



ECOTOXICIDADE DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) E PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

Heider Alves Franco¹, Gabrielle Marjory de Oliveira Martins², Yasmin Laureano Mussel³, Shaiene Costa Moreno⁴, Sérgio Thode Filho⁵ e Mônica Regina da Costa Marques⁶

Resumo: A reutilização do lixiviado de aterro sanitário deve ser embasada a partir de uma caracterização química e física a qual apontará seu potencial contaminante. No entanto, torna-se fundamental avaliar suas implicações biológicas e as possíveis interações com o meio ambiente. Testes de toxicidade utilizando plantas como organismo teste são mais simples se comparados a estudos com animais e demonstram eficiência no monitoramento da toxicidade de poluentes da água e do solo, incluindo efluentes de diversas origens. O presente trabalho teve como objetivo estimar o nível de fitotoxicidade do lixiviado de aterro sanitário sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.). Verificou-se que pequenas doses do lixiviado bruto (0,1 mL) influenciaram negativamente a germinação das sementes em estudo. A concentração letal capaz de causar mortalidade e/ou inibição em 50% dos organismos (CL₅₀) foi de 0,64 mL para o alface (*Lactuca sativa* L.) e de 0,91 mL para o pepino (*Cucumis sativus* L.). Desta forma evidencia-se que as espécies estudadas possuem baixa tolerância ao poluente. Entretanto a partir desses pode-se considerar a realização de ensaios envolvendo diluições do poluente para posterior aplicação em uma cultura.

Palavras-chave: Fitotoxicidade. Concentração Letal. Impacto ambiental.

1 Introdução

No Brasil, estima-se que são produzidos 1,040 kg de “lixo” per capita diariamente. Tem-se ainda que se somado a resíduos de construção, demolição e serviços de saúde representam um total de 117 mil toneladas. Desses, 91% é coletado, entretanto apenas 58,4% tem destino adequado a aterros sanitários, ficando o restante encaminhado a lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2016).

As contínuas alterações no estilo de vida, o crescimento industrial e comercial, têm sido acompanhados por aumentos rápidos na produção de resíduos sólidos urbanos e industriais o que culminou com uma crescente elevação de elementos e componentes tóxicos, que afetam diretamente ou indiretamente a

qualidade e potencialidade dos recursos naturais (CARVALHO et al., 2006).

“Por definição tem-se que resíduos sólidos são: resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em

¹E-mail: heider.franco@ifrj.edu.br

IFRJ, Laboratório Multidisciplinar de Gerenciamento de Resíduos, Campus Duque de Caxias, RJ, Brasil.

²E-mail: gabimartins08@yahoo.com.br

³E-mail: yasmin.l.mussel7@hotmail.com

⁴E-mail: shaiene.moreno@ifrj.edu.br

⁵E-mail: sergio.thode@ifrj.edu.br

⁶E-mail: mmarquesrj@gmail.com

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.36-43, jan./jun. 2017

face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004, p.1).

A partir da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a prevenção e a redução na geração de resíduos (BRASIL, 2010) passaram a ser ferramenta de discussão constante entre geradores e receptores de resíduos. Sob a ótica ambiental, a destinação desses resíduos é o aterro sanitário, contudo, esse apresenta como passivo ambiental à geração de lixiviado de aterro.

O lixiviado gerado em aterro sanitário merece atenção especial, pois se apresenta como um líquido potencialmente poluidor que pode acometer os recursos naturais nas proximidades caso não seja tratado e descartado ao meio de maneira cuidadosa, controlada, ou venha a ser reutilizado em outras atividades (RENOU et al., 2008; SALEM et al., 2008).

A geração de lixiviado no aterro sanitário ocorre devido à degradação dos resíduos sólidos pela presença de microrganismos, em sua grande maioria bactérias atuantes no metabolismo aeróbio ou anaeróbio, caracterizados pela existência e pela ausência de oxigênio, respectivamente; além desses, as condições do meio, característica dos resíduos e a precipitação contribuem para um maior ou menor volume de percolado (IPT, 1995).

Corroborando com essa percepção, segundo Christensen e colaboradores (2001) esse lixiviado pode conter matéria orgânica dissolvida ou solubilizada, nutrientes, produtos intermediários da digestão anaeróbia dos resíduos, como ácidos orgânicos voláteis e substâncias químicas oriundos do descarte de inseticidas e agrotóxicos, além de microrganismos. Os autores estabelecem que esses podem conter também cinco grupos de poluentes: matéria orgânica dissolvida (MOD) expressa pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) ou pelo carbono orgânico total (COT), incluindo ácidos fúlvicos e húmicos; macropoluentes inorgânicos Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , SO_4^{2-} e CO_3^{2-} ; elementos traços: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn; compostos orgânicos presentes em baixas concentrações, incluindo hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, e compostos clorados, e outros componentes como boro, arsênio, bário, selênio, mercúrio e cobalto, que são encontrados em baixíssimas concentrações.

A caracterização do lixiviado é muito complexa, pois sua composição varia em função da idade do aterro (KULIKOWSKA; KLIMIUK, 2008).

Neste sentido, a contaminação do solo é hoje vista como um grave problema de contaminação ambiental, isto porque pode levar à contaminação de águas, pode provocar efeitos de bioacumulação e biomagnificação de tóxicos que, em última análise, pode afetar a saúde humana. Além de ser o *habitat* de microrganismos, plantas e animais o solo é responsável ainda pelo ciclo dos nutrientes, por manter o balanço oxigênio/dióxido de carbono na atmosfera e é o destino final de grande parte dos resíduos produzidos, principalmente lixiviados, petróleo, óleos e borras oleosas e fluidos em geral (LOUREIRO; SOARES, NOGUEIRA, 2005).

A reutilização do lixiviado de aterro sanitário deve ser embasada a partir de uma caracterização química e física que aponte seu potencial contaminante, todavia, torna-se fundamental avaliar suas implicações biológicas e as possíveis interações com o meio, nessa vertente atua a toxicologia/ecotoxicologia (COSTA et al., 2008; KALCIKOVA; ZAGORC-KONCAN; GOTVAJN, 2011). Para a análise dos efeitos ecotóxicos das substâncias ou misturas que venham a ser utilizadas nas atividades humanas, devem ser realizados testes de ecotoxicidade ou bioensaios que visam prever o impacto potencial de um xenobiótico (agente tóxico) ao ambiente (FLOHR et al., 2005).

A intensidade dos efeitos depende da concentração, propriedades químicas das substâncias, sensibilidade do organismo teste e tempo de exposição. Desse modo, é recomendado que o efeito tóxico de uma substância seja avaliado com testes de toxicidade realizado em organismos de espécies e níveis tróficos diferentes (COSTA et al., 2008).

Testes de toxicidade utilizando plantas como modelo são mais simples que estudos com animais e demonstraram eficiência no monitoramento da toxicidade de poluentes da água e do solo, incluindo efluentes têxteis e agroquímicos. As vantagens dos biotestes com plantas residem na grande variedade de parâmetros de avaliação como germinação de sementes, o ganho de biomassa, o alongamento de raiz e crescimento do vegetal, parâmetros bioquímicos, além de apresentar baixo custo e disponibilidade para realizar testes durante todo o ano (ŽALTAUSKAITĖ; ČYPAITĖ, 2008).

Isso faz com que o grau de germinação de certas espécies sensíveis, na presença de contaminantes potencialmente tóxicos, possa ser utilizado como um indicador da toxicidade. A germinação de sementes e o

crescimento de plantas são os parâmetros mais utilizados para avaliar a fitotoxicidade de um composto. A alface (*Lactuca sativa* L.) é o bioindicador terrestre mais comumente utilizado para avaliar a toxicidade de lixiviados, águas residuais de esgotos e efluentes industriais, medindo-se entre outros parâmetros físicos, o percentual de germinação e alongamento radicular (KAPANEN; ITÄVAARA, 2001; EOM et al., 2007; GARCIA et al., 2009).

Nesse contexto, verifica-se ainda que ensaios de germinação e desenvolvimento de raízes de plântulas vêm sendo utilizados para avaliar e quantificar a toxicidade de compostos solúveis em água e também para misturas de substâncias complexas, como por exemplo, efluentes de indústrias, águas residuais e residuais, lixiviados de solos, sedimentos dentre outros (BOWERS et al., 1997). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estimar o nível de fitotoxicidade a partir da aplicação do lixiviado de aterro sanitário sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.).

2 Metodologia

A implantação e condução dos ensaios ocorreram no Laboratório Multidisciplinar de Tecnologia Agroambiental do *Campus* Pinheiral do Instituto Federal do Rio de Janeiro, localizado no município de Pinheiral-RJ.

Foram realizadas análises físico-químicas para a caracterização do lixiviado de aterro (Franco et al., 2017) e adquiridas sementes de alface crespa (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) da marca ISLA PAK com 99,7% de pureza, 81% de germinação e validade até julho/18. As mesmas foram utilizadas diretamente, sem execução de nenhum procedimento prévio.

Foi realizado ensaio de fitotoxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) como organismo teste, segundo metodologias recomendadas por Sobrero e Ronco (2004) e OECD (2003). O ensaio do tipo estático de germinação foi realizado, visando avaliar os efeitos letais por meio da inibição na germinação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado composto de seis tratamentos para o grupo teste e um grupo controle. Inicialmente trabalhou-se com potências de 10 (pn) para se determinar o intervalo entre os tratamentos que apresentaram maior dano fitotoxicológico para

o organismo teste. A saber: 0,1, 1 e 10 mL de lixiviado bruto (*in natura*). Após isso, foram empregados tratamentos intermediários visando à determinação da faixa mais próxima de toxicidade. Os tratamentos experimentados do grupo teste foram: 0,1, 0,5, 1, 3, 5 e 10 mL de lixiviado bruto (*in natura*). O grupo controle era composto de 4 mL de H₂O deionizada. Para todos os tratamentos foram utilizadas 3 repetições.

Na condução do estudo, 20 sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) foram alocadas em placa de Petri (9,5 cm de diâmetro) com substrato papel de filtro qualitativo (porosidade 1 µm) e umedecidas com volume equivalente aos tratamentos definidos. Para garantir a umidade ao longo de todo o ensaio, as placas de Petri foram envolvidas com plástico filme transparente. A condição ambiente para o teste foi: temperatura (25 ± 2 °C); fotoperíodo (12 horas de luz/12 horas de escuro) (BRASIL, 1992) e tempo total de ensaio 120 h (LINDER et al., 1989). Essas condições foram obtidas com uso de câmara de germinação do tipo BOD com fotoperíodo da marca Thelga modelo TF34, onde as placas de Petri foram dispostas. Ao final do período experimental, avaliou-se o número de sementes germinadas, considerando para tal apenas aquelas que apresentaram protusão da raiz (USEPA, 1996; OECD, 2003).

O cálculo da CL₅₀ foi realizado inicialmente determinando as regressões para ambas as espécies, descrevendo a função onde x refere-se aos tratamentos e y ao percentual de germinação. Na sequência, substitui-se o valor de y por 0,5 e calculou-se a CL₅₀. Todas as funções foram determinadas com 95% de confiabilidade.

Para todos os experimentos deste estudo foram realizados o teste de pressuposição (teste de normalidade e teste de homogeneidade de variância). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre as mesmas (COSTA NETO, 1977; MILLER; MILLER, 1993).

Para determinar a existência de uma correlação entre a germinação das sementes e a introdução do lixiviado, empregou-se o coeficiente de correlação de Spearman, com determinação do índice de correlação (rs), a fim de comprovar se há correlação com significância estatística (HAMILTON; RUSSO; THURSTON, 1977; HOFFMANN; VIEIRA, 1977; GUNST; MASON, 1980; MARQUES DE SÁ, 1993).

3 Resultados e discussão

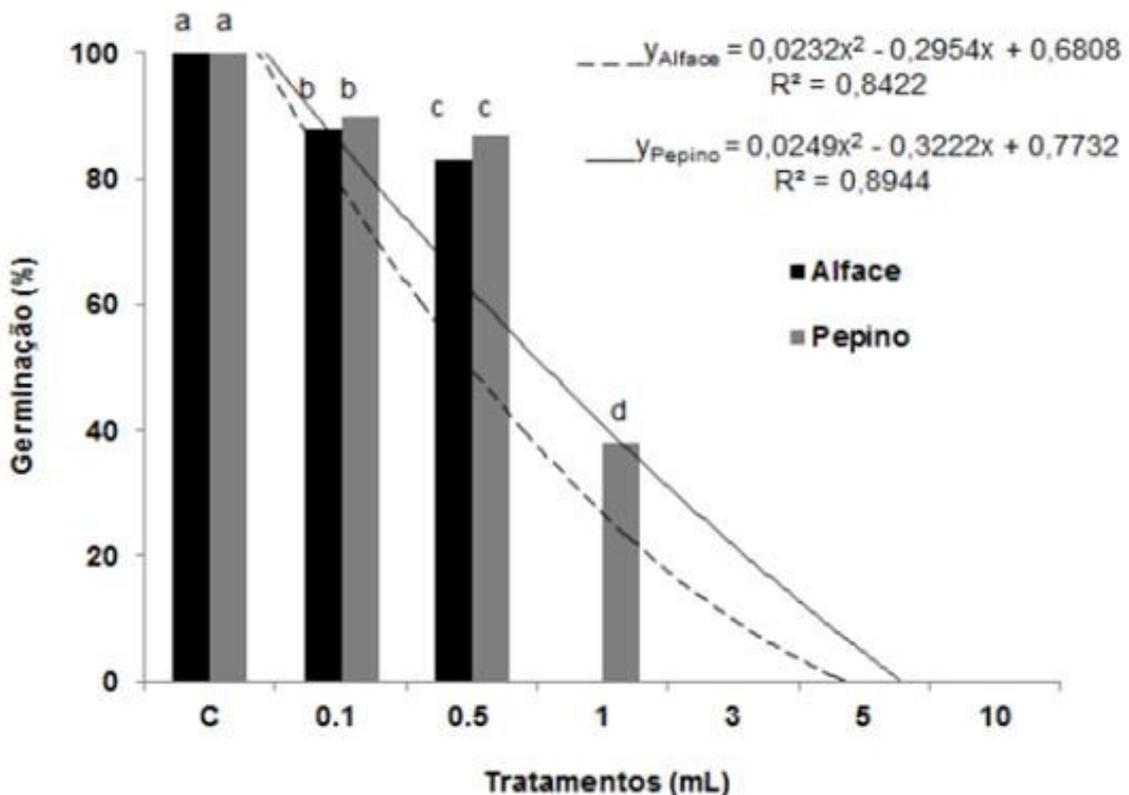
A análise dos valores médios do percentual de germinação em função dos diferentes tratamentos com lixiviado mostrou uma diminuição no percentual de germinação conforme se aumentou a dose do lixiviado (Figura 1). O grupo controle apresentou 100% de germinação para ambas as espécies. Para a alface, comparativamente ao grupo controle, os dois primeiros tratamentos 0,1 mL e 0,5 mL apresentaram inibição na germinação de 12% e 15% respectivamente. Tal comportamento também ocorreu para as sementes de pepino com inibição de 10% e 13% na germinação. A partir de 1,0 mL do poluente as sementes de alface apresentaram inibição total na germinação das sementes. Para o pepino, o tratamento com 1 mL, promoveu uma inibição de 62% no processo germinativo.

Em virtude dos diferentes tratamentos com lixiviado, verificou-se uma correlação negativa altamente significativa de -0.9063. Verifica-se que a inibição da germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) se deve 91% pelo fator poluente e 9% por outros fatores.

Para as sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.), verificou-se também uma correspondência negativa altamente significativa de -0.9636. Isto é, a inibição de germinação se deve 96% pelo fator poluente e 4% a fatores aleatórios ao sistema.

Analisando as duas espécies em estudo, nota-se que a presença do lixiviado é preponderante para a mudança no percentual de germinação. Tal afirmação pode ser constatada no tratamento controle onde o percentual de germinação é de 100% para as ambas as espécies.

Figura 1 - Percentual de germinação de alface e pepino em função de doses de lixiviado de aterro sanitário bruto. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



Fonte: Autores (2017)

Para o cálculo da CL_{50} do teste de germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) as

funções quadráticas foram descritas por $y = 0,0232x^2 - 0,2954x + 0,6808$ com $R^2 = 0,8422$ e $y = 0,0249x^2 - 0,3222x + 0,7732$ com $R^2 =$

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.36-43, jan./jun. 2017

0,8944,. Utilizando essas funções e substituindo y por 0,50, encontrou-se a dose de 0,64 mL para a CL_{50} referente à alface (*Lactuca sativa* L.) e 0,91 mL para a CL_{50} referente ao pepino (*Cucumis sativus* L.). Percebe-se com isso, que as sementes de pepino toleram 42% a mais do poluente do que a alface (*Lactuca sativa* L.). Com isso, verifica-se que a resposta fisiológica da alface (*Lactuca sativa* L.) apresentou maior efeito fitotóxico do que o pepino (*Cucumis sativus* L.).

A germinação é uma sequência ordenada de atividades metabólicas divididas em fases, que resulta na formação de uma plântula. A germinação é também um indicador da tolerância das plantas aos sais em estádios subsequentes do crescimento e desenvolvimento (LARCHER, 2000).

A água é um dos fatores que mais influencia o processo de germinação das sementes. Da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos, com a consequente intensificação da respiração e de todas as demais atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada do crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Desse modo, entende-se que a qualidade da água envolvida no processo de embebição da semente, influencia diretamente no processo germinativo; logo, tomando por base a qualidade do lixiviado utilizado nesse estudo para o umedecimento do substrato de germinação, entende-se que a salinidade de 16900 mg L^{-1} (Tabela 1) impactou diretamente o processo, causando redução no potencial germinativo (BANSAL; BHATI; SEN, 1980). Ainda segundo os mesmos autores a salinidade pode provocar potenciais hídricos muito negativos que, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, podendo inviabilizar a sequência dos eventos relacionados ao processo germinativo das sementes.

Neste sentido, os efeitos encontrados na variável germinação evidenciam que o aumento da concentração dos sais, prejudica a germinação, como também observaram Nunes et al. (2009) e Botelho e Perez (2001) na germinação e crescimento inicial de *Crotalaria juncea* e canafístula (*Peltophorum dubium* Taub.).

Os efeitos negativos dos sais sobre o crescimento das plantas têm sido associados ao componente de tensão osmótica, provocado pela diminuição do potencial de água no meio

e, por conseguinte, pela restrição de absorção de água pelas raízes. O ensaio de germinação é um dos métodos mais defendidos para se determinar o limite de tolerância das plantas aos sais, que quando comparado ao controle, serve como um indicador da tolerância das sementes à salinidade (OLIVEIRA et al., 2011).

Por outro lado, com a salinização do meio, ocorre o acúmulo de determinadas espécies iônicas, principalmente Na^+ e Cl^- . A predominância dessas espécies iônicas no meio, além de causar toxidez, quando se acumulam nos tecidos vegetais, pode acarretar mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons essenciais ao seu crescimento (LACERDA et al., 2004).

Segundo Bewley e Black (1994) e Shafaei, Masoumi e Roshan (2014) o processo de germinação depende da presença da água à matriz da semente, do teor de oxigênio e de alguns fatores ambientais externos como luz e temperatura.

4 Conclusão

De uma forma geral, pequenas doses do lixiviado bruto (0,1 mL) influenciaram negativamente a germinação das sementes em estudo.

A CL_{50} para o alface (*Lactuca sativa* L.) foi de 0,64 mL e para o pepino (*Cucumis sativus* L.) 0,91 mL. Com isso, evidencia-se que as espécies estudadas possuem baixa tolerância ao poluente.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que os diferentes tratamentos com lixiviado contribuíram para um decréscimo acentuado no percentual de germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.), principalmente devido a elevada salinidade do poluente.

Haja vista o elevado volume de lixiviado gerado nos aterros sanitários e a pouca destinação que é dada ao mesmo, os ensaios de ecotoxicidade podem ajudar a entender o comportamento do poluente frente ao meio ambiente e contribuir para novas práticas pensadas para solucionar essa problemática, como, por exemplo, a possibilidade de reuso.

Em suma, os resultados aqui discutidos mostram-se promissores para novos ensaios ecotoxicológicos de germinação envolvendo diluições do poluente e a avaliação em novas espécies.

5 Ecotoxicity of Landfill Leachate on Germination of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Cucumber Seed (*Cucumis sativus* L.)

Abstract: *The reuse of landfill leachate should be based on a chemical and physical characterization which will indicate its potential contaminant. However, it is fundamental to evaluate its biological implications and possible interactions with the environment. Toxicity tests using plants as a test organism are simpler compared to animal studies and demonstrate efficiency in monitoring the toxicity of water and soil pollutants, including effluents from a variety of sources. The objective of the present work was to estimate the phytotoxicity level of the landfill leachate on the germination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. It was found that small doses of crude leachate (0.1 mL) had a negative influence on the germination of the seeds under study. The lethal concentration capable of causing mortality and / or inhibition in 50% of the organisms (LC₅₀) (*Lactuca sativa* L.) was of 0.64 mL for lettuce and 0.91 mL for the cucumber (*Cucumis sativus* L.). Thus, it is evident that the species studied have low tolerance to the pollutant. However, from these results it is possible to consider tests involving dilutions of the pollutant for later application in a culture.*

Keywords: Phytotoxicity. Lethal Concentration. Environmental Impact.

6 Referências

- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil*. São Paulo: ABRELPE, 2016.
- _____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 71p. 2004.
- BANSAL, R.P.; BHATI, P.R.; SEN, D.N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v.22, n.5, p.327-331, 1980.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. (second ed.) Plenum Press, New York, 1994.
- BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 43-49, 2001.
- BOWERS, N.; PRATT, J. R.; BEESON, D.; LEWIS, M. Comparative evaluation of Soil toxicity using Lettuce Seeds and Soil ciliates. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 16, n. 2, p. 207-213, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília-DF: Departamento Nacional de Produção Vegetal – SNA/DNPV/CLAV. 1992. 365 p.
- 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/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- CARVALHO, A. L.; MATOS, A. T.; HAMAKAWA, P. J.; AZEVEDO, R. F. Produção de percolado por resíduos sólidos urbanos de diferentes idades, na presença de resíduos da construção civil e sob recirculação. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.2, p.131-138, 2006.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CHRISTENSEN, T.; KJELDSEN, P.; BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. **Applied Geochemistry**. v. 16, p. 659-718, 2001.
- COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M.; ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim Nova**. 31 : 1820-1830, 2008.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264p.
- MILLER, J.C.; MILLER, J.N. **Statistics for analytical chemistry**. 3. ed. Chichester: Ellis Horwood, 1993. 233p.
- EOM, I.C.; RAST, C.; VEBER, A.M.; VASSEUR, P. Ecotoxicity of a polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-contaminated soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 67, p.190-205. 2007.
- FLOHR, L.; BRENTANO, D.M.; CARVALHO-PINTO, C.R.S.; MACHADO, V.G. & MATIAS, W.G. Classificação de resíduos sólidos industriais com base em testes ecotoxicológicos utilizando *Daphnia magna*: Uma alternativa. **Biotemas**, 18:7-18, 2005.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.36-43, jan./jun. 2017

- FRANCO, H.A.; SILVA, M.E.R.V.; SILVEIRA, M. F.; MARQUES, M.R.C.; THODE-FILHO, S. Impact of landfill leachate on the germination of cucumber (*cucumis sativus*). *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology*, Ed. Especial, v. 21, p. 32-44, 2017.
- GARCIA, J. C.; SIMIONATO, J. I.; ALMEIDA, V. C.; PALÁCIO, S. M.; ROSSI, F. L.; SCHNEIDER, M. V.; DE SOUZA, N. E. Evolutive follow-up of the photocatalytic degradation of real textile effluents in TiO₂ and TiO₂/H₂O₂ systems and their toxic effects on *Lactuca sativa* seedlings. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 1589-1597, 2009.
- GUNST, R.F., MASON, R.L. **Regression Analysis and Its Application: A Data-Oriented Approach**, Marcel Dekker, New York, 1980.
- 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.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à Econometria**. São Paulo: Hucitec Edusp, 1977.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.
- KALCIKOVA, G.; ZAGORC-KONCAN, J.; GOTVAJN, A. Z. Evaluation of landfill leachate quality with battery of biotests. *Acta Environmentalis Universitatis Comenianae (BRATISLAVA)*, Vol.19, Supplement, p. 145-150. 2011.
- KAPANEN, A.; ITAVAARA, M. Ecotoxicity tests for compost applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 49, p. 1-16, 2001.
- KULIKOWSKA, D., KLIMIUK, E. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology*, ed. 99 p.5981–5985, 2008.
- LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.289-295, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, editora RIMA. São Paulo. 2000. 529p.
- LINDER, G.; GREENE, J.; RATSCH, H.; NWOSU, J.; SMITH, S. AND WILBORN, D. **Seed Germination and Root Elongation Toxicity Tests in Hazardous Waste Site Evaluation: Methods Development and Applications**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/D-89/109 (NTIS PB90113184), 1989.
- LOUREIRO, S.; SOARES, A.M.V.M.; NOGUEIRA, A.J.A. Terrestrial avoidance behaviour tests as screening tool to assess soil contamination. *Environ Pollut*, v. 138, p. 121–131, 2005.
- MARQUES DE SÁ, J.P. **Análise de Dados**, apontamentos para a disciplina de Análise de Dados, FEUP, Porto. 1993
- NUNES, A. da S.; LOURENÇÃO, A. L. F.; PEZARICO, C. R.; SCALON, S. de P. Q., & GONÇALVES, M. C. Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalaria juncea* L.. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3), 753-757, 2009. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000300013>>.
- Oliveira, A. B.; Alencar, N. L. M.; Prisco, J. T.; Gomes-Filho, E. Accumulation of organic and inorganic solutes in NaCl stressed sorghum seedlings from aged and primed seeds. *Scientia Agrícola*, v.68, p.632-637, 2011.
- OECD - ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – Terrestrial Plant Test: 208: Seedling Emergence and Seedling Growth Test. Guideline for the Testing of Chemicals Proposal for Updating Guideline 208, 2003.
- RENOU, S.; GIVAUDAN, J.G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, 150 (2008) 468–493.
- SALEM, Y.; HAMOURI, K.; DJEMAA, R.; ALOIS, K. Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination*, 220, p.108–114, 2008.
- SHAFAEI, S.M., MASOUMI, A.A., ROSHAN, H. Analysis of water absorption of bean and chickpea during soaking using Peleg model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2014.
- SOBRERO, M. C.; RONCO, A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). In: Morales, G. C. **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: Estandarización, Intercalibración, resultados e ya aplicaciones**, IMTA, p. 63-72., 2004.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – Seed Germination/ Root Elongation Toxicity Tests. Ecological Effects, Tests Guidelines, 1996.
- ŽALTAUSKAITĖ, J.; ČYPAITĖ, A. Assessment of landfill leachate toxicity using higher plants. *Environmental Research. Engineering and Management*, v. 4, p. 42-47, 2008.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.19, n. 1, p.36-43, jan./jun. 2017

7 Agradecimentos

Agradecemos o apoio da FOXX-HAZTEC pelo fornecimento do lixiviado de

aterro sanitário; ao laboratório de tecnologias ambientais da UERJ pela disponibilização da infraestrutura laboratorial.