

Bioensaio de toxicidade em percolados no aterro sanitário do município de Araranguá (Santa Catarina, Brasil)

Bioessay toxicity of leachate from the landfill in the city of Araranguá (SC-Brazil) using bioassays

Thiago do Canto¹, Claus Troger Pich², Reginaldo Geremias³

1. Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil, email: thiagoambiental@hotmail.com

2. Curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, Araranguá, SC, Brasil, email: claus.pich@ufsc.br

3. Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, Araranguá, SC, Brasil, Rodovia Governador Jorge Lacerda, 3201, Jardim das Avenidas – Araranguá – SC, CEP 88900-000, Fone: (48) 3721.2198, email: reginaldogeremias@gmail.com

4. Autor para correspondência (Author for correspondence): reginaldogeremias@gmail.com

Resumo: Percolados são contaminantes ambientais capazes de provocar efeitos tóxicos na biota exposta. Este trabalho propôs avaliar a toxicidade de uma amostra de percolado de aterro sanitário do município de Araranguá (Santa Catarina, Brasil), usando organismos bioindicadores. Bulbos de *Allium cepa* L. (n=6) foram expostos por 7 dias ao percolado bruto e o efeito fitotóxico foi avaliado pela determinação da quantidade, crescimento e massa média das raízes, bem como do ganho de massa dos bulbos. Microcrustáceos *Artemia* sp. (n=10) foram expostos por 24h a diferentes concentrações do percolado (100,00; 50,00; 25,00; 12,50; 6,25; 3,12; 1,56; 0,78; 0,39; 0,19 e 0,09%). Os resultados permitem constatar que o percolado provocou significativa diminuição da quantidade, crescimento e da massa média das raízes, bem como no ganho de massa dos bulbos em *Allium cepa* L. Não foi observada toxicidade aguda em *Artemia* sp. exposta ao percolado. Conclui-se que o percolado apresenta potencial tóxico para *A. cepa*, o que poderia estar associado à presença de contaminantes em solução.

Palavras-chaves: Percolado de aterro sanitário, Efeito tóxico, *Artemia* sp., *Allium cepa* L.

Abstract: Leachates are environmental contaminants that can cause toxic effects on exposed biota. The present study aimed to evaluate the toxicity of a sample of landfill leachate in the city of Araranguá (Santa Catarina state, Brazil), using bioindicator organisms. Bulbs of *Allium cepa* L. (n=6) were exposed for 7 days to the crude leachate and the phytotoxic effect was evaluated by determining the amount, growth and mass of the roots, and the mass gain of the bulbs. Microcrustaceans *Artemia* sp. (n=10) were exposed for 24h to different concentrations of crude leachate (100.00; 50.00; 25.00; 12.50; 6.25; 3.12; 1.56; 0.78; 0.39; 0.19 and 0.09%). The results indicate that the leachate caused significant decrease in the amount, growth and mass of the roots and the mass gain of the bulbs in *Allium cepa* L. No acute toxicity was observed in *Artemia* sp. exposed to the leachate. In conclusion, the leachate has toxic potential to *A. cepa* that might be associated with the presence of contaminants in solution.

Keywords: Landfill leachate, Toxic effect, *Artemia* sp., *Allium cepa* L.

INTRODUÇÃO

A intensificação do processo industrial, aliada ao crescimento da população e à consequente demanda por bens de consumo, têm produzido grandes quantidades de resíduos sólidos que, em muitos casos, tem sua deposição final em aterros sanitários (CELERE et al., 2007). Os resíduos depositados nos aterros podem sofrer decomposição através de processos físicos, químicos e biológicos, com consequente geração de percolados. Os percolados apresentam-se como um líquido escuro e turvo, que exala odores desagradáveis em decorrência da emissão de gases (ex: CH₄, CO₂, NH₃, H₂S) provenientes do processo de decomposição dos resíduos orgânicos.

A composição do percolado varia consideravelmente, o que depende de fatores climáticos e ambientais, tais como regime pluviométrico, temperatura e umidade relativa, como também de características do próprio aterro, incluindo-se a geologia, idade, constituição dos resíduos e tecnologia de

aterramento. De maneira geral, são quimicamente constituídos de matéria orgânica dissolvida (ex: metano, ácidos graxos voláteis, compostos húmicos e fúlvicos), xenobióticos orgânicos (ex: hidrocarbonetos aromáticos, fenóis e organoclorados alifáticos), macrocomponentes inorgânicos (ex: Ca, Mg, Na, K, NH₄⁺, Fe, Mn, Cl, SO₄²⁻ e HCO₃⁻) e metais (ex: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn). Tem-se proposto que os percolados se constituem em potenciais contaminantes ambientais, com capacidade de provocarem efeitos tóxicos na biota exposta em virtude de suas características físico-químicas (PACHECO, 2004; CARNIATO et al., 2007; LOPES et al., 2007; TEIXEIRA, 2008).

Para o tratamento de percolados de aterro industrial e sanitários podem ser utilizados diferentes processos, dentre os quais destacam-se os sistemas de biodegradação (aeróbio/anaeróbio), oxidação química, precipitação química, coagulação-floculação, adsorção em carvão ativado e membranas

biológicas. Entretanto, tem-se proposto que, mesmo após o tratamento, é possível que o percolado ainda apresente potencial tóxico para a biota exposta (TEIXEIRA, 2008).

Em 2003 foi implementado o projeto de construção do Aterro Sanitário do Município de Araranguá, situado na região sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. Apesar de todo o controle de implementação previsto na legislação, a operação do aterro encontra-se atualmente desativado, em decorrência de embargo promovido pela autoridade judicial, a qual não renovou a concessão de licença de sua operação. Esta decisão veio a ser tomada em virtude de irregularidades, como a presença de catadores trabalhando na triagem de resíduos em condições insalubres, ineficiência nos sistemas de tratamentos de percolado e ausência de monitoramento das águas subterrâneas.

Também tem sido constatada a presença de bovinos e aves no aterro, o que pode promover efeitos tóxicos sobre estes animais. Atualmente, a deposição do percolado se encontra de forma inadequada, estando exposto a céu aberto nas lagoas de estabilização. Desta forma, há possibilidade de contaminação do solo e mananciais hídricos e consequente toxicidade à biota exposta, sugerindo a necessidade de avaliação da qualidade destes efluentes.

A utilização de ensaios de toxicidade é muito importante para se obter uma melhor avaliação da qualidade de efluentes, incluindo-se os percolados gerados em aterros sanitários. Para tanto, podem ser indicados testes de toxicidade aguda em *Artemia* sp., os quais são amplamente utilizados por apresentarem

características importantes, tais como grande potencial reprodutivo, fácil aquisição no mercado e manutenção em laboratório e confiabilidade dos resultados (SILVA, 2002; SHAKIR et al., 2012; TSARPALI et al., 2012). O uso de *Allium cepa* L. (cebolas) como organismo bioindicador também tem sido empregado na avaliação ecotoxicológica de ambientes contaminados por várias classes de poluentes. Dentre os parâmetros comumente avaliados, destaca-se a inibição do crescimento e a redução da massa de suas raízes, bem como a quantidade de raízes e o ganho de massa dos bulbos (FISKESJÖ, 1993; MÜLLER et al., 2007; LEME; MARIN-MORALES, 2008; GEREMIAS et al., 2010; ALVIM et al., 2011; MENDES et al., 2011). O emprego deste bioensaio oferece benefícios como sensibilidade, reprodutibilidade, brevidade na resposta, necessidade de pouco volume de amostra teste e baixo custo (RICHA et al., 2005; FATIMA; AHMAD, 2005; 2006).

Partindo destes pressupostos, o presente trabalho se propôs a avaliar o potencial tóxico de uma amostra de percolado do aterro sanitário do município de Araranguá, usando *Artemia* sp. e *Allium cepa* L. como organismos bioindicadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do Percolado

Foi realizada a coleta de uma amostra de percolados bruto (10 L) na lagoa de estabilização do Aterro Sanitário do Município de Araranguá (SC, Brasil) (Figura 1). A coleta foi efetuada em frasco de polietileno e a amostra foi armazenada sob refrigeração (4 °C).



Figura 1. Percolado na lagoa de estabilização do Aterro Sanitário de Araranguá (Santa Catarina, Brasil). Fonte: Thiago do Canto

Toxicidade aguda em microcrustáceos *Artemia* sp.

Os ensaios de toxicidade aguda em *Artemia* sp. foram conduzidos de acordo com Svensson et al. (2005), com adaptações. Para tanto, cistos de microcrustáceos *Artemia* sp. (50 mg) foram colocados em 100 mL de solução salina a 2%, durante 24 horas, à temperatura de 37 °C, sob aeração e ao abrigo da luz para a eclosão em náuplios. Os náuplios recém eclodidos (n=10, para cada concentração) foram expostos em triplicata a 2 mL de concentrações seriadas (100,00; 50,00; 25,00; 12,50; 6,25; 3,12; 1,56; 0,78; 0,39; 0,19 e 0,09%) de percolado em placas multipoços, por 24 horas, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Foi utilizada solução salina a 2% como controle negativo e para a preparação das diluições das amostras. Ao final da exposição, foi determinada a concentração letal média (CL₅₀) (SVENSSON et al., 2005) e, para tanto, foi empregado o método matemático *Trimmed Spearman-Kärber*, utilizando-se programa Probitos®. (HAMILTON et al., 1977), sendo os resultados expressos em percentagem.

Fitotoxicidade em *Allium cepa* L.

A fitotoxicidade em *Allium cepa* L. foi avaliada conforme proposto por Bortolotto et al. (2009), Srivastava et al. (2005) e Geremias

et al. (2011), com adaptações. Bulbos de *A. cepa*, obtidos a partir de fontes comerciais, tiveram suas raízes retiradas, sendo determinada a massa inicial dos bulbos. Posteriormente, os bulbos (n=6) foram colocados na parte superior de tubos de polietileno de fundo cônico, contendo 50 mL da amostra do percolado bruto, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Para o controle negativo foi utilizada água mineral obtida comercialmente. As amostras foram reabastecidas diariamente de forma a manter os bulbos sempre em contato com as mesmas. Após sete dias de exposição, foram retiradas as raízes e determinada quantidade, o comprimento e a massa média das mesmas, bem como o ganho de massa dos bulbos. Todos os resultados de fitotoxicidade foram expressos em média ± desvio padrão.

Análise estatística

Os resultados do teste de fitotoxicidade em *A. cepa* foram submetidos à análise estatística, utilizando o teste *t-Student*. As análises foram conduzidas usando software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Inc. San Diego, California, U.S.A.), assumindo um nível de significância de 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Toxicidade aguda em *Artemia* sp.

Os ensaios de toxicidade aguda em microcrustáceos *Artemia* sp. expostos ao percolado resultaram em 100% de sobrevivência do organismo, em todas as concentrações investigadas. Os resultados obtidos sugerem que o percolado não apresentou toxicidade aguda para o bioindicador estudado. A ausência do efeito tóxico observado em nossos resultados difere da literatura, uma vez que diversos trabalhos têm demonstrado toxicidade aguda sobre *Artemia* sp. quando expostos a percolados de aterros sanitários.

Em trabalho descrito por Teixeira (2008), microcrustáceos *Artemia* sp. foram expostos a diferentes diluições de percolado de aterro sanitário situado no município de Içara (Santa Catarina, Brasil), tendo sido observada toxicidade aguda (CL₅₀ 67,77%). Foi sugerido que a toxicidade seria decorrente da baixa degradabilidade do percolado em virtude da elevada razão DQO/DBO, bem como, da presença de metais ferro, manganês, chumbo e zinco presentes em solução.

Silva (2002) realizou testes de toxicidade aguda em amostras de percolado do Aterro Metropolitano de Gramacho (Rio de Janeiro, Brasil) em duas amostragens, utilizando o organismo *Artemia* sp. Foi observada toxicidade aguda, tanto na primeira, quanto na segunda amostragem (CL₅₀ 25,58 % e CL₅₀ 11,89 %, respectivamente). O autor sugeriu que a alta concentração da amônia e a alcalinidade seriam os fatores mais importantes que contribuíram para a toxicidade do percolado, além da presença de compostos orgânicos e inorgânicos, metais pesados, entre outros.

Bortolotto et al. (2009) avaliaram a toxicidade aguda em *Artemia* sp. expostos a percolado não tratado e tratado em sistema anaeróbio facultativo, coletados em município situado na região sul de Santa Catarina. Foi observado que o percolado não tratado foi capaz de promover toxicidade aguda sobre o organismo bioindicador (CE₅₀ = 71,63%), sendo que após

tratamento houve uma diminuição dessa toxicidade (CE₅₀ = 97,99%). Os autores sugeriram que a toxicidade do percolado não tratado seria decorrente do elevado nível de DQO e DBO, da presença dos metais alumínio, ferro, manganês e zinco, além da concentração elevada de sulfatos em solução, cujo tratamento promoveu a redução desses parâmetros e conseqüente diminuição da toxicidade.

Olivero-Verbel et al. (2008) procuraram estabelecer uma correlação entre a composição físico-química (Cd, Ni, Hg, Mn, Cu, Pb, Condutividade, pH, DQO e Dureza) e a toxicidade aguda em *Artemia franciscana* de percolados coletados em aterro municipal da cidade de Cartagena na Colômbia. Foi observado que o percolado foi capaz de provocar toxicidade aguda sobre os microcrustáceos, assumindo valores de CL₅₀ de 3,20% e 39,33% em 24 e 48 horas de exposição, respectivamente. Constatou-se também que a toxicidade se mostrou dependente da concentração de cádmio e dos níveis de DQO do percolado.

Portanto, muito embora se tenha descrito na literatura que percolados são capazes de provocar toxicidade em *Artemia* sp., em nossos estudos não foi observado letalidade sobre estes microcrustáceos, o que sugere que estes organismos bioindicadores não se mostraram sensíveis frente à exposição aos percolados coletados no Aterro Sanitário do Município de Araranguá. Estes resultados vêm reforçar a necessidade da utilização de outros organismos bioindicadores, bem como da análise de parâmetros físico-químicos para uma avaliação mais efetiva da toxicidade destes percolados.

Fitotoxicidade em *Allium cepa* L.

Os resultados obtidos nos ensaios de fitotoxicidade em *Allium cepa* L. expostos ao percolado bruto do Aterro Sanitário do Município de Araranguá estão descritos na Figura 2. Estes resultados permitem demonstrar que houve uma significativa diminuição na quantidade de raízes (p<0,01), cujos valores se mostraram 62,90% menores

quando comparado ao controle negativo (Figura 2A). Em relação ao comprimento das raízes (Figura 2B), pode-se observar uma diferença significativa ($p < 0,001$) no grupo exposto ao percolado, sendo que os valores estiveram 85,00% inferiores ao grupo controle. Quanto à massa média das raízes, observa-se uma diminuição significativa ($p < 0,01$) no grupo exposto ao percolado (84,41%), quando

comparado ao controle negativo (Figura 2C). Por fim, os dados obtidos na percentagem de ganho de massa do bulbo permitem indicar que houve uma diferença significativa ($p < 0,001$) deste parâmetro no grupo exposto ao percolado, onde os valores se mostraram aproximadamente três vezes menores do que o grupo controle (Figura 2D).

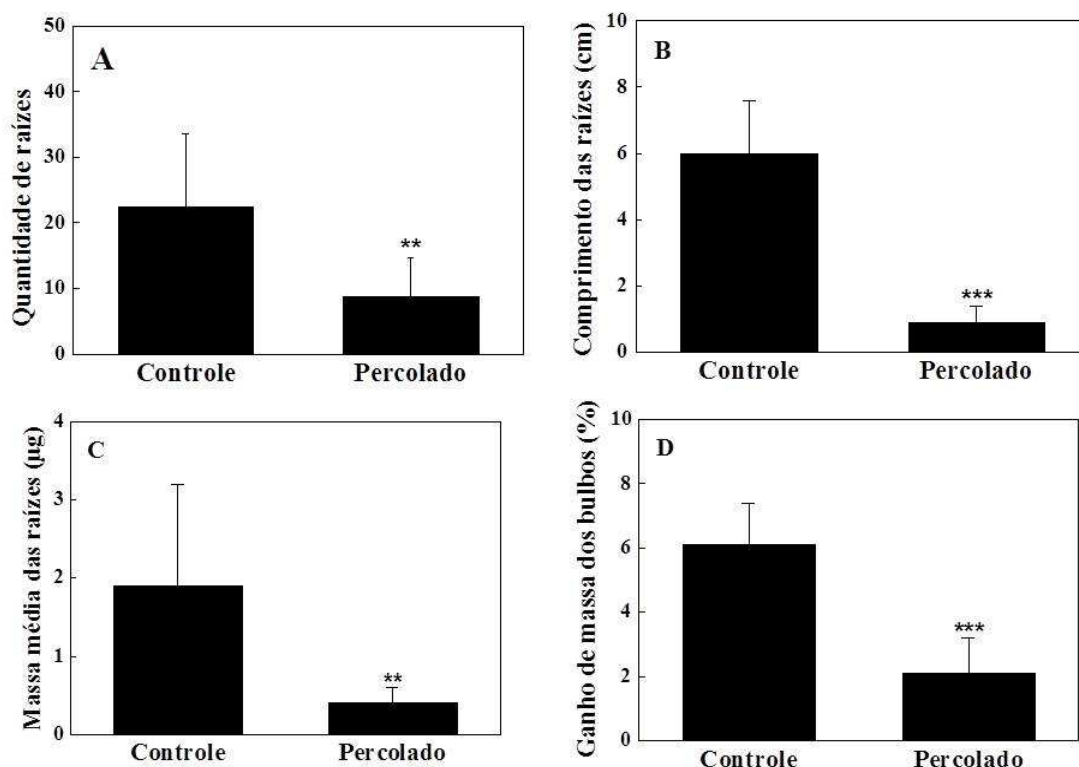


Figura 2. Quantidade de raízes (A), comprimento das raízes (B), massa média das raízes (C) e ganho de massa dos bulbos (D) de *Allium cepa* L. (n=6), expostos ao percolado e água mineral como controle negativo. Os resultados estão expressos em Média \pm Desvio Padrão. Asteriscos indicam diferença significativa em relação ao controle negativo (** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

Trabalhos na literatura também têm descrito a toxicidade sobre *Allium cepa* L. quando exposta ao percolado de aterro sanitário.

Bortolotto et al. (2009) avaliaram a inibição do crescimento de raízes de *A. cepa* (n=5) expostas a percolado não tratado e após o tratamento em sistema anaeróbico facultativo nas diluições de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%, por 5 dias, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz, tendo-se utilizado água mineral comercial como controle negativo. Ao final da exposição, foi determinado a CE_{50} e CE_{10} , a qual representa a concentração da amostra que

provoca, respectivamente, 50% e 10% de inibição no crescimento das raízes quando comparado ao grupo controle. Constatou-se que o percolado não tratado foi capaz de promover toxicidade na planta ($CE_{50}=30,66\%$ e $CE_{10}=22,36\%$). Após o tratamento, observou-se a diminuição da toxicidade do percolado, obtendo-se o valor de $CE_{10}=24,41\%$, não sendo possível a determinação da CE_{50} , uma vez que não apresentou toxicidade para este parâmetro. Foi sugerido que a toxicidade observada seria decorrente do elevado valor de DQO e DBO, da presença dos metais alumínio, ferro,

manganês e zinco, bem como, da elevada concentração de sulfatos presentes no percolado. Também foi sugerido que o tratamento foi capaz de promover a redução da toxicidade, em virtude do mesmo ter sido capaz de promover a redução desses parâmetros físico-químicos.

Em outro estudo, *A. cepa* (n=20) foram expostas a percolados preparados através de processo de lixiviação de resíduos sólidos coletados em Aterro Sanitário Municipal de Uttar Pradesh na Índia em três diferentes concentrações (2,5; 5,0 e 10,0%) em um período de 15 dias à temperatura de 25 °C. Foi observado que houve diminuição na massa das raízes nos grupos expostos a diferentes concentrações de percolados (17,10 ± 1,05 g; 14,41 ± 2,15 g e 10,82 ± 1,94 g, nas concentrações de 2,5%, 5,0% e 10,0%, respectivamente) quando comparados ao grupo controle negativo (20,31 ± 1,32 g). Além disso, constatou-se uma maior inibição do comprimento das raízes no grupo exposto ao percolado a 10% (4,1 cm), quando comparado ao controle negativo (11,2 cm). Sugeriu-se que a toxicidade do percolado sobre a planta poderia ser decorrente da presença de metais e compostos orgânicos potencialmente tóxicos no percolado (SRIVASTAVA et al, 2005).

Teixeira (2008) realizou ensaios de fitotoxicidade em duas amostras de percolados, ambas coletadas em aterro sanitário situado no município de Içara (Santa Catarina, Brasil). Para este propósito, *A. cepa* (n=3), foram expostas por sete dias a 50 mL de concentrações seriadas dos percolados, a 25 °C e ao abrigo da luz. Ao final da exposição, foi avaliada a fitotoxicidade através da determinação da RC₅₀, definida como a concentração na qual ocorre 50% de inibição do crescimento das raízes. Foi observado que em ambas as amostras houve expressiva toxicidade sobre a planta, obtendo valores de RC₅₀= 1,17% e RC₅₀=1,61%. Foi proposto que a toxicidade promovida pelos percolados seria decorrente da sua baixa degradabilidade em virtude da elevada razão DQO/DBO, bem como, da presença de metais ferro, manganês, chumbo e zinco em solução.

Estudos têm propostos que percolados se caracterizam pela presença de diversos contaminantes e, dentre os mesmos, encontram-se os metais e hidrocarbonetos aromáticos, os quais podem provocar toxicidade na biota exposta (PACHECO, 2004). Em plantas, a exposição a estes contaminantes pode provocar o seu bioacúmulo em diferentes tecidos (ex: raízes, bulbos e folhas) e promover diversos eventos metabólicos, interação com biomoléculas e estruturas celulares. Estes eventos podem provocar efeitos fitotóxicos, tais como alteração estrutural, fisiológica e bioquímica de membranas, com consequente distúrbios na sua composição, rigidez, fluidez, fluxo de água e de nutrientes, redução do conteúdo de clorofila e alteração no processo de fotossíntese, distúrbios do ciclo celular e da divisão celular, redução de crescimento de tecidos e da biomassa (ARUN et al., 2005; HE et al, 2005; DOVGALIUK et al., 2001; BOSCOLO et al., 2003; LEDISLAV et al., 2006; GLIŃSKA et al., 2007; EZAKI et al., 2008).

Contudo, as plantas apresentam mecanismos de proteção frente à exposição a metais, tais como, redução da absorção de fluídos, acúmulo do metal em constituintes extracelulares, extração dos metais por exudatos, secreção de metais nos meristemas complexados com ânions orgânicos (ex: malato, oxalato, citrato e succinato), compartimentalização dos metais em vacúolos, complexação dos metais com biomoléculas (ex: ácidos orgânicos, aminoácidos, fitoquelatinas e metalotioneínas), modificação da composição de lipídeos de membrana para restaurar suas propriedade físico-química e ativação de vias metabólicas envolvidas no reparo de dano e destoxificação de xenobióticos, incluindo-se os hidrocarbonetos aromáticos (CLEMENS, 2006; LEI et al., 2007; EZAKI et al., 2008).

Em nossos estudos foi observado que a exposição ao percolado bruto promoveu significativa inibição do crescimento,

diminuição do número e da massa média dos bulbos. É possível sugerir que estes efeitos tóxicos poderiam estar associados ao comprometimento dos mecanismos de proteção da planta frente à exposição a contaminantes presentes em solução.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos em nossos estudos permitem concluir que o percolado bruto apresentou potencial tóxico, uma vez que promoveu significativa inibição do crescimento, do número e da massa média das raízes em *Allium cepa* L. bem como, diminuição do ganho de massa dos seus bulbos quando comparados ao grupo não exposto. Os efeitos fitotóxicos observados poderiam estar associados à presença de contaminantes no percolado, os quais seriam capazes de provocar o comprometimento dos mecanismos de proteção da planta. A partir destes resultados, é possível sugerir que há a necessidade de implantação de sistemas de disposição adequada e tratamento do percolado, com vistas a prevenir possíveis impactos ao meio ambiente e efeitos tóxicos sobre a biota exposta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Extremo Sul Catarinense (Criciúma/SC) e à Universidade Federal de Santa Catarina-Campus Araranguá (Araranguá/SC).

REFERÊNCIAS

- ALVIM, L. B. et al. Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. **Ambiente & Água**, v. 6, p. 255-265, 2011.
- ARUN, K.S. et al. Chromium toxicity in plants. **Environment International**, v. 31, p. 739-753, 2005.
- BORTOLOTTO, T. et al. Evaluation of the toxic and genotoxic potential of landfill leachates using bioassays. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 28, p. 288-293, 2009.
- BOSCOLO, P.R.S.; MENOSSE, M.; JORGE, R.A. Aluminum induced oxidative stress in maize. **Phytochemistry**, v. 62, p. 181-189, 2003.
- CARNIATO, J.G. et al. Avaliação da toxicidade de percolado de resíduos sólidos pós tratamento biológico e fotocatalítico. **Engenharia Ambiental-Espírito Santo do Pinhal**, v. 4, p. 92-101, 2007.
- CELERE, M.S. et al. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, v. 23, p. 939-947, 2007.
- CLEMENS, S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. **Biochimie**, v. 88, p. 1707-1719, 2006.
- DOVGALIUK, A.L.; KALINIYAK, T.B.; BLIUM, I. A.B. Cytogenetic effects of toxic metal salts on apical meristem cells on *Allium cepa* L. seed roots. **Tsitologiya i Genetika**, v. 35, p. 3-10, 2001.
- EZAKI, B. et al. Wild plants, *Andropogon virginicus* L. and *Miscanthus sinensis* Anders, are tolerant to multiple stresses including aluminum, heavy metals and oxidative stresses. **Plant Cell Reports**, v. 27, p. 951-961, 2008.
- FATIMA, R.A.; AHMAD, M. Certain antioxidant enzymes of *Allium cepa* as biomarkers for the detection of toxic heavy metals in wastewater. **The Science of The Total Environment**, v. 346, p. 256-273, 2005.
- _____. *Allium cepa* EROD as a potential biomarker for the presence of certain pesticides in water. **Chemosphere**, v. 62, p. 527-537, 2006.
- FISKESJÖ, G. The Allium test in wastewater monitoring. **Environmental Toxicology Water Quality**, v. 8, p. 291-298, 1993.
- GEREMIAS, R. et al. Bioaccumulation and toxic effects of copper in common onion *Allium cepa* L. **Chemistry and Ecology**, v. 26, p. 19-26, 2010.
- _____. Bioaccumulation and adverse effects of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the common onion *Allium cepa* as a model in ecotoxicological bioassays. **Chemistry and Ecology**, v. 27, p. 515-522, 2011.
- GLIŃSKA, S. et al. Effects of anthocyanin-rich extract from red cabbage leaves on meristematic cells of *Allium cepa* L. roots treated with heavy metals. **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 68, p. 343-50, 2007.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science & Technology**, v. 11, p. 714-719, 1977.
- HE, Z.L.; YANG, X.E.; STOFFELLA, P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 19, p. 125-140, 2005.

- LEDISLAV, T.; JANA, H.; IGOR, M.; MARTA, S.; BEATA, S. Aluminum-induced drought and oxidative stress in barley roots. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, p. 781-784, 2006.
- LEI, Y.; KORPELAINEN, H.; CHUNYANG, L. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations. **Chemosphere**, v. 68, p. 686-694, 2007.
- LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. Chromosome aberration and micronucleus frequencies in *Allium cepa* cells exposed to petroleum polluted water - A case study. **Mutation Research**, v. 650, p. 80-86, 2008.
- LOPES, A.A.; BRIGANTE, J.; SCHALCH, V. Influência do Aterro Sanitário de São Carlos (SP), Brasil, na Qualidade das Águas Superficial e Subterrânea. **Journal of The Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 2, p. 115-127, 2007.
- MENDES, B.G. et al. Estudos da qualidade das águas do Rio Marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e bioensaios. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 2, p. 43-58, 2011.
- MÜLLER, C. et al. Potencial fitotóxico de algumas espécies Gleicheniaceae sobre *Allium cepa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 45-47, 2007.
- OLIVERO-VERBEL, J.; PADILLA-BOTTET, C.; ROSA, O.D. Relationships between physicochemical parameters and the toxicity of leachates from a municipal solid waste landfill. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 70, p. 294-299, 2008.
- PACHECO, J.R. **Estudo de certas potencialidades de processos oxidativos avançado para o tratamento de percolado de aterro sanitário**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica)- Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- RICHA, S.; DINESH, K.; GUPTA, S.K. Bioremediation of municipal sludge by vermitechnology and toxicity assessment by *Allium cepa*. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 1867-1871, 2005.
- SHAKIR, L. et al. Ecotoxicological risks associated with tannery effluent wastewater. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 34, p. 180-190, 2012.
- SILVA, A.C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e Avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado**. 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- SRIVASTAVA, R.; KUMAR, D.; GUPTA, S.K. Bioremediation of municipal sludge by vermitechnology and toxicity assessment by *Allium cepa*. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 1867-1871, 2005.
- SVENSSON, B.M. et al. *Artemia salina* as test organism for assessment of acute toxicity of leachate water from landfills. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 102, p. 309-321, 2005.
- TEIXEIRA, G.A. **Avaliação físico-química e biológica do biotratamento anaeróbico em percolados (chorume) de aterro sanitário da SANTEC/SC**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina, Criciúma, 2008.
- TSARPALI, V.; KAMILARI, M.; DAILIANIS, S. Seasonal alterations of landfill leachate composition and toxic potency in semi-arid regions. **Journal of Hazard Materials**, v. 233, p. 163-171, 2012.