

Avaliação de riscos à saúde humana e ecológicos por rompimento da Barragem I da Vale em Brumadinho-MG

Human health and ecological risks assessment from failure dam of VALE S.A in Brumadinho-MG

Lillian Maria Borges Domingos
Bolsista PCI, Química Industrial MSc

Zuleica Carmem Castilhos
Supervisora, Bioquímica, D.Sc.

Resumo

Este trabalho apresenta estudos preliminares relacionados ao período de um mês e de trabalho de campo exploratório, onde foram coletadas amostras ambientais e realizadas visitas às partes interessadas nos potenciais impactos do rompimento da Barragem I, da VALE S.A, em Brumadinho. Adicionalmente foi realizada uma revisão bibliográfica e estudo da metodologia de avaliação de riscos à saúde humana e ecológicos, que tem a “caracterização da fonte” como primeira etapa. Por isto, neste primeiro momento os processos de produção e a caracterização dos rejeitos da Barragem I foram abordados de forma mais detalhada. Sugere-se que o estudo das cargas de material particulado na atmosfera, potencialmente oriundo da dispersão das partículas finas do rejeito, seja abordado prioritariamente por ser de fundamental importância para a avaliação de risco a saúde humana.

Palavras chave: rompimento de barragem, barragem de mineração, mineração de ferro, exposição ambiental, material particulado fino.

Abstract

This work presents preliminary results related to the one-month period and exploratory field work, where environmental samples were collected and stakeholders, which have relationship with the potential impacts of the failure dam in Brumadinho, were visited. In addition, a literature review and study of the methodology for human health and ecological risks assessment was carried out, which has the “source characterization” as the first step. Therefore, at this moment the mineral production processes and the tailings characterization were discussed in details. It is suggested that the study of particulate matter in the atmosphere, potentially arising from the dispersion of the tailings fine particles, be performed as a priority since it may be important for the human health risk assessment.

Key words: dam failure, mining dam, iron mining, environmental exposure, fine particulate matter.

1. Introdução

A mineração é sem dúvida um segmento de muita importância para a economia do país e tem impacto em todos os setores da indústria. Muitos são os estudos e investimentos para desenvolvimento e melhorias dos processos de extração e beneficiamento. Porém, quanto aos impactos causados aos indivíduos que habitam em comunidades tradicionais próximas as áreas de atividade mineral, pouco é considerado (SERRA, 2018)

Segundo SOARES (2010) os grandes volumes de rejeitos produzidos a partir dos processos de lavra e beneficiamento são depositados em barragens construídas com os próprios rejeitos, sendo os métodos mais comuns: de montante, de jusante e de linha de centro.

A ANM (2017) Agência Nacional de Mineração divulgou o Cadastro Nacional de Barragens, onde classifica as barragens em função da altura, do tipo de minério, do porte pelo volume, e da categoria de risco e de dano potencial. Na cidade de Brumadinho existem 30 barragens, sendo 28 classificadas como risco baixo e duas classificadas como risco médio, entre elas, a Barragem I. A atividade de mineração na Mina Córrego do Feijão, iniciou em 1923 e a Barragem I foi construída em 1974, sendo desativada em 2016. Segundo levantamento de janeiro de 2019 registrado no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, a Barragem I da empresa Vale S.A no município de Brumadinho-MG possuía 86 metros de altura, 720 metros de crista, com volume de 11.741.325,34 m³ e uma área de extensão de 249.500 m². Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I rompeu causando a morte violenta de cerca de 300 pessoas, com avalanche de lama sobre solos e córregos e impactos ambientais crônicos ainda a serem avaliados. É importante conhecer se a lama proveniente do rompimento da barragem pode representar risco à saúde humana e à biota (terrestre e aquática) por exposição ambiental.

A avaliação de risco à saúde humana é uma metodologia quantitativa que utiliza modelos biológicos e estatísticos e resulta em estimativas numéricas, ou índices, que relacionam a intensidade da poluição aos riscos à saúde humana e ao ambiente (USEPA, 1989). É composta por 4 etapas: caracterização da fonte, avaliação da exposição, avaliação da toxicidade e caracterização de risco (CASTILHOS et al., 2005). A avaliação de risco ecológico estima a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso esperado como resultado da exposição ambiental a um ou mais fatores de estresse e é composta de três etapas interligadas: formulação do problema, análise de exposição e efeitos e, a caracterização de risco (RODRIGUES, et al., 2011 apud USEPA, 1998).

Estas metodologias serão utilizadas para estruturar a dinâmica da presente pesquisa. Assim, a primeira etapa se refere à caracterização da fonte/ formulação do problema, ou seja, à caracterização dos rejeitos da mineração de ferro que se encontravam dentro da Barragem I, que se rompeu e que atualmente, encontra-se sobre os solos e córregos de uma região rural produtiva e habitada.

Para tanto, deve-se partir do conhecimento do processo de produção de ferro na Mina Córrego do Feijão visando obter informações sobre a natureza granulométrica, química e mineralógica dos rejeitos, considerados a fonte de potencial exposição humana e ecológica. A distribuição granulométrica das partículas é de grande interesse devido aos efeitos adversos à saúde provocados por estas partículas. Dependendo da faixa de tamanho, quando inaladas, podem chegar até o sistema respiratório inferior. Partículas menores do de 10 µm,

por exemplo, alcançam os alvéolos pulmonares. Ainda, a composição química das partículas também influencia os efeitos adversos, sendo que quanto maior o teor de sílica, mais danoso à saúde humana (CASTILHOS et al., 2008).

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a contaminação ambiental pelo rompimento da barragem de rejeitos de mineração de ferro da Mina Córrego do Feijão (Brumadinho, MG) e os riscos associados à saúde humana e ecológicos. Este trabalho apresenta os resultados desta fase inicial da pesquisa, incluindo dados de revisão bibliográfica e outras atividades, relacionados ao primeiro mês de bolsa PCI, e à viagem de campo, realizada em fevereiro.

2. Objetivo

Este trabalho apresenta os resultados preliminares desta pesquisa, incluindo a caracterização da fonte, etapa inicial da metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ecológico e o trabalho de campo exploratório.

3. Material e Métodos

3.1. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica buscou informações sobre a caracterização química e tecnológica dos rejeitos de barragem de mineração de ferro no Brasil, e especificamente, das Barragens de Fundão, em Mariana e da Barragem I, bem como dos processos de extração e beneficiamento, especialmente na Mina Córrego do Feijão.

3.2. Trabalho de campo exploratório em Brumadinho

Foi realizada uma viagem a campo no dia 05/02/2019, onze dias após o rompimento da Barragem I, com uma equipe multidisciplinar de pesquisadores. Foram realizados contatos com diversas partes interessadas, para buscar apoio para a coleta de material na área diretamente impactada e para estabelecer agenda de atividades futuras em conjunto. Com o corpo de bombeiros e a vigilância da saúde foi possível ter acesso às áreas afetadas, onde foram realizadas as coleta de amostras de material sólido (solo/rejeitos) nas áreas adjacentes à Barragem I, denominadas “zonas quentes” e na Comunidade Parque da Cachoeira. As coletas de material sólido foram realizadas se observando as diferentes colorações encontradas, visando amostragem representativa da área.

A coleta de águas superficiais do Rio Paraopeba foi realizada em um ponto a montante e em um ponto a jusante da entrada da lama/rejeitos neste rio. Amostras de águas sem filtração prévia e com filtração em 0,45 µm foram acidificadas, para análise de metais totais e dissolvidos, respectivamente. No ponto a jusante foi coletada também amostras de água sem acidificação prévia e sem filtragem. Foi utilizada a sonda multi parâmetro Hanna, modelo HI 9829 para a avaliação “in situ” de parâmetros básicos de qualidade de águas.

3.3. Análise de tamanho de partícula

O equipamento “Zetasizer Nano-ZS” mede, entre outros parâmetros, o tamanho de partículas e moléculas, desde o tamanho menor do que um nanômetro até vários microns, utilizando espalhamento de luz dinâmico. O equipamento foi utilizado para analisar a distribuição do tamanho das partículas presentes nas amostras de águas superficiais do rio Paraopeba, acidificadas (não filtrada e filtrada) e não acidificadas (não filtrada).

4. Resultados e Discussão

Segundo o site Wide-uranium (2019), no Brasil aconteceram nove acidentes com barragens nos últimos 30 anos e nota-se que estes estão se tornando mais recorrentes, sendo que os acidentes mais recentes (Mariana e Brumadinho) são os que causaram maior número de mortes de pessoas, animais domésticos e silvestres e danos ao meio ambiente. Em Brumadinho, no Córrego do Feijão, a barragem rompeu, liberando cerca de 12 milhões m³ de rejeitos matando 270 pessoas (das quais 248 foram enterradas e 22 estão ainda desaparecidas) e atingindo o Rio Paraopeba. Em 05/11/2015, na mineração de ferro pertencente à Samarco, subsidiária das empresas VALE S.A e BHP Billiton, ocorreu o rompimento da barragem de Fundão. Uma onda de lama inundou o distrito de Bento Rodrigues, da cidade de Mariana. Morreram 17 pessoas e duas continuam desaparecidas. O número de mortes não foi maior porque uma mulher arriscou a própria vida se dirigindo ao povoado de Bento Rodrigues para alertar a população sobre o perigo iminente. O mais recente, em 29/03/2019, ocorreu na mineração de estanho pertencente à Metalmig Mineração. Após fortes chuvas, a barragem rompeu, deixando 100 famílias isoladas em Machadinho do Oeste – Rondônia.

Na Mina Córrego do Feijão, o processo mineral é realizado a partir de lavra a céu aberto de hematitas friáveis e de itabiritos limoníticos. Após o processo de beneficiamento, que consiste inicialmente dos processos de britagem primária, secundária e peneiramento tanto para a hematita quanto o itabirito limonítico, na instalação de britagem e, posteriormente, as etapas de peneiramento e classificação em classificadores em espiral, para a hematita e a concentração magnética para a o itabirito limonítico na instalação de tratamento de minério, o rejeito final, constituído predominantemente por partículas finas, era bombeado para a Barragem I (GOMES, 2009).

GOMES (2009) realizou análise granulométrica por peneiramento a úmido, análises químicas por espectrometria de plasma e análise mineralógica por difração de raios X dos rejeitos contidos na Barragem I. Os resultados mostraram que na distribuição granulométrica dos finos 91,79% das partículas se encontram abaixo de 0,150mm (150µm) e 58,81% abaixo de 0,045mm (45 µm) e os teores médios (calculado) foram: Fe 48,08%, SiO₂ 20,58% e Al₂O₃ 3,16%.

SOMASUDARAN (1980) classificou as partículas com base em seu tamanho e comportamento em meio aquoso, da seguinte forma:

Finos – partículas que são facilmente separáveis por processos gravitacionais e cujo tamanho médio está compreendido entre 10 µm e 100 µm; Ultrafinos – partículas que são facilmente separadas por processo não

gravitacionais convencionais inclusive a flotação e cujo tamanho médio está compreendido entre 1 μm e 10 μm ; Coloides – partículas cujo o tamanho é inferior a 1 μm ; Lamas – mistura de coloides e ultrafinos naturais e aqueles gerados em processos de cominuição. Uma característica das lamas é ter uma sedimentação bastante lenta.

WOLFF (2009) estudou a caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale S.A. O objetivo do trabalho foi caracterizar as partículas ultrafinas, menores que 10 μm contidos nos rejeitos. As separações granulométricas foram realizadas por peneiramento a úmido e elutriação (cyclosizer). A determinação da distribuição granulométrica foi realizada pela técnica de difração a laser (Cilas). As análises químicas foram realizadas por espectrometria de plasma de acoplamento indutivo e por via úmida. As outras técnicas utilizadas foram: difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura com microanálise química associada à espectroscopia de Mössbauer. A difração de Raios-X indicou a presença de caulinita, quartzo gipsita, talco, e moscovita além dos óxidos de ferro (hematita, goetita e magnetita). Os difratogramas de raios-X mostraram que à medida que a granulometria das frações diminui as concentrações de quartzo diminuem. Os resultados obtidos no microscópio eletrônico de varredura mostraram que as partículas dos rejeitos estudados não são esféricas.

COUTO (2009) estudando caracterização de alumínio e fósforo em minério de ferro utilizou as técnicas de análises químicas via úmida e ICP-OES, difração de raios-X, microscopia ótica e espectroscopia de Mössbauer. As análises por difração de raios-X e microscopia ótica mostraram que as fases minerais predominantes nas amostras estudadas são hematita, goetita, magnetita, caulinita, muscovita e sílica.

Portanto, a lama que verteu da Barragem I e que se espalhou sobre os solos e atingiu as sub-bacias hidrográficas do Córrego do Feijão-Carvão e o rio Paraopeba é composta de partículas finas (de 10 a 100 μm), ultrafinas (de 10 a 1 μm) e coloidais (menor do que 1 μm).

As partículas de tamanho inferior a 10 μm são denominadas respiráveis e associadas a problemas de saúde como enfisema, pneumoconioses (das quais a silicose é um tipo, causada por partículas ricas em sílica/quartzo, que é um dos componentes predominantes da lama de barragens de mineração de ferro) e câncer pulmonar. As partículas presentes no rejeito, portanto, podem ser extremamente perigosas se inaladas, pois podem atingir os sistemas mais profundos do tecido pulmonar, os alvéolos. A composição química destas partículas é essencialmente quartzo, insolúveis no sistema pulmonar, o que acresce riscos de aparecimento das doenças citadas acima, na população humana exposta. Não apenas o tamanho das partículas é importante para a compreensão da periculosidade à saúde humana, mas também seu formato tridimensional, sua composição química e as características da superfície (lisas, rugosas, fibrosas, etc), entre outros parâmetros.

Os ensaios realizados com o Medidor Zetasizer Nano-ZS mostraram que a média do tamanho de partículas em águas superficiais a montante foi de 0,558 μm (n=2) e de 0,181 μm (n=3), a jusante. Estes dados são preliminares, mas indicam diferença por influência do derramamento de lama/rejeito nas águas do rio Paraopeba, com o incremento de partículas mais finas.

No trabalho de campo exploratório objetivou-se vivenciar diretamente a dimensão da tragédia e de seus impactos no meio ambiente e sobre a população. A coleta preliminar de amostras de solo/rejeitos foi realizada na “zona quente”, próximo da Comunidade do Córrego do Feijão e também no Parque da Cachoeira. As análises químicas de metais em águas superficiais estão sendo realizadas no laboratório Labáguas da PUC-RJ; as análises químicas de metais em solos/rejeitos estão aguardando processamento na COAMI/CETEM.

Ensaio ecotoxicológicos para avaliar a toxicidade da lama/rejeito à biota de solo e aquática estão sendo realizados em conjunto com o Laboratório de Ecologia e Ecotoxicologia de Solos (LECOTOX- UFRJ) coordenado pelo Dr. Ricardo Gonçalves Cesar.

Nas visitas às partes interessadas, lhes foi apresentado o CETEM e a infraestrutura existente para pesquisas sobre impactos ambientais da mineração e foi explicado como o CETEM poderá colaborar com o monitoramento ambiental nas áreas atingidas pela lama/rejeito. Foram visitadas as seguintes instituições: Secretaria Municipal do Meio Ambiente; Estação do Conhecimento da VALE; Equipe do corpo de bombeiros e Polícia Militar do Estado de Minas Gerais; Vigilância Municipal de Saúde; Comunidade do Córrego do Feijão e Comunidade do Parque da Cachoeira e MABE Movimento por atingidos por barragem.

5. Conclusão

A revisão bibliográfica mostrou que o rejeito de barragens de minério de ferro é constituído de partículas finas e coloidais, ou seja, por partículas abaixo de 10 µm e abaixo de 1 µm. Portanto, o estudo da dispersão deste material particulado na atmosfera é de fundamental importância para se avaliar os riscos de potencial exposição ambiental da população humana.

O CETEM dispõe de um amostrador de partículas Partisol 2000i-D Dichotomous Air Samples, PM 10 e PM 2,5 (Thermo Fisher) que poderá ser utilizado para monitorar a qualidade do ar nas comunidades atingidas em Brumadinho. A estratégia de amostragem e análise do material coletado serão realizadas em conjunto com o Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense (UFF). Será utilizado o programa HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) para identificar a direção da massa de ar. Será utilizado também o analisador de tamanho e forma de partículas modelo CILAS 1190, pertencente à UFF.

Finalmente, será utilizado o software livre Multiple-Path Particle Dosimetry Model (MPPD v.3.04), que consiste no uso de modelos para estimar com maior precisão o local de deposição de partículas atmosféricas no sistema respiratório humano, permitindo melhor avaliar a exposição por inalação e seus potenciais efeitos tóxicos.

6. Agradecimento

A autora agradece ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pela infraestrutura, ao Programa Institucional de Bolsa de Capacitação Institucional – PCI/CNPq pela concessão da bolsa, a supervisora Dra. Zuleica Carmem Castilhos e a todas e todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

7. Referências Bibliográficas

ANM, Agência Nacional de Mineração. CADASTRO NACIONAL DE BARRAGENS_2016_FINAL 06-01-2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens/CADASTRO%20NACIONAL%20DE%20BARRAGENS_2016%20_FINAL%2006-01-2017.pdf/view> Acesso em: 23 set 2019.

CASTILHOS, Z.C.; CASTRO, A.M.; RAMOS, A.S.; LIMA, C.A.; RODRIGUES, A.P.C.; **Avaliação de risco à saúde humana: conceitos e metodologia**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. (Série Estudos e Documentos, 65).

CASTILHOS, Z.C.; NEUMANN, R.; BEZERRA, O.; **Exposição Ocupacional e Ambiental a Poeiras de Rochas e Minerais Industriais**. In: LUZ, A. B.(Ed.); LINS, F. A. F.(Ed). Rochas & minerais Industriais: usos e especificações. 2.Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 990p.

COUTO, M.L.F.; **Caracterização de alumínio e fósforo em minério de ferro**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

GOMES, M.A.; **Caracterização tecnológica no aproveitamento do rejeito de minério de ferro**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

RODRIGUES, A.P.C.; CASTILHOS, Z.C.; CESAR, R.G.; ALMOSNY, N.R.P.; LINDE-ARIAS, A.R.; BIDONE, E.D; **Avaliação de risco ecológico: conceitos básicos, metodologia e estudo de caso**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2011. (Série Estudos e Documentos, 78).

SERRA, Cristina; **Tragédia m Mariana: a história do maior desastre ambiental do Brasil** 1ª ed. Rio de Janeiro: Record 2018.

SOARES, L.; Barragem de Rejeitos. In: LUZ, A.B.; SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M. (editores) – **Tratamento de Minérios**, 5ª Edição Revisada – CETEM-MCT, Rio de Janeiro, 2010. p. 829-289.

SOMASUDARAN, P. **Principles of flocculation, dispersion and selective flocculation**. In SOMASUDARAN, P. Fine particles processing, 1980. Vol.II, c.48 p. 947-976.

USEPA – United States Environmental Protection Agency (1998) **Guidelines for ecological risk assessment**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA630/R-95/002F.

USEPA; United States Environmental Protection Agency. **Risk Assessment Guidance for Superfund**, 1989. V.I: Human Health Evaluation Manual.

WHO; World Health Organization. **GUIDELINES FOR AIR QUALITY**. Geneva 2000 <disponível em https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/guidelinesforairquality-2000_tcm30-188065.pdf> Acesso em 23 set 2019.

WOLFF, A.P.; **Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.