

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A TOXICIDADE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DO LIXIVIADO GERADO EM ATERRO SANITÁRIO

ELISÂNGELA MARIA DA SILVA

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, elisa_maria18@hotmail.com;

NAIARA ANGELO GOMES

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, naiaraangeloccta@gmail.com;

MÁRCIO CAMARGO DE MELO

Professor orientador: Doutor da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, melomc90@gmail.com.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar a toxicidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e do lixiviado gerado em aterro sanitário. Para isso, foram coletadas amostras de RSU com 1 e 2 anos de aterramento e o lixiviado gerado no Aterro Sanitário em Campina Grande, Paraíba, Brasil. Para análise das amostras de resíduos preparou-se um extrato líquido em diferentes diluições. Para a análise do lixiviado foram preparadas as concentrações com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,5 (1,00; 1,50; 2,25; 3,38; 5,06; 7,60 e 11,39%) diluído em água destilada. Posteriormente, realizou-se ensaios de fitotoxicidade em sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e de repolho (*Brassica oleraceae*), em que se obteve o Crescimento Relativo da Raiz (CRR%) e a partir disso realizou-se o cálculo da concentração que inibiu em 50% o crescimento das raízes das sementes ($CE_{50,5\text{dias}}$). Os resultados demonstraram uma $CE_{50,5\text{dias}} = 20,85$ e $12,75\%$ para as sementes de tomate e de repolho para os resíduos com 1 ano de aterramento, e $CE_{50,5\text{dias}} = 47,91$ e $16,78\%$ para os resíduos com 2 anos de aterramento. Já o lixiviado *in natura*, apresentou uma $CE_{50,5\text{dias}} = 6,43$ e $4,33\%$ para as sementes de tomate e de repolho, respectivamente. Conclui-se que o lixiviado do aterro foi mais tóxico quando comparado aos resíduos aterrados, pois se obteve menores valores de $CE_{50,5\text{dias}}$.

Palavras-chave: Testes de fitotoxicidade, Contaminação ambiental, Saúde pública

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas relacionados à toxicidade dos RSU em aterros sanitários, é a presença de líquidos lixiviados. Isso porque, esses líquidos ao serem arrastados podem permear para as camadas subsuperficiais dos locais de disposição e poluir/contaminar as águas subterrâneas, além de serem transportados superficialmente para os mananciais nas imediações dos aterros, podendo acarretar em sérios problemas de saúde pública e ambientais (KLAUCK *et al.*, 2017).

De acordo com Aluko e Shidhar (2005), os lixiviados são responsáveis por causar doenças em produtores rurais por meio do desenvolvimento de anomalias, baixo peso no nascimento de crianças, incidências de leucemia e outros, tipos de câncer. Além dos problemas relacionados à saúde, os lixiviados de aterros também tem sido suspeitos de causarem distúrbios na reprodução de peixes em lagoas na Suécia que recebem efluentes após tratamento biológico (DAVE e NILSSON, 2005).

Sendo assim, o lixiviado requer atenção especial, porque é altamente tóxico, possui elevada carga orgânica, além de apresentar concentrações significantes de metais dissolvidos e amônia (SILVA, 2016). Por estas e outras características intrínsecas do lixiviado, lhe é atribuída uma toxicidade aproximadamente 30 vezes maior que o potencial tóxico dos esgotos sanitários (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993; VON SPERLING, 2014).

No que se refere ao estudo comparativo entre a toxicidade dos resíduos sólidos e do lixiviado do aterro sanitário de Campina Grande - PB, é de grande importância a aplicação de técnicas e ensaios de fitotoxicidade, a fim de se ter uma resposta, por meio destes organismos-teste, de quais seriam os reais e potenciais impactos negativos sobre a saúde pública e ao meio ambiente, se esses contaminantes fossem dispostos de forma inadequada no meio ambiente ou se ocorressem falhas de execução do projeto do aterro.

Melo (2003) realizou estudos comparativos entre a toxicidade presente nos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e no lixiviado do aterro sanitário da Muribeca em Recife - PE. Como resultado, verificou que os lixiviados apresentam toxicidade superior quando comparados à toxicidade dos resíduos. Tal fato pode ocorrer devido ao lixiviado apresentar, possivelmente, metais, bem como outros contaminantes tóxicos dissolvidos em solução.

Quanto a ensaios ecotoxicológicos, Magalhães e Ferrão Filho (2008), relatam que estes ensaios permitem avaliar a contaminação ambiental por

diversas fontes de poluição/contaminação e tem como vantagem abranger uma grande variedade de substâncias biologicamente disponíveis em uma amostra ambiental a partir de um único ensaio. Adicionalmente, estes ensaios, detectam a capacidade inerente de um agente tóxico ou uma mistura, produzir efeitos deletérios nos organismos vivos, permitindo avaliar em que medida essas substâncias são nocivas.

Em diversos estudos técnicos constatam-se pesquisas desenvolvidas em RSU e em lixiviados, nos quais foram utilizadas sementes como organismos-teste para avaliação da toxicidade desses ambientes. Algumas dessas espécies são: tomate (*Solanum lycopersicum*), repolho (*Brassica oleraceae*), alface (*Lactuca sativa*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), cebola (*Allium cepa*), entre outros (SILVA *et al.*, 2015; BUDI *et al.*, 2016; SILVA, 2016; GOMES *et al.*, 2018; COLOMBO *et al.*, 2019).

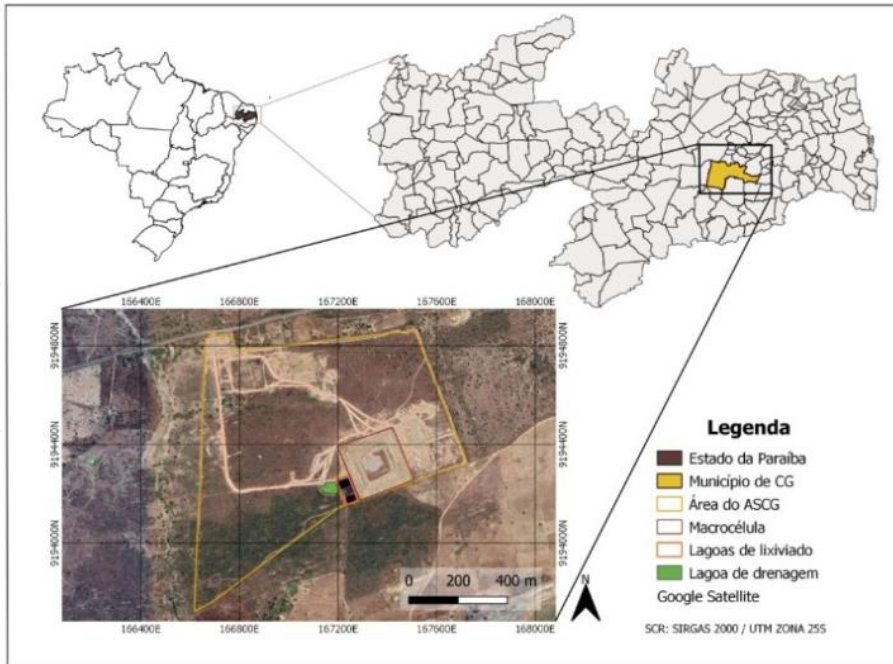
Com base no cenário exposto, a análise da toxicidade dos resíduos aterrados em diferentes tempos de aterramento e do lixiviado, utilizando-se como organismos-teste as sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e sementes de repolho (*Brassica oleraceae*), tem se destacado por serem organismos de fácil cultivo e sensíveis as alterações ambientais. Além disso, são organismos padronizados internacionalmente pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1996) e pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2003) e que são facilmente cultivados em laboratórios, podendo ser utilizados como padrão para aterros sanitários. Assim, os ensaios utilizando essas sementes como organismos-teste, fornecem informações sobre os possíveis efeitos em plantas e sobre o efeito biológico de compostos solúveis em baixas concentrações (COLOMBO *et al.*, 2019). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar a toxicidade dos resíduos sólidos urbanos e do lixiviado gerado em aterro sanitário.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um Aterro Sanitário de resíduos sólidos urbanos (ASCG), localizado na Fazenda Logradouro II, Distrito de Catolé de Boa Vista, Campina Grande - PB. Na Figura 1, apresenta-se a localização do ASCG.

Figura 1 - Localização do Aterro Sanitário de RSU



Fonte: SILVA *et al.* (2021)

O município de Campina Grande-PB encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Médio Paraíba, sendo seus principais cursos d'água os rios Salgadinho, Bodocongó, São Pedro, do Cruzeiro e Surrão, além dos riachos: Logradouro, da Piaba, Marinho, Caieira, do Tronco e Cunha (CPRM, 2010; IBGE, 2010).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2019), a população estimada para o município de Campina Grande-PB, em 2019, é de 409.731 habitantes, com uma geração *per capita* de 0,64 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ de RSU (ECOSAM, 2014), o que resulta em uma produção em torno de 262 t.dia⁻¹ de resíduos sólidos. Entretanto, cerca de 600 t.dia⁻¹ de RSU são destinadas diariamente ao aterro sanitário local (ECOSOLO, 2016).

Amostragem dos RSU

Para a realização da amostragem dos RSU seguiu-se um planejamento estatístico, a fim de obter uma amostra representativa dos resíduos sólidos nos diferentes tempos de aterramento. As coletas ocorreram em diferentes

pontos nas bermas das Células do aterro. Para isso, foi necessário escavar, com escavadeira hidráulica do tipo 416E (Figura 2 A), cerca de 2,5 m de profundidade na berma da Célula correspondente ao ano de aterramento desejado, sendo necessário descartar o solo das camadas de cobertura e intermediária até se chegar a massa de resíduo aterrada, onde coletou-se cerca de 1000 kg de RSU aterrado. Após a coleta, os RSU foram conduzidos por um caminhão basculante (Figura 2 B) para um galpão localizado nas dependências físicas do ASCG para a preparação dos resíduos para a realização da composição gravimétrica, bem como a coleta de amostras para a realização dos ensaios laboratoriais.

Figura 2 - Amostragem dos RSU aterrados: (A) Coleta e; (B) Transporte



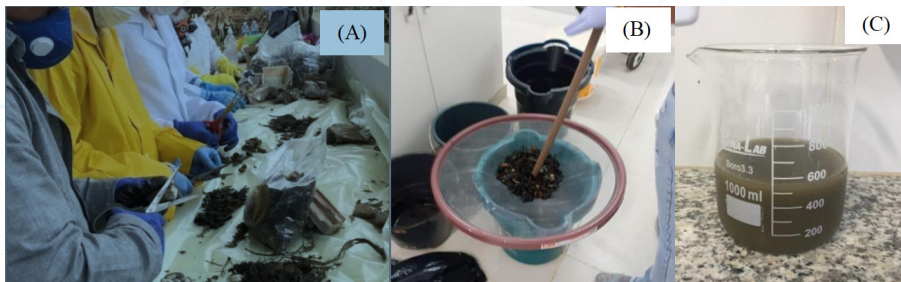
Fonte: Adaptado do acervo de pesquisa do GGA/UFCG (2019)

Para a determinação da composição gravimétrica, os RSU coletados foram homogeneizados e posteriormente quarteados, seguindo as instruções da NBR 10.007 (ABNT, 2004). Posteriormente à realização do quarteamento dos RSU, foi coletada uma fração desses resíduos, cerca de 2,0 kg, para a realização dos ensaios laboratoriais. Após coletadas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente lacrados, preservadas e transportadas para o Laboratório de Geotecnia Ambiental (LGA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG.

Os resíduos transportados ao LGA foram picotados manualmente com auxílio de tesouras, objetivando a redução do tamanho dos materiais em diâmetros de 3 a 4 cm (Figura 3 A). Após a picotagem, pesou-se 500 g desses RSU, reservou-se em um balde plástico e se adicionou um 1,0 litro de água destilada. Esta mistura passou por agitação manual durante 5,0 min e, em seguida, ficou em repouso por 30 min. Passado esse período, a fração

sólida foi separada da líquida por filtração (Figura 3 B), obtendo assim, um extrato líquido (Figura 3 C), que foi utilizado na realização dos ensaios de fitotoxicidade.

Figura 3 - Preparação da amostra: (A) Picotagem dos RSU; (B) preparação do Extrato; (C) Extrato líquido



Fonte: Adaptado do acervo de pesquisa do GGA/UFCG (2019)

Coleta do lixiviado

A coleta do lixiviado *in natura* foi realizada no ponto da tubulação (Tub_L1) que conduz o lixiviado *in natura* gerado nas Células de RSU para a Lagoa 1 (L1), conforme ilustra-se na Figura 4. A coleta, o acondicionamento, a preservação e o transporte das amostras foi conforme as orientações estabelecidas do APHA, AWWA e WEF (2017) e, em seguida, encaminhados ao LGA.

Figura 4 - Coleta do lixiviado *in natura*



Fonte: Autores (2021)

Testes de fitotoxicidade

Para a condução dos ensaios de fitotoxicidade, foram utilizados como bioindicadores sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e sementes de repolho (*Brassica oleraceae*) da marca ISLA, sem tratamento químico contra pragas. Essas sementes foram adquiridas em casa de insumos agrícolas do comércio local. Os testes foram realizados conforme metodologia de Melo (2003) adaptado de Tiquia, Tan e Hodgkiss (1996).

O sistema experimental para a análise fitotóxica dos RSU foi composto por seis concentrações para o grupo teste e um grupo controle (amostra em branco). Para a amostra teste, as sementes foram submetidas a diferentes concentrações (%v,v) do extrato de RSU, sendo elas: 1, 5, 10, 25, 50 e 100% e a amostra controle composta de água destilada. Em se tratando da análise fitotóxica do lixiviado *in natura*, foram preparadas as concentrações com precisão volumétrica, em progressão geométrica de razão 1,5 (1,00; 1,50; 2,25; 3,38; 5,06, 7,60 e 11,39%) diluído em água destilada. Tais concentrações foram definidas com base na realização de ensaios preliminares.

Para a condução dos testes, foram distribuídas 20 sementes de *S. Lycopersicum* e *B. oleraceae* em placas de Petri (9,5 cm de diâmetro) utilizando como base duas camadas de papel de filtro qualitativo (porosidade 110 mm) e umedecidas com 9 mL de amostra do extrato de RSU e do lixiviado diluído nas concentrações equivalentes aos tratamentos definidos (ou do controle), de modo que cada tratamento foi feito em triplicata. As placas de petri foram seladas com plástico filme transparente para que ao longo do teste as placas se mantivessem úmidas e, em seguida, incubadas em ausência de luz, em incubadora tipo B.O.D, marca Lab1000, modelo

LM-700.275.2, por um período de 120 h (5 dias) e à temperatura de 20 ± 2 °C. Após o período de incubação e leitura, realizou-se o cálculo do Crescimento Relativo da Raiz (CRR%), conforme a Equação 1, e em seguida, aplicou-se a regressão sigmoidal por meio do *software GraphPad Prism*, versão 9.2.0 para a determinação da $CE_{50,5\text{dias}}$ dos RSU com 1 e 2 anos de aterramento e para o lixiviado gerado.

a) Crescimento Relativo da Raiz (CRR%)

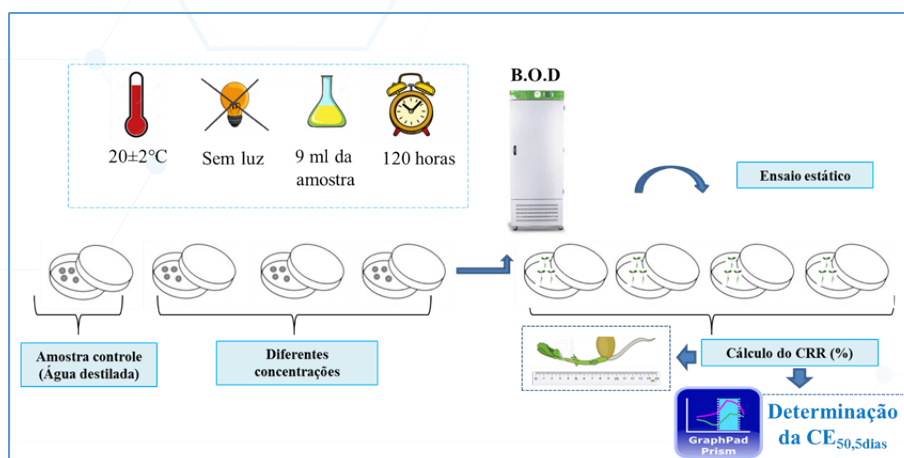
$$ICRR = \frac{MCRA}{MCRC} * 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

- CRR - Crescimento Relativo da Raiz;
- MCRA - Média do Comprimento da Raiz na amostra;
- MCRC - Média do Comprimento da Raiz no controle

Na Figura 5 e na Tabela 1, ilustra-se uma síntese dos procedimentos realizados em sementes de tomate e de repolho, e das condições gerais do ensaio de fitotoxicidade, respectivamente.

Figura 5 - Esquema ilustrativo dos procedimentos realizados no ensaio de fitotoxicidade



Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2021)

Tabela 1 - Síntese das condições gerais do ensaio de fitotoxicidade

Requisitos	Condições
Organismos-teste	<i>S. Lycopersicum</i> e <i>B. oleraceae</i>
Tipo de ensaio	Estático
Número de réplicas	3
Concentrações (diluições) RSU	1; 5; 10; 25; 50 e 100%
Concentrações (diluições) lixiviado	1,00; 1,50; 2,25; 3,38; 5,06; 7,60 e 11,39%
Volume da amostra	10 mL
Recipiente do teste	Placa de Petri (diâmetro 9,5 cm)
Temperatura	20±2°C
Fotoperíodo	Escuro
Duração do teste	120 horas
Controle negativo	Água destilada
Efeito observado	Comprimento das raízes e inibição do crescimento

Requisitos	Condições
Crêterios de aceitabilidade	Comprimento das raízes ≥ 1 cm
Resultado final	CRR (%) e CE _{50,5dias}

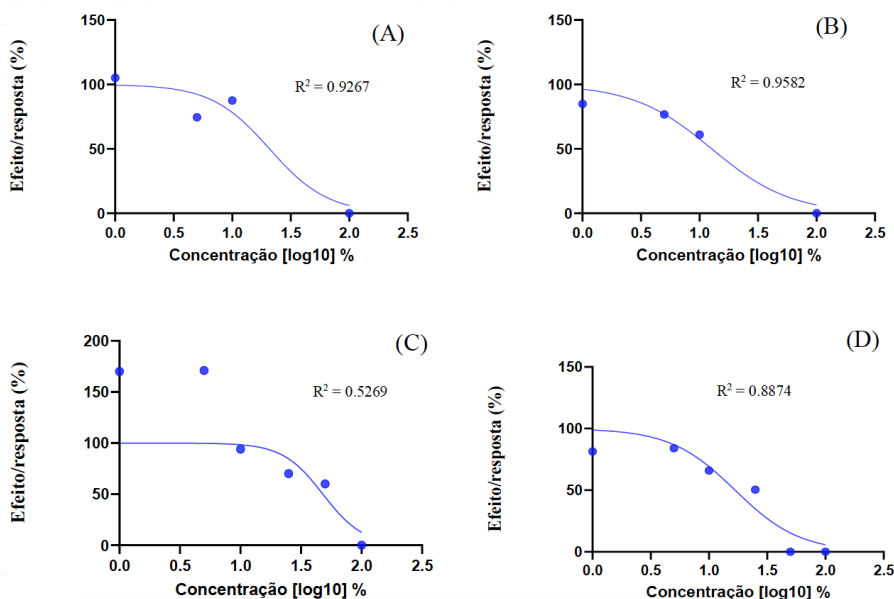
Fonte: Autores (2021)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise da CE50,5 dias dos RSU aterrados

Nas Figuras 6 (A a D), ilustram-se as curvas dose-resposta para os extratos dos RSU das sementes de tomate e repolho, nas concentra es de 1;5;10 e 100% e 1; 5; 10; 25; 50 e 100%, para os resíduos com 1 e 2 anos de aterramento, respectivamente.

Figura 6 - Curva dose-resposta amostra do Extrato RSU: (A) 1 Ano de aterramento tomate; (B) 1 Ano de aterramento repolho; (C) 2 Anos de aterramento tomate; (D) 2 Anos de aterramento repolho



Fonte: Autora (2021)

Na Tabela 2, descreve-se a concentra o que inibiu em 50% do Crescimento Relativo da Raiz (CRR%) das sementes de tomate e repolho, para os resíduos com 1 e 2 anos de aterramento.

Tabela 2 - Análise da toxicidade dos RSU em termos de $CE_{50,5\text{dias}}$

Tempo de aterramento	$CE_{50,5\text{dias}}$ -Tomate	$CE_{50,5\text{dias}}$ - Repolho
1 ano	20,85%	12,75%
2 anos	47,91%	16,78%

Legenda: $CE_{50,5\text{dias}}$ - Concentração Efetiva que causou inibição do crescimento das raízes.

Fonte: Autores (2021)

Verificou-se na Tabela 2 que os RSU com 1 ano de aterramento proporcionaram uma menor $CE_{50,5\text{dias}}$ ou seja, maior toxicidade, para as duas espécies analisadas quando comparadas aos resíduos com 2 anos de aterramento, em que apresentaram $CE_{50,5\text{dias}}$ de 47,91% e 16,78% para as sementes de tomate e de repolho, respectivamente. Segundo Costa *et al.* (2008), os valores numéricos expressos em termos de CE_{50} , demonstram uma relação inversa à toxicidade, isto é, menores valores numéricos indicam maiores toxicidades.

Isso ocorreu, possivelmente, devido, ao aumento do pH dos RSU com o tempo de aterramento, visto que, quando em pH mais baixo, possuem maior capacidade de solubilização o que pode ter favorecido a fitotoxicidade do meio, reduzindo e/ou inibindo o crescimento das raízes.

Constata-se que as sementes de repolho foram mais sensíveis quando comparadas as sementes de tomate expostas ao extrato dos RSU com 1 e 2 anos de aterramento. Esses resultados corroboram com os mensurados por Nascimento (2021), o qual o autor observou que as sementes de repolho foram mais sensíveis que as sementes de tomate quando submetidas diferentes concentrações em lixiviado *in natura* de aterro sanitário.

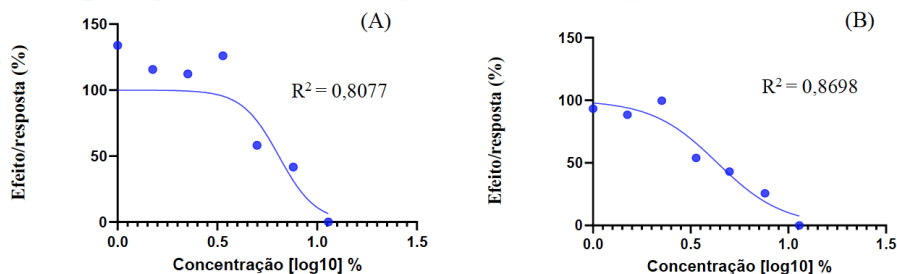
Segundo Silva (2016), a resposta dos testes de fitotoxicidade é dada em função da composição dos resíduos sólidos, em que a maior germinação e o crescimento haverá quando a presença de compostos, ainda que tóxicos, estiverem em concentrações que não afetem o desempenho das plântulas, e dessa maneira, sirvam de nutrientes para as sementes, permitindo um maior desenvolvimento em relação as amostras com menores concentrações, bem como a amostra controle (amostra com água destilada).

- Análise da $CE_{50,5}$ dias do lixiviado gerado no ASCG

O nível de fitotoxicidade do lixiviado *in natura*, assim como dos RSU aterrados, foi calculado com base na concentração de lixiviado ($CE_{50,5\text{dias}}$) que inibiu em 50% do crescimento das raízes das sementes de tomate e repolho. Na Figura

7 (A e B) ilustra-se a curva dose-resposta para as sementes de tomate e de repolho e na Tabela 3, descreve-se a concentração que inibiu em 50% o crescimento das raízes das sementes de tomate e repolho submetidas as concentrações de 1; 1,5; 2,25; 3,37; 5,00; 7,60; 11,39% do lixiviado gerado no ASCG.

Figura 7 - Curva-dose resposta de toxicidade: (A) Sementes de Tomate; (B) Sementes de repolho



Fonte: Autora (2021)

Tabela 3 - Análise da toxicidade do lixiviado em termos de $CE_{50,5dias}$

Semente	Toxicidade
Tomate	$CE_{50,5dias} = 6,43\%$
Repolho	$CE_{50,5dias} = 4,33\%$

Fonte: Autora (2021)

Conforme ilustrado na Tabela 3, verifica-se que, a $CE_{50,5dias}$ foi de 6,43 e 4,33%, para a semente de tomate e de repolho, respectivamente. A partir disso, observou-se que a semente de repolho foi mais sensível quando comparada a semente de tomate. Comportamento também observado nos ensaios realizados nos RSU com 1 e 2 anos de aterramento. Resultados semelhantes aos observados no presente estudo, no que tange a sensibilidade das sementes, podem ser vistos em pesquisas realizadas por Melo (2003), Silva *et al.* (2015); Silva (2015); Silva (2016) e Nascimento (2021), nas quais os autores observaram maior sensibilidade ao desenvolvimento nas sementes de repolho, por estas apresentarem pequenas reservas internas e assim necessitarem, mais rapidamente, de fontes externas de nutrientes para seu crescimento, logo, mais sensíveis a alterações do meio.

Em se tratando da análise comparativa da toxicidade, nota-se que o lixiviado do ASCG foi mais tóxico às sementes de tomate e de repolho quando comparado aos RSU aterrados, uma vez que se obteve menores valores de

CE_{50,5dias} para os testes realizados com amostra de lixiviado *in natura*. Em seu estudo em aterro sanitário Melo (2003), também obteve maior toxicidade no lixiviado quando comparado aos RSU aterrados. Tal fato pode ocorrer devido ao lixiviado apresentar, metais tóxicos, bem como outros contaminantes tóxicos dissolvidos em solução.

Salienta-se que o lixiviado gerado no aterro estudado não é e nem será lançado no ambiente sem tratamento prévio. No entanto, é imprescindível avaliar de maneira preditiva quais os riscos potenciais que esse efluente possui em causar efeitos adversos aos corpos receptores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A CE_{50,5dias} das sementes de tomate e de repolho, nos resíduos com 1 e 2 anos de aterramento aumentaram, logo, com o avanço do tempo de aterramento, há também a redução da toxicidade;
- Em se tratando da análise comparativa da toxicidade, nota-se que o lixiviado do ASCG foi mais tóxico às sementes de tomate e de repolho quando comparado aos RSU aterrados, uma vez que se obteve menores valores de CE_{50,5dias} para os testes realizados com amostra de lixiviado *in natura*.
- Os ensaios de fitotoxicidade mostraram que a sensibilidade das espécies testadas foram as mesmas, tanto para os RSU com 1 e com 2 anos de aterramento quanto para o lixiviado gerado, apresentando sensibilidade das espécies foi tomate < repolho.

REFERÊNCIAS

ALUKO, O. O.; SHIDHAR, M. K. C. **Application of constructed wetlands to the treatment of leachates from a municipal solid waste landfill in Ibadan, Nigéria.** Journal of Environmental Health, v. 80, n.10, p 58-62, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007:** Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22 ed. Washington: APHA, 2017. 1496 p.

BUDI, S. *et al.* Toxicity identification evaluation of landfill leachate using fish, prawn and seed plant. **Waste Management**, v. 55, p. 231-237, 2016.

COLOMBO, A.; MÓDENES, A.N.; TRIGUEROS, D.E.G.; MEDEIROS, B.L.; MARIN, P.; MONTE BLANCO, S.P.D.; HINTERHOLZ, C.L. Toxicity evaluation of the landfill leachate after treatment with photo-Fenton, biological and photo-Fenton followed by biological processes. **Environmental Science and Health**, Part A. v.54, n.4, p.269-276, 2019.

CPRM, DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE. Recife – PE, 2005.

DAVE, G.; NILSSON, E. **Increased reproductive toxicity of landfill leachate after degradation was caused by nitrite.** **Aquatic Toxicology**, v. 73, n.1, p.11 – 3-, 2005.

ECOSAM, Empresa de Consultoria em Saneamento Ambiental. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Campina Grande – PB:** Diagnostico da situação atual dos resíduos sólidos urbanos. 2014. 289p. Disponível em: <http://sesuma.org.br/estudos/Diagnostico_2204_VF.pdf> Acesso em: Maio de 2014.

ECOSOLO. **Dados do monitoramento do Aterro Sanitário de Campina Grande.** Campina Grande: ECOSOLO, 2016. (Documento impresso).

GOMES, N. A, *et al.* Influência de parâmetros físico-químicos na composição de constituintes tóxicos em lixiviado de aterro sanitário. **Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2010. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=&cod-mun=250400&search=paraiba|campina-grande|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acesso em: 18 maio. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa populacional**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/campina-grande.html>>. Acesso em: 22 out. 2019.

KLAUCK, C.R; GIACOBBO, A.; ALTENHOFEN. C.G; SILVA, L.B.; BERNARDES, A.M.; RODRIGUES, M.A.S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing

of advanced oxidation process and adsorption. *Environmental Technology & Innovation*, 8, p. 246-255, 2017.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FILHO, A.S. **A ecotoxicologia como ferramenta no bio-monitoramento de ecossistemas aquáticos.** *Oecol. Bras.* v.12, n.3, p. 355-381, 2008.

NASCIMENTO, S. C. **Ecotoxicidade de lixiviado de aterro sanitário utilizando minhocas e sementes como organismos-teste.** 2021. 109 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

OECD. *Organisation for Economic Cooperation and Development. Terrestrial plant test: 208 - Seedling emergence and seedling growth test*, OECD: 2003.

SILVA, A. S. ANÁLISE DE COMPONENTES TÓXICOS EM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2016.158f. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia de materiais) Universidade Federal de Campina Grande-PB.

SILVA, A. S.; RIBEIRO, L. S.; PAIVA, W.; MELO, M. C.; MONTEIRO, V. E. D. Avaliação do potencial tóxico dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. **Matéria**, v.20, n.4, p.840-851, 2015.

SILVA, E. M. **Análise do potencial tóxico dos resíduos sólidos orgânicos de uma escola pública em Campina Grande - PB.** 2015. 81p. Dissertação (Dissertação de mestrado), Centro de Tecnologias e recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

SILVA, Elisângela Maria *et al.* **Análise fitotóxica de metais em lixiviado de aterro sanitário em *solanum lycopersicum*.** *Ciência se faz com pesquisa!*... Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 165-179. Disponível em: <<https://editora-realize.com.br/artigo/visualizar/74029>>. Acesso em: 14/10/2021

TÍQUIA, S. M.; TAM N.F.Y; HODGKISS, I. J. Effects of Composting on Phytotoxicity of Spent Pig-manure Sawdust Litter. Hong Kong. **Environmental Pollution**, v.93, n.3, p.249-256, 1996.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues.** USA: McGraw-Hill, 1993. 978 p.

USEPA. *Ecological Effects Test Guidelines: 850.4200- Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test*; United States Environmental Protection Agency: Washington, D.C, 1996.

VON SPERLING, M., *Lagoas de estabilização.* Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ Universidade Federal de Minas Gerais. 2014.

MELO, M. C. **Uma análise de recalques associada à biodegradação no aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca.** 2003. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.