

# **AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE CRÔNICA DE RESÍDUO TRATADO DE MINERAÇÃO DE CARVÃO EM CENÁRIO DE DISPOSIÇÃO TERRESTRE**

## **ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF A TREATED COAL MINING WASTE IN SCENARIO OF TERRESTRIAL DISPOSAL**

**Aline Freire Serrano**

Aluno de Graduação da Geografia, 5º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: Agosto de 2016a Julho de 2017  
afserrano16@gmail.com

**Zuleica Carmen Castilhos**

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

**Ricardo Gonçalves Cesar**

Orientador, Geoquímica Ambiental, D.Sc.  
ricardogc.geo@gmail.com

### **RESUMO**

O presente trabalho trata da avaliação ecotoxicológica de um resíduo tratado de mineração de carvão, oriundo da região carbonífera sul catarinense. O tratamento aplicado consistiu na separação das partículas conforme sua densidade, gerando três frações: pesada, mista e leve; com alto, intermediário e baixo teor de pirita, respectivamente. O resíduo foi avaliado com base na quantificação de metais pesados e execução de bioensaios crônicos com *Eisenia andrei* e *Folsomia candida*. Os bioensaios foram somente aplicados em da fração mista com um solo local nas seguintes proporções: 0, 6, 12, 24 e 50%. Os resultados revelaram que as concentrações de metais na fração mista do resíduo estavam em concordância com os valores do CONAMA 420/2009, para qualidade de solos. Os bioensaios com oligoquetas revelaram ausência de mortalidade e de perda de biomassa dos animais para a maior dose testada (50%). Para ambos os organismos, somente as duas maiores doses testadas (24 e 50%) causaram efeitos significativos à reprodução dos animais. A priori, a disposição terrestre da fração mista deste resíduo somente oferece risco significativo à saúde da fauna de solo em elevadas dosagens de aplicação no solo.

**Palavras chave:** minhocas, colêmbolos, drenagem ácida.

### **ABSTRACT**

This work proposes the ecotoxicological evaluation of a process for treating a coal mining waste in southern Santa Catarina State. Such treatment consisted of the separation of particles according to its density, thus generating three fractions: heavy, mixed and light ones, with high, intermediary and low content of pyrite, respectively. The waste was evaluated through metal determination and chronic bioassays with *Eisenia andrei* e *Folsomia candida*. The bioassays were only applied to the mixed fraction. Mixtures of the mixed fraction with a pure soil were prepared for the following proportions: 0, 6, 12, 24 and 50%. The results generally revealed metal concentrations in the mixed fraction were in agreement with the valued proposed by Brazilian law (CONAMA) for soil quality. The chronic bioassay with earthworms indicated significant biomass loss for the 50% dose. For both organisms, significant reduction on the reproduction was only detected for the 24 and 50% doses of residue application onto soil. The toxicity of the tested residue seems to be low to soil fauna, except for high dosages of waste application onto soil.

**Keywords:** earthworms, springtails, acid drainage.

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração de carvão, nos moldes até então executados no Brasil, tem trazido sérios ao ecossistema. A pirita contida nos resíduos e estéreis do carvão pode ser oxidada por exposição às águas pluviais e ao oxigênio, gerando o fenômeno da drenagem ácida de minas (DAM). A DAM se caracteriza por soluções contendo ácido sulfúrico capazes de decrescer substancialmente o pH dos solos e ecossistemas aquáticos vizinhos. (Castilhos *et al.*, 2010; Cesar *et al.*, 2013). A região carbonífera sul catarinense sofre há décadas com os impactos decorrentes da DAM (Cesar *et al.*, 2013) e a maior parte dos estudos geoambientais executados naquela região privilegiou a avaliação do comportamento hidrogeoquímico de contaminantes e a avaliação de risco ecológico aquático (Cesar *et al.*, 2013). Estudos focados nos impactos à saúde do ecossistema do solo ainda são escassos, sobretudo em termos de fauna edáfica. Neste sentido, a execução de bioensaios com organismos de solo é promissora, pois complementa os dados já existentes para organismos aquáticos (Cesar *et al.*, 2013).

No caso dos solos, os oligoquetas edáficos (*Eisenia andrei*) e colêmbolos (*Folsomia cándida*) têm sido amplamente utilizados como organismos-teste na avaliação ecotoxicológica de solos contaminados, visto que possuem curto ciclo de vida, são simples de serem criadas em laboratório e são de alta relevância ecológica, servindo de alimento para diversas outras espécies terrestres.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho propõe a avaliação ecotoxicológica de um resíduo de mineração de carvão tratado, com base bioensaios crônicos com *E. andrei* e *F. candida*, para disposição terrestre.

## 1. METODOLOGIA

### 3.1. Amostras

O resíduo de mineração de carvão foi obtido na bacia carbonífera sul catarinense e foi submetido a um tratamento realizado pela equipe do CETEM, que consistiu, basicamente, na separação das partículas conforme sua densidade. Para detalhes do tratamento, consulte Amaral-Filho *et al.*, (2009). Dessa forma, foram geradas três frações: fração leve (com baixo teor de pirita), fração mista (com teor intermediário de pirita) e fração pesada (com alto teor de pirita). No âmbito da avaliação ecotoxicológica, neste trabalho são apresentados somente os resultados de toxicidade referentes à fração mista, de maior interesse ambiental devido ao grande volume de material gerado e com necessidade freqüente de disposição terrestre. Estudos exploratórios indicaram baixa toxicidade aguda da fração mista do resíduo para oligoquetas edáficos (minhocas), indicando a necessidade de se investigar a toxicidade crônica do material (Cesar *et al.*, 2017).

### 3.2. Bioensaio Crônico de Reprodução com Oligoquetas Edáficos (*Eisenia andrei*)

Para esses bioensaios, a fração mista do resíduo foi misturada com um solo artificial (70% de areia quartzosa, 20% de caulim e 10% do pó da fibra de casca de coco – Garcia, 2004) nas seguintes proporções: 0, 6, 12, 24 e 50%. A escolha por essas dosagens de resíduo foi baseada em resultados de bioensaios agudos prévios, que acusaram ausência de mortalidade significativa para as doses supracitadas (Cesar *et al.*, 2017). O bioensaio foi realizado conforme ISO (1998) e consistiu na exposição de 10 oligoquetas adultos de peso semelhante por réplica (4), em ciclos de 16 horas de luz e 8 horas de escuridão. Ao longo de 28 dias, esterco moído foi servido uma vez por semana como alimento. Após 28 dias de exposição, os organismos adultos sobreviventes são pesados para verificação da perda de biomassa, avaliada com base no peso médio inicial e final dos animais, isto é, antes e após a exposição. Ao final desta primeira etapa, o solo-teste fica incubado por mais 28 dias, para a eclosão dos casulos. A contagem dos juvenis foi auxiliada por um banho-maria colocado na base do recipiente-teste, e os juvenis foram retirados com auxílio de uma pinça, e posteriormente contados.

### 3.3. Bioensaio Crônico de Reprodução com Colêmbolos (*Folsomia candida*)

Para esses bioensaios, a fração mista do resíduo foi misturada com um solo local nas mesmas proporções aplicadas nos ensaios com oligoquetas. Os ensaios foram conduzidos com cinco réplicas contendo dez animais (entre 10-12 dias de idade) e 30g de solo-teste (ISO, 1999). Os recipientes-teste foram semanalmente abertos para aerar o sistema e ajustar a umidade. Cerca de 25mg de fermento granulado foi servido como alimento ao longo do ensaio. Após 28 dias de experimento, os recipientes-testes foram preenchidos com água, sendo adicionadas algumas gotas de tinta azul. Após flutuarem sobre a superfície da água, os organismos adultos e jovens foram contados.

### 3.4. Determinação de Metais Pesados

A determinação da concentração total de metais pesados foi realizada com base em solubilização ácida composta (2HF:1HClO<sub>4</sub>:1HNO<sub>3</sub>) e determinação em Espectrometria de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização dos Materiais

A Tabela 1 apresenta a determinação de parâmetros físico-químicos e os teores totais de metais obtidos em fração mista do resíduo estudado. O pH obtido foi ácido, indicando que o material tem potencial para geração de DAM. O COT obtido foi relativamente elevado (tendo em vista os teores de COT geralmente encontrados para solos tropicais brasileiros), e possivelmente deve-se à presença de carvão remanescente nesse material. Os teores de metais pesados obtidos não ultrapassaram os limites de prevenção (idealizado para risco ecológico terrestre) estabelecidos pela Resolução 420 do CONAMA/2009, que define as diretrizes para qualidade de solos no Brasil.

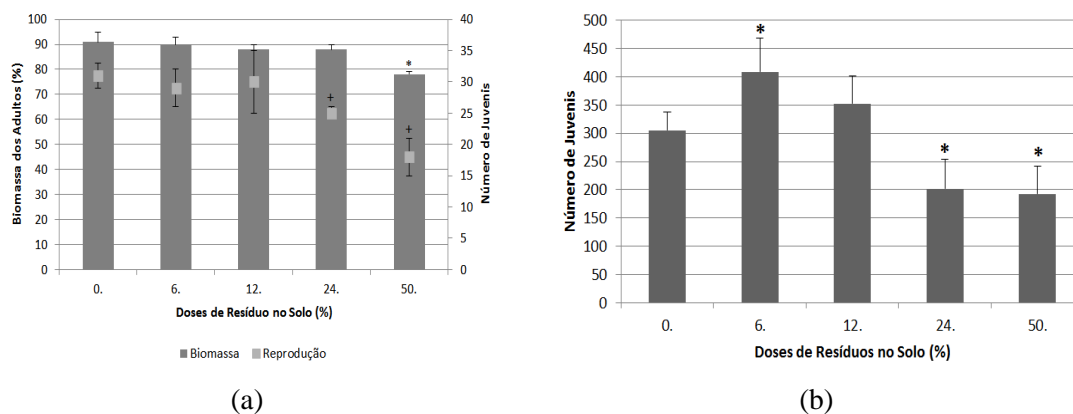
**Tabela 1:** Determinação do pH (em água), do carbono orgânico total (COT), das concentrações totais de metais (mg/kg) na fração mista do resíduo tratado de mineração de carvão.

Parâmetros	Fração Mista
pH	4,60
COT (%)	6,6
Al (%)	11,0
Fe (%)	4,1
Mn (mg/kg)	73,1
Zn (mg/kg)	129,0
Cu (mg/kg)	27,0
Pb (mg/kg)	57,1
Ni (mg/kg)	21,2
Cr (mg/kg)	50,8

### 4.2. Bioensaios com Oligoquetas e Colêmbolos

A Figura 1a apresenta os resultados dos bioensaios com *E. andrei*. Os resultados indicam redução significativa da biomassa dos adultos para a dosagem de 50%, sugerindo que os animais estavam em condições de estresse. Não houve mortalidade de organismos adultos após 28 dias de exposição em nenhuma das doses testadas. Os dados ainda indicam redução significativa da reprodução para as duas maiores dosagens testadas (24 e 50%). Contudo, vale ressaltar que a ocorrência significativa de toxicidade crônica foi detectada somente para dosagens muito elevadas de resíduo do solo, e que pode ter sido induzida por mudanças na estrutura física do solo, e não necessariamente pela presença de metais ou geração de DAM.

Semelhante às minhocas, não houve morte significativa de colêmbolos adultos após os 28 dias de exposição. A menor dosagem testada indica um incremento da reprodução de colêmbolos, ou seja, em baixas dosagens de aplicação, aparentemente o resíduo foi capaz de melhorar o desempenho dos animais. Efeitos significativos sobre a reprodução foram somente detectados para as duas maiores doses testadas (24 e 50%) (Figura 2b).



**Figura 1:** Biomassa dos adultos de *Eisenia andrei* e número de juvenis de *E. andrei* (a), e *Folsomia candida* (b) em ensaio de reprodução. + e \* = biomassa e reprodução, respectivamente significativamente do controle ( $p < 0,05$  – Kruskal-Wallis).

## 5. CONCLUSÕES

Os bioensaios mostram baixa toxicidade crônica da fração mista do resíduo em cenário de disposição em solo, indicando baixo risco ecotoxicológico associado à fauna edáfica.

## 6. AGRADECIMENTOS

A autora gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa, aos colegas do LECOTOX (IGEO-UFRJ) e aos orientadores pela parceria.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL-FILHO, J.; SCHNEIDER, I. V. H.; BRUM, I. A. S.; MILTZAREK, G.; SAMPAIO, C. H.; SCHNEIDER, C. H. Caracterização dos rejeitos de carvão do módulo B da carbonífera Criciúma S.A. 2009. In: **Anais do XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Gramado (RS), CD-ROOM.
- CESAR, R. G.; ROCHA, B. C.; CASTILHOS, Z. C.; CAMPOS, T. M.; SCHNEIDER, C. Bioensaios com oligoquetas edáficas para avaliação da eficácia do tratamento de resíduos de mineração de carvão em cenário de disposição terrestre. **Revista Geociências (UNESP)**, in press, 2017.
- CESAR, R. G.; COELHO, M. B.; ALVARO, T. T.; COLONESE, J. P.; CASTILHOS, Z. C.; EGLER, S. G.; BIDONE, E. D.; POLIVANOV, H.; ALEXANDRE, N. Z. Disposição continental de resíduos de mineração de carvão: drenagem ácida, ecotoxicidade aguda e biodisponibilidade de metais. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, p. 17-22, 2013.
- ISO (International Organization for Standardization). Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eiseniafetida*) - Part 2: Determination of effects on reproduction. ISO 11268-2. Geneve, Switzerland, 1998.
- ISO (International Organization for Standardization). Soil Quality – Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil pollutants. ISO 11267. Geneva, Switzerland, 1999.