

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327897063>

# TRATAMENTO DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARINGÁ/PR POR PROCESSOS COMBINADOS DE OZONIZAÇÃO E OXIDAÇÃO EM ÁGUA SUPERCRÍTICA

Conference Paper · September 2018

DOI: 10.5151/cobeq2018-PT.0426

CITATIONS

0

READS

30

6 authors, including:



**Ana Paula Jambers Scandelai**  
Universidade Estadual de Maringá

25 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**F. B Moro**  
Universidade Estadual de Maringá

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Jaqueline Zotesso**  
State University of Maringá

13 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Carlos Eduardo Rodrigues Barquilha**  
Universidade Federal do Paraná

10 PUBLICATIONS 47 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO [View project](#)



Treatment of wood with residues from the pulp [View project](#)



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

# TRATAMENTO DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARINGÁ/PR POR PROCESSOS COMBINADOS DE OZONIZAÇÃO E OXIDAÇÃO EM ÁGUA SUPERCRÍTICA

SCANDELAI APJ<sup>1</sup>, MORO FB<sup>1</sup>, ZOTESO JP<sup>1</sup>, BARQUILHA CER<sup>1</sup>, CARDOZO FILHO L<sup>1</sup> e TAVARES CRG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: celiagranhen@gmail.com

**RESUMO** – *Este trabalho objetivou avaliar a eficiência dos processos de ozonização (O<sub>3</sub>) e de oxidação em água supercrítica (OASc), bem como a combinação de ambos, no tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR. As condições operacionais foram: O<sub>3</sub> por 30 minutos e OASc a 600°C e pressão de 23 MPa. Verificou-se que o tratamento combinado (O<sub>3</sub> e OASc) resultou nas maiores taxas de remoções de praticamente todos os parâmetros físico-químicos analisados, mostrando-se uma tecnologia promissora para o tratamento do efluente em questão.*

## 1. INTRODUÇÃO

O lixiviado, produto da decomposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, é resultante da degradação física, química e biológica dos resíduos e da percolação das águas pluviais nos mesmos. De coloração escura e composição variável (metais tóxicos, compostos xenobióticos e orgânicos, amônia, entre outros), é imprescindível o tratamento desse efluente antes do seu lançamento em corpos hídricos receptores (Kjeldsen et al., 2002).

Devido à complexidade dos lixiviados e à baixa eficiência de processos convencionais para sua degradação, alternativas avançadas de tratamento têm sido estudadas, como a ozonização (O<sub>3</sub>) e a oxidação em água supercrítica (OASc).

A aplicação da O<sub>3</sub> a lixiviados se caracteriza pelas altas reduções de cor e degradação de compostos orgânicos, patógenos e micropoluentes, propiciadas pela alta capacidade oxidativa do ozônio. Além disso, esse processo apresenta a vantagem da não geração de lodo (Bila et al., 2008).

A OASc, por sua vez, possibilita elevada remoção de matéria orgânica por meio das altas taxas de transferências de energia e massa que são obtidas em condições supercríticas ( $P \geq 22,1$  MPa e  $P \geq 374,1$  °C) (Weijin e Xuejun, 2010).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo quantificar e analisar a eficácia dos processos de O<sub>3</sub>, OASc e a combinação de ambos (O<sub>3</sub>+OASc) na degradação do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR.



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Coleta e caracterização do lixiviado

Foram coletadas alíquotas de volumes iguais de quatro pontos do reservatório de lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR, com o intuito de se obter uma amostra integrada. Após homogeneização das alíquotas, as mesmas foram armazenadas a 4 °C até a sua caracterização e realização dos ensaios experimentais.

A caracterização do lixiviado bruto e tratado foi realizada por meio dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH (pH-metro Digimed, DM-20), cor aparente (Hach Company, 1996 – Método 8025), turbidez (turbidímetro Digimed DMTU), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (APHA, 1998 – Método 5210D), demanda química de oxigênio (DQO) (APHA, 1998 – Método 5220D), condutividade elétrica (CE) (Thermo Scientific Orion<sup>TM</sup>, Versa Star<sup>TM</sup>), sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST) (APHA, 1998 – Métodos 2540 C e D).

### 2.2. Tratamento do lixiviado

O aparato de O<sub>3</sub> era composto por: um gerador de oxigênio, operado a 4 L O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup>; um gerador de gás ozônio, produzindo 14,6 g O<sub>3</sub> m<sup>-3</sup>; e um reator de ozonização em batelada. O lixiviado foi utilizado sem tratamento prévio (sem alteração em seu pH) e o tempo de retenção foi de 30 min. A massa de ozônio foi determinada por um analisador H1-X-BENCH (IN USA), sendo efetivamente absorvido 1,0 g O<sub>3</sub> m<sup>-3</sup> aos 30 min de reação (diferença entre o ozônio injetado e o não absorvido).

Para realização de OASc, o lixiviado foi previamente filtrado em papel filtro quantitativo faixa branca, a fim de remover as impurezas que pudessem prejudicar o funcionamento do sistema. O lixiviado filtrado e contido em um reservatório sobre uma balança analítica era succionado por uma bomba de alta pressão (Thar Process P50) (à vazão de 5 g min<sup>-1</sup>), enviado ao pré-aquecedor (a 250 °C) e, em seguida, ao reator de fluxo contínuo, que era operado em condições supercríticas (600 °C e 23 MPa). As condições operacionais de T e P e o cálculo do tempo espacial ( $\tau$ ) foram estabelecidos a partir do estudo de Martins (2017).

A combinação dos processos foi realizada com a O<sub>3</sub> precedendo a OASc, nas mesmas condições utilizadas nos processos individuais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a caracterização do lixiviado bruto e tratado pelos processos avaliados (O<sub>3</sub>, OASc e O<sub>3</sub>+OASc). As vazões médias obtidas durante os ensaios de OASc, individual e combinado com o O<sub>3</sub>, foram, respectivamente, 5,78 g min<sup>-1</sup> ( $\tau$  de 25 s) e 6,83 g min<sup>-1</sup> ( $\tau$  de 21 s).



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

Tabela 1 – Características do lixiviado bruto (LB) e tratado por O<sub>3</sub>, OASc e O<sub>3</sub>+OASc

Parâmetro	LB	O <sub>3</sub>	OASc	O <sub>3</sub> +OASc	Limites <sup>1</sup>
pH	8,3	8,4	8,0	7,5	5,0 – 9,0 <sup>a</sup>
Cor Aparente (mg Pt-Co L <sup>-1</sup> )	936	842	396	337	-
Turbidez (UNT)	85	89	320	69	100 <sup>b</sup>
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	165	137	29	36	50 <sup>c</sup>
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	1048	852	417	389	200 <sup>c</sup>
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	10160	6826	2931	2833	-
ST (mg L <sup>-1</sup> )	6941	6574	167	88	-
SDT (mg L <sup>-1</sup> )	6801	6458	143	79	500 <sup>b</sup>
SST (mg L <sup>-1</sup> )	141	116	23	9	-

Notas: (1) Limite máximo para lançamento em corpo receptor, estabelecido pelas Resoluções (a) CONAMA n° 430 (Brasil, 2011), (b) CONAMA n° 357 (Brasil, 2005) e (c) CEMA n° 070 (Paraná, 2009).

Por meio da análise da Tabela 1, verificou-se que o lixiviado bruto apresentou concentrações de matéria orgânica (DBO e DQO) e de sólidos acima dos limites para lançamento, bem como elevada presença de sais (alta CE), evidenciando a necessidade de seu tratamento.

Quando aplicados individualmente, os processos de O<sub>3</sub> e de OASc, nas condições avaliadas, não foram suficientes para que o efluente tratado atingisse os parâmetros de lançamento em corpos hídricos receptores. Apesar disso, o processo de OASc se apresentou mais efetivo que a O<sub>3</sub> na redução da maioria dos parâmetros, com exceção da turbidez, que aumentou significativamente. Esse aumento pode ter ocorrido pela formação de coque no interior do reator – ação muito comum na oxidação de efluentes a altas temperaturas ou, ainda, pela própria oxidação, que precipita compostos inorgânicos, devido à sua baixa solubilidade em condições supercríticas, conforme relatado por Barner et al. (1992).

No processo combinado (O<sub>3</sub>+OASc), as mais significativas remoções dos parâmetros avaliados foram cor aparente, turbidez e SST. A eficiência no processo combinado aumentou as remoções, em relação aos processos de O<sub>3</sub> e de OASc individuais, respectivamente, em 54% e 6% (cor aparente), 23% e 295% (turbidez) e 76% e 10% (SST). Além disso, o processo combinado removeu maior concentração de sais do lixiviado, indicado pela redução na CE. Apesar de o processo O<sub>3</sub>+OASc ter apresentado DBO levemente superior à OASc isolada, esta ainda se enquadrava no limite para lançamento do lixiviado em corpos hídricos Classe 2.



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

## 4. CONCLUSÕES

A combinação dos processos de ozonização e oxidação supercrítica ( $O_3+OASc$ ) se mostrou promissora no tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá/PR, uma vez que houve significativo aumento na qualidade do efluente final em relação aos processos individuais.

O processo  $O_3+OASc$  forneceu as maiores remoções para a maioria dos parâmetros analisados, apresentando reduções de 64% de cor, 78% de DBO, 63% de DQO, 99% de ST e SDT, 94% de SST e 72% de CE. Dessa forma, o processo conjunto de  $O_3+OASc$ , aplicado como tratamento para o lixiviado em estudo, se viabilizou como forma de atingir as legislações vigentes e possibilitar o seu lançamento em corpos hídricos.

## 5. REFERÊNCIAS

- APHA – American Public Health Association, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. USA: APHA, 1998.
- BARNER HE, HUANG CY, JOHNSON T, JACOBS G, MARTCH MA, Supercritical water oxidation: an emerging technology. *J. Hazard. Mater.*, v. 31, p. 1-17, 1992.
- BILA DM, AZEVEDO EB, DEZOTTI M, Ozonização e processos oxidativos avançados. In: DEZOTTI M (Coord.). *Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos*. Rio de Janeiro: Epapers, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama. *Resolução n° 357, de 17 de março de 2005*.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama. *Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011*.
- HACH Company, *Procedures Manual of Spectrophotometer DR/2010*. USA: Hach Company, 1996.
- KJELDSSEN P, BARLAZ MA, ROOKER AP, BAUN A, LEDIN A, CHRISTENSEN TH, Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, v. 32, p. 297-336, 2002.
- MARTINS DCC, *Tratamento de solução modelo de ácido húmico e lixiviado de aterro sanitário via oxidação em água supercrítica*. Dissertação (Mestrado em Eng. Química), UEM, 2017, 133 p.
- PARANÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente - CEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. *Resolução n° 070, de 01 de outubro de 2009*.
- WEIJIN G, XUEJUN D, Degradation of landfill leachate using transpiring-wall supercritical water oxidation (SCWO) reactor. *Waste Manage.*, v. 30, p. 2103-2107, 2010.