

APLICAÇÃO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS: UMA ABORDAGEM ECOTOXICOLÓGICA⁴.

Heider Alves Franco¹; Monica Regina da Costa Marques²; Daniel Vidal Pérez³.

¹Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agricultura Orgânica, Doutorando PPGMA-UERJ, Professor no IFRJ, Campus Pinheiral. Rua: José Breves, 550, Centro. Pinheiral/RJ (heider.franco@ifrj.edu.br); ²Licenciada em Química, M.Sc. em Ciências, D.Sc. em Ciências. Professora na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Rua: São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ (monicamarques@uerj.br). ³Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agronomia, D.Sc. em Química. Pesquisador A da EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ (daniel.perez@embrapa.br).

⁴compõe o projeto de tese de doutorado do primeiro autor.

APRESENTADO NO IV CBRA – CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL – 19 A 21 DE OUTUBRO DE 2016, RIO DE JANEIRO/RJ.

Resumo: As atividades humanas intensificadas contribuíram para o empobrecimento dos recursos naturais e os problemas ambientais que atualmente se apresentam no mundo, como a deterioração da camada de ozônio, as mudanças climáticas, a contaminação marinha, entre outros, são reflexo dos impactos negativos causados pelo homem. Os resíduos sólidos urbanos encontram-se nessa lista de potenciais poluidores, principalmente devido ao lixiviado gerado a partir da sua decomposição. Não obstante, tem sido alvo de estudos para o tratamento e reutilização em diversas atividades produtivas, dentre elas, a agricultura. Nessa vertente, a utilização do lixiviado de aterro na irrigação de mudas florestais, pode contribuir na redução da exploração dos recursos hídricos, fortalecer a atividade e atender as legislações vigentes. Com base nisso, foram realizados ensaios de toxicidade, teste de fuga, com *Eisenia fetida* de acordo com a NBR 17512-1, em testes exploratórios para três substratos de produção de mudas florestais (comercial, convencional e orgânico). Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. Os resultados mostram que o comportamento de fuga do organismo teste é divergente para os diferentes substratos, o que demonstra necessidade de estudos em sequência visando explicar tal fato.

Palavras-chave: contaminação, *Eisenia fetida*, resíduos sólidos urbanos, chorume, reuso.

Introdução

A exploração dos recursos naturais ao longo da história desconsiderou os impactos causados sobre a sua continuidade de atendimento às necessidades humanas. Associado a essa expansão, consta o aumento exponencial na geração de resíduos sólidos, os quais constituem grande preocupação no que tange a disposição inadequada no ambiente, esta por sua vez atua como agravante na poluição e degradação dos solos e cursos d'água, devido à geração de chorume proveniente da decomposição dos materiais (Tucci, 2000; Besen et al., 2010). A Lei 12.305/2010, baliza a disposição final ambientalmente correta de rejeitos, métodos, processos, tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização e tratamento de resíduos (BRASIL, 2010). Quanto à destinação final, o uso do aterro sanitário é considerado a forma ambientalmente correta, porém, mesmo esse, apresenta seu passivo ambiental, a geração de lixiviado, líquido com elevado potencial poluidor devido a sua constituição variável, e tem sido alvo de estudos para o tratamento e reutilização em diversas atividades produtivas, dentre elas, a agricultura (Medeiros et al., 2008; Mohajeri et al., 2010).

Na agricultura e suas subdivisões, a água é fator limitante, entretanto o volume utilizado na atividade se contrapõe a ótica ambiental e torna-se necessário a adoção de métodos e técnicas que visem à redução da exploração ou o reuso de águas oriundas de outras atividades. Estudos realizados em diversos países têm demonstrado a eficiência do uso das águas residuárias e efluentes na fertirrigação de culturas agrícolas com a obtenção de excelentes resultados, visto que são ricas em nutrientes. Nessa vertente, a utilização do lixiviado de aterro na irrigação de mudas florestais, pode contribuir na redução da exploração dos recursos hídricos, fortalecer a atividade e atender as legislações vigentes (Bastos, 1999).

Contudo, estudos relacionados ao impacto desse uso sobre o substrato de cultivo de mudas são inexistentes, principalmente no que tange a ecotoxicologia. Esses se tornam necessários haja vista que a composição dos substratos pode ser muito diversa, assim como os solos. Desse modo, o presente trabalho pretende contribuir com estudos relacionados ao reuso de lixiviado de aterro sanitário com enfoque sistêmico sobre os efeitos no substrato de produção de mudas, através de ensaios ecotoxicológicos utilizando como organismo teste *Eisenia fetida*.

Material e Métodos

Os ensaios ocorreram nas instalações do Campus Nilo Peçanha-IFRJ: Laboratório Educativo de Produção de Mudas. Avaliou-se o potencial de contaminação do lixiviado de aterro sanitário, aplicado em substratos para produção de mudas, através de testes de toxicidade, utilizando como organismo-teste minhocas *Eisenia fetida* e os procedimentos descritos na NBR 17512-1 (ABNT, 2011). Foram utilizados três substratos, para produção de mudas florestais, Comercial (BIOPLANT Plus Prata), Convencional (terra de barranco + areia média lavada) e Orgânico (composto orgânico + terra de barranco + peneirado de carvão), onde foram adicionadas as doses de lixiviado de aterro.

Os teste de fuga foram realizados através de ensaios exploratórios como preconiza Aragão et al (2008), tomando-se doses decrescentes na razão de 50%, que tiveram como partida a dosagem de 100% de lixiviado de aterro sanitário, diluídos em água deionizada. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, para cada dose utilizada. A resposta dos ensaios foi calculada em termos de porcentagem de fuga por dose obtida a partir da seguinte fórmula: $A = [(C - T) / N] \times 100$, onde C é o nº de animais encontrados no substrato controle, T é o nº de animais encontrados no substrato teste, e N é o nº total de animais utilizados por repetição. O substrato foi considerado tóxico quando mais de 80% dos organismos expostos preferiram o substrato controle (fuga > 60%) (ABNT, 2011).

A análise estatística foi realizada por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade e o coeficiente de correlação de Spearman (Hamilton et al., 1977) com auxílio do programa BioEstat 5.0. Os gráficos foram construídos utilizando o Microsoft Excel 2013.

Resultados e Discussão

Para o substrato comercial, foi identificado que as doses até 25% não causaram quaisquer efeitos tóxicos (Fuga 0%) sobre os organismos teste. Entretanto, observa-se que existiu um comportamento de fuga, não tóxico (<60%) a partir da dose 50% e que a toxicidade (fuga >60%) ocorreu somente com a dose de 100%. Face isso, avaliou-se dosagens intermediárias entre 50 e 100%, iniciando em valores decrescentes. Adotou-se, as doses de 70, 75, 80, 88, 89 e 90% de lixiviado com 3 repetições. A toxicidade foi identificada a partir da dose de 90%, estabelecendo assim para o substrato comercial, a concentração/dose efetiva capaz de provocar fuga maior que 60% (Figura 1).

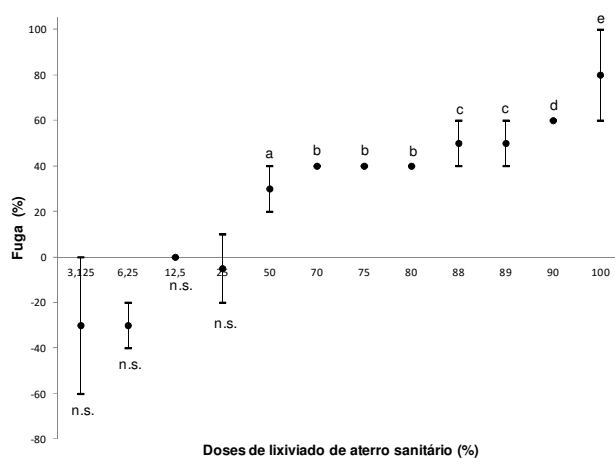


Figura 1 - Resposta de fuga para a espécie *Eisenia fetida* em substrato comercial, contaminado com diferentes doses de lixiviado de aterro sanitário. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. n.s. = nao significativo. As barras apresentam os valores máximos e mínimos obtidos nos estudos.

O p-valor encontrado para os tratamentos foi menor que 0,0001. Como é um valor menor que 0,05, é significativa a diferença no comportamento de *Eisenia fetida*, em relação às diferentes dosagens de lixiviado. Verifica-se uma correlação altamente significativa para toxicidade do substrato comercial (0,9824) em função da presença do poluente. A fuga das minhocas se deve 98,24% pelo fator poluente e 1,76% por outros fatores. Isto significa que, quanto mais poluente (lixiviado) é introduzido no substrato, mais tóxico ele tende a se tornar causando comportamento de fuga no organismo teste.

Os ensaios com o substrato orgânico iniciaram-se em caráter exploratório como definido para o anterior. Esse foi considerado tóxico a partir da menor dosagem testada, ou seja, 3,125% de lixiviado. Desse modo, procedeu-se nova avaliação de dosagens com valores inferiores, sendo eles as doses de 3, 2,8, 2,5, 2,3, 2,0 e 1,8% de lixiviado, ambas com 3 repetições, visando a confirmação do resultado. Verifica-se que a toxicidade foi confirmada a partir da dose de 3,125% (Figura 2).

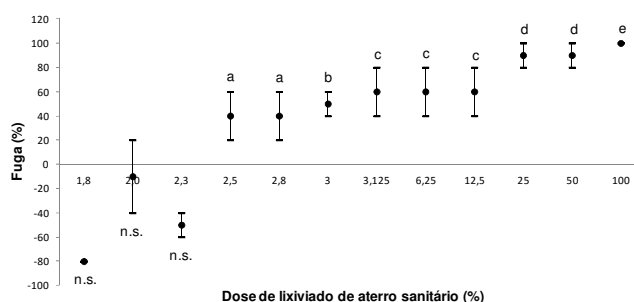


Figura 2. Resposta de fuga para a espécie *Eisenia fetida* em substrato orgânico, contaminado com diferentes doses de lixiviado de aterro sanitário. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. n.s. = nao significativo. As barras apresentam os valores máximos e mínimos obtidos nos estudos.

Verifica-se uma correlação altamente significativa para o substrato orgânico (0,9770). A fuga das minhocas se deve 97,7% pelo fator poluente, 2,3% por outros fatores.

O procedimento experimental para o substrato convencional seguiu o mesmo critério adotado para os demais, após as avaliações prévias, com dosagens de 100, 50, 25, 12,5, 6,25 e 3,125% de lixiviado, observou-se toxicidade a partir da dose 12,5% de lixiviado. Desse modo, procedeu-se nova avaliação de dosagens com valores intermediários entre 6,25 e 12,5%, partindo-se de doses decrescentes sendo elas, 12, 11 e 9% de lixiviado, com 3 repetições. De acordo com a figura 3, verifica-se que a toxicidade foi confirmada a partir da dose, 12,5%, definindo-se assim para o substrato convencional essa como a concentração/dose efetiva capaz de provocar fuga maior que 60%.

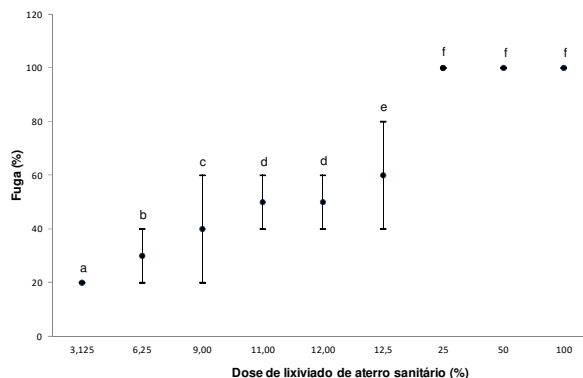


Figura 3 - Resposta de fuga para a espécie *Eisenia fetida* em substrato convencional, contaminado com diferentes doses de lixiviado de aterro sanitário. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. n.s. = nao significativo. As barras apresentam os valores máximos e mínimos obtidos nos estudos.

Verifica-se uma correlação altamente significativa para o substrato convencional (0,9702). A fuga das minhocas se deve 97,02% pelo fator poluente, 2,98% por outros fatores.

A importância de realizar o teste de comportamento de evitação, ou fuga, nos trópicos surge a partir do fato de que a maioria dos países em desenvolvimento estão localizados em regiões tropicais e alguns deles são grandes usuários de agrotóxicos, como por exemplo o Brasil e Colômbia (Chrisman et al., 2009; García-Santos et al., 2011). Alguns estudos clássicos já apresentavam os solos como um meio mais difícil de trabalhar do que o ambiente aquático para testes de toxicidade. Tais dificuldades estão relacionadas à sua composição química e complexidade física. No entanto, os solos são mais propícios à utilização em testes de evitação porque as amostras de controle e tratamento são mais facilmente mantidas fisicamente separadas (Jones et al., 1956; Larrick et al., 1978). Poucos estudos têm investigado o papel das propriedades do solo em influenciar o comportamento de evitação das minhocas. Com isso, vários autores têm apontado a importância de considerar as propriedades do solo na interpretação desses resultados. Em um levantamento de solos impactados por várias perturbações antrópicas foi descoberto que em alguns casos a *Eisenia fetida* não evitou o solo contaminado, apesar das altas concentrações medidas de contaminantes (Loureiro et al., 2005; Aldaya et al., 2006; Amorim et al., 2008; Sousa et al., 2008).

Os autores citados anteriormente afirmam a necessidade de se conhecer as características do solo para avaliações de ecotoxicidade com minhocas. Partindo-se do princípio da complexidade de constituição dos solos, essas afirmações podem ser direcionadas para os substratos de produção de mudas, os quais também apresentam característica complexa em relação aos mais diversos componentes.

Conclusões

Entende-se que os resultados apresentados e discutidos são heterogêneos, o que reforça a necessidade de estudos ainda mais específicos no que tange as avaliações de ecotoxicologia utilizando substratos para mudas. Esses por si só, reforçam a necessidade de realização desse tipo de ensaio antes da recomendação de uso de efluentes como insumo para irrigação de mudas florestais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Foxx Haztec pelo fornecimento do lixiviado de aterro sanitário. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-graduação Multidisciplinar em Meio Ambiente – UERJ pelo apoio na instalação e condução dos ensaios.

Referências Bibliográficas

- ALDAYA, M. M.; LORS, C. L.; SALMON, S.; PONGE, J. F. Avoidance bio-assays may help to test the ecological significance of soil pollution. **Environmental Pollution** 140, 173e180. 2006.
- AMORIM, M. J. B.; NOVAIS, S.; RÖMBKE, J.; SOARES, A. M. V. M. Avoidance test with *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): effects of different exposure time and soil properties. **Environmental Pollution** 155, 112e116. 2008.
- ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P. A. Métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos. In: **ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Editores)**. Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações, São Carlos, São Paulo: RIMA, 2008. P. 117 – 147.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 17512-1: Qualidade do solo – Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento. Parte 1: Ensaio com minhocas (Eisenia fetida e Eisenia andrei). Rio de Janeiro: ABNT, 26p., 2011.

BASTOS, R.K.X. Fertirrigação com águas residuárias. In : **FOLEGATTI, M.V. (Coord.)**. Fertirrigação : citrus, flores e hortaliças. Guaíba, SP: Agropecuária, 1999. 279 p.

BESEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: **SALDIVA P. et al.** Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 10 Ago. 2016.

CHRISMAN, J.D.R.; KOIFMAN, S.; de NOVAES SARCINELLI, P.; MOREIRA, J.C.; KOIFMAN, R.J.; MEYER, A. Pesticide sales and adult male cancer mortality in Brazil. **International Journal of Hygiene and Environmental Health** 212, 310–321. 2009.

GARCÍA-SANTOS, G.; SCHEIBEN, D.; BINDER, C.R. The weight method: a new screening method for estimating pesticide deposition from knapsack sprayers in developing countries. **Chemosphere** 82 (11), 1571–1577. 2011.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science and Technology**, 11(7): 714-719, 1977.

JONES, B.F.; WARREN, C.E.; BOND, C.E. and DOUDOROFF, P. Avoidance reactions of salmonid fishes to pulp mill effluents. **Sewage Ind. Wastes** 28:1403– 1413. 1956.

LARRICK, S.R.; DICKSON, K.L. CHERRY, D.S. and CAIRNS, Jr. J. Determining fish avoidance of polluted water. **Hydrobiologia**, 61: 257–265. 1978.

LOUREIRO, S.; SOARES, A. M. V. M.; NOGUEIRA, A. J. A. Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination. **Environmental Pollution** 138:121–131. 2005.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L. e SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG v.12, n.2, p.109–115, 2008.

MOHAJERI, S; AZIZ, H. A; ISA, M. H; ZAHED, M. A; ADLAN, M. N; Statistical optimization of process parameters for landfill leachate treatment using electroFenton technique. **Journal of Hazardous Materials**, v.176, p.749-758, 2010.

SOUSA, A; PEREIRA, R.; ANTUNES, S. C.; CACHADA, A.; PEREIRA, E.; DUARTE, A. C.; GONÇALVES, F. Validation of avoidance assays for the screening assessment of soils under different anthropogenic disturbances. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 71:661–670. 2008.

TUCCI, C. E. M. Desafios em Recursos Hídricos. In: **PHILIPPI Jr., A.; TUCCI, C.E.M.; HOGAN, D.J.; NAVEGANTES, R.** Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus Editora. p.254-265, 2000.