

## EFEITO DA OZONIZAÇÃO NA FITOTOXICIDADE DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

**Louise Hoss (\*), Larissa Loebens, Natali Rodrigues dos Santos, Guilherme Pereira Schoeler, Maurizio Silveira Quadro**

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: hossilouise@gmail.com

### RESUMO

O processo de urbanização verificado nas últimas décadas, aliado ao padrão de vida mais consumista da população mundial tem levado a uma geração cada vez maior de resíduos sólidos. Os resíduos quando não destinados de forma correta acarretam em danos ao meio ambiente; deve-se, portanto, destinar ou dispor esses resíduos de forma adequada. A forma de disposição de resíduos mais adequada dentro da realidade brasileira são os aterros sanitários, esses possuem a capacidade de minimizar os efeitos da poluição proveniente da decomposição dos resíduos. Porém, durante a decomposição dos resíduos ocorre a produção de lixiviado que possui contaminantes que precisam ser tratados antes de serem dispostos no meio ambiente. Diversos sistemas de tratamento são utilizados para tratar o lixiviado gerado, porém a remoção da matéria orgânica recalcitrante ainda é uma problemática. Nesse sentido, a utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs) torna-se interessante para degradar esses compostos. Portanto, o objetivo desse trabalho será analisar o efeito da ozonização sobre a fitotoxicidade do efluente do aterro, visto que a ozonização gera radicais livres, principalmente -OH, que possui alto poder oxidante e capacidade de degradar vários compostos poluentes de forma eficiente. Os testes serão realizados utilizando 6 doses de ozônio, aplicadas através da variação dos tempos de ozonização, posteriormente serão realizados testes de fitotoxicidade utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa*) e de pepino (*Cucumis sativus*) como bioindicadores. Com os testes realizados visa-se indicar qual a melhor dose de ozônio para diminuir a toxicidade do efluente gerado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos Urbanos, Lixiviado, POAs, Doses de ozônio, Teste de fitotoxicidade.

### ABSTRACT

The process of urbanization seen in recent decades, allied with a more consumerist living standards of the world population, has led to an increasing generation of solid waste. Waste when not properly disposed of will cause damage to the environment; it must, thus, to destine or to dispose of properly these wastes. The most appropriate form of waste disposal within the Brazilian reality is sanitary landfills, which have the capacity to minimize the effects of pollution from waste decomposition. However, during the decomposition of the residues occurs the production of leachate that has contaminants that need to be treated before being disposed in the environment. Several treatment systems are used to treat the leachate generated, but the removal of the recalcitrant organic matter is still problematic. In this sense, the use of Advanced Oxidative Processes (AOPs) becomes interesting to degrade these compounds. Therefore, the objective of this work is to analyze the effect of ozonation on the phytotoxicity of the landfill effluent, since ozonation generates free radicals, mainly -OH, which has high oxidizing power and capacity to degrade several pollutants efficiently. The tests will be performed using 6 doses of ozone, applied through the variation of ozonation times, after phytotoxicity tests will be performed using lettuce (*Lactuca sativa*) and cucumber (*Cucumis sativus*) seeds as bioindicators. With the performed tests, the objective is to indicate the best dose of ozone to reduce the toxicity of the generated effluent.

**KEY WORDS:** Urban Solid Waste, leachate, AOPs, ozone doses, phytotoxicity test.

### INTRODUÇÃO

Pela primeira vez na história, mais de metade da população mundial passou a morar em áreas urbanas. O aumento populacional aliado ao consumo excessivo de recursos gera grandes volumes de resíduos sólidos. Os resíduos gerados ao serem gerenciados de maneira inadequada causam diversos danos ambientais afetando a saúde da população e gerando gastos ao poder público (VOJNOVIC, 2014 AND DE CAMPOS DOMINGOS; BOEIRA, 2015).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS, Lei Federal nº12.305 (BRASIL, 2010) caracteriza resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública



de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O poder público tem o dever de garantir que a qualidade de vida da população seja preservada. Nesse sentido as políticas públicas são instrumentos de garantia da salubridade ambiental, através de ações, planos e metas estabelecidas pelo governo com a finalidade de alcançar o bem-estar da sociedade e o interesse público. A PNRS apresenta entre seus princípios a cooperação entre o poder público, o setor empresarial e a sociedade; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; e o reconhecimento do valor econômico e social dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Os métodos considerados ambientalmente corretos para a destinação ou disposição de resíduos são: disposição final em aterro, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético (BRASIL, 2010). Porém, no Brasil boa parte dos resíduos gerados ainda são dispostos em lixões a aterros controlados que não possuem medidas para preservar o ambiente contra danos e degradações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2016).

As características construtivas do aterro possuem a capacidade de minimizar os efeitos da poluição proveniente do gás metano e do lixiviado produzidos. Porém, minimizar é diferente de eliminar esses problemas, sendo que o aterro por si só não é capaz de resolver todos os problemas relacionados a disposição final de resíduos (GOMES, 2009). De acordo a NBR 8849/1985, o lixiviado, também denominado chorume, pode ser definido como líquido percolado proveniente da decomposição das substâncias contidas nos resíduos sólidos, apresentando características como: cor escura, mau cheiro, elevada concentração de amônia e DBO. A formação do lixiviado, ocasionado pela decomposição dos resíduos, ocorre através de diversas reações físico-químicas e biológicas (BAIRD, 2011).

O lixiviado do aterro é constituído por uma mistura de líquidos oriundos da umidade natural que ocorre dentro e fora da pilha de resíduos, da água presente nos materiais depositados, da atividade microbiana e da água de infiltração, juntamente aos materiais dissolvidos ou suspensos que foram carreados no processo de lixiviação (SÁ et al., 2012).

O tratamento de efluentes de aterro é um dos grandes desafios no gerenciamento de aterros sanitários, essa dificuldade deve-se a heterogeneidade e variabilidade de suas características ao longo do tempo e à presença de compostos recalcitrantes, o que dificulta a adoção de um sistema eficiente para seu tratamento (KAWAHIGASHI, 2012).

Devido a ineficiência dos tratamentos convencionais para a remoção de compostos recalcitrantes do lixiviado, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) surgem como uma tecnologia interessante para o tratamento desse tipo de efluente. Os POAs baseiam-se na geração de radicais livres, principalmente  $\cdot\text{OH}$ , que possui alto poder oxidante e capacidade de degradar vários compostos poluentes de forma eficiente (FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014).

Os POAs apresentam diversas vantagens quando comparados a outros métodos de tratamento: degradação do poluente e não sua transferência de fase; transformação do contaminante, normalmente ocasionando na sua completa degradação (mineralização); forte poder oxidante; cinética elevada; utilização como pré ou pós tratamento, aliados a outros processos e transformação dos contaminantes refratários em produtos biodegradáveis que podem ser tratados por processos biológicos (DOMÈNECH; JARDIM; LITTER, 2001).

O ozônio é o alótropo triatômico do oxigênio que possui alto poder oxidante e desinfetante. Devido ao seu alto poder oxidante o ozônio é considerado um método muito eficaz para o tratamento de lixiviado. Durante o processo de ozonização ocorre a quebra das cadeias longas dos compostos orgânicos em cadeias menores, aumentando a sua biodegradabilidade, ou degradando até dióxido de carbono (CHATURAPRUEK; VISVANATHAN; AHN, 2005).

Os bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude dos efeitos ecológicos causados ao ambiente por diversas fontes poluidoras. Os bioindicadores podem ser utilizados para avaliar o potencial poluidor através dos testes de fitotoxicidade. Os ensaios de fitotoxicidade são testes simples e versáteis que possuem a finalidade de estudar a toxicidade de um ambiente utilizando plantas. Esses testes foram utilizados com diversos resíduos líquidos em diferentes espécies de plantas. A fitotoxicidade pode ser definida como a ação tóxica provocada em plantas, por uma ou mais substâncias, que iniba ou prejudique a sua germinação e/ou o seu desenvolvimento. Podem ser citados como exemplos de fitotoxicidade: a aplicação incorreta de herbicidas ou de adubos e a ação tóxica de metais pesados presentes no meio. Portanto, o presente trabalho visa avaliar a eficiência da utilização de ozônio na diminuição da fitotoxicidade de efluente de aterro (FILHO, 2017).

## OBJETIVOS

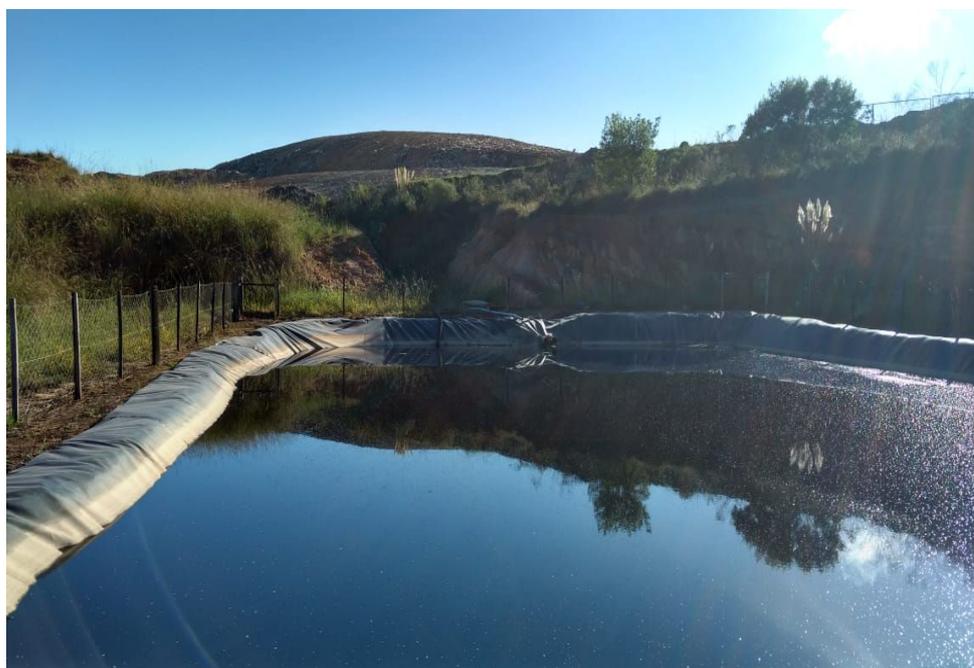


O objetivo deste trabalho será avaliar o efeito do tratamento por ozonização na fitotoxicidade do lixiviado do aterro sanitário da Metade Sul, localizado no município de Candiota-RS analisando qual a melhor dose de ozônio para tratar o lixiviado.

## METODOLOGIA

As análises serão realizadas no Laboratório de Análise de Águas e Efluentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

O lixiviado utilizado no estudo é proveniente do aterro sanitário da Metade Sul, localizado na cidade de Candiota - RS. O aterro recebe aproximadamente 700 toneladas diárias de resíduos de vinte municípios da Zona Sul, o aterro foi implantado no ano de 2011. Atualmente o sistema de tratamento utilizado no aterro é a recirculação. A amostra foi coletada na primeira lagoa onde o lixiviado é lançado após a saída da célula do aterro, conforme demonstrado na Figura 1.



**Figura 1 – Local de coleta do lixiviado**

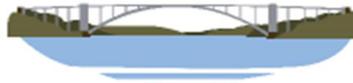
Após a coleta o efluente foi acondicionado em galão de capacidade de 20 litros e armazenado o sob refrigeração. O equipamento utilizado para realização dos testes foi um ozonizador, de capacidade de geração de ozônio de 600 mg por hora. Para aplicação dos tratamentos na amostra foi construída uma coluna de ozonização de vidro de capacidade de aproximadamente um litro.

O efluente do aterro será submetido a diferentes doses de ozônio, afim de avaliar qual a melhor concentração de ozônio para a diminuição da fitotoxicidade do lixiviado. A variação da concentração de ozônio foi realizada utilizando 6 tempos de ozonização, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Aplicação de ozônio pela variação do tempo de operação.**

Tempo (minutos)	Quantidade de ozônio aplicada (mg O <sub>3</sub> )
30	1,2
60	2,4
125	5,0
180	7,2
200	8,0
250	10

Fonte: autor



Os ensaios de fitotoxicidade serão realizados para avaliar o efeito tóxico do efluente bruto e após a ozonização, utilizando metodologia adaptada de Zucconi et al. (1981). Serão realizados ensaios em triplicata utilizando como bioindicadores sementes de alface (*Lactuca sativa*) e de pepino (*Cucumis sativus*).

Serão colocados 5 mL de amostra em cada placa de Petri, adicionando-se 20 sementes de alface ou 10 de pepino. As placas serão cobertas com parafilme com a finalidade de facilitar as trocas gasosas e diminuir as perdas por umidade. Posteriormente, as placas serão incubadas a 25°C por 48h. Para cada semente será incluído o controle, em triplicata, preparados com 5 ml de água destilada. Após, o número de sementes germinadas e o comprimento das radículas será contabilizado com o auxílio de um paquímetro digital.

O índice de germinação das sementes será calculado através da equação descrita por Zucconi et al. (1981):

$$IG = G \frac{Lm}{Lc} \quad \text{equação (1)}$$

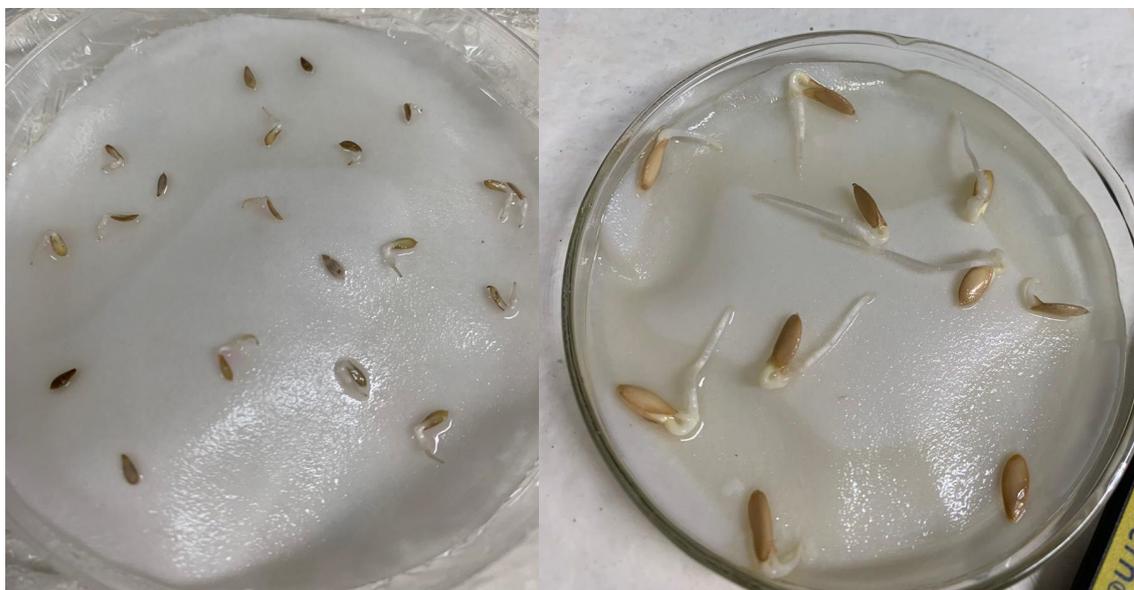
Na qual:

- IG = índice de germinação;
- G = número de sementes germinadas na amostra, dividido por número de sementes germinadas no controle;
- Lm = longitude média das raízes germinadas da amostra (mm);
- Lc = longitude média das raízes germinadas do controle (mm).

## RESULTADOS

É esperado que o lixiviado de aterro bruto apresente fitotoxicidade elevada. Espera-se que os processos de ozonização diminuam esta fitotoxicidade, sendo que os tratamentos com as maiores doses de ozônio apresentem os menores valores de fitotoxicidade.

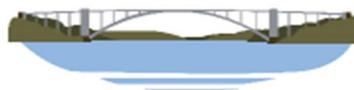
A Figura 2 abaixo mostra o processo que será realizado para avaliar a fitotoxicidade do efluente antes e após o processo de ozonização. Posteriormente os resultados serão comparados e, junto com as demais análises que serão realizadas, indicará qual a melhor dose de ozônio para tratar o efluente analisado.



**Figura 2: Utilização de sementes de alface e pepino na análise de fitotoxicidade.**

Diversos trabalhos utilizam a análise a fitotoxicidade para avaliar a eficiência de POAs no tratamento de efluentes de aterro. Welter (2015), ao analisar a eficiência do tratamento por reação foto-Fenton induzido por ferricitrato avaliando a fitotoxicidade e a biodegradabilidade do efluente de aterro sanitário concluíram que a oxidação química proporcionada pela reação ferricitrato tem a capacidade de melhorar as condições de toxicidade e biodegradabilidade do efluente. O autor sugere que a oxidação química seja interrompida no momento em que as condições de biodegradabilidade sejam atingidas, integrando-a a um subsequente tratamento dos compostos remanescentes baseado na oxidação biológica.

Reis (2018) estudou a aplicação do processo de oxidação avançada, método foto-Fenton, combinado com tratamento por lodo ativado com etapa anóxica, como alternativa para o tratamento do efluente gerado no aterro Santa



Tecla em Gravataí-RS. Para avaliar a eficiência do tratamento foram realizadas análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Nitrogênio Total de Kjeldalh (NTK) e toxicidade pelo método de germinação de sementes, usando sementes de *Lactuca sativa*, (alface) como indicadores. Em relação a toxicidade, o lixiviado bruto, na concentração de 12,5% que corresponde a concentração que não apresentou efeito inibitório, houve 100% de germinação. Nas concentrações de 25%, 50% e 100% a taxa de germinação foi zero. Após o tratamento, a germinação absoluta foi de 93,33% para as concentrações de 25, 50 e 100% de efluente tratado, sendo as concentrações onde o efeito inibitório havia sido observado. O autor conclui que o tratamento foto-Fenton combinado com lodo ativado, com etapa anóxica, aplicado no tratamento do lixiviado do aterro de Santa Tecla, obteve remoções suficientes, dos parâmetros analisados, para enquadrar o efluente nos parâmetros de lançamento da legislação vigente, com um baixo custo.

Batista, 2016 utilizou POAs como pós tratamento do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa analisando parâmetros químicos, físicos e toxicológicos. Entre os resultados, a fitotoxicidade reduziu em 76% utilizando a espécie *Lactuca sativa* (alface) como bioindicador, em termos de CE<sub>50</sub> (concentração, em que se observa 50% de inibição do crescimento relativo).

Os estudos acima mencionados corroboram com a afirmação de que os processos oxidativos avançados são eficazes para a diminuição da toxicidade do efluente de aterro. Espera-se encontrar resultados semelhantes nesse estudo utilizando a ozonização como POA.

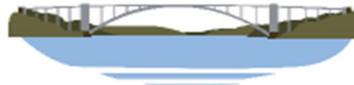
## CONCLUSÕES

Diante dos testes que serão realizados será possível avaliar a toxicidade presente no efluente e a eficiência do processo de ozonização para a eliminação de substâncias tóxicas presentes no efluente. Com a realização dos testes pretende-se determinar a melhor dose de ozônio para o tratamento desse efluente.

Recomenda-se que os testes sejam realizados com outros tipos de efluente para que seja possível entender melhor como o processo de ozonização atua sobre as substâncias tóxicas presentes. A realização de outras análises também é indicada para auxiliar na escolha do melhor tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DE CAMPOS DOMINGOS, D., BOEIRA, S. L. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: análise do atual cenário no município de Florianópolis. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 4, n. 3, 2015.
2. VOJNOVIC, I. Urban sustainability: research, politics, policy and practice. *Cities*, New York, v. 41, p. 30-44, 2014.
3. BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 8 abr. 2019.
4. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017*. São Paulo, 2018.
5. GOMES, Paula Luciana Resíduos Sólidos: **Estudos de caracterização de tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. PROSAB, Ed. 1, Rio de Janeiro, 2009.
6. SÁ, L. F.; JUCÁ, F. T.; SOBRINHO, M. A. M. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. *Revista Ambiente & Água*, v.07, n.1, p. 204-217, 2012.
7. BAIRD, Colin. *Química ambiental*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
8. Kawahigashi, F. et al. Pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. *Eng Sanit Ambient*, v.19, n.3, p. 235-244, jul/set 2014.
9. FIOREZE, M., SANTOS, E. P., SCHMACHTENBERG, N. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. *REGET*, v. 18, n. 1, p. 79-91, Abr. 2014.
10. BOROLI, J.P.; RIBEIRO, M.A.; ANGIOLLETO, E.; MARTIM.M.; MENANCE, S.; FILHO, F. A. L. **Aplicação de ozônio para remoção de manganês em águas de drenagem ácida de Mina na INB/Caldas**. *Tecnologia Metal de Materiais de Mineração*, v.13, n.2, p. 136-140, 2016.
11. CHATURAPRUEK, A.; VISVANATHAN, C.; AHN, K. H. Ozonation of membrane bioreactor effluent for landfill leachate treatment. *Environmental Technology*, v. 26, n. 1, p. 65-73, 2005.
12. FILHO, J. L. P. Lixiviado de aterro sanitário: alternativas de tratamento para o cenário brasileiro. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de Saneamento e Ambiente)-UNICAMP, Campinas.
13. WELTER, J. B. Avaliação da fitotoxicidade e da biodegradabilidade de um lixiviado de aterro sanitário tratado por foto-Fenton induzido por ferricitrato. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - UFFS, Cerro Largo, 2015.
14. DOMÈNECH, X; JARDIM, W. F.; LITTER, M. I Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. In: BLESA, M.A. 2001. Acesso em:



[https://www.researchgate.net/profile/Marta\\_Litter/publication/237764122\\_Procesos\\_avanzados\\_de\\_oxidacion\\_para\\_la Eliminacion\\_de\\_contaminantes/links/0046352729223ae0fb000000/Procesos-avanzados-de-oxidacion-para-la-eliminacion-de-contaminantes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marta_Litter/publication/237764122_Procesos_avanzados_de_oxidacion_para_la Eliminacion_de_contaminantes/links/0046352729223ae0fb000000/Procesos-avanzados-de-oxidacion-para-la-eliminacion-de-contaminantes.pdf)

15. BATISTA, MARIANA MEDEIROS. Eficiência do processo foto-Fenton solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.