



# 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

## USO DE EISENIA FETIDA PARA AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DO RESÍDUO DE CARVÃO MINERAL DO SUL DE SANTA CATARINA

**Marcelo Gryczak\*, Cesar Liberato Petzhold**

\*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais – marcelo.gryczak@ufrgs.br

### RESUMO

O carvão é uma importante fonte de energia, mas no seu processo de beneficiamento, uma grande quantidade de passivos ambientais é gerada sob a forma de resíduo. Durante a extração de carvão mineral, 60 % do total extraído é de resíduo, que é enviado para uma barragem controlada devido à sua potencialidade tóxica ao meio ambiente. Devido ao potencial tóxico de determinados componentes, estes resíduos merecem determinadas avaliações quando expostos em determinados locais e associados aos impactos que sua destinação inadequada pode causar ao meio ambiente e na saúde. Posto que, o teste de ecotoxicidade é um critério para avaliar os níveis de toxidez antes de o resíduo ser reutilizado para diversos fins, evitando de certa maneira, acidentes ambientais indesejáveis através da disseminação das substâncias presentes em determinados resíduos que possam a vir ocorrer estresse ambiental, quando são estão em contato com determinados sistemas. Neste trabalho, com o intuito de elucidar os níveis de estresse ambiental que possam ser causados pelo resíduo de carvão mineral e para o desenvolvimento experimental ecotoxicológico foram realizados ensaios de taxa de mortalidade, limitação de habitat em relação ao comportamento de fuga e perda de biomassa com grupos de *Eisenia fetida*. Os resultados obtidos apontam que o resíduo de carvão mineral é um sistema que tende a causar estresse ambiental de forma crônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduo de carvão mineral, ecotoxicologia, *Eiseia fétida*.

### ABSTRACT

Coal is an important source of energy, but in its beneficiation process, a large amount of environmental liabilities is generated in the form of waste. During the extraction of coal, 60% of the total extracted is waste, which is sent to a controlled dam due to its toxic potential to the environment. Due to the toxic potential of certain components, these wastes deserve certain assessments when exposed in certain locations and associated with the impacts that their improper disposal can cause to the environment and health. Since ecotoxicity testing is a criterion for assessing toxicity levels before the waste is reused for various purposes, avoiding to some extent, undesirable environmental accidents through the dissemination of substances present in certain wastes that may come to occur environmental stress, when they are in contact with certain systems. In this work, in order to elucidate the levels of environmental stress that can be caused by the mineral coal residue and to the experimental ecotoxicological development, mortality, habitat limitation, and leakage behavior were evaluated. Groups of *Eisenia fetida*. The results obtained indicate that coal residue is a system that tends to cause chronic environmental stress.

**KEY WORDS:** mineral coal waste, ecotoxicology, *Eisenia fetida*.

### INTRODUÇÃO

A acumulativa e demasiada intervenção humana no ambiente durante milhares de anos acarretou em mudanças significativas que são evidenciadas na atualidade. O aumento da capacidade de produção industrial tem gerado intermitente uma grande quantidade de resíduos.

O carvão mineral é uma importante fonte de energia e afim de superar os problemas operacionais e questões ambientais ao seu uso, atualmente as pesquisas estão concentradas no maior rendimento e qualidade do carvão, como também na mitigação e superação dos problemas ambientais relacionados ao seu processo produtivo <sup>[1]</sup>.

De acordo com Agência Internacional de Energia <sup>[2]</sup>, a eletricidade continuará a ser um dos componentes energéticos de crescimento mais rápido nas duas próximas décadas, prevê-se que o carvão continue a ser o principal combustível na geração de energia, A demanda de carvão mineral na União Europeia e nos Estados Unidos (que juntos representam cerca de um sexto do consumo global) deve cair até 2040. Entretanto, economias emergentes encontram dificuldades para

atender o rápido crescimento de consumo e não negligenciam o uso desta fonte de energia de baixo custo e estabilidade de oferta, desta forma alavancando o seu uso.

Cerca de 45 % de toda energia elétrica gerada no mundo está relacionado ao uso de centrais térmicas, usando recursos energéticos tradicionais como carvão, turfa, óleo combustível, entre outros [3].

A produção interna de carvão mineral em 2014, foi de cerca de 13 milhões de toneladas, com participação: Rio Grande do Sul (54,9 %), Santa Catarina (43,7 %) e Paraná (1,4 %), com faturamento total de R\$: 1.209,12 bilhões [4]. Em Santa Catarina, especificamente, a lavra de carvão teve início no final do século XIX, onde obteve favorecimento por meio da crise do petróleo de 1973 [5].

Com o crescente uso do carvão mineral, há também uma crescente preocupação com os impactos no meio ambiente e na saúde humana, gerados pelos elementos potencialmente perigosos liberados no curso da mineração de carvão, limpeza, transporte e combustão [6]. Durante o processo de mineração cerca de 60 % do total extraído é de resíduo, basicamente formado por quartzo e pirita [7].

Nos últimos anos, houve uma crescente apreciação do papel que os organismos terrestres desempenham no fluxo de energia e materiais através dos vários compartimentos de diferentes ecossistemas [8].

O solo é um compartimento ambiental muito heterogêneo onde os parâmetros abióticos e as condições estruturais do solo podem variar. Estes introduzem uma dimensão extra de variabilidade no teste do solo. O destino, o comportamento e os efeitos dos contaminantes no solo e nos organismos do solo refletem a interação combinada do físico e propriedades químicas dos contaminantes e as propriedades físico-químicas de cada solo testado. Para reduzir essa variabilidade e permitir a comparação entre diferentes substâncias, os solos padrão ou artificiais foram utilizados no desenvolvimento de diretrizes [9].

A interface solo/ar e os núcleos superiores do solo são os elementos mais ecologicamente relevantes em termos de potencial de exposição e significância ecológica, permitindo a identificação linhas de risco críticos, conectando os receptores ecológicos com diferentes caminhos de exposição [10].

A toxicidade é uma propriedade inerente à agentes tóxicos ou não, na qual reflete o potencial em causar efeitos danosos sob condições específicas de exposição; além de ser uma propriedade, a qual deve ser levada em consideração quando se procede à caracterização preliminar de algum material. A avaliação desta propriedade pode ser encarada como uma mudança atual na mentalidade da sociedade perante as consequências negativas dos materiais e consequentemente dos possíveis resíduos gerados [11].

Portanto, a ecotoxicologia é estabelecida como sendo uma ferramenta de monitoramento ambiental, pois se baseia principalmente na resposta destes organismos aos estressores químicos. Com o objetivo de estudar os fenômenos de intoxicação e com a finalidade de impedir, prevenir, interromper ou remediar este processo dentro do sistema no qual a substância está sendo avaliada [12].

## OBJETIVO

O presente trabalho objetivou elucidar os parâmetros ecotoxicológicos relacionado ao resíduo de carvão mineral lavrado no sul catarinense, com bioindicadores de *Eisenia fetida* estimando os parâmetros comportamento de fuga e perda de biomassa.

## METODOLOGIA

Inicialmente foi adquirido o resíduo de carvão mineral em uma mineradora localizada no sul de Santa Catarina na cidade de Treviso, a amostragem foi identificada como sendo o lote padrão de uso no projeto.

As amostras foram secas em estufa à 105 °C a 110 °C, até apresentar constância de massa, cerca de 16 horas. Após, as amostragens foram pulverizadas em moinho de bolas planetário até atingir granulometria passante em peneira com abertura de 0,05 milímetros.

O solo artificial foi preparado de acordo com a NBR 15537 [13], com a preparação da amostra através da secagem e moagem foi retirado a alíquota necessária para análise e então foram preparadas as frações amostrais de resíduo e solo artificial utilizado para o ensaio, com frações variando de 0 a 100 %, com intervalos de 25 %.

A identificação dos grupos de indivíduos adultos para uso nos ensaios, foram realizadas através da escolha de minhocas com a presença do clitelo.

Com os solos teste e controle preparados e os grupos de minhocas selecionados, foi realizado os ensaios de ecotoxicidade conforme metodologias descritas nas seções em subseqüência

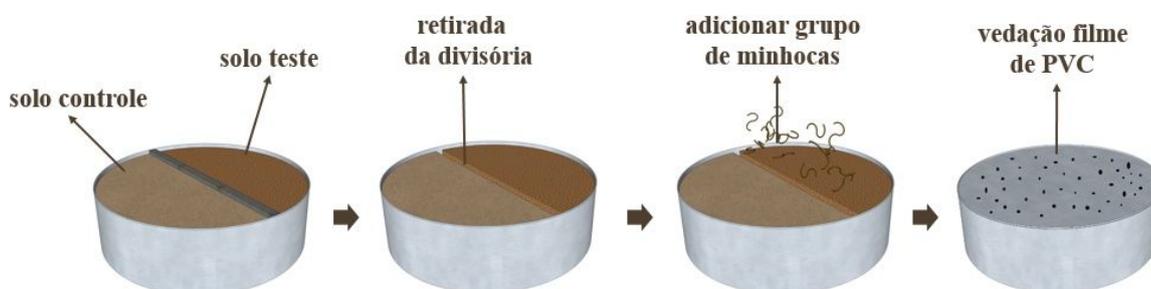
## Teste de comportamento de fuga em função do habitat limitado

Nos ensaios de teste de fuga e função de habitat limitado foi realizado de acordo com a ISO 17512-1<sup>[14]</sup>, que especifica o método rápido de varredura na avaliação da biodisponibilidade de contaminantes em solos e a influência destes no comportamento em um grupo de indivíduos de *Eisenia fetida*.

As amostras foram dispostas em triplicatas seguindo a formulação estabelecida na Tabela 6 em recipientes de 1 litro de volume.

Os recipientes foram divididos em duas seções iguais por meio de um divisor introduzido verticalmente. Os recipientes foram preenchidos com as amostras com umidade de 40% até uma altura de preenchimento do recipiente de 60 milímetros, uma das metades foi preenchida com amostra de solo teste e a outra com solo controle (solo artificial tropical), após o reparador é removido e um grupo de 10 minhocas foram dispostas na linha de separação de cada recipiente teste e vedadas com filme PVC furados, após foram encaminhadas a câmara de incubação com luminosidade controlada de alternância de 8 horas de luz e 16 horas no escuro com temperatura de 20 °C.

O sistema e suas etapas de preparação utilizados para o ensaio de duas seções utilizado é ilustrado na Figura 1, em subseqüência.



**Figura 1: Sistema de preparação do ensaio de comportamento de fuga *Eisenia fetida*.**

Fonte: Do autor, 2018.

Ao final das 48 horas, período final do ensaio o solo controle e a amostra em cada recipiente teste foram reparados pela inserção dos divisores. Os divisores foram inseridos antes dos recipientes teste serem removidos da câmara de incubação. Os números de minhocas foram determinados para ambas as seções dos recipientes teste.

Após a contagem dos grupos de minhocas, os dados foram avaliados através da função de comportamento de fuga das minhocas em relação ao habitat limitada, na qual é considerada limitada se a média da taxa de fuga das minhocas encontradas no solo controle for > 80 %, indicando impacto no comportamento das minhocas relacionados a limitação de habitat intrínseco a amostra analisada.

Equação da avaliação do comportamento de habitat limitado:

$$x = \left( \frac{nc - nt}{N} \right) \times 100$$

Onde:

$x$ : é a fuga, expressa em porcentagem;

$nc$ : é o número de minhocas no solo-controle (tanto por recipiente teste quanto no solo controle de todas as replicatas somadas);

$nt$ : é o número de minhocas no solo-teste (tanto por recipiente teste quanto por todas as replicatas);

$N$ : é o número total de minhocas (usualmente 10; tanto por recipiente teste quanto no solo controle de todas as replicatas somadas).

A validação dos ensaios foi realizada pela exposição em triplicata de grupos de 10 indivíduos em cada amostra, realizando ensaio de controle dual. No qual, foram dispostas amostras de solo controle nas duas seções, com o intuito de avaliar possíveis interferências nas amostras de solo controle utilizadas. As condições de umidade, tempo, luminosidade e temperatura dos ensaios de validação são semelhantes as utilizadas nas amostras teste.

A norma que estabelece os parâmetros utilizados nos ensaios de fuga e sua validação, determina um limiar na distribuição dos grupos de minhocas entre 40 e 60 % de presença em cada seção do recipiente, quando é utilizado o mesmo solo em ambas as seções.

## Perda de biomassa

Para avaliação dos parâmetros de ecotoxicidade crônica, o indicador avaliado foi perda de biomassa em relação ao controle, a norma utilizada para avaliação deste parâmetro foi a ASTM E1576 [15].

As amostragens foram dispostas em triplicatas e em recipientes de plástico de 1 litro de volume com tampa perfurada em um volume de amostra de 500 gramas e umedecidas até atingir uma umidade semelhante a 40 %.

Com as amostras preparadas, cada grupo de 10 minhocas foram adicionadas ao seu respectivo substrato, as biomassas do grupo de indivíduos foram avaliadas no início do ensaio, 7, 14, 21 e 28º dia, com luminosidade controlada de alternância de 8 horas de luz e 16 horas no escuro com temperatura de 20 °C.

Ao final do 28º dia, foi avaliado as diferenças de perda da biomassa em relação ao tempo de exposição dos grupos de minhocas com as respectivas frações de resíduos nas amostragens.

## RESULTADOS

### Teste de comportamento de fuga em função do habitat limitado

A validação dos resultados de comportamento de fuga através do ensaio do solo controle dual está ilustrada na Figura 2, em subsequência.

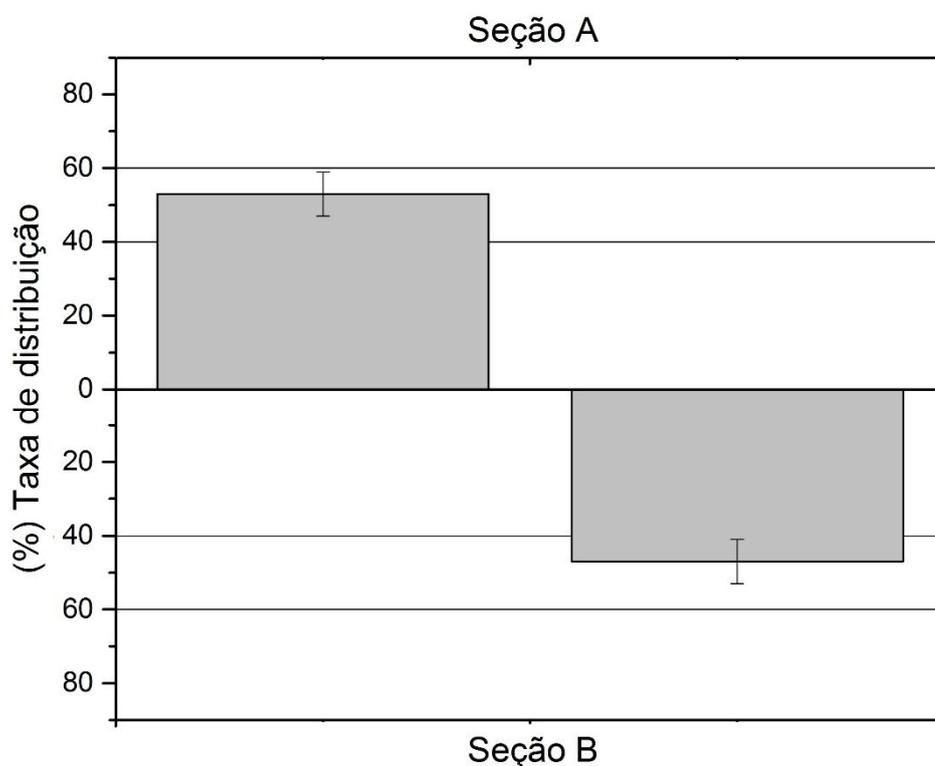


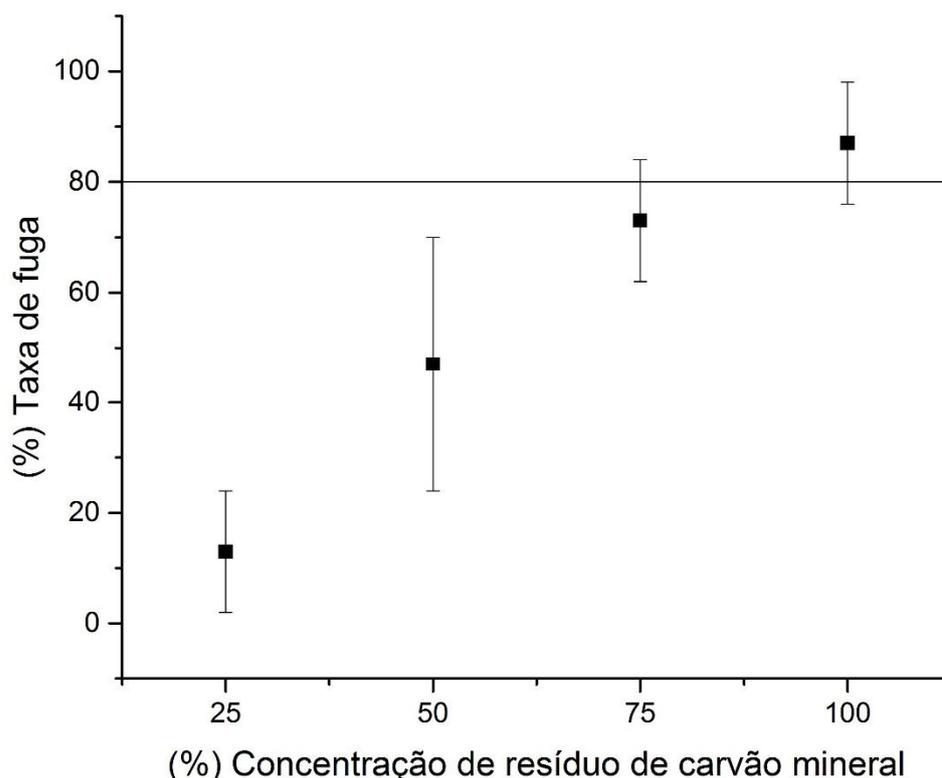
Figura 2: Resultado da validação do solo controle no ensaio de comportamento de fuga com *Eisenia fetida*.

Fonte: Do autor, 2018.

A norma estabelece um limiar na distribuição dos grupos de minhocas entre 40 e 60 % de presença em cada seção do recipiente, utilizando o mesmo solo em ambas as seções.

Os resultados demonstram uma distribuição dentro dos limites estabelecidos como parâmetros de distribuição  $n=20$ , uma vez que, as distribuições em ambas as seções estiveram dentro do limite 40 a 60 %. Diante disto, o solo controle foi considerado apropriado para uso no ensaio de comportamento de fuga em relação a limitação de habitat.

Os resultados da avaliação no comportamento das minhocas em relação a limitação de habitat, através do percentual de fuga dos grupos de indivíduos de *Eisenia fetida* quando expostos aos planos amostrais, estão ilustrados na Figura 3.



**Figura 3: Resultados de teste de comportamento de fuga grupos de *Eisenia fetida*.**

Fonte: Do autor, 2018.

Os resultados comportamentais de fuga em duas seções demonstram que o solo controle desempenha função atrativa para os grupos avaliados em relação ao solo teste nas concentrações de resíduos superiores a 75 %. Posto que, nas amostras com concentrações de 75 % o desvio padrão ultrapassa o limite máximo de fuga estabelecido que é de  $> 80$  %, o resultado das amostras com 100 % do resíduo de carvão mineral tem em média 87 % de taxa de fuga nos grupos analisados.

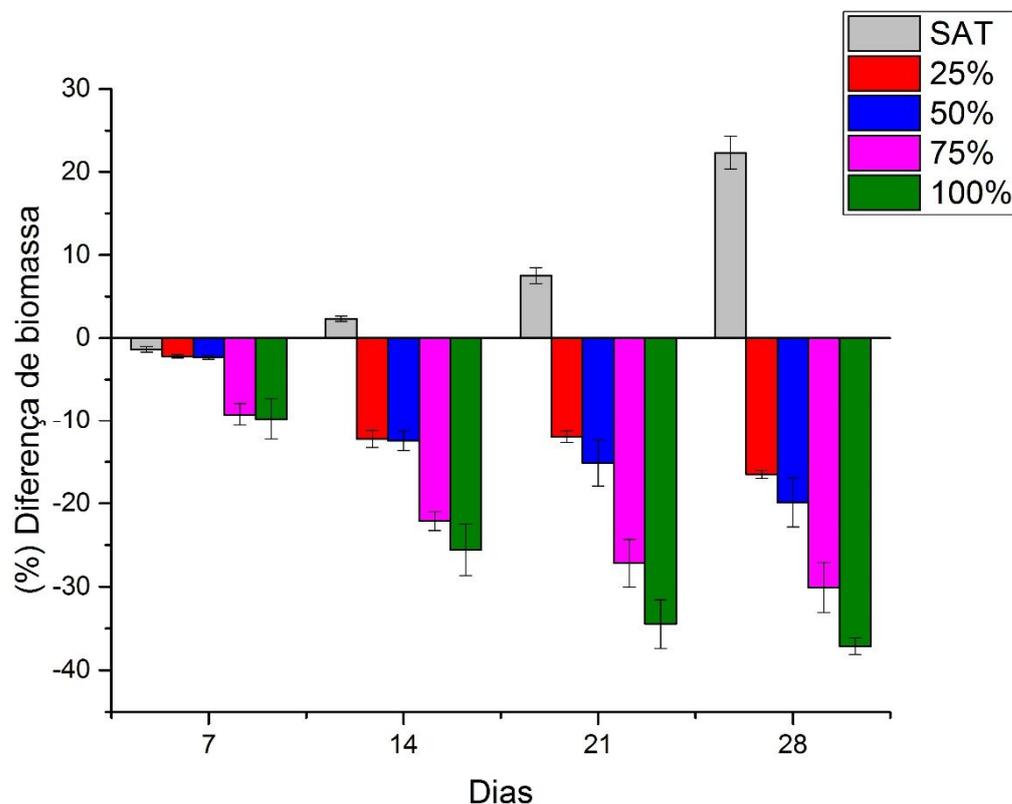
As minhocas podem se expor e absorver os contaminantes da solução do solo por meio de contato direto [16]. Devido a este contato, as minhocas podem se intoxicar, morrer ou evitar na tentativa de sobreviver [17].

Mesmo quando as moléculas da substância tóxica não afetam significativamente a sobrevivência das minhocas, podem afetar hábitos e comportamentos, resultando na redução da população e/ou atividade das minhocas, o que pode ser influenciado pelo funcionamento do solo [18].

Vários estudos recentes sobre a toxicidade nos processos fisiológicos e bioquímicos e de comportamento nas minhocas. Alguns resultados, foram utilizados como biomarcadores para identificar solos contaminados e avaliações de risco, devido à sensibilidade da minhoca *Eisenia fetida* à poluição ambiental [19].

## Perda de biomassa

Através da avaliação de perda de biomassa do grupo de indivíduos da espécie *Eisenia fetida*, foi possível avaliar a relação da disponibilidade e concentração do resíduo e seu efeito ao longo dos 28 dias de ensaio. Os resultados são apresentados na Figura 4.



**Figura 4: Resultados de teste de perda de biomassa grupos de *Eisenia fetida*.**  
Fonte: Do autor, 2018.

Os resultados de ecotoxicidade em relação a diferença de biomassa dos grupos de minhocas, demonstram o aumento da biomassa do solo controle de cerca de 20 %, enquanto ocorreu uma maior perda de biomassa em relação ao aumento da concentração do resíduo na amostra e no decorrer do tempo de análise.

A amostra com concentração de 100 % de resíduo obteve perda de biomassa superior a 35 %, a diferença entre a perda de biomassa deste grupo de indivíduos em relação ao grupo em contato com o controle foi de cerca de 55 %.

Essa característica pode ser entendida como uma estratégia de sobrevivência natural, evitando a ingestão de toxinas. Posto que, esta estratégia é comumente usada em minhocas para evitar o envenenamento <sup>[20]</sup>.

Os depósitos de resíduos de carvão mineral, são deficientes em nutrientes para o desenvolvimento biológico <sup>[21]</sup>.

A contaminação do solo por metais pesados é uma preocupação ambiental, devido aos seus potenciais efeitos ecológicos adversos. Com a diminuição do pH, elementos tóxicos como o alumínio, o ferro e o manganês são liberados das partículas do solo, aumentando assim sua toxicidade. Além disso se o pH do solo for baixo, a atividade dos organismos do solo diminui <sup>[22]</sup>.

## CONCLUSÕES

Os resultados de ecotoxicidade evidenciaram que no ensaio de toxicidade crônica as perdas de biomassa dos grupos de indivíduos aumentaram em relação ao aumento da fração de resíduo ensaiado, em razão do estresse ambiental causado por esse resíduo ao decorrer do ensaio nos grupos de minhocas.

A avaliação de habitat limitado através do comportamento de fuga dos grupos de minhocas analisados, demonstraram que concentrações superiores a 75 % do resíduo no solo teste influenciam no comportamento de fuga, de tal forma que são caracterizados como tóxicos.

Diante disto, concluímos que o resíduo de carvão mineral do sul de Santa Catarina, tem características ecotoxicológicas negativas, tendo em vista seu efeito de estresse ambiental de forma crônica nos bioindicador avaliado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WARD, C. R. Analysis, origin and significance of mineral matter in coal: an updated review. **International Journal of Coal Geology**, v. 165, p. 1-27, 2016.
2. IEA. World Energy Outlook. **International Energy Agency**, Paris e France, 2016.
3. CHEN, W.; XU, R. Clean coal technology development in China. **Energy policy**, v. 38, n. 5, p. 2123-2130, 2010.
4. MINERAL, S. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Ministério das Minas e Energia**. Brasília, v. 35, p. 135, 2016.
5. SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C.; POSSA, M. V. (Comp.). **Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p. 243-272, 2008.
6. SILVA, L et al. Study of environmental pollution and mineralogical characterization of sediment rivers from Brazilian coal mining acid drainage. **Science of the total environment**, v. 447, p. 169-178, 2013.
7. RESTREPO, Á.; BAZZO, E.; MIYAKE, R. A life cycle assessment of the Brazilian coal used for electric power generation. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 179-186, 2015.
8. CHAPIN, F. S. et al. **Principles of terrestrial ecosystem ecology Springer Verlag**. New York, USA, p. 298-300, 2002.
9. VERNONNEN, B. et al. Analysis of the ecotoxicity data submitted within the framework of the REACH Regulation: Part 4. Experimental terrestrial toxicity assays. **Science of the Total Environment**, v. 475, p. 123-131, 2014.
10. TARAZONA, J. V. et al. Targeting the environmental risk assessment of pharmaceuticals: facts and fantasies. **Integrated environmental assessment and management**, v. 6, n. S1, p. 603-613, 2010.
11. RODRIGUES, N. V. B.; PAWLOWSKY, U. Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos resíduos classe II A-não inertes e classe II B-inertes Acute toxicity tests by bioassays applied to the solubilized extracts of solid wastes class II A-non inert and class II B-inerts. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 8-16, 2007.
12. AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RIMA, 2003. p. 340.
13. ABNT. **NBR 15537: Ecotoxicologia terrestre: Ecotoxicologia aguda - Método de ensaio com minhocas**. Rio de Janeiro, 2014.
14. I. S. O. 17512-1. Soil quality—avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour—Part 1: test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). **Genf, Schweiz: International Organization for Standardization**. 2008.
15. ASTM. **E1676: Standard Guide for Conducting Laboratory Soil Toxicity or Bioaccumulation Tests with the Lumbricid Earthworm *Eisenia Fetida* and the Enchytraeid Potworm *Enchytraeus***.
16. VIJVER, M. G. et al. Oral sealing using glue: a new method to distinguish between intestinal and dermal uptake of metals in earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 125-132, 2003.
17. CURRY, J. P. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. **Earthworm ecology**, p. 91-113, 2004.
18. LAL, O. P. Impact of imidacloprid and carbofuran on earthworm castings in okra field. **Ann Plant Prot Sci**, v. 9, p. 137-138, 2001.
19. LOCK, K.; JANSSEN, C. Ecotoxicity of mercury to *Eisenia fetida*, *Enchytraeus albidus* and *Folsomia candida*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 34, n. 4, p. 219-221, 2001.
20. SHI, Y. et al. Comparative effects of lindane and deltamethrin on mortality, growth, and cellulase activity in earthworms (*Eisenia fetida*). **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 89, n. 1, p. 31-38, 2007.
21. MAHARANA, J. K. et al. Isolation and characterization of a chemolithotropic bacterial strain from fresh coal mine overburden spoil. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**. V. 2, p. 28-39, 2015.
22. SCHROCK, S.; VALLAR, A.; WEAVER, J. **The effect of acidic conditions on photosynthesis in two aquatic plants**. J. Hon. Lab Invest, v. 1, n. 1, p. 22-26, 2001.