

## RESÍDUOS SÓLIDOS

### REMOÇÃO DE COR DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO ATRAVÉS DO PROCESSO UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Maycon Machado Fontana** – mayconfontana@gmail.com  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina

**Maria Eliza Nagel Hassemer** – maria.eliza@ufsc.br  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina

**Rolando Nunes Córdova** – rolando.cordova@ifsc.edu.br  
Departamento de Construção Civil, Instituto Federal de Santa Catarina

**Resumo:** Este estudo objetiva analisar a remoção de Cor através do processo oxidativo avançado UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de Lixiviado de Aterro Sanitário Maduro. O efluente bruto em questão possui alta Turbidez (163 NTU), Cor Aparente (1.291 Pt-Co) e Cor Verdadeira (1.017 Pt-Co), confirmando que a Cor é uma característica notável do efluente. Nesse sentido, o efluente foi submetido ao tratamento UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante 30 minutos com concentração inicial de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fixada em 500 mg/L, 1500 mg/L e 2500 mg/L. Os experimentos foram realizados em um reator fotoquímico em escala de bancada, propriamente adaptado para comportar a lâmpada UV. Assim, os resultados atingidos no que tange a cor foram excelentes, uma vez que a remoção de Cor Verdadeira foi de 91,6% e de Cor Aparente 69,2% para a concentração de 2.500 mg/L. Diante da concentração de 1500 mg/L, a remoção de cor Aparente e Verdadeira foram respectivamente 55,4% e 54,7%. A concentração 500 mg/L atingiu 25,6% e 35,9% para Cor Aparente e Verdadeira, respectivamente.

**Palavras-chave:** Aterro Doméstico, Peróxido de Hidrogênio, Processos oxidativos avançados, Radiação UV

#### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O lixiviado de aterro sanitário possui como característica intensa cor, amônia, composta tóxicos e elevada concentração de matéria orgânica refratária. Esse efluente pode comprometer o corpo hídrico receptor, quando descartado sem o tratamento adequado. Os tratamentos biológicos utilizados atualmente não estão atendendo eficientemente a legislação, levando a procura de novas tecnologias e aprimoramento de métodos utilizados.

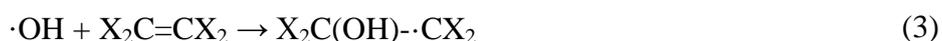
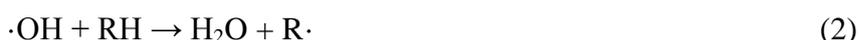
A utilização de radiação UV no tratamento de águas residuais remota ao começo do século XX, quando a tecnologia foi instalada em Marsella, França. Contudo, por volta dos

anos 30, observou-se um retrocesso em relação à expansão da tecnologia, provavelmente por fatores econômicos.

Atualmente, o processo é utilizado principalmente em sistemas de desinfecção de águas para consumo, sendo a utilização para despoluição de efluentes com alta carga orgânica ainda reduzida, mas podendo ser observada em rápido desenvolvimento (HASSEMER, 2006). Nesse contexto, estudos recentes mostram eficiência na utilização da tecnologia para tratamento de efluentes de indústrias têxteis, lixiviado de aterro sanitários e efluentes de indústrias produtoras de celulose (HASSEMER, 2006; FORTUNATO, 2016, RUAS et al., 2012).

Os processos oxidativos avançados (POA) são boas alternativas para o tratamento de lixiviado maduro, uma vez que o chorume possui um alto potencial de redução (WANG; SMITH; EL-DIN, 2003). À vista disso, o processo objetiva oxidar substâncias orgânicas e melhorar a biodegradabilidade do efluente, se destacando ao obter bons resultados no que tange a remoção da cor (WANG; SMITH; EL-DIN, 2003). Quando comparado com outros POA, como Fenton, Ozônio, UV/O<sub>3</sub>, UV/TiO<sub>2</sub>, a fotólise do peróxido de hidrogênio apresenta as seguintes vantagens: completa miscibilidade com a água, estabilidade, disponibilidade comercial e custos de investimento baixo (MOURÃO et al., 2009). Além de que, entre os POA, o sistema baseado na combinação da ação da luz ultravioleta e peróxido de hidrogênio (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) é o mais antigo (LITTER, 2005).

O processo acontece em duas etapas principais. Inicialmente, ocorre a fotólise direta do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, formando radicais hidroxilas como apresentado na equação (1). Em seguida, estes radicais oxidam as moléculas orgânicas, levando a degradação da matéria orgânica conforme as equações (2), (3), (4) (Braun e Oliveros, 1997).



O presente estudo tem como objetivo estudar a redução de cor de lixiviado maduro de aterro sanitário através do processo oxidativo avançado UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Caracterização das Amostras

As amostras de lixiviado bruto foram retiradas diretamente do tanque de entrada da estação de tratamento do aterro sanitário. O aterro sanitário doméstico opera desde 2006, recebendo em média 117.000 toneladas de resíduos por ano, atendendo a demanda de duas cidades do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina (292.000 habitantes). Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

(ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde ocorreu a armazenagem, caracterização e análises posteriores. Os parâmetros pH, condutividade e potencial redox foram levantados no momento da coleta.

Os parâmetros utilizados para caracterização das amostras foram: Temperatura (T), pH, Condutividade (Condu.), Potencial Redox (Redox), Turbidez (Turb.), Cor Aparente (Cor A.), Cor Verdadeira (Cor V.), Série de Sólidos Totais (ST, STV, STF), Série de Sólidos Dissolvidos (SDT, SDV, SDF), DBO, COD. Todas essas analisadas conforme APHA 2005. A análise de COD foi realizada com equipamento TOC-LCSH / Shimadzu.

## 2.2. Processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

O sistema utilizado consiste em um reator UV em escala de bancada com volume útil de dois litros, possuindo recirculação interna através de uma bomba hidráulica. O *desing* do reator permite a acoplagem da lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão (95 W), uma vez que a radiação monocromática UV/Visível deve estar presente durante todo o processo fotoquímico. Por se tratar de um processo exotérmico, a temperatura do reator é mantida por um sistema de refrigeração próprio, que ocorre através das paredes duplas do reator e um mecanismo com banho termostático com recirculação.

Para escolha do tempo de tratamento, primeiramente, uma corrida cinética em 0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 90 e 120 minutos foi realizada, avaliando-se a remoção de cor.

Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo que as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> utilizadas foram: 2500 mg/L, 1500 mg/L e 500 mg/L. Os dados de Cor Aparente e Verdadeira foram analisados para cada triplicata, os resultados compilados em Planilha Eletrônica para melhor visualização e análise. A figura 1 mostra a fotografia do reator fotoquímico e seus aparatos.

Figura 1 - Reator UV



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Caracterização do Lixiviado

Na tabela 1 encontra-se a caracterização do Lixiviado (Efluente Bruto).

Tabela 1 - Caracterização do Lixiviado

Parâmetro/Unidade	Valores	Desvio Padrão (n=3)
Tam (°C)	24,6	1,5
pH	8,01	0,11
Condut. (mS m <sup>-1</sup> )	10,15	
Redox (mV)	61,9	
Turb. (NTU)	163	31
Cor A. (Pt-Co)	1291	210
Cor V. (Pt-Co)	1017	0,474
ST (mg L <sup>-1</sup> )	3447	52,9
SST (mg L <sup>-1</sup> )	270	725
SDT (mg L <sup>-1</sup> )	3177	
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	623	
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	1671	148
COD (mg L <sup>-1</sup> )	496	50

De acordo com a tabela 1, percebe-se que a cor apresenta valores altos, a Cor Verdadeira fixada em 1.017 Pt-Co e a Cor Aparente em 1291 Pt-Co, sendo esse valor 26,9% superior a Cor Verdadeira.

#### 3.2. Corrida Cinética

A tabela 2 apresenta os resultados da remoção de cor em função do tempo de radiação UV na concentração 1500 mg/L e pH natural da amostra. O objetivo desse ensaio foi identificar um tempo mínimo de aplicação do processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, no qual pudessem ser observados resultados significativos e comparáveis entre os 3 níveis de concentração de peróxido de hidrogênio adotados.

Tabela 2 - Corrida Cinética

Tempo Uv (Min)	Cor (Pt-Co)
0	592
3	704
6	704
9	488
12	600
15	408
20	384
30	264
40	360
50	120
75	168
90	48
120	104

A figura 2 mostra o gráfico Tempo de irradiação UV (min) x Cor (Pt-Co), demonstrando o decaimento exponencial da cor, apresentado-se R-quadrado de 0,7858. Dessa maneira, o tempo de 30 minutos foi escolhido para as análises posteriores, sendo que ocorreu uma remoção de cor razoável (55,4%). Além disso, a otimização de custos e velocidade do tratamento também foram ponderados para a escolha.

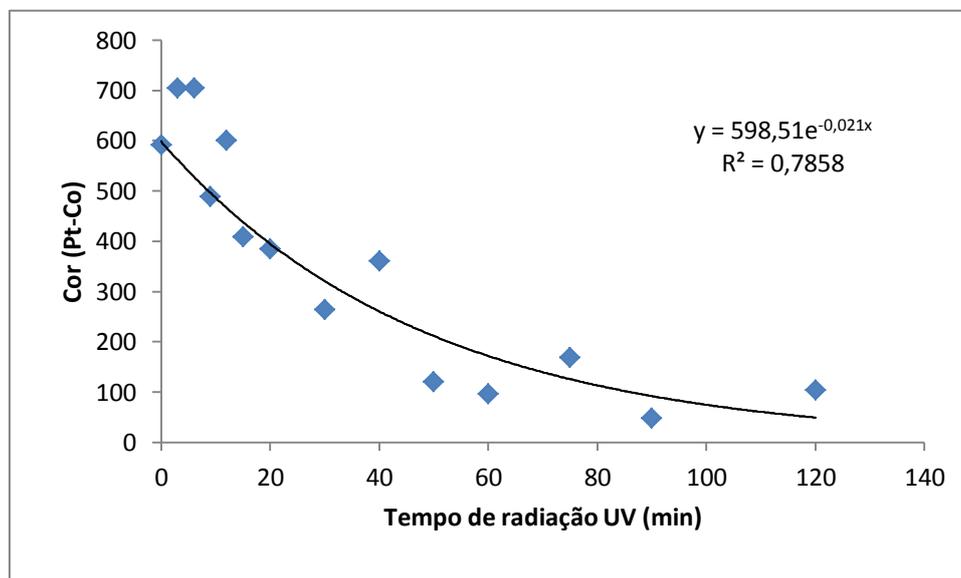


Figura 2 - Gráfico de cinética de decaimento da Cor

### 3.3. Avaliação da Remoção de Cor

A remoção de cor pode ser compreendida como a capacidade do processo fotoquímico em quebrar as duplas ligações dos componentes orgânicos, levando a molécula a perder a capacidade de absorver luz no visível (NAGEL-HASSEMER et al., 2012).

A tabela 3 demonstra a remoção de cor com as diferentes concentrações e seus respectivos desvios.

Tabela 3 - Remoção de Cor

Concentração H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Cor A. (Pt-Co)	Desvio Padrão (n=3)	Cor V. (Pt-Co)	Desvio Padrão (n=3)
500 mg/L	960	272	652	295
1.500 mg/L	576	429	461	557
2.500 mg/L	397	109	85	6

Percebe-se que ocorreu uma remoção de Cor Aparente e Verdadeira de 25,6% e 35,9% para concentração de 500 mg/L, respectivamente. Assim, na concentração de 1.500 mg/L, a remoção foi de 55,4% para a Cor Aparente e 54,7% para a Verdadeira. Por conseguinte, a concentração 2.500 mg/L apresentou o resultado mais satisfatório, à medida que a remoção de Cor Aparente atingiu 69,2%, enquanto a remoção de Cor Verdadeira alcançou 91,6%.

Dessa maneira, percebe-se que os resultados de remoção de cor verdadeira se aproximaram daqueles obtidos por estudos anteriores, que também aplicaram o processo em questão para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário. De acordo com Fortunato (2016), a remoção de Cor Verdadeira, utilizando 2000 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, alcançou 95,26% em 60 minutos de tratamento. Contudo, essa pequena diferença pode ser explicada pela maior diluição do efluente analisado no presente trabalho, sendo que o período de coleta das amostras foi marcado pelas fortes chuvas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, a Cinética de remoção de cor determinou o tempo de 30 minutos para as análises seguintes, à medida que a remoção de cor apresentou um valor razoável. Nesse contexto, as questões econômicas e de otimização de tempo de tratamento também foram consideradas. O ensaio demonstrou decaimento linear, com R-quadrado de 0,7858. Por conseguinte, percebe-se que ocorreu uma remoção de Cor Aparente e Verdadeira de 25,6% e 35,9% para concentração de 500 mg/L, respectivamente. Assim, na concentração de 1.500 mg/L, a remoção foi de 55,4% para a Cor Aparente e 54,7% para a Verdadeira. Por conseguinte, a concentração 2.500 mg/L apresentou o resultado mais satisfatório, à medida que a remoção de Cor Aparente atingiu 69,2%, enquanto a remoção de Cor Verdadeira alcançou 91,6%.

#### 5. REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, D.C: APHA, 2005.

BRAUN, A. M.; OLIVEROS, E. How to evaluate photochemical methods for water

treatment. *Water Science and Technology*, v. 35, p. 17–23, 1997.

FORTUNATO, L. B.; LOBO-RÉCIO, M. A.; LAPOLLI, F. R.; NAGEL-HASSEMER, M. E. Avaliação do Processo Oxidativo Avançado UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no tratamento de lixiviado de aterro sanitário. **In:** XVII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2016

LITTER, M. I. Introduction to Photochemical Advanced Oxidation Processes for Water Treatment. *Hdb Env. Chem.*, v. 2, p. 325–366, 2005.

MOURÃO, H. A. J. L.; MENDONÇA, V. R.; MALAGUTTI, A. R.; RIBEIRO, C. *Química Nova*, 2009, 32, 2181

NAGEL-HASSEMER, M.E. **Oxidação Fotoquímica – UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- para Degradação de Poluentes em Efluentes da Indústria Têxtil.** 175p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006

NAGEL-HASSEMER, M. E.; CORAL, L. A.; LAPOLLI, F. R. (2012). Processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Como Pós-Tratamento para Remoção de Cor e Polimento Final em Efluentes Têxteis. *Química Nova*, 35(5), 900–904.

RUAS, D. B.; CHAPARRO, T. R.; PIRES, E. C. Advanced oxidation process H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV combined with anaerobic digestion to remove chlorinated organic from bleached kraft pulp mill wastewater. **Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia**, v. 63, p. 43-54, 2012.

WANG, F.; SMITH, D. W.; EL-DIN, M. G. Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment – a review. **J. Environ. Eng. Sci.**, Ottawa, v. 2, n. 6, p. 413-427, 2003.