de rejeitos oriundos da atividade minerária podem ser em pasta, *dry stacking*, pilhas, cavas exauridas de mina e em minas subterrâneas (Espósito; Ávila, 2008).

Na região do Quadrilátero Ferrífero grande parte dos empreendimentos minerários faz uso de barragens para contenção dos rejeitos (Prado Filho; Souza, 2004). Segundo Tonidandel (2011), a predominância de barragens em Minas Gerais, de maneira geral, decorre da disponibilidade de áreas com topografia favorável (vales encaixados) e da baixa ocorrência de sismos. Alves (2015) também destaca a viabilidade econômica, uma vez que a qualidade dos minérios da região requer um maior beneficiamento, dificultando a compatibilização dos retornos financeiros com a adoção de outras tecnologias como o empilhamento a seco.

Considerando que a construção de barramentos para a retenção de rejeitos de minério envolve riscos, sobretudo associados aos parâmetros geotécnicos

relativos à estabilidade da estrutura da barragem (D'Agostino, 2008), foi publicada a Lei Federal n. 12.334 de 20 de setembro de 2010 (Brasil, 2010), que estabelece a PNSB e o SNISB.

Até o ano de 2017 ficava a cargo do DNPM, no âmbito de suas atribuições, fiscalizar a pesquisa e a lavra para o aproveitamento mineral, bem como as estruturas decorrentes destas atividades. Cabia ao DNPM também a competência para fiscalizar barragens destinadas à contenção de rejeitos de mineração, bem como publicar normativas no sentido de regulamentar os instrumentos previstos na PNSB. No entanto, com a publicação da Lei Federal n. 13.575 de 26 de dezembro de 2017 (Brasil, 2017), o DNPM é extinto e criada a ANM, que passa a ter, em grande parte, as atribuições antes destinadas ao DNPM.

Vale destacar que antes da Lei Federal n. 12.334 de 2010, que estabeleceu a PNSB, havia um arcabouço legal amplo e disperso acerca da regulamentação de barragens de rejeito de minério no Brasil (D'Agostino, 2008; Tonidandel, 2011). Este histórico remonta à Constituição de 1937, passando pelo Código da Mineração de 1967 e a Constituição Federal de 1988.

A PNSB apresenta, como instrumentos previstos, o Plano de Segurança de Barragem (PSB) e o sistema de classificação de barragens por categoria de risco (CRI) e por dano potencial associado (DPA). O sistema de classificação de barragens por CRI e por DPA segue os critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), através da Resolução n. 143, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012).

Para efeitos da PNSB, entende-se como DPA qualquer ocorrência relacionada a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais. Já para a CRI, as barragens são classificadas de acordo com os seus próprios aspectos, englobando as características técnicas, estado de conservação e seu respectivo PSB.

A elaboração do PSB, por sua vez, é de obrigação do empreendedor, tendo o objetivo de auxiliar na gestão da segurança da barragem. O conteúdo mínimo, a periodicidade de atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos e o nível de detalhamento do PSB são definidos pela Portaria do DNPM n. 70.389, de 17 de maio de 2017 (DNPM, 2017). Esta Portaria também criou o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (CNBM), sob responsabilidade do DNPM, diferindo do SNISB proposto na Lei n. 12.334 de 2010, o qual é de responsabilidade da ANA e abrange outros tipos de barramentos.

¹Foram utilizados os dados de barragens do ano de 2016, que correspondem à última atualização disponível pela ANM em seu repositório digital.

Vale ressaltar que deve estar destacado no PSB a CRI, o DPA e a declaração de condição de estabilidade, além de licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais necessários para o funcionamento da barragem. A presença do DPA é de extrema importância para o PSB, pois interfere na temporalidade do monitoramento de segurança da barragem. Deste modo, o empreendedor fica responsável também pela categorização da CRI e do DPA.

Todas as barragens classificadas com DPA alto deverão apresentar em seu PSB um volume extra com o Plano de Ação Emergencial (PAE). No caso de barragens para contenção de rejeito, este documento recebe a designação de Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM), que deverá conter procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência. Tais procedimentos deverão considerar diversos cenários em que possa ocorrer o rompimento (ex.: chuvas extremas) e a possível mancha de inundação gerada. Não obstante, se o órgão fiscalizador julgar necessário, pode solicitar a elaboração de um PAEBM de um empreendimento que não possui DPA alto.

A fim de distinguir o planejamento e a gestão das barragens quanto à segurança, a ANA desenvolveu uma matriz relacionando o DPA e a CRI, agrupando as estruturas em cinco classes (A, B, C, D e E) de forma decrescente. Isso significa que, quanto maior a sua classe, maior é a necessidade de planos mais abrangentes e revisões mais frequentes.

Além de todo arcabouço legal referido em âmbito federal, o governo do estado também publica, através da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), o Inventário de Barragens do Estado de Minas Gerais. Este documento faz parte do Programa de Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos, que visa reduzir o risco de danos ambientais caso ocorra algum colapso nessas estruturas, seguindo as diretrizes das Deliberações Normativas do COPAM n. 62, n. 87, n. 124 e n. 217 (Copam, 2002; 2005; 2008; 2017).

A classificação adotada pela FEAM, conquanto, segue critérios próprios definidos nas deliberações citadas, considerando principalmente o potencial poluidor/degradador da atividade. Cada barragem pode ser classificada em três categorias: classe I – pequeno, classe II – médio e classe III – grande. Ademais, sua fiscalização é complementar a realizada pela ANM, que é a autarquia federal (vinculada ao Ministério de Minas e Energia) responsável legalmente pela fiscalização do PSB e pela revisão periódica de segurança de todas as barragens de mineração no País (Wanderley et al., 2016).

As principais críticas ao arcabouço legal que tange à segurança de barragens de rejeito de minério decorre

da permissividade/incapacidade dos órgãos gestores (ANM – anteriormente o DNPM e a FEAM) em fiscalizar as barragens e da falta de exigência em se cumprir os instrumentos estabelecidos na PNSB.

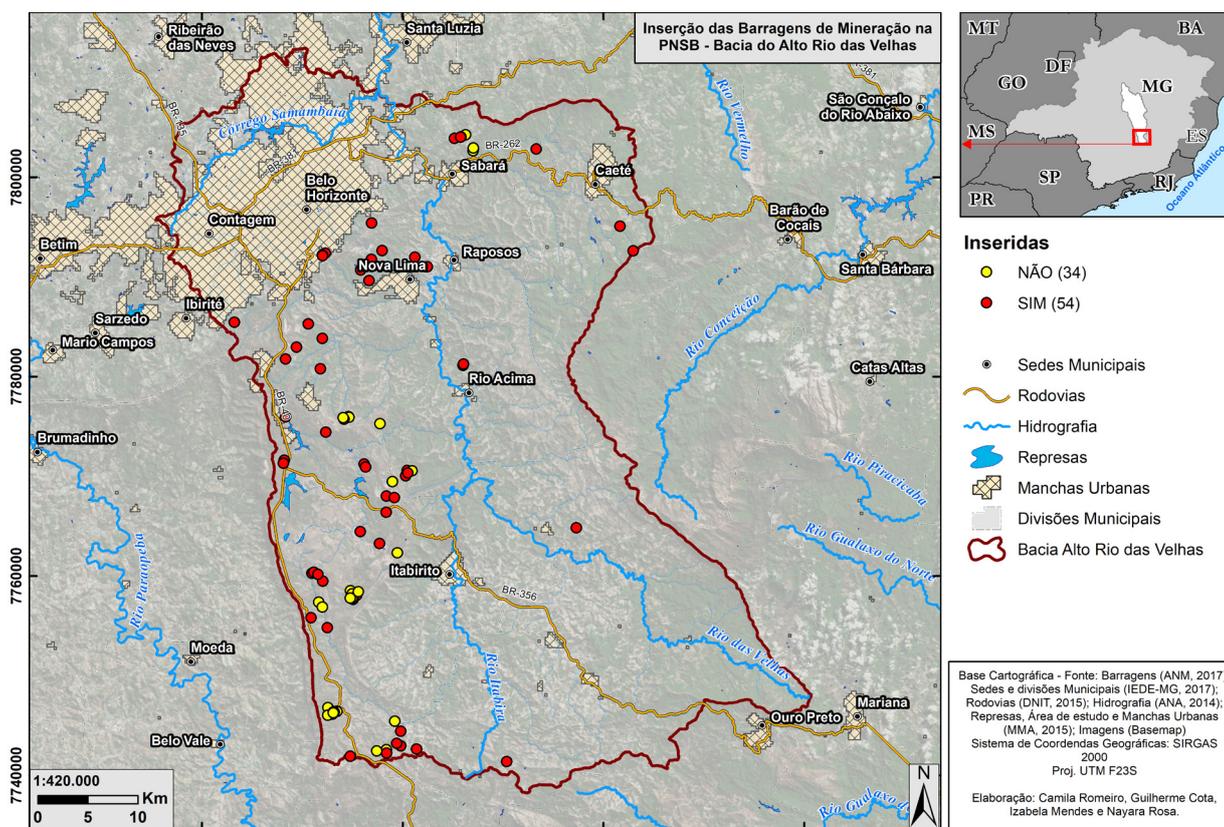
Nesse sentido, Wanderley et al. (2016) apontam para a reincidência de barragens com grande potencial poluidor/degradador (classe III), seguindo a classificação da FEAM, sem a declaração de estabilidade garantida. Os referidos autores ainda destacam que algumas barragens no contexto do Quadrilátero Ferrífero permanecem com a estabilidade não garantida por até quatro anos seguidos, evidenciando lacunas na fiscalização de barragens por parte da FEAM e do próprio DNPM (que ainda existia à época).

Outras críticas pertinentes se baseiam na elaboração do PAEBM, que fica a cargo do empreendedor. Segundo Sampaio (2016), essa confiança que a legislação deposita na boa-fé do empreendedor ou em seu temor acerca das penalidades que possa sofrer com o descumprimento de normas lhe credita total autonomia para a elaboração do PAEBM. Contudo, Sampaio (2016, p. 15) ressalta que este posicionamento “pode cobrar um alto preço em perdas humanas, ambientais e econômicas”.

Casos recentes de barragens que foram declaradas como estáveis e vieram a romper evidenciam esta situação. Wanderley et al. (2016), tomando como base o Inventário de Barragens do Estado de Minas Gerais, destacam a barragem da Herculano Mineração, localizada no município de Itabirito (Alto Rio das Velhas), que apresentou a declaração de estabilidade garantida no ano de 2013 e se rompeu no ano seguinte vitimando três pessoas. O mesmo ocorreu com a barragem de Fundão, localizada em Mariana (Alto Rio Doce), que apresentou a declaração de estabilidade para os anos de 2014 e 2015, sendo a última quatro meses antes do rompimento que vitimou 19 pessoas.

De acordo com o Relatório de Segurança de Barragens referente ao ano de 2016 (ANA, 2017), que abrange todo tipo de barramento previsto na PNSB, somente 336 PAEs foram implementados. Entretanto, sua elaboração era obrigatória para as 2.053 barragens com DPA alto existentes em todo o território nacional à época, de acordo com a PNSB. Segundo Wanderley et al. (2016), o baixo número de barragens com PAEs evidencia a incapacidade dos órgãos fiscalizadores em garantir que as empresas cumpram as normas de segurança obrigatórias previstas nos instrumentos da Lei Federal n. 12.334 de 2010.

Figura 2 – Inserção das Barragens de Mineração na PNSB na Bacia do Alto Rio das Velhas.



Fonte: elaboração dos autores.

Panorama espacial das barragens de rejeito de minério no Alto Rio das Velhas (MG)

Cerca de 44% das barragens brasileiras localizam-se em Minas Gerais. Segundo o último relatório do Cadastro Nacional de Barragens (Database 12/2016), apresentado pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2017), há 839 barragens de rejeito de minério no País. Desse total, 46% não estão inseridas na PNSB. Em relação a Minas Gerais, este percentual é de 40%.

Frente a esse quantitativo, ressalta-se que, apesar do extenso território do estado, a distribuição dessas barragens se dá de forma concentrada, em decorrência da existência de províncias minerais para exploração. A região do Alto Rio das Velhas concentra um total de 88 barragens de rejeito de minério (Figura 2).

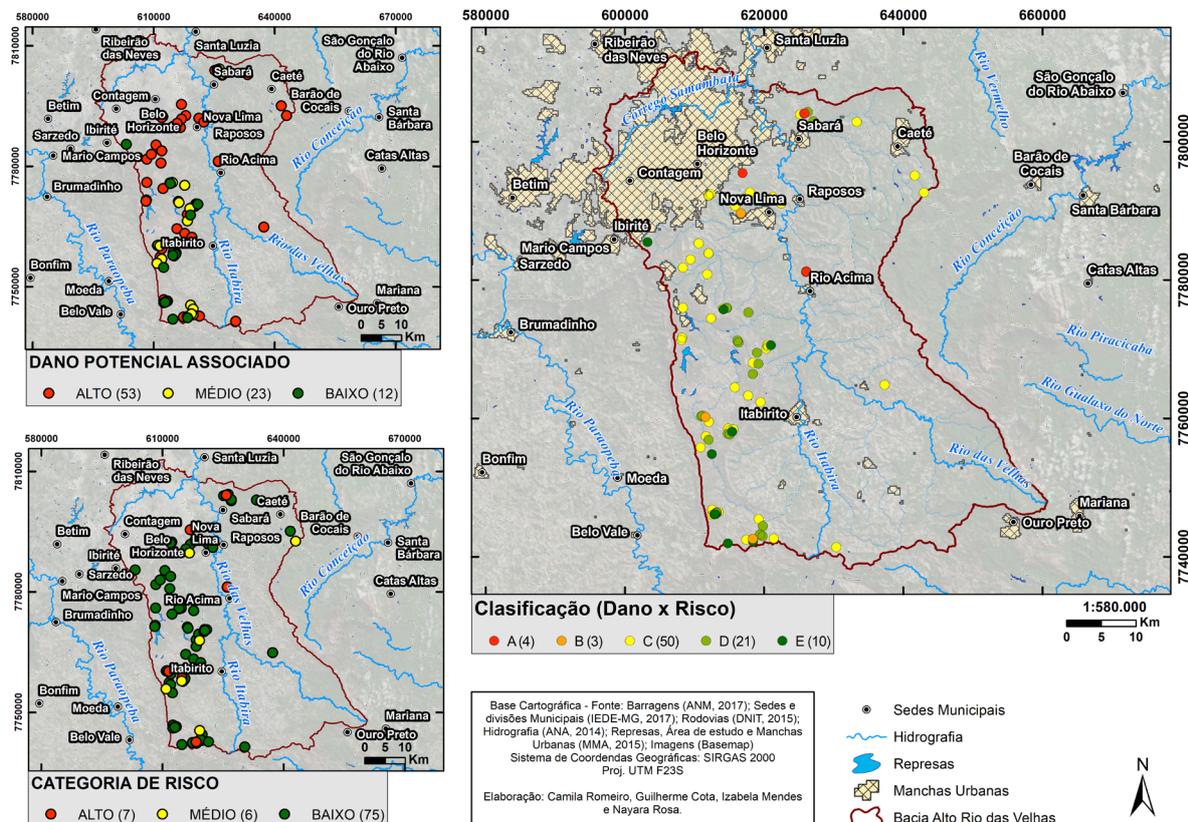
Há no Brasil, atualmente, uma tendência de construção de barragens com reservatórios menores, como justificativa de reduzir os impactos decorrentes de sua implantação. Esta prática, porém, requer um debate mais profundo. Conforme destacam Collischonn e Tucci (1997, p. 1), “em rios com vários reservatórios

em cascata, o rompimento de uma barragem de montante pode resultar no colapso de todo o sistema, por rompimento sucessivo, no que se chama ‘efeito dominó’, ou rompimento em cascata”. Quando se analisa esse cenário com base na Figura 2, percebe-se que há um grande número de barragens que estão localizadas diretamente a jusante uma da outra. Considerando que as não inseridas na PNSB não são legalmente obrigadas a elaborar um Plano de Ação Emergencial, vê-se que o efeito dominó pode ser imensurável.

Os efeitos cumulativos de um rompimento de barragens de baixo risco podem ser ainda mais desastrosos do que um colapso isolado de uma barragem de alto risco, pois o “efeito cascata” alarga a área de autossalvamento, expondo áreas maiores. Essa área se caracteriza pela porção a jusante da barragem, onde não é possível uma intervenção das autoridades competentes e nem por parte do empreendedor em caso de acidente, pois não haveria tempo suficiente (DNPM, 2017).

A proximidade das barragens a aglomerações urbanas faz com que a região apresente 60% das

Figura 3 – Classificação de barragens de mineração quanto ao DPA, à CRI e à matriz de segurança na Bacia do Alto Rio das Velhas.

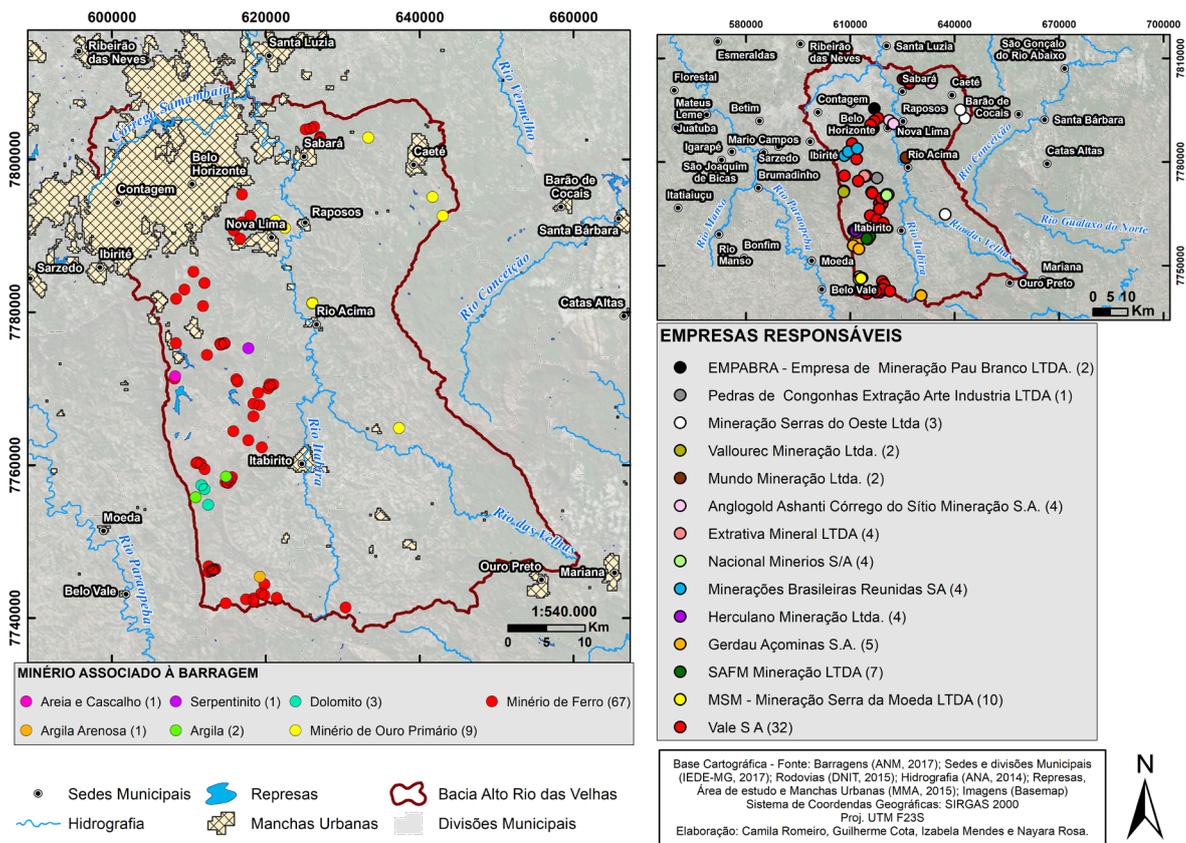


Fonte: elaboração dos autores.

barragens com alto dano potencial associado (Figura 3). Em compensação, a categoria de risco de 85% do total de barragens é baixa, exatamente pela redução do tamanho dos reservatórios. Este aspecto repercute em resultados mais brandos ao se realizar a matriz de classificação da ANA, e, conforme já discutido anteriormente, quanto mais baixa esta classificação, menor também será a recorrência na fiscalização quanto a sua segurança.

Quanto à extração de minério em destaque, o ferro aparece na vanguarda, representando um percentual de 66% dos minérios associados às barragens no Alto Rio das Velhas. Bem menos expressivas, as barragens associadas ao minério de ouro aparecem em seguida com 10% do total (Figura 4). Os 14% restantes ficam a cargo da exploração de dolomito, argila, serpentinito, argila-arenosa, areia e cascalho.

Figura 4 – Minério explorado e empreendedores responsáveis associados às Barragens de Mineração na Bacia do Alto Rio das Velhas.



Fonte: elaboração dos autores.

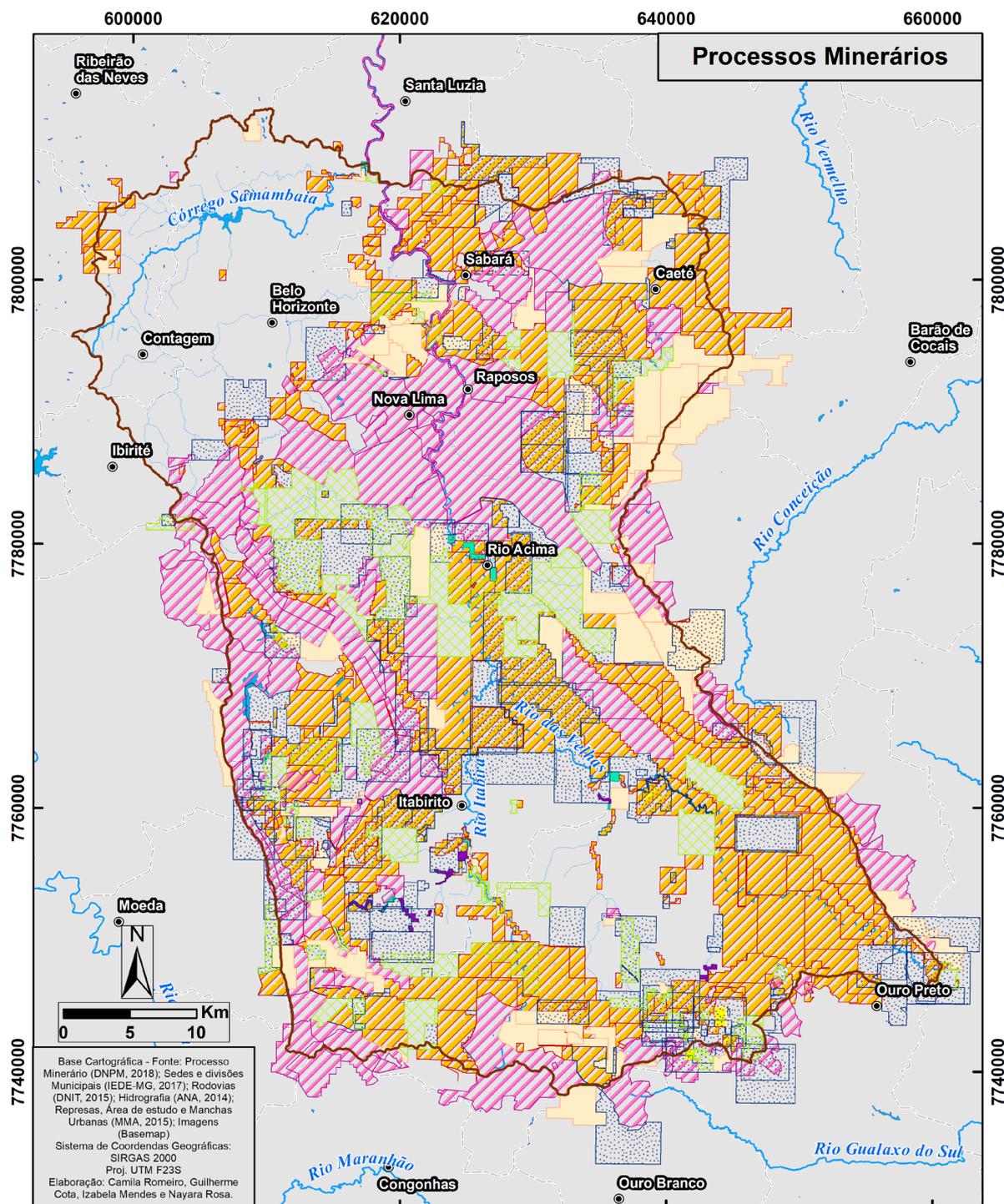
No que tange à responsabilidade por esses empreendimentos, 14 empresas distintas apresentam, no mínimo, uma barragem na região. No entanto a Vale S.A. se sobressai, sendo responsável por 32 das 88 barragens identificadas.

Com relação à disposição espacial de barramentos, existe uma concentração de estruturas instaladas na margem esquerda do Rio das Velhas. Há, contudo, uma tendência de expansão da atividade minerária em toda a bacia e, principalmente, na margem direita do Rio das Velhas, cujo principal expoente é o Projeto da Mina Apolo na Serra do Gandarela (Rojas; Pereira, 2015).

Vale destacar que a implantação de novas minas no contexto do Alto Rio das Velhas deriva, ao menos em parte, da substituição de minas já exauridas ou em fase final de fechamento (Marent et al., 2011). Dentre os novos empreendimentos previstos que fazem a utilização de barragens, além do já referido Projeto da Mina Apolo, destaca-se o complexo minerador de Vargem Grande, com a implantação da barragem de Fazenda Velha com aproximadamente de 600 milhões de m³, sendo cerca de 10 vezes maior que o volume da barragem de Fundão que se rompeu no município de Mariana (G1 Minas Gerais, 2015).

Considerando os processos minerários em andamento na bacia (Figura 5), é possível estabelecer um prognóstico de avanço significativo na instalação de novas minas e, conseqüentemente, novas barragens. A Figura 5 mostra que a atividade minerária não tem interesse somente na mancha urbana de Belo Horizonte (noroeste da bacia) e na região do Complexo do Baçõ (centro-sul da bacia). Tal fato decorre da presença do próprio tecido urbano e da ocorrência de minerais sem valor comercial significativo, respectivamente.

Figura 5 – Fase dos processos minerários na Bacia do Alto Rio das Velhas.



Base Cartográfica - Fonte: Processo Minerário (DNPM, 2018); Sedes e divisões Municipais (IIDE-MG, 2017); Rodovias (DNIT, 2015); Hidrografia (ANA, 2014); Represas, Área de estudo e Manchas Urbanas (MMA, 2015); Imagens (Basemap)
 Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000 Proj. UTM F23S
 Elaboração: Camila Romeiro, Guilherme Cota, Izabela Mendes e Nayara Rosa.

● Sedes Municipais ~~~~~ Hidrografia 🏞 Represas 🗺 Bacia Alto Rio das Velhas 🏘 Sedes Municípios

- FASE**
- 🟡 AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA (310)
 - 🟢 LICENCIAMENTO (16)
 - 🟠 REQUERIMENTO DE PESQUISA (252)
 - 🟣 REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO (14)
 - 🟡 CONCESSÃO DE LAVRA (170)
 - 🟠 REQUERIMENTO DE LAVRA (87)
 - 🟢 DISPONIBILIDADE (73)
 - 🟡 REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA (6)

Fonte: elaboração dos autores.

Reflexões acerca das implicações e dos riscos ambientais das barragens identificadas no Alto Rio das Velhas

Historicamente, o Alto Rio das Velhas sofreu com os impactos ambientais oriundos da atividade minerária, o que remonta ao ciclo do ouro no século XVII. Deste modo, é relevante salientar que os impactos da extração mineral na bacia possuem uma conotação histórica, ainda mais se consideradas as práticas rudimentares que eram adotadas com a utilização da "bateia" para a extração do ouro nos depósitos aluvionares (Sobreira, 2014).

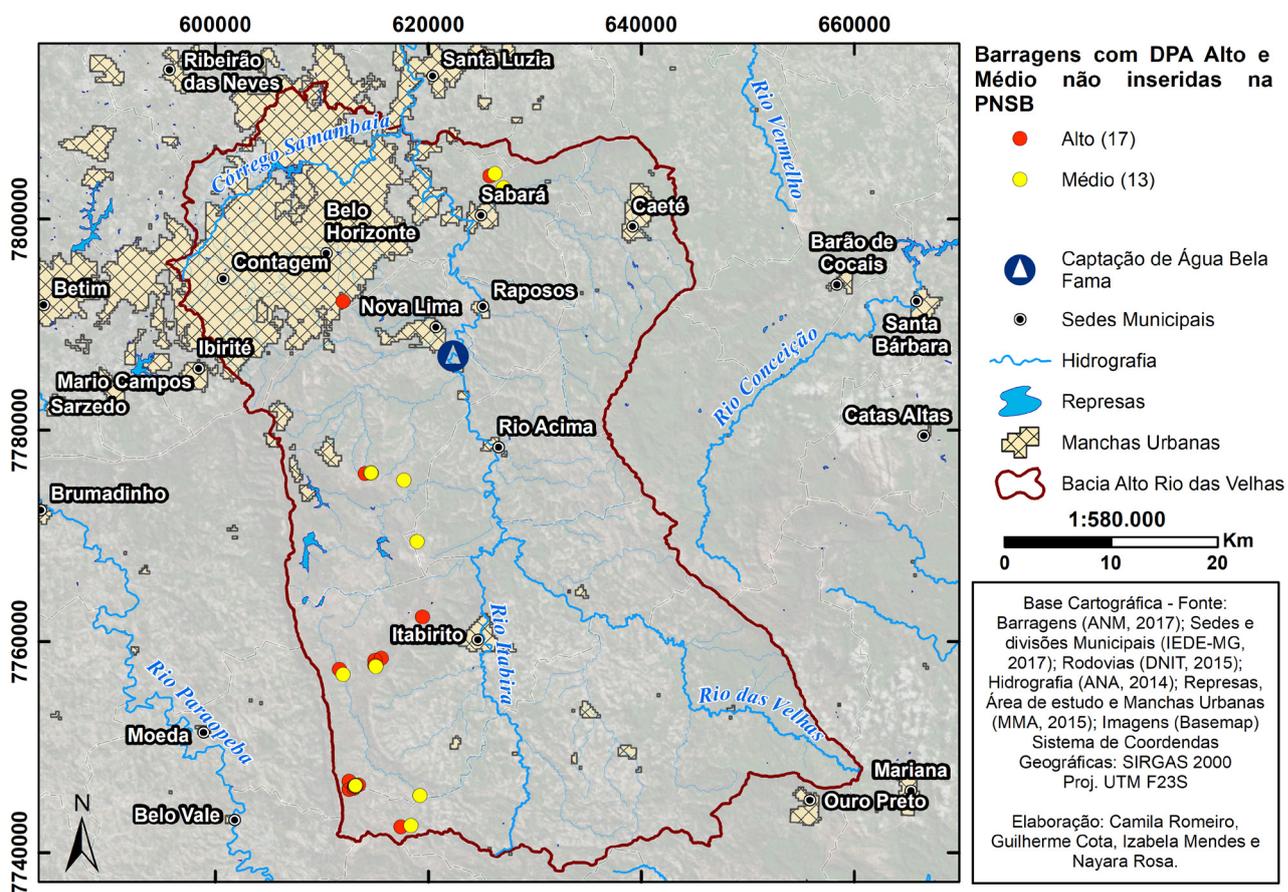
Não obstante, mesmo com a disposição de novas técnicas de exploração mineral há ainda significativos impactos ambientais gerados pela atividade. Nesse sentido, um impacto característico do modelo de mineração adotado atualmente decorre da construção de barragens de rejeito de minério e possíveis eventos que venham levar ao seu rompimento.

Tomando como base o contexto do Alto Rio das Velhas, onde a utilização de barragens para contenção de rejeitos é ampla e difusa (Prado Filho; Souza, 2004), há

sempre o risco constitutivo do rompimento de barragens. Deste modo, a aplicação correta da legislação ambiental e minerária é uma prerrogativa essencial para se minimizar os riscos e até mesmo os impactos provenientes de um possível rompimento. Conquanto, mesmo com uma legislação própria referente à segurança de barragens, ainda persistem lacunas no sistema de gerenciamento por parte do aparato estatal, sobretudo no que tange à aplicação correta dos instrumentos da PNSB. Conforme já destacado na Figura 2, no Alto Rio das Velhas há 34 barragens (cerca de 39,7% do total) que não estão inseridas na PNSB.

Considerando o que está estabelecido na Lei Federal n. 12.334 de 2010, todas as barragens classificadas com DPA alto e médio devem obrigatoriamente estar inseridas na PNSB. Isso não se aplica para o caso do Alto Rio das Velhas, onde foram identificadas 17 barragens com DPA alto e 13 barragens com DPA médio não inseridas na PNSB (Figura 6). Ou seja, das 34 barragens não inseridas na PNSB, 30 deveriam estar de acordo com o que é estabelecido em Lei.

Figura 6 – Disposição das 30 barragens com DPA alto e médio não inseridas na PNSB.



Fonte: elaboração dos autores.

As consequências do não estabelecimento das referidas barragens na PNSB se refletem na temporalidade do monitoramento de segurança de barragens e na adoção de procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, conforme estabelece o PAE, documento obrigatório para barragens com DPA alto. Estas contradições envolvendo a segurança das barragens podem, por sua vez, influenciar diretamente na garantia da multiplicidade de usos da água na bacia, sobretudo considerando que grande parte destas estruturas se insere em fundos de vale, valendo-se dos aspectos morfológicos (vales encaixados) presentes na região.

A Bacia do Alto Rio das Velhas apresenta alta complexidade e concentra variadas formas de uso da água, dentre as quais se destaca o abastecimento público. A região concentra importantes mananciais como Bela Fama (Figura 6), responsável por aproximadamente 48% do abastecimento da RMBH. Bela Fama atende cerca de 2,1 milhões de pessoas dos municípios de Belo Horizonte, Nova Lima, Raposos, Sabará, Santa Luzia, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Vespasiano e Contagem (Copasa, 2016). Ainda se tratando do setor de abastecimento, outros importantes usuários de captação de água são o SemaE (Serviço Municipal de Água e Esgoto) de Ouro Preto e os SAAEs (Serviços Autônomos de Água e Esgoto) de Itabirito, Caeté e Rio Acima (Copasa, op. cit.).

Considerando que parte expressiva das barragens encontra-se a montante das captações citadas, um possível rompimento desencadearia um cenário de degradação significativo, que colocaria em risco toda a segurança hídrica da região. A quantidade de materiais liberados atingiria as artérias fluviais subjacentes à barragem, podendo impedir ou encarecer demasiadamente o processo de tratamento da água, uma vez que o aumento de sedimentos em suspensão e de partículas coloidais demandam técnicas mais sofisticadas para se atingir os padrões de potabilidade necessários para abastecimento.

Outros materiais, como é o caso do arsênio (característico de barragens de mineração de ouro), se em estado de dissolução na água, também não podem ser retirados através do tratamento convencional regulamentado no Brasil (Lemos, 2018). Cabe destacar, ainda, que o uso da água por outros setores (agropecuário, de produção de energia e de turismo e lazer) também seria prejudicado ou mesmo inviabilizado (Copasa, 2016).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece que a gestão da água no Brasil deve priorizar os usos múltiplos, garantindo que todos os setores

usuários tenham acesso igualitário ao recurso (Brasil, 1997). A alocação destes usos múltiplos, por sua vez, envolve a organização das diferentes atividades humanas no espaço, visando à compatibilização entre as necessidades de montante e jusante (Magalhães Júnior, 2015). A PNRH também determina que o abastecimento humano é uso prioritário e deve ser garantido mesmo em situações de escassez.

Considerando estas duas determinações – que podem ser tomadas como as máximas que regem a gestão de recursos hídricos no Brasil –, torna-se claro o quão alarmante e contraditório é o cenário de distribuição de barragens de rejeito no Alto Rio das Velhas. O número de barragens, suas características de dano potencial e localização a montante de áreas de captação demonstram que a gestão territorial na região está na contramão dos objetivos de gestão dos recursos hídricos.

Um exemplo deste cenário é o caso da mina de ouro pertencente à Mundo Mineração, localizada no município de Rio Acima, a montante da captação de Bela Fama. A mina possui dois barramentos, ambos de DPA e CRI altos, sendo enquadrados na matriz de classes da ANA como classe A. Apesar de as barragens serem de porte pequeno e muito pequeno, elas estão a montante uma da outra, distando em poucos metros. A principal problemática da mina e da mineradora em questão decorre do abandono do processo minerário pela empresa responsável, que simplesmente deixou de monitorar a segurança e a estabilidade da barragem (Lemos, 2018). Caso haja um rompimento, além do "efeito cascata" das barragens, o rejeito da extração do ouro primário, por ser de elevada toxicidade, pode inviabilizar a captação para o abastecimento em Bela Fama (Lemos, op. cit.).

Além das questões relativas especificamente à segurança hídrica, também cabe destacar que cerca de 40% dos municípios da RMBH situam-se a jusante destes barramentos (CBH Velhas, 2016). Neste contexto, um evento de rompimento de grande magnitude acarretaria em outros prejuízos socioeconômicos imensuráveis, relacionados à perda de vidas humanas, destruição de áreas urbanas consolidadas e possível desestabilização econômica de uma das maiores regiões metropolitanas do País. É necessário retomar, ainda, o conceito de "efeito cascata", tendo em vista que muitas das barragens da região não possuem grandes dimensões, mas encontram-se alinhadas no mesmo vale fluvial. Esta configuração, em um caso de rompimento, promoveria efeitos cumulativos, que aumentariam severamente a magnitude dos impactos.

É necessário apontar que os discursos comumente adotados quando ocorre um rompimento de barragem

em Minas Gerais são associados a eventos pontuais, ou seja, a algum problema específico e característico da barragem que se rompeu. Esta perspectiva dá a entender que os fenômenos que levaram ao seu rompimento não se aplicam para as demais barragens. Tal aspecto, contudo, deve ser questionado e problematizado, pois, considerando o histórico de rompimento de barragens em Minas Gerais (COSTA et al., 2016), é possível perceber uma recorrência de tais eventos. Os referidos autores ainda apontam para o fato de que este histórico pouco serviu para o aprimoramento dos sistemas de prevenção e controle de acidentes e que tais eventos ainda persistem em acontecer.

Retomando as contradições na aplicação da legislação e considerando todo o risco envolvido no contexto apresentado, surge, por fim, um questionamento: como as barragens que não estão inseridas na PNSB ainda estão em operação, mesmo sem se enquadrar no que estabelece a Lei Federal n. 12.334? Não há, contudo, uma resposta clara e concreta para esta indagação. É possível destacar primeiramente, conforme aponta Wanderley et al. (2016), a incapacidade dos órgãos fiscalizadores em garantir o que está estabelecido em Lei, o que decorre, ao menos em parte, da falta de recursos humanos do próprio sistema gestor.

Também se inserem nesta conjuntura as relações de poder que envolvem o setor minerário e o Estado. Segundo Lemos (2018), a dependência econômica da mineração, sobretudo por parte dos municípios, devido à arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerários (CFEM), é reafirmada em uma dimensão política/administrativa, materializando-se nos processos de decisão que envolvem a fiscalização de barragens e na obrigatoriedade de sua inclusão na PNSB, por exemplo.

Diante do contexto apresentado, fica claro que as formas de planejamento e gestão das atividades minerárias no Alto Rio das Velhas não necessariamente dialogam com os anseios da sociedade ou respeitam os instrumentos previstos na legislação que rege a atividade. Este cenário reflete outras dimensões da realidade brasileira, onde interesses econômicos muitas vezes são motivados por estruturas que estão distantes da realidade local e são potencialmente conflitantes com a gestão de um bem comum e coletivo, como são as águas (Lemos, 2018).

Considerações finais

A legislação tocante à atividade minerária no Brasil apresenta-se historicamente de maneira ampla e dispersa, com uma contínua elaboração e uma revisão dos aparatos normativos que regem a atividade. Quando se refere às barragens, o estabelecimento de uma política destinada à sua gestão e à sua segurança é recente, tendo sido estabelecida no ano de 2010 pela Lei Federal n. 12.334. Os instrumentos desta lei foram, contudo, aprimorados ao longo dos anos seguintes: critérios para classificação das barragens por CRI e DPA foram estabelecidos somente em 2012 e as normas destinadas exclusivamente à segurança de barragens de rejeito de minério foram determinadas em 2017.

A Bacia do Alto Rio das Velhas apresenta um total de 88 barragens de rejeito de minério, das quais apenas 54 encontram-se inseridas na PNSB. Este cenário evidencia uma lacuna na aplicação da legislação, pois, das 34 barragens que não estão inseridas na PNSB, 30 apresentam DPA alto e médio, devendo, portanto, estar incluídas na política de segurança. Essa conjuntura revela as limitações dos órgãos fiscalizadores em implementar os instrumentos de gestão existentes.

Considerando o histórico de casos de rompimento de barragens em Minas Gerais, o não enquadramento destas estruturas na PNSB representa um grande problema. A ausência de PAEs para as barragens de DPA alto, por exemplo, coloca em risco a vida de pessoas que residem a jusante destes empreendimentos.

Além do número significativo de estruturas existentes e das lacunas na aplicação da política de segurança, muitas das barragens de rejeito de minério presentes no Alto Rio das Velhas localizam-se diretamente a jusante umas das outras. Em um evento de rompimento, esta configuração espacial promoveria o chamado "efeito cascata", que aumentaria significativamente a magnitude dos impactos.

Este contexto, por sua vez, se reflete em um elevado risco ambiental e social para a bacia. Uma quantidade expressiva das barragens existentes encontra-se a montante de captações voltadas para o abastecimento público, a exemplo de Bela Fama – que abastece cerca de 48% da RMBH – e das captações dos municípios de Ouro Preto, Itabirito, Caeté e Rio Acima. Considerando este cenário, um evento de rompimento desencadearia processos de degradação significativos, que poderiam comprometer toda a segurança hídrica da região.

Além deste aspecto, é necessário destacar que cerca de 40% dos municípios da RMBH situam-se a jusante destes barramentos. Sendo assim, um rompimento de grande magnitude poderia acarretar

impactos socioeconômicos imensuráveis, como a perda de vidas humanas, destruição de áreas urbanas e desestabilização econômica dos municípios afetados e da região metropolitana como um todo.

Diante do contexto apresentado, nota-se que as atividades minerárias no Alto Rio das Velhas se estabelecem sem respeitar integralmente os instrumentos previstos na legislação. Esta configuração, que gera benefícios restritos a certas camadas da sociedade, se coloca em contradição com a manutenção de um bem coletivo, que são as águas. Pode-se perceber, assim, que a gestão territorial na região está na contramão dos objetivos da gestão dos recursos hídricos, o que torna estes dois âmbitos potencialmente conflitantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio com a concessão de bolsa.

Referências

- ALVES, H. O. (2015) *Estudo comparativo de duas técnicas de lavra em barragem de rejeito sob o ponto de vista geotécnico*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte: 153 f.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2006) *A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração*. Brasília: p. 334.
- _____. (2017) *Relatório de Segurança de Barragens 2016*. Brasília: p. 235.
- ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. (2017) *Cadastro Nacional de Barragens de Mineração – Database dezembro de 2016*. Brasília: p. 10.
- BRASIL. (1997) *Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- _____. (2010) *Lei n. 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 n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- _____. (2017) *Lei n. 13.575, de 26 de dezembro de 2017*. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis n. 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e n. 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei n. 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei n. 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13575.htm>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- CBH VELHAS – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. (2016) *Revista Rio das Velhas: rompimento de barragem em Mariana preocupa o CBH Rio das Velhas*. 16 mai. 2016. Disponível em: <<http://cbhvelhas.org.br/noticias/rompimento-de-barragem-em-mariana-preocupa-o%E2%80%A8-cbh-rio-das-velhas/>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. (2012) *Resolução n. 143, de 10 de julho de 2012*. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1635>. Acesso em: 15 mai. 2018
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. (1997) Análise do rompimento hipotético da barragem de Ernestina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 2. Porto Alegre. Disponível em: <10.21168/rbrh.v2n2.p191-206>. Acesso em: 9 jun. 2018.
- COPAM – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. (2002) *Deliberação Normativa COPAM n. 62, de 17 de dezembro de 2002*. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- _____. (2005) *Deliberação Normativa COPAM n. 87, de 17 de junho de 2005*. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM n. 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- _____. (2008) *Deliberação Normativa COPAM n. 124, de 9 de outubro de 2008*. Complementa a Deliberação Normativa COPAM n. 87, de 6/9/2005, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8572>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- _____. (2017) *Deliberação Normativa COPAM n. 217, de 6 de dezembro de 2017*. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download>>.

pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 15 mai. 2018.

COPASA. (2016) *Procedimento de manifestação de interesse. 001/2016*. Out. 2016. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/95f3923e-b4d7-4081-b2d1-72f716e19aa8/PMI_01_AnexoII.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 15 mai. 2018.

COSTA, A.; FELIPPE, M. F.; REIS, G. (2016) Licenciamento Ambiental de Grandes Empreendimentos Minerários: dos alarmes que ninguém escuta à tragédia no Rio Doce. *Revista Geografias*, v. 1, n. Edição Especial Vale do Rio Doce, p. 95-113.

D'AGOSTINO, L. F. (2008) *Praias de barragens de rejeitos de mineração: características e análise da sedimentação. 2008*. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. (2017) *Portaria n. 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 arts. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei n. 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens-de-mineracao>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

ECOPLAN. (2015) *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Resumo Executivo*. 234 p. Disponível em: <http://200.98.167.210/site/arquivos/RE_VELHAS_Rev01.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2018.

ESPÓSITO, T. J.; ÁVILA, J. P. (2008) *Programa de Implementação de Procedimentos de Gestão e Segurança das Barragens de Rejeitos*. Curso Para Gerentes/Engenheiros de Operação. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

G1 MINAS GERAIS. (2015) *Ambientalistas alertam para projeto de barragem da Vale na Grande BH*. G1 Minas Gerais, 30 nov. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2015/11/ambientalistas-alertam-para-projeto-de-barragem-da-vale-na-grande-bh.html>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

LE MOS, R. S. (2018) *A integração da Gestão Territorial a partir da política das águas*. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. (2015) *Geografia e Recursos Hídricos (Apostila)*. Belo Horizonte: 231 p.

MARENT, B. R.; LAMOUNIER, W. R.; GONTIJO, B. M. (2011) Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero – MG: mineração x preservação. *Revista Geografias*, v. 7, n. 1, p. 99-113.

PRADO FILHO, J. F.; SOUZA, M. P. (2004) O licenciamento ambiental da mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais – Uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 343-349.

ROJAS, C. M. O.; PEREIRA, D. B. (2015) Políticas e estratégias empresariais de controle territorial: a VALE S.A. e os embates na Serra do Gandarela/MG. *Novos Cadernos NAEA*, v. 18, n. 3, p. 29-49.

SAMPAIO, J. A. L. (2016) As deficiências do plano de ação emergencial das barragens no Brasil. *Revista Brasileira de Direito*, v. 12, n. 2, p. 7-17.

SOBREIRA, F. (2014) Mineração do ouro no período colonial: alterações paisagísticas antrópicas na serra de Ouro Preto, Minas Gerais. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 1, p. 55-65.

TONIDANDEL, R. P. (2011) *Aspectos Legais e Ambientais do Fechamento de Mina no Estado de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica Aplicada) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

WANDERLEY, L. J.; MANSUR, M. S.; PINTO, R. G. (2016) Avaliação dos antecedentes econômicos, sociais e institucionais do rompimento da barragem de rejeito da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (orgs.). *Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição*. Rio de Janeiro: Folio Digital – Letra e Imagem, p. 39-86.