

## **II-290 - INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE OXIDAÇÃO AVANÇADA (POA) POR OZONIZAÇÃO EM LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO**

**Janaina de Melo Franco<sup>(1)</sup>**

Pesquisadora do Departamento de Engenharia Química – DEQ, Universidade Estadual de Maringá - UEM.

**Paulo Ricardo Zanuto Dias**

Estudante de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM.

**Victor Rocha de Martino**

Estudante de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM.

**Célia Regina Granhen Tavares**

Prof. do Departamento de Engenharia Química – DEQ Universidade Estadual de Maringá – UEM.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av.Colombo , n.5790 - Jd. Universitário – Maringá – PR - CEP: 87020-900 - Brasil - Tel: +55 (44) 3011-5129 - e-mail: [janydemelo@gmail.com](mailto:janydemelo@gmail.com)

### **RESUMO**

Tendo em vista o acelerado crescimento demográfico e a busca constante de áreas para implantação de aterros sanitários para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, verificou-se outro agravante, o tratamento do lixiviado proveniente dessa disposição final. Em muitos casos por sua característica química de difícil tratamento convencional, buscam-se alternativas de tratamento avançado para tal contaminante.

O processo de oxidação avançada (POA) por ozonização é uma técnica que utilizam o radical hidroxil para oxidar poluentes em espécies químicas. Os resultados obtidos mostraram que o processo de ozonização, nas condições testadas em uma planta piloto com capacidade para 1 m<sup>3</sup> em 21 horas de tratamento, apresentaram-se como um processo tecnicamente viável para a redução de material recalcitrante, podendo ser utilizado como uma alternativa aos processos convencionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, POA, toxicidade, Microtox.

### **INTRODUÇÃO**

Um dos maiores problemas em cidades densamente urbanizadas é a falta de locais apropriados para a disposição de seus resíduos sólidos. Isso se deve à existência de áreas ambientalmente protegidas e aos impactos de vizinhança das áreas de disposição. Na maioria dos aterros sanitários, não há tratamento adequado para o chorume ou lixiviado (líquido tóxico gerado pela decomposição orgânica do lixo). Dessa condição resulta que os resíduos tóxicos podem contaminar o solo e as fontes subterrâneas de água, enquanto os gases gerados no processo de decomposição são liberados no ambiente de forma não controlada (GOUVEIA, 1999).

Processos Oxidativos Avançados (POA) são aqueles que utilizam o radical hidroxil para oxidar poluentes em espécies químicas, um exemplo desse processo é a ozonização. Este processo vem atraindo grande interesse por apresentar uma série de vantagens, como o alto potencial de oxidação do O<sub>3</sub>, mesmo a baixas concentrações, via ozônio molecular ou radicais OH· ou uma combinação dos dois, em pH básico, aumentando assim sua eficiência na decomposição da matéria orgânica (VON GUNTEN, 2003; NOGUEIRA e JARDIM, 1998).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo, tratar o lixiviado de aterro sanitário de um município de médio porte, utilizando o processo de ozonização, com o foco na redução de cor, turbidez, concentrações de matéria orgânica e ecotoxicológica.

### **METODOLOGIA**

#### **COLETA DO LIXIVIADO**

O lixiviado foi coletado no mês de setembro de 2012 em um reservatório da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma empresa terceirizada pelo aterro sanitário de um município de médio porte, por meio de bombonas de 50L totalizando 700L. Após coleta o material foi encaminhado para o tratamento por ozonização em uma planta piloto com capacidade para tratar 1m<sup>3</sup> de lixiviado.

## TRATAMENTO DO LIXIVIADO

A unidade experimental consistia de uma planta piloto composta por: reservatório com capacidade para 1000L e uma coluna de contato (Reator de ozonização) com capacidade para 410L. O ozônio alimentado à coluna de contato foi gerado por meio de um gerador industrial, modelo M4, com geração de 179 g O<sub>3</sub>.h<sup>-1</sup>, o qual era abastecido por um concentrador de O<sub>2</sub> a uma vazão nominal de 3,5L.min. O sistema operou por 21 horas, e a cada 3 horas eram coletadas amostras que em seguida eram submetidas a análises.

Para a caracterização do lixiviado e do efluente ozonizado foram feitas as seguintes análises: pH, cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Carbono Orgânico Total (COT), compostos que absorvem em 254 nm. Foram feitas ainda análises ecotoxicológicas, por meio de testes de toxicidade aguda utilizando a bactéria *Vibrio fischeri*.

A determinação de pH foi feita pelo método potenciométrico. A Cor foi determinada em espectrofotômetro, a um comprimento de onda de 455 nm, calibrado com padrões de platina/cobalto. A turbidez foi determinada em um turbidímetro e os resultados expressos em NTU. As determinações de DQO e DBO, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e sulfato foram realizados de acordo com as metodologias descritas em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). A leitura dos compostos que absorvem em 254 nm era realizada em um espectrofotômetro HACH LANGE, modelo DR/5000. A determinação de COT foi realizada em um analisador de carbono, marca Shimadzu – Total Organic Carbon Analyzer - modelo TOC-L.

O teste de toxicidade aguda foi realizado utilizando um analisador de toxicidade Microtox® M500 (Azur Environmental, Delaware, USA). Nesse teste, organismos luminescentes são expostos a uma série de amostras diluídas ou pelo teste básico 81,9 inserido no equipamento. O organismo utilizado no teste é uma cepa especialmente selecionada da bactéria marinha *Vibrio fischeri* (formalmente conhecida como *Photobacterium phosphoreum*, número L5.227, CETESB, 2001), que foi adquirida na forma liofilizada. Os resultados são expressos com CE50,15min, que representa a porcentagem da diluição da solução inicial (% v/v) que causa 50% de redução na bioluminescência em 15 minutos de contato.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### TRATAMENTO DO LIXIVIADO POR OZONIZAÇÃO

Os resultados preliminares da caracterização físico-química e ecotoxicológica do lixiviado, bem como do lixiviado tratado por ozonização durante 21 horas são apresentados na Tabela 1.

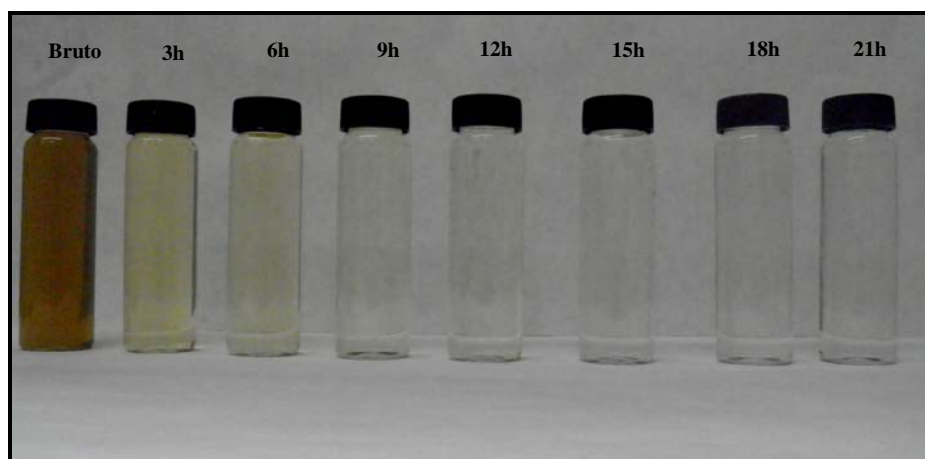
**Tabela 1 – Resultados obtidos no sistema de tratamento por ozonização**

Parâmetros		Unidades	Bruto	3h	6h	9h	12h	15h	18h	21h
pH		-	8,3	9,0	9,0	9,0	9,3	9,4	9,5	9,4
Cor aparente		Pt.Co <sup>-1</sup>	1150,0	154,0	89,0	48,0	24,0	16,0	13,0	7,0
Turbidez		NTU	105,5	20,0	15,0	5,0	5,4	3,2	7,9	4,6
Abs 254nm			7,9	4,6	4,3	3,6	3,0	2,8	2,5	2,5
DQO		mg.L <sup>-1</sup>	935,5	881,3	863,3	846,0	812,2	778,2	774,0	719,8
DBO		mg.L <sup>-1</sup>	167,0			42,0				36,0
COT		mg.L <sup>-1</sup>	323,5			239,0				204,7
Toxicidade aguda Microtox <sup>®</sup>		CE <sub>50,15 min</sub> (%)	62,2			80,8				79,7
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )		mg.L <sup>-1</sup>	33,0			8,0				4,0
Nitrogênio Amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)		mg.L <sup>-1</sup>	490,0			397,5				307,5
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		mg.L <sup>-1</sup>	64,1			7,3				nd
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		mg.L <sup>-1</sup>	46,0			6,0				5,0
Sólidos Totais		mg.L <sup>-1</sup>	5649,0	5511,0	5727,0	5752,0	5625,0	5572,0	5560,0	5570,0
Sólidos Fixos		mg.L <sup>-1</sup>	4252,0	4066,0	4403,0	4372,0	4279,0	4220,0	4220,0	4301,0
Sólidos Voláteis		mg.L <sup>-1</sup>	1397,0	1445,0	1324,0	1380,0	1346,0	1352,0	1352,0	1269,0
Metais	Al	mg.L <sup>-1</sup>	0,1474	0,1388	0,1402	0,1109	0,1425	0,1446	0,1642	0,1538
	Ag		0,1053	0,0090	0,0050	0,0050	0,0064	0,0116	0,0049	0,0046
	Cd		0,0049	0,0048	0,0048	0,0039	0,0037	0,0060	0,0049	0,0049
	Cr		0,0205	0,0155	0,0174	0,0145	0,0126	0,0169	0,0149	0,0635
	Zn		0,1277	0,1378	0,1474	0,0787	0,0875	0,0930	0,1092	0,0599
	Pb		0,0261	0,0262	0,0272	0,0267	0,0257	0,0278	0,0244	0,0126
	Mn		0,8867	0,6525	0,6228	0,1556	0,1754	0,1425	0,2135	0,0814
	Ni		0,0989	0,1089	0,0981	0,0865	0,0877	0,0887	0,0889	0,0867

Com relação aos dados apresentados na Tabela, observou-se ainda, uma remoção de 95,7% de turbidez (NTU). Os compostos que absorvem em 254 nm, são relacionados à matéria orgânica recalcitrante, na forma de compostos húmicos, fúlvicos e huminas, no processo de ozonização do lixiviado testado foi capaz de remover 69% destes.

O processo de ozonização testado nesse trabalho está sendo avaliado como pré-tratamento do lixiviado bruto, com o intuito de reduzir a utilização de reagentes, bem como a geração de lodos, normalmente encontrada nos processos convencionais de tratamento físicos e físico-químicos. Nesse sentido não se esperava uma remoção de DQO muito elevada, observada no presente trabalho 23% de remoção. No entanto, com relação à remoção de DBO, verificou-se uma considerável remoção, de 78%, chegando a valores de DBO de 36 mg.L<sup>-1</sup>, compatíveis com os padrões de lançamento exigidos nas Resoluções CEMA 0070 (2009) e 430 (2001), do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Paraná e do Conselho Nacional do Meio Ambiente, respectivamente. O processo de ozonização permitiu ainda, uma remoção de COT de 37%.

Os resultados revelaram que a cor aparente após tratamento por ozônio durante 21 horas, sofreu uma redução efetiva de 99,39% e a Figura 1 apresenta o aspecto apresentado pelo lixiviado bruto e após período de tratamento.



**Figura 1 – Variação da cor do lixiviado em todo o processo de tratamento.**

De acordo com os ensaios de toxicidade aguda, realizado em Microtox, verificou-se para o lixiviado bruto CE50,15min de 62,2% e para o lixiviado tratado pelo processo de ozonização CE50,15min de 81%. Esses resultados permitem concluir que o lixiviado bruto apresenta características de toxicidade e ainda, que o processo de ozonização foi suficiente, para que em 9 horas de tratamento, o lixiviado passasse a apresentar características não tóxicas, de acordo com classificação apresentada por Bulich (1982), apresentada na Tabela 2. Verificou-se ainda que o processo de ozonização permitiu uma diminuição do fator de toxicidade (FT) do lixiviado, dado pela razão:  $FT = 100 / CE_{50,15 \text{ min}}$ .

**Tabela 2 – Classificação da toxicidade aguda**

Valores de CE50	Classe das Amostras
< 25%	Muito Tóxica
25% - 50%	Tóxica
51% - 75%	Moderadamente Tóxica
>75%	Levemente Tóxica

Fonte: BULICH (1982).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que o processo de ozonização, nas condições testadas, apresentaram-se como um processo tecnicamente viável para a redução de material recalcitrante, pode ser usado como pré-tratamento de sistemas convencionais de tratamento de lixiviado e ainda, como uma alternativa aos processos convencionais de pré-tratamento, com a vantagem de não geração de lodo.

Cabe ainda ressaltar, que o uso de ensaio ecotoxicológico tem sido uma ferramenta eficaz na avaliação da toxicidade em amostras de lixiviado de aterro sanitário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WPCF *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition. Washington. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington-DC, USA, 1998
2. BULICH, A.A. *A practical and reliable method for monitoring the toxicity of aquatic samples*. Process. Biochem. March/ April, 45-47, 1982.
3. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma Técnica: *Teste de toxicidade com a bactéria luminescente Vibrio fischeri* - método de ensaio. L5.227. 11p. 2001.

4. CEMA. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Licenciamento Ambiental: Empreendimentos Industriais. Resolução nº. 0070, 69p. 2009.
5. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Condições e padrões de lançamento de efluentes*. Resolução nº. 430, 8p. 2011.
6. GOUVEIA, N. *Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental*. Saúde e Sociedade, v.8, n.1, p.49-61, 1999.
7. NOGUEIRA, R. F.; JARDIM, W. F. *A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental*. Revista Química Nova, 21(1): 69-71. 1998.
8. Von GUNTEN, U. *Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation*. Water Research, v. 37, n. 7, p. 1443-1467, 2003.