

**POTENCIAL TÓXICO DE DISTINTOS COMPARTIMENTOS
GEOMORFOLÓGICOS IMPACTADOS PELO ROMPIMENTO DA
BARRAGEM DE FUNDÃO EM MARIANA (MG)**

**TOXICITY OF DISTINCT GEOMORPHIC COMPARTMENTS IMPACTED
BY THE BREAKING OF THE FUNDÃO DAM IN MARIANA (MG)**

Aline Freire Serrano

Aluna de Graduação da Geografia, 7º período, Universidade Federal do
Rio de Janeiro Período PIBIC: Agosto de 2017 a julho de 2018,
afserrano16@gmail.com

Zuleica Carmen Castilhos

Orientador, Geoquímica Ambiental, D.Sc.
zcastilhos@cetem.gov.br

Ricardo Gonçalves Cesar

Co-orientador, Geoquímica Ambiental, D.Sc.
ricardogc.geo@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho trata da avaliação ecotoxicológica preliminar de materiais oriundos de pilha de rejeitos e de distintos compartimentos geomorfológicos (sedimento de fundo, planície de inundação, terraço fluvial) impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão (Mariana, MG), com base em bioensaios agudos e de fuga com minhocas (*Eisenia andrei*). Os bioensaios foram realizados conforme protocolo padrão (ISO). Ao final do bioensaio agudo, avaliou-se a mortalidade e perda da biomassa corporal dos organismos sobreviventes. No teste de fuga, foi avaliada a perda de função habitat do solo, para 80% de fuga. Os resultados apontam mortalidade e ganho significativo de biomassa para os organismos expostos à pilha de rejeito, e que pode estar associado à formação de edema por retenção de água. A exposição ao sedimento de fundo causou a maior perda de biomassa. Com exceção do material coletado na planície fluvial, todas as amostras foram capazes de limitar a função de habitat do solo. Por fim, exceto para planície fluvial, os materiais avaliados foram tóxicos aos organismos testados.

Palavras chave: bioensaio, minhoca, rejeitos.

ABSTRACT

This study consists of a preliminary ecotoxicological evaluation of wastes and distinct geomorphic compartments (bottom sediment, flood plain and fluvial terrace) impacted by the broken of Fundão dam in Mariana (MG), based on acute and avoidance bioassays with earthworms (*Eisenia andrei*). The bioassays were performed according to standard protocols (ISO). By the end of the acute bioassay, mortality and biomass changes were evaluated. In the avoidance test, the limited habitat function of the soil was evaluated, for values higher than 80% of avoidance responses. The results revealed significant mortality and increase of biomass for the organisms exposed to the wastes, and this fact might be associated with the exposure to high levels of sodium, which is used in the mineral processing. The bottom sediment was the geomorphic compartment that showed the highest loss of biomass. Except the materials collected in the flood plain, all the samples caused significant avoidance responses on the organisms, limiting soil habitat function. Finally, except for the flood plain, all the materials were toxic to the earthworms.

Keywords: bioassay, earthworm, wastes.

1. INTRODUÇÃO

Em novembro de 2015, o Brasil presenciou um desastre/crime socioambiental sem precedentes em sua história: o rompimento da barragem do Fundão (Mariana, MG), com o despejo de 34 milhões de metros cúbicos de rejeito da exploração de minério de ferro pela Mineradora Samarco S.A, uma joint-venture da Vale e da anglo-australiana BHP Billiton. Os impactos agudos (Silva et al. 2015) e crônicos à bacia do Rio Doce e a seus habitantes dificilmente serão mensurados em sua totalidade e complexidade. A extração de ferro em itabiritos de idade paleoproterozóica, ricos em ferro e sílica, é seguida de beneficiamento mineral, sendo que a flotação envolve a adição de soda cáustica (NaOH), amidas e aminas, com geração de rejeitos lamosos de elevado pH e hematita residual.

Diante deste cenário, é de suma importância o mapeamento dos depósitos de rejeitos distribuídos pela bacia do Rio do Doce, o que inclui a identificação dos compartimentos geomorfológicos mais propícios à acumulação destes materiais tendo em vista processos de transporte e sedimentação. A identificação da toxicidade pode ser realizada com base em bioensaios com organismos de solo, como complemento às análises químicas, visando uma compreensão mais ampla do risco ecológico. Neste sentido, as minhocas (*Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*) são largamente utilizadas como organismos-teste em bioensaios para estimativa da toxicidade e biodisponibilidade de agentes tóxicos em ecossistemas terrestres (Cesar et al., 2014).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho propõe a avaliação preliminar da toxicidade de materiais oriundos de distintos compartimentos geomorfológicos impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão no vale fluvial do córrego Gualaxo do Norte.

3. METODOLOGIA

As amostras foram coletadas em três pontos distintos na sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte, tributário do Rio do Carmo que deságua no Rio Doce: um ponto atingido pela lama (P1), um segundo ponto de pilha de rejeito (P2) e o outro ponto sem influência da lama (referência) (P3). Todas as coletas foram realizadas em Junho/2017, utilizando uma pá de plástico e sacolas plásticas para armazenar e transportar as amostras até o laboratório. No ponto P1, foram coletadas três amostras: uma amostra de sedimento de fundo, uma amostra na planície de inundação e outra no terraço fluvial. A amostragem foi efetuada no vilarejo de Paracatu de Baixo (20°18'11.6"S 43°13'55.2"W). No ponto P2, foi colhida uma amostra de pilha de rejeito (lama que foi retirada das casas e da área urbana do vilarejo de Paracatu de Baixo – 20°18'24.4"S 43°13'33.4"W). No ponto P3, foram coletadas duas amostras, para referência de área não contaminada: uma amostra na planície de inundação e outra no terraço fluvial (20°17'37.6"S 43°16'38.6"W). Tendo em vista a granulometria extremamente grosseira dos sedimentos de fundo, os mesmos não foram coletados para referência. No laboratório, as amostras foram secas à temperatura ambiente. Após este período, cada amostra foi desagregada passando por uma peneira de nylon de 2 milímetros.

O bioensaio agudo com minhocas (*Eisenia andrei*) seguiu as normas da ISO (1998). O teste foi realizado com 4 réplicas, sob iluminação constante e temperatura controlada (20 ± 2°C). Dez (10) minhocas adultas (com clitelo desenvolvido) com peso semelhante foram expostas a cada réplica de 0,5kg de material teste (umedecido para 40-60% da capacidade de retenção de água). Antes serem introduzidas no ensaio, as minhocas foram previamente purgadas (para o esvaziamento do conteúdo intestinal) e pesadas. Após 14 dias de teste, foram avaliadas a incidência de morte e a variação da biomassa corporal dos organismos vivos. Os testes foram realizados com o material oriundo dos compartimentos estudados, isto é, sedimento de fundo, planície, terraço fluvial ou pilha de rejeito. Para o controle do ensaio foram preparados solos artificiais compostos por 70% de areia, 20% de caulim e 10% da fibra de casca de coco (GARCIA, M. V. B. 2004).

O ensaio de fuga com *E. andrei* foi realizado utilizando caixas plásticas (20cm de comprimento, 12cm de altura, e 5cm largura), divididas em duas seções de mesma área (ISO, 2008) com o auxílio de um divisor plástico. Uma seção é preenchida com solo-teste (material oriundo de um compartimento afetado pela lama, isto é, sedimento de fundo, planície, terraço fluvial ou pilha de rejeito) e a outra com solo não contaminado (solo artificial). Após a remoção deste divisor, 10 organismos adultos de peso semelhante são introduzidos na interface entre os solos. O teste foi executado com 3 réplicas, sob temperatura controlada ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) e foto-período de luz:escuridão (16:8h). Após 48 horas, foi verificado o número de animais no solo-controle e no solo-teste. Quando mais de 80% dos organismos evitam o solo-teste, considera-se que o solo possui “função de habitat limitada” (ISO, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos bioensaios agudos estão apresentados na Figura 1. A sobrevivência permanece acima ou próximo de 90%, com exceção da exposição ao material de pilha de rejeito, com redução significativa da sobrevivência (80% - Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Os organismos sobreviventes desta exposição foram os únicos a incrementar sua biomassa corporal (acima de 100%). Uma hipótese é de que não se trata de ganho real de biomassa, mas de edema por acumulação excessiva de água tendo em vista a ingestão de altos teores de sódio (Na) oriundo dos rejeitos (utilizado durante o processo de beneficiamento mineral, por adição de NaOH). Bianchi (2013), ao estudar a toxicidade crônica de resíduos de mineração de bauxita (lama vermelha) para *E. andrei*, também relata o incremento da biomassa dos organismos-teste tendo em vista à exposição a altos teores de Na. Porém, a toxicidade deste referido resíduo foi muito mais elevada se comparada aos níveis encontrados neste trabalho. Nesta mesma linha, Serrano et al. (2017), ao estudarem a toxicidade aguda de sal marinho para *E. andrei* em Latossolo, também apontam para o aumento da biomassa dos animais por exposição a sais. A determinação dos teores de Na nos materiais está em andamento.

Em termos de perda de biomassa, houve perda maior em exposição para o sedimento de fundo (25%) em comparação à exposição à planície e ao terraço fluvial, cujas perdas foram semelhantes (em torno de 20%). Esta constatação indica que o sedimento fluvial de fundo, como esperado, é o compartimento mais impactado dentre os três estudados. A perda de biomassa por exposição à planície impactada pela lama é semelhante àquela encontrada na planície-referência. Porém, a perda de biomassa verificada na exposição ao terraço fluvial impactado é maior do que aquela obtida no terraço-referência. Esta última observação sugere que os rejeitos, aos serem depositados nos terraços fluviais durante as cheias, podem servir de material parental para os solos locais, alterando a composição dos mesmos e induzindo a ocorrência de efeitos adversos à fauna edáfica. Por outro lado, no caso da planície de inundação, por serem materiais mais recém-depositados, ainda não sofreram intemperismo intenso e, neste sentido, é provável que potenciais xenobiontes presentes nos rejeitos estejam menos biodisponíveis.

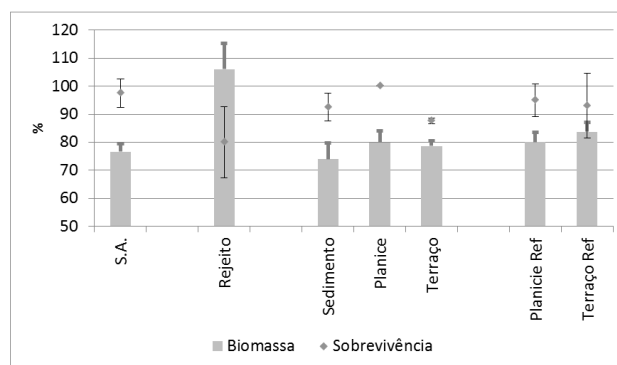


Figura 1: Sobrevivência e variações da biomassa de *E. andrei* expostas a materiais de distintos compartimentos geomorfológicos afetados pela lama, além de áreas referência (Ref). S.A. = solo artificial. As barras e os losangos indicam, respectivamente, as variações de biomassa e de sobrevivência, com os seus respectivos desvios-padrões.

Os resultados referentes aos bioensaios de fuga estão apresentados na Figura 2. Em concordância com os resultados de perda de biomassa corporal, a planície de inundação foi a única amostra a não perder a função de habitat. As demais amostras resultaram em fuga de 80% ou mais, dos organismos expostos, sugerindo o comprometimento da função de habitat do solo. A perda da função de habitat às minhocas implica na limitação de importantes serviços ecossistêmicos, tais como a aeração, a permeabilidade, a porosidade, a agregabilidade, o aumento da fertilidade, redução da susceptibilidade do solo à erosão hídrica, entre outros.

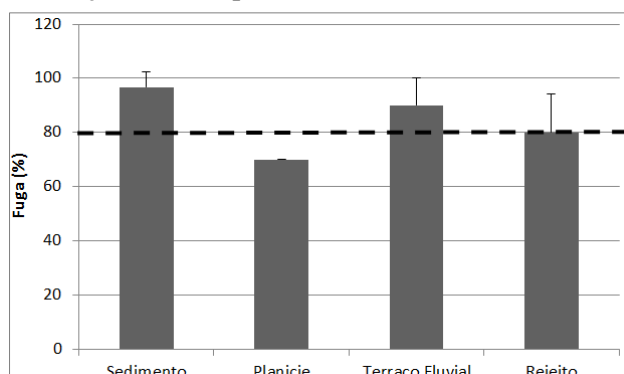


Figura 2: Percentagem de fuga de *Eisenia andrei* expostas aos materiais-teste oriundos de distintos compartimentos geomorfológicos impactados pela lama. A linha tracejada representa o limite para o comprometimento da função de habitat do solo.

4 CONCLUSÕES

Os materiais analisados indicam a ocorrência de efeitos tóxicos agudos às minhocas quando expostas à pilha de rejeito, ao sedimento de fundo e ao terraço fluvial, sendo que somente os rejeitos causaram efeito letal significativo. O material coletado na planície de inundação foi o único que não apresentou toxicidade aguda nestes ensaios. A determinação de metais pesados, de Na e análise granulométrica dos materiais encontram-se em andamento e subsidiarão interpretação dos dados ecotoxicológicos.

5 AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Dra. Zuleica Castilhos e ao prof. Ricardo Cesar (IGEO-UFRJ) pela orientação, bem como à prof. Mônica Marçal (IGEO-UFRJ) pelo suporte na coleta dos materiais. Agradece também ao CETEM e ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESAR, R.G.; CASTILHOS, Z.C.; RODRIGUES, A.P.; BIDONE, E.D.; EGLER, S.G.; POLIVANOV, H. (Eco)toxicologia de Metais em Solos: Conceitos, Métodos e Interface com a Geoquímica Ambiental. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM: Série Tecnologia Ambiental, 2014. v. 1. 100p.

BIANCHI, M. 2013. Ensaios Ecotoxicológicos como Ferramenta para Avaliação do Impacto Ambiental de Resíduos de Mineração Sobre o Solo. **Tese de Doutorado (Agronomia)**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ISO (International Organization for Standardization). Soil quality – Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) – Part 2: Determination of effects on reproduction. ISO 11268-2. Geneve, Switzerland, 1998.

ISO (International Organization for Standardization). 2008. Avoidance Test for Testing the Quality of Soils and the Toxicity of Chemicals – Part 1: Test with Earthworms (*Eisenia foetida*). Geneva, ISO.

SERRANO, A.F.; TEIXEIRA, M.; ECKSTEIN, V.; VEZZONE, M.; CESAR, R.G. Influência da salinidade na ecotoxicidade de sedimentos dragados de sistemas estuarinos do Estado do Rio de Janeiro. **Anais da 8ª Semana de Integração Acadêmica da UFRJ, 2017.**

SILVA, D.; FERREIRA, M.; SCOTTI, M. O maior desastre ambiental brasileiro: de Mariana (MG) a Regência (ES). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**, v. 24, p.136-158, 2015.