

ENSAIOS INDIRETOS DE TOXICIDADE DE LIXIVIADO DE ATERRO POR OZONIZAÇÃO FOTOCATALÍTICA COM TiO₂

INDIRECT TOXICITY TESTS OF LANDFILL LINDING BY PHOTOCATALITIC OZONIZATION WITH TiO₂

Larissa Vareschi Récio

larissa.vrecio@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil

Rafael Faria Carard

carard_173@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil

Eudes José Arantes

eudesarantes@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil

Thiago Morais de Castro

engenheirothiagocastro@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência do tratamento de lixiviado de aterro sanitário por meio do processo oxidativo avançado (POA) de ozonização fotocatalítica com dióxido de titânio (TiO₂) por monitoramento indireto da toxicidade usando sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale*. O lixiviado é produto da decomposição de resíduos sólidos e apresenta uma composição muito complexa, altamente tóxica e recalcitrante. Assim, pela necessidade de se obter um tratamento efetivo para esse efluente problemático, os POA's têm sido empregados. Dentre os processos envolvendo lixiviado, destaca-se a fotocatalise heterogênea e a ozonização. Para realizar este estudo, o tratamento do lixiviado de aterro foi realizado utilizando-se de uma câmara fotocatalítica e um sistema de ozonização baseado no efeito corona. Amostras do efluente foram coletadas do aterro sanitário de Campo Mourão - PR, tratadas por ozonização fotocatalítica com TiO₂ e submetidas aos ensaios de toxicidade. Índices de Germinação e de Crescimento Relativo foram calculados e permitiram verificar a qualidade do tratamento do lixiviado. Constatou-se que os testes com o lixiviado tratado por processo oxidativo se desenvolveram e apresentaram resultados satisfatórios, principalmente se comparados ao lixiviado bruto. Assim, é possível afirmar que o tratamento por ozonização fotocatalítica com TiO₂ é eficaz no que diz respeito a redução do teor tóxico do efluente.

PALAVRAS-CHAVE: POA. Efluente. Fitotoxicidade. Ozônio. Fotocatálise.

ABSTRACT

This work aims to analyze the efficiency of the treatment of landfill leachate by means of the advanced oxidative process (POA) of photocatalytic ozonation with titanium dioxide (TiO₂) by indirect monitoring of toxicity using seeds of *Ocimum basilicum* and *Nasturtium officinale*. The leachate is a product of solid waste decomposition and presents a very complex, highly toxic and recalcitrant composition. Thus, due to the need to obtain an effective treatment for this problematic effluent, POAs have been used. Among the processes involving leachate, we can highlight heterogeneous photocatalysis and ozonation. To perform this study, the treatment of landfill leachate was carried out using a photocatalytic chamber and an ozonation system based on the corona effect. Effluent samples were collected from the Campo Mourão - PR landfill, treated by photocatalytic ozonation with TiO₂ and submitted to toxicity tests. Germination and Relative Growth Indices were calculated and allowed to verify the quality of the leachate treatment. It was verified that the tests with the oxidative process treated leachate developed and presented satisfactory results, mainly when compared to the crude leachate. Thus, it can be stated that the treatment by photocatalytic ozonation with TiO₂ is effective in reducing the toxic content of the effluent.

KEYWORDS: POA. Effluent. Phytotoxicity. Ozone. Photocatalysis.

Recebido: 19 out. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O lixiviado de aterro sanitário, produto da decomposição de resíduos sólidos urbanos, é um líquido extremamente problemático para a área ambiental. Além de ter um forte odor e coloração acentuada, o efluente apresenta em sua composição material recalcitrante, de difícil degradação, e metais pesados, altamente tóxicos (SILVA; KURODA, 2015).

Por isso, a busca por novas tecnologias de tratamento de lixiviado é crescente. Segundo Assalin e Durán (2006), processos oxidativos avançados (POAs) têm servido de alternativa para o tratamento de compostos orgânicos recalcitrantes. Os processos são baseados na geração do radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), utilizando ozônio, peróxido de hidrogênio, fotocatalise e reagente Fenton. Dentre os métodos destacam-se a fotocatalise heterogênea e a ozonização.

Os ensaios de toxicidade com sementes de plantas são bioensaios nos quais sementes são imersas em uma ou mais substâncias potencialmente tóxicas durante o período inicial de sua germinação, quando estas substâncias podem ser absorvidas ou acumuladas. Estes testes são realizados em laboratório sob condições experimentais específicas e controladas (COSTA, et al., 2008).

As sementes, por serem extremamente sensíveis e apresentarem respostas rápidas a alterações no meio, são empregadas a fim de avaliar a eficiência mediante ao processo de inibição da germinação e do crescimento da radícula e da raiz. A presença de anormalidade em raízes é um bom parâmetro para registro de fitotoxicidade, sendo a necrose dos tecidos radiculares um sintoma comumente observado (PIRES; OLIVEIRA, 2001).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do tratamento do lixiviado de aterro sanitário por meio do processo oxidativo avançado (POA) de ozonização fotocatalítica com TiO_2 por monitoramento indireto da toxicidade usando sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale*.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de lixiviado foram coletadas no Aterro Sanitário de Campo Mourão, Paraná, e o estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão.

O tratamento foi realizado utilizando uma câmara fotocatalítica e um sistema de geração de ozônio por efeito corona, o qual consiste em uma descarga elétrica de alta tensão no reator de ozônio. O procedimento teve duração de 60 min em concentração de 0,01g de TiO_2 , e vazão de O_3 igual a 8,79 $\text{g O}_3 \cdot \text{min}^{-1}$ (9,0 $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$). Sob a lâmpada UV, foi alocado um béquer de vidro de 600 ml, com barra magnética e 250 ml de lixiviado.

A partir do método de Rodrigues, et al. (2013), realizou-se ensaios indiretos de toxicidade com sementes expostas a concentrações de lixiviado de aterro pré e pós tratamento (bruto e tratado).

Foram utilizados como meio suporte para os testes placas de Petri de vidro e filtros de papel estéril. Os ensaios foram feitos em duplicata considerando os diferentes extratos e sementes, sendo adicionadas 3,0 ml do substrato a ser analisado em cada teste. A fim de realizar o controle, dois ensaios com 3,0 ml de



água destilada cada, foram feitos como contraprova do estudo. Por fim, foi distribuído espaçadamente sobre o filtro de papel dos testes 10 sementes de *Ocimum basilicum* ou 10 sementes de *Nasturtium officinale*.

O experimento foi mantido em uma câmara de germinação do tipo DOB (incubadora), a uma temperatura de 20°C e foto-período de 12h, por um período de 72h. Em cada ensaio foi verificado a germinação, através da observação e anotação do número de sementes germinadas em 24h, 48h e 72h; e o comprimento de raízes (CR), após 72h foi realizada a medição do comprimento das plântulas com o uso de um paquímetro.

Ao término das observações, com os dados obtidos durante o processo de germinação e crescimento, foi possível obter os índices de crescimento relativo (ICR) e de germinação (IG) (Tabela 1).

Tabela 1 – Equações para determinação de ICR e IG.

| Índices | Equações | Siglas | Significados |
|----------------------------|--------------------------------|--------|---|
| Crescimento Relativo (ICR) | ICR = CRA/CRC | CRA | Comprimento de raízes da amostra |
| | | CRC | Comprimento de raízes do controle |
| Germinação (IG) | IG (%) = ICR x (SGA/SGC) x 100 | SGA | Número de sementes germinadas da amostra |
| | | SGC | Número de sementes germinadas do controle |

Fonte: Young, et al. (2012).

Os valores do ICR foram avaliados de acordo com os efeitos de toxicidade observados e diferenciados em três categorias: inibição do alongamento (I), $0 < x < 0,8$; sem efeitos significativos (SES), $0,8 \leq x \leq 1,2$; e estimulação do alongamento (E), $x > 1,2$. Onde x é o valor obtido para ICR.

A análise estatística dos dados foi realizada no programa BioEstat através do teste paramétrico de variância ANOVA: fatorial (axb) com replicação, utilizando ICR e IG. A partir dos valores obtidos de p, foi possível verificar a significância do tratamento do lixiviado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter a toxicidade indireta do lixiviado pré e pós tratamento por ozonização fotocatalítica com TiO_2 foram anotados os números de sementes germinadas durante o processo de incubação no período de 24h, 48h e 72h, para os diferentes extratos, e o comprimento das raízes, em centímetros, de cada amostragem (Tabela 2) e com esses valores foram calculado o ICR e o IG para os ensaios (Tabela 3).

Tabela 2 – Sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale* germinadas no perodo de incubao e comprimento de suas razes em 72h.

| Lixiviado | Srie | Semente | SG- Nmero de Sementes Germinadas | | | CR- Comprimento das Razes (cm) |
|-----------|------|----------------------|----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|
| | | | 24h | 48h | 72h | |
| | | | | | | |
| Bruto | 1 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tratado | 1 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 1 | 7 | 0,51 |
| | 2 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 4 | 8 | 0,58 |
| | 1 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| | 2 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| Controle | 1 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 7 | 9 | 0,60 |
| | 1 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 | 1 | 0,1 |

Fonte: Autoria prpria (2018).

Tabela 3 – ICR e IG de sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale* expostas a lixiviado bruto e tratado.

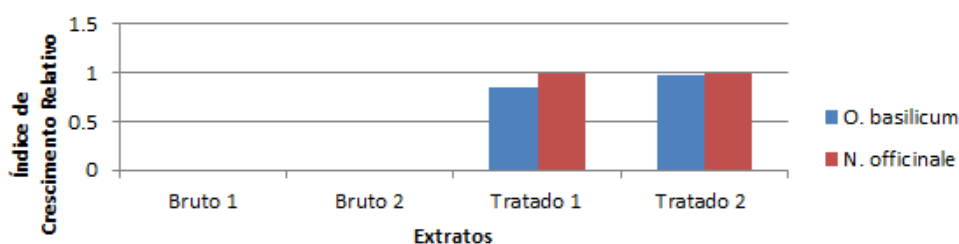
| Lixiviado | Srie | Semente | ICR- ndice de Crescimento Relativo | IG- ndice de Germinao |
|-----------|------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Bruto | 1 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 0 |
| | 2 | <i>O. basilicum</i> | 0 | 0 |
| | 1 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 |
| | 2 | <i>N. officinale</i> | 0 | 0 |
| Tratado | 1 | <i>O. basilicum</i> | 1 | 100 |
| | 2 | <i>O. basilicum</i> | 1 | 100 |
| | 1 | <i>N. officinale</i> | 0,85 | 66,11 |
| | 2 | <i>N. officinale</i> | 0,97 | 85,93 |

Fonte: Autoria prpria (2018).

Observa-se que apenas as sementes expostas a concentraes de lixiviado tratado se desenvolveram, germinando e apresentando razoavel crescimento de suas radculas.

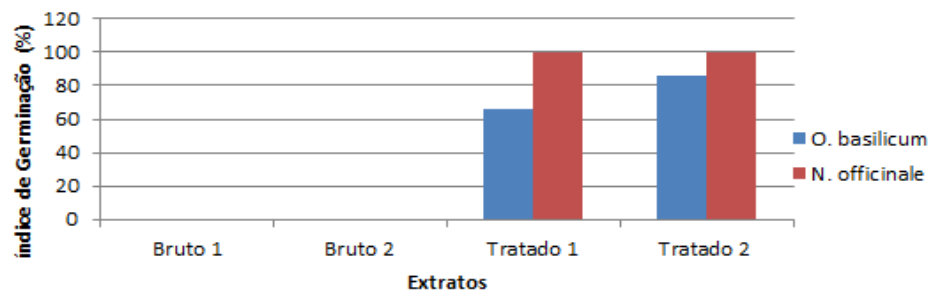
Analisando os resultados dos ndices de Crescimento Relativo (ICR) e Germinao (IG), apenas as amostras expostas a concentraes de lixiviado tratado apresentaram resultados. A partir desses valores foram gerados graficos (Figura 4 e 5) e foi possvel verificar por meio do teste estatstico que o tratamento foi significativo, j que o valor de p foi igual a 0,0003.

Figura 1 – ICR de sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale* expostas a concentraes de lixiviado bruto e tratado.



Fonte: Autoria prpria (2018).

Figura 2 – IG de sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale* expostas a concentrações de lixiviado bruto e tratado.



Fonte: Autoria própria (2018).

Pelos resultados obtidos e as categorias de efeitos da toxicidade, é notória a diminuição da toxicidade do efluente tratado. O lixiviado pré-tratamento foi nocivo para os dois bioindicadores enquanto que o lixiviado tratado proporcionou o desenvolvimento dos indivíduos.

Como afirma Gomes (2017), as sementes, por terem uma alta sensibilidade, identifica a toxicidade do efluente por meio dos processos de germinação e crescimento de suas raízes. Dessa forma, o tratamento do lixiviado estudado é essencial antes que este seja lançado em um corpo receptor.

Costa et al. (2015) estudou a toxicidade aguda de lixiviado com a espécie de bactéria *Allivibrio fischeri* para as amostras brutas e tratadas por processo Fenton e Foto-Fenton solar. O autor constatou em seu estudo a redução da toxicidade e a importância da radiação UV solar na degradação da matéria orgânica recalcitrante e tóxica presente no lixiviado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo confirma eficiência do tratamento do lixiviado de aterro sanitário por meio do processo oxidativo avançado (POA) de ozonização fotocatalítica com TiO_2 por monitoramento indireto da toxicidade usando sementes de *Ocimum basilicum* e *Nasturtium officinale*.

Além de constatar a nocividade do efluente bruto para os bioindicadores, foi possível verificar que o tratamento por ozonização fotocatalítica com TiO_2 reduziu o potencial tóxico do lixiviado a um nível aceitável para descarte no ambiente e reuso.

Contudo, apenas esse parâmetro não pode ser levado em conta. Os processos ainda precisam ser estudados e ajustados, visto que a padronização dos mesmos seria de grande valia para a humanidade, evitando impactos ambientais negativos no solo, corpos hídricos e à saúde pública.

REFERÊNCIAS

ASSALIN, M. R.; DURÁN, N. Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006.



COSTA, C. R.; OLIVI, P.A.; BOTTA, C.M.R.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. Revisão. **Química Nova**, v.31, n.7, p. 1820-1830, 2008.

COSTA, F. M. da; CAMPOS, J. C.; FONSECA, F. V. da; BILA, D. M. Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 1, 2015. Disponível em: <
<http://www.redalyc.org/html/928/92832874010/>> Acesso: 26 ago. 2018.

GOMES, N. A. **Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário em Campina Grande – PB**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017. Disponível em: <
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1272>> Acesso em: 26 ago. 2018.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. 2001. Alelopatia. In: **OLIVEIRA JR., R.S. & CONSTANTIN, J. (Coord.)**. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Ed. Agropecuária. p. 145-185.

RODRIGUES, L. C. de A.; BARBOSA, S.; PAZIN, M.; MASELLI, B. D. S.; BEIJO, L. A.; KUMMROW, F. Phytotoxicity and cytogenotoxicity of water and sediment of urban stream in bioassay with *Lactuca sativa*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1099-1108, 2013.

SILVA, A. A. da.; KURODA, E. K. **Pós-Tratamento de Lixiviados de Aterro Sanitário por Coagulação, Filtração Ascendente em Pedregulho de Adsorção em Carvão Ativado e Avaliação Ecotoxicológica**. 2015. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

YOUNG, B.J.; RIERA, N. I.; BEILY, M. E.; BRES, P. A.; CRESPO, D. C.; RONCO, A. E. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, p. 182-186, fev. 2012.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste estudo foi possível graças ao auxílio e infraestrutura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão.