

### III-393 - TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERRO SANITÁRIO ATRAVÉS DE PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO (FENTON COMBINADO COM UV)

**Wagner Luis Massarotto<sup>(1)</sup>**

Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Lacyr João Suerzut<sup>(2)</sup>**

Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Renan Almeida Guerra<sup>(3)</sup>**

Aluno de Iniciação Científica do curso de Engenharia Química da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Maristela Silva Martinez<sup>(4)</sup>**

Professora Pesquisadora da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Luciano Farias de Novaes<sup>(5)</sup>**

Professor Pesquisador da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Unaerp Campus Ribeirão Preto - Av. Costábile Romano, 2.201 Ribeirânia - Ribeirão Preto-SP - CEP 14096-900 (16) 3603-7000 - e-mail: luciano@thesis.eng.br

#### RESUMO

Não existe um tipo de tratamento ideal para o lixiviado gerado nos aterros sanitários, pois cada aterro apresenta características particulares e com o passar do tempo as suas características alteram consideravelmente (idade do aterro) o que demanda uma avaliação do tipo de tratamento viável e eficiente para cada caso. Como estas águas residuárias apresentam elevada carga orgânica, principalmente no seu estado jovem (maior concentração de matéria orgânica biodegradável) os processos biológicos estão sendo avaliados para o seu tratamento, sendo indicado um pós-tratamento por oxidação química a medida que o tempo se passa, pela maior parcela de material recalcitrante que o lixiviado tende a apresentar. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de lixiviados de aterro sanitário através de tratamento por processo oxidativo avançado, sendo para tanto utilizado Fenton combinado com UV.

O processo de oxidação utilizando Fenton em escala de laboratório foi realizado em duas etapas distintas, sendo estas: primeira etapa (foi realizada oxidação do lixiviado utilizando somente Fenton); segunda etapa (foi realizada oxidação do lixiviado utilizando Fenton combinado com Radiação UV). Para a realização dos experimentos foram utilizados os seguintes equipamentos: reator de bancada (~10L), equipado com agitação mecânica, bomba para circulação do lixiviado tipo diafragma e um esterilizador com lâmpada UV 15W de potência. De posse dos resultados obtidos pode-se concluir que os processos oxidativos avançados possuem imenso potencial de serem utilizados no tratamento de lixiviados de aterro sanitário, principalmente quando o aterro já está gerando lixiviados velhos, ou seja, que possuem matéria orgânica recalcitrante.

**PALAVRAS-CHAVE:** aterro sanitário, chorume, peróxido de hidrogênio.

#### INTRODUÇÃO

O método de disposição final de resíduos sólidos urbanos, conhecido como aterro sanitário, aplica conhecimentos de engenharia e segue normas pré-estabelecidas de planejamento, construção e operação, minimizando riscos e problemas ambientais. No Brasil, em 1997 foi lançada a norma técnica relativa aos critérios de localização de aterros sanitários, a NBR 13896, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A partir da década de 1990 há um crescente desenvolvimento e aprimoramento de métodos de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários. A localização do aterro é criteriosamente selecionada, planejada e preparada. Em aterros sanitários, o resíduo sólido urbano é depositado em finas camadas, compactado e coberto com argila no final de cada operação (QASIM & CHIANG, 1994). Porém, um dos grandes problemas encontrados no gerenciamento de aterros sanitários de resíduos urbanos diz respeito à produção e ao tratamento do lixiviado produzido. Especialmente nos casos onde o aterro sanitário está situado em áreas com uma alta pluviosidade, a produção de lixiviado é abundante, conseqüentemente o risco de contaminação do solo, de lençóis freáticos e de leitos de rios é relativamente alto, podendo gerar um forte impacto ambiental. Lixiviados de aterros sanitários geralmente contêm altas concentrações de compostos orgânicos, nitrogênio amoniacal, o mesmo acontecendo em relação a metais pesados e sais inorgânicos (GARCÍA et al., 1997).

O lixiviado é formado pela solubilização de componentes do lixo na água, principalmente da chuva. Essa água fica em contato com o lixo durante certo período e, por ação natural da gravidade, percola através da porosidade existente até encontrar uma camada impermeável do solo, formada por rochas, ou mesmo superfícies previamente preparadas para receber o lixo, onde acumula e escoar. Nos aterros sanitários, onde ocorre a disposição planejada dos resíduos sólidos, normalmente o chorume é canalizado para um tanque a céu aberto, podendo haver ou não um pré-tratamento, e desse reservatório, em alguns casos, é despejado em bacias hidrográficas. A poluição das águas pelo chorume pode provocar endemias ou intoxicações, se houver a presença de organismos patogênicos e substâncias tóxicas em níveis acima do permissível (SISINNO, 2000).

Atualmente existem muitos estudos sobre tratamento de lixiviados gerados em aterros sanitários. Cada um deles procura levar em conta os fatores que facilitam o tratamento, de acordo com os recursos, as circunstâncias, as técnicas existentes e as características dos locais dos lixiviados.

Devido as altas concentrações de materiais recalcitrantes presentes nos lixiviados, principalmente nos aterros sanitário de meia vida, os processos de tratamento biológico não são aconselháveis, sendo recomendado a utilização de processos alternativos como os oxidativos avançados.

Desta forma, não existe um tipo de tratamento ideal para o lixiviado gerado nos aterros sanitários, pois cada aterro apresenta características particulares e com o passar do tempo as suas características alteram consideravelmente (idade do aterro) o que demanda uma avaliação do tipo de tratamento viável e eficiente para cada caso.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de lixiviados de aterro sanitário através de tratamento por processo oxidativo avançado, sendo para tanto utilizado Fenton combinado com UV.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O processo de oxidação utilizando Fenton em escala de laboratório foi realizado em duas etapas distintas, sendo estas:

- primeira etapa: foi realizado oxidação do lixiviado utilizando somente Fenton;
- segunda etapa: foi realizado oxidação do lixiviado utilizando Fenton combinado com Radiação UV.

Para a realização dos experimentos foram utilizados os seguintes equipamentos: reator de bancada (~10L), equipado com agitação mecânica, bomba para circulação do lixiviado tipo diafragma e um esterilizador com lâmpada UV 15W de potência.

Os experimentos constituíram das seguintes etapas:

- 1 – coletou-se uma amostra de 50 mL do lixiviado bruto e condicionou-se em um frasco para análise;
- 2 – coletou-se uma amostra de 1500 mL do lixiviado bruto em um béquer, ajustou-se o pH para 5 empregando para tanto ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e transferiu para o reator;
- 3 – ligou-se o agitador mecânico, controlando a rotação a 100 rpm, e em seguida foi acrescentado ao lixiviado o Peróxido de Hidrogênio e o Sulfato Ferroso, cujas concentrações foram objetos de estudo;
- 4 – após duas horas de oxidação o sistema foi desligado, o lixiviado foi transferido para um béquer, sendo coletado uma amostra de 50 mL em um frasco para análise, neutralizado a ação do  $H_2O_2$  com adição 100  $\mu L$  de um solução de sulfito de sódio ( $Na_2SO_3$ ) 1 molar;
- 5 – em seguida o pH do restante do lixiviado foi ajustado para pH igual a 12, empregando hidróxido de sódio (NaOH), sendo coletado desta mistura uma amostra de 50 mL em um frasco, neutralizado a ação do  $H_2O_2$  com adição de um solução de sulfito de sódio ( $Na_2SO_3$ ) 1 molar e condicionada para análise;

6 – o lixiviado restante no béquer foi transferido para uma proveta de 1000 mL e após 72 horas de repouso (ocorreu a sedimentação) foi coletado uma amostra de 50 mL do sobrenadante e condicionado em um frasco para análise, sendo neutralizado a ação do  $H_2O_2$  com adição de um solução de sulfito de sódio ( $Na_2SO_3$ ) 1 molar.

Na Figura 01 é apresentado fotografia do experimento utilizado no presente trabalho.



**Figura1. Reator de bancada, equipado com agitação mecânica, bomba para circulação do lixiviado tipo diafragma e um esterilizado com lâmpada UV 15 W de potência utilizado no experimento.**

O tempo de reação, ou seja, de exposição a luz ultravioleta dentro do esterilizador, foi calculado conforme Equação 1 (POLEZI, 2003).

$$T_r = \frac{(T_{rec} \times V_r)}{V_{tot}} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$T_r$	=	Corresponde ao tempo de reação em min;
$T_{rec}$	=	Corresponde ao tempo de recirculação em min;
$V_r$	=	Corresponde ao volume útil do esterilizador em L; e
$V_{tot}$	=	Corresponde ao volume total da solução em L.

Para todas as concentrações monitoradas foram analisadas nas amostras de lixiviado bruto e tratado as seguintes análises: Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, cor, turbidez e condutividade. As análises foram realizadas segundo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

Durante a realização do experimento, foram utilizados os lixiviados do aterro sanitário do Município de Jardinópolis – SP, Brasil.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentadas as características físico-químicas dos lixiviados analisados no presente trabalho, ou seja, pertinentes ao aterro sanitário de Jardinópolis.

**Tabela 1. Caracterização físico-química dos lixiviados analisados no presente trabalho.**

Parâmetro	Unidade	Lixiviado pertinente ao aterro sanitário de:
		Jardinópolis
pH	-	7,91
DQO	mg/L	3.343,00
DBO <sub>5</sub>	mg/L	950,00
Condutividade	mS/cm	15,60
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L	4.071,00
Alcalinidade Carbonato	mg/L	1.854,00
Cloretos	mg/L	4.166,00
Fósforo	mg/L	6,98
Amônia	mg/L	2.608,00
Nitrato	mg/L	50,64
Nitrito	mg/L	0,26
Ferro	mg/L	6,42
Manganês	mg/L	0,38
Chumbo	mg/L	0,29
Cádmio	mg/L	0,033
Cálcio	mg/L	22,98
Magnésio	mg/L	36,55
Níquel	mg/L	6,50
Prata	mg/L	0,080
Mercurio	mg/L	0,98
Arsênio	mg/L	3,40
Cobre	mg/L	0,06
Zinco	mg/L	0,49
Bário	mg/L	1,95
Alumínio	mg/L	2,89
Sódio	mg/L	2.419,00
Potássio	mg/L	1.975,00
Sólidos Totais	mg/L	9.095,00
Sólidos Totais Fixos	mg/L	7.106,00
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	1.989,00

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para o tratamento de lixiviado de resíduo sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $\text{H}_2\text{O}_2$  igual a  $1 \text{ gL}^{-1}$  e Sulfato Ferroso  $0,33\text{gL}^{-1}$ , ou seja, relação de 3:1). Constata-se que o tratamento do lixiviado através da aplicação do Fenton ( $\text{H}_2\text{O}_2$  igual a  $1 \text{ gL}^{-1}$  e Sulfato Ferroso  $0,33\text{gL}^{-1}$ , ou seja, relação de 3:1) obteve uma eficiência de remoção de matéria orgânica igual a 19,5%, sendo considerado mais eficiente na redução da cor e turbidez da amostra bruta, no qual foram constatados eficiência de remoção de 94,4 e 97,9%, respectivamente. Assim, é possível constatar que embora exista uma excelente remoção de cor e turbidez do lixiviado avaliado, não ocorre o mesmo comportamento na remoção da matéria orgânica. Uma possível explicação seria que a matéria orgânica existente no lixiviado é complexa e de difícil degradação, sendo que a ação do oxidante Peróxido de Hidrogênio consegue quebrar a molécula orgânica, mas não o suficiente para ocorrer a sua degradação. Assim, verifica-se a possibilidade de realizar novos estudos onde são aplicados pós tratamentos nas moléculas orgânicas já parcialmente quebradas pela oxidação do Peróxido de Hidrogênio.

Tal comportamento também é evidenciado no ensaio em que foi aumentado a concentração de peróxido de hidrogênio na mistura para o valor de  $6 \text{ gL}^{-1}$  combinado com sulfato ferroso na relação 3:1, conforme é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 2. Resultado do tratamento de lixiviado de resíduos sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $1 \text{ gL}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $0,33 \text{ gL}^{-1}$  de sulfato ferroso, relação de 3:1).**

Parâmetros	Amostra Bruta	Após Oxidação			Eficiência (%)		
		pH5	pH12	Sobrenadante	pH5	pH12	Sobrenadante
DQO ( $\text{mgL}^{-1}$ )	708	824	859	570	-	-	19,5
Cor (uH)	2770	10950	8800	154	-	-	94,4
Turbidez (uT)	90	750	705	1,9	-	-	97,9

**Tabela 3. Resultado do tratamento de lixiviado de resíduos sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $6 \text{ gL}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $2 \text{ gL}^{-1}$  de sulfato ferroso, relação de 3:1).**

Parâmetros	Amostra Bruta	Após Oxidação			Eficiência (%)		
		pH5	pH12	Sobrenadante	pH5	pH12	Sobrenadante
DQO ( $\text{mgL}^{-1}$ )	801	843	671	822	-	16,2	-
Cor (uH)	3070	17450	20400	76	-	-	97,5
Turbidez (uT)	104	2490	3735	8	-	-	92,3

Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos para o tratamento de lixiviado de resíduo sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $\text{H}_2\text{O}_2$  igual a  $1 \text{ gL}^{-1}$  e Sulfato Ferroso  $0,33 \text{ gL}^{-1}$ , ou seja, relação de 3:1) combinado com radiação ultravioleta com lâmpada 15 W e tempo de reação calculado igual 68 min. Verifica-se que no processo de degradação da matéria orgânica presente no lixiviado do aterro sanitário de Jardinópolis utilizando Fenton (relação 3:1) a inserção da radiação ultravioleta com lâmpada de 15W melhorou a eficiência do sistema de 19,5% para 39,2%. A eficiência de degradação da matéria orgânica melhorou ainda mais quando aumentou a concentração de peróxido para  $6 \text{ gL}^{-1}$  combinado com sulfato ferroso na relação 3:1, sendo observados valores de eficiência de remoção de matéria orgânica de 71,2%, conforme é apresentado na Tabela 5.

Desta forma, verifica-se eficiência de remoção de matéria orgânica em torno de 70%, valor este considerado interessante devido a complexidade de tratamento da matéria orgânica presente no lixiviado. No entanto, a concentração de peróxido de hidrogênio na mistura igual a  $6 \text{ gL}^{-1}$  torna-se bastante oneroso o processo de tratamento, o que indica a necessidade de realizar um estudo de viabilidade econômica no tratamento de lixiviados de aterro sanitário através da oxidação com peróxido de hidrogênio. Outro fator que indica a necessidade de continuidade nos estudos é aumentar a potência das lâmpadas com radiação ultravioleta no desempenho da degradação da matéria orgânica presente nos lixiviados de aterros sanitários, uma vez que a utilizada neste estudo foi de 15W.

**Tabela 4. Resultado do tratamento de lixiviado de resíduos sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $1 \text{ gL}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $0,33 \text{ gL}^{-1}$  de sulfato ferroso, relação de 3:1) combinado com radiação ultravioleta (15 W).**

Parâmetros	Amostra Bruta	Após Oxidação			Eficiência (%)		
		pH5	pH12	Sobrenadante	pH5	pH12	Sobrenadante
DQO ( $\text{mgL}^{-1}$ )	780	974	865	474	-	-	39,2
Cor (uH)	2770	12100	11000	180	-	-	93,5
Turbidez (uT)	90	938	810	1,3	-	-	98,6

**Tabela 5. Resultado do tratamento de lixiviado de resíduos sólidos domiciliares utilizando Fenton ( $6 \text{ gL}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $2 \text{ gL}^{-1}$  de sulfato ferroso, relação de 3:1) combinado com radiação ultravioleta (15 W).**

Parâmetros	Amostra Bruta	Após Oxidação			Eficiência (%)		
		pH5	pH12	Sobrenadante	pH5	pH12	Sobrenadante
DQO ( $\text{mgL}^{-1}$ )	801	539	492	231	32,7	38,6	71,2
Cor (uH)	3070	25450	36400	46	-	-	98,5
Turbidez (uT)	104	5250	7880	4,2	-	-	96,0

## CONCLUSÕES

De posse dos resultados obtidos pode-se concluir que os processos oxidativos avançados possuem imenso potencial de serem utilizados no tratamento de lixiviados de aterro sanitário, principalmente quando o aterro já está gerando lixiviados velhos, ou seja, que possuem matéria orgânica recalcitrante. No entanto recomenda-se realizar um estudo de viabilidade econômica pelo uso de processo de tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCIA, H.; RICO, J.; GARCIA, P. **comparison of anaerobic treatment of Leachates from na Urban-Solid-Waste Landfill at Ambient Temperature and at 35°C**. Bioresource Technology ,58, p.273-277, Elsevier Science Ltda, 1997.
2. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998). APHA, AWAA, WPCF. Washington D.C., American Public Health Association. 20th edition
3. SISINNO, C.L.S. et al. **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p.62, 2000.
4. POLEZI, M. Aplicação de processo oxidativo avançado (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) no efluente de uma ETE para fins de reuso. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, 2003.
5. QASIM, S.; CHIANG, W. **Sanitary Landfill Leachate**. Editora TEchnomic Puyblishing Company, Inc. Lancaster, U.S.A., 1994.