

TRATAMENTO POR OZONIZAÇÃO CATALÍTICA DO CHORUME PROVENIENTE DO ATERRO SANITÁRIO DE CACHOEIRA PAULISTA – SP

Lucas André Batista Martins Teixeira, Diovana Aparecida dos Santos Napoleão (*), Hércio José Hizário Filho, Adriano Francisco Siqueira

*Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Básicas e Ambientais, diovana@usp.br, Rodovia Itajubá – Lorena km 74,5, Área I, CEP 12600-970 Lorena - SP

RESUMO

O chorume in natura utilizado neste trabalho foi proveniente do aterro sanitário de Cachoeira Paulista, sendo caracterizado com concentrações elevadas de TOC ($1652,25 \text{ mgL}^{-1}$), DQO ($5106,2 \text{ mgL}^{-1}$) e $\text{DBO}_5/\text{DQO} = 0,040$. Diante da baixa biodegradabilidade do chorume ($\text{DBO}_5/\text{DQO} < 0,2$), utilizou-se a ozonização catalítica, em presença de ferro para viabilizar o tratamento deste efluente. Para este estudo foi elaborado um planejamento fatorial fracionado 2^{3-1} para avaliação das variáveis (vazão de ar, concentração de Fe^{2+} , pH), no qual, o melhor resultado para a redução do COT foi 72,66% e para DQO 51,96%.

Neste estudo objetivou-se a mineralização dos constituintes orgânicos do chorume por meio da ozonização catalítica em presença de ferro, em sistema batelada com reciclo. A partir do tratamento proposto, pretende-se atender as especificações previstas na legislação para descarte do efluente em corpos receptores.

PALAVRAS-CHAVE: Chorume, Processo Oxidativo Avançado, Aterro Sanitário, Ozonização, Tratamento de Efluente

INTRODUÇÃO

Um dos problemas encontrados pela sociedade moderna é resolver a questão da produção do lixo urbano. Com a intensificação do processo industrial, aliado ao crescimento da população e a consequente demanda por bens de consumo, o ser humano produz grandes quantidades de resíduos, que na maioria das vezes são destinados a aterros sanitários (VILELA RIBEIRO, BORGES, 2009). Nos aterros sanitários, a decomposição do lixo ocorre através de processos físicos, químicos e biológicos, resultando frações residuais gasosas e líquidas. Essa decomposição pode ser acelerada por bactérias e a percolação da água da chuva carrega os produtos de degradação para as camadas inferiores do aterro. Neste contexto, o principal problema ambiental associado a este percolado está relacionado aos compostos orgânicos xenobióticos, que apresentam elevada toxicidade (PACHECO e PERALTA-ZAMORA, 2004).

Assim, tecnologias eficientes e viáveis economicamente constituem uma necessidade para reduzir o impacto ambiental relacionado a decomposição do lixo. O Ozônio e os Processos Oxidativos Avançados (POAs) relacionados, tais como O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, O_3/TiO_2 , têm auxiliado como alternativa para o tratamento de tais compostos, apresentando-se bastante eficazes no processo de descontaminação ambiental. A Ozonização Catalítica implica na utilização de íons metálicos como catalisadores do processo, com o objetivo de aumentar a eficiência das reações de ozonização, principalmente na redução da carga orgânica com consumo de ozônio inferior ao da ozonização convencional (ASSALIN; DÚRAN, 2007).

O presente trabalho tem como objetivo o tratamento do chorume em um reator batelada utilizando processo oxidativo avançado por ozonização catalítica, possibilitando a degradação dos constituintes orgânicos e tornando-os biodegradáveis, a fim de que o mesmo após o tratamento esteja de acordo com as normas da legislação para descarte em corpos receptores.

METODOLOGIA

1-Amostra e condição de preservação

O chorume recolhido do aterro sanitário de Cachoeira Paulista foi homogeneizado e acondicionado a $4 \text{ }^\circ\text{C}$, em uma câmara fria, durante todo o período de desenvolvimento das atividades experimentais.

2- Caracterização analítica do chorume segundo parâmetros descritos pelo Artigo 18 da CETESB

Para os métodos analíticos um pré-tratamento específico do lixiviado (calcinação, digestão ácida, extração/destilação ou combinação destes procedimentos) foi realizado e validado antes da determinação dos parâmetros preconizados na legislação ambiental, baseando-se segundo as metodologias do Standard Methods (20ª Edição) (APHA, 1999). Dentre os parâmetros a ser avaliados destacam-se: Demanda química de oxigênio (DQO), Taxa de carbono orgânico (TOC),

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), Nitrogênio (orgânico e amoniacal), Fósforo total, Ferro, Sólidos (ST, STF, STV), Surfactantes aniônicos, Óleos e Graxas e Elementos metálicos.

Para a validação das metodologias empregadas, testes de recuperação (fortificação ou *Spike*) de cada elemento metálico e íons específicos serão realizados, otimizando, assim, a melhor técnica de preparação e determinação analítica, em virtude da complexidade da composição do lixiviado.

3- Aplicação do planejamento fatorial fracionado 2³⁻¹ com 3 pontos centrais e duplicata

O planejamento fatorial fracionado foi considerado, composto de três fatores em dois níveis e com três pontos centrais, em duplicata, utilizando-se o delineamento para avaliar as significâncias e interações dos parâmetros analisados no tratamento de efluente por POA.

As variáveis independentes (fatores) propostas para esta etapa são a vazão de ar, concentração de Fe²⁺ (solução de FeSO₄·7H₂O) e pH. A alimentação do gerador de ozônio será feita por ar, por meio de uma válvula adaptada ao cilindro com ajuste de 0 a 2L min⁻¹. As concentrações de Fe²⁺: 0,2g L⁻¹, 0,35 g L⁻¹ e 0,5 g L⁻¹ correspondem a 0,99;1,74 e 2,49 g de FeSO₄·7H₂O com 99,0% de pureza para 2L de efluente.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as variáveis com os respectivos níveis selecionados e a matriz exploratória fatorial fracionada 2³⁻¹ (aleatorizada), com 3 pontos centrais e em duplicata para

Tabela 1 – Fatores e níveis para o estudo exploratório do tratamento de 2 L de efluente no tempo de 90 minutos

| Fator | Simbologia | Baixo (-1) | Central (0) | Alto (1) |
|---|------------|------------|-------------|----------|
| Vazão de Ar (L min ⁻¹) | A | 1/4 | 2/4 | 3/4 |
| [Fe ²⁺] (g L ⁻¹ de efluente) | B | 0,2 | 0,35 | 0,5 |
| pH | C | 3,0 | 6,0 | 9,0 |

Tabela 2 – Matriz experimental exploratória fatorial fracionada 2³⁻¹, com três pontos centrais, em duplicata, no estudo do tratamento do chorume por ozonização catalítica

| Ensaio | Fator A | Fator B | Fator C |
|--------|---------|---------|---------|
| 11 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | -1 | -1 | 1 |
| 2 | 1 | -1 | -1 |
| 6 | 1 | -1 | -1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | -1 | -1 | 1 |
| 7 | -1 | 1 | -1 |
| 3 | -1 | 1 | -1 |

RESULTADOS

Para o tratamento do chorume por ozonização catalítica desenvolveu-se um planejamento de experimento fracionado variando-se três fatores: vazão de ar, concentração do íon Fe⁺² e o pH do meio, para avaliar as significâncias e interações dos parâmetros analisados no tratamento do chorume.

No início da condução dos experimentos considerou-se um tempo de reação de 60 (sessenta) minutos, com a coleta das amostras num intervalo de cinco minutos. Ao fazer a análise dos resultados notou-se que entre zero e 10 (dez) minutos a reação apresentou-se como de pseudo-primeira ordem e de 10 (dez) minutos em diante a reação foi de ordem zero. A partir desta análise a retirada das amostras passou a ser considerada de 2 (dois) em 2 (dois) minutos no intervalo de zero a 10 (dez) minutos e de 10 (dez) em 10 (dez) minutos no intervalo de 10 (dez) a 60 (sessenta) minutos. O aumento do número de amostras no período de zero a dez minutos teve por finalidade obter uma melhor análise da fase de pseudo-primeira ordem. Para o número de amostras no período de dez a sessenta minutos foi reduzido, pois a variação dos resultados foi pequena e, portanto, não foi necessária à coleta das amostras de cinco em cinco minutos.

Com base nos resultados obtidos, a Tabela 3 apresenta os percentuais de redução do carbono orgânico total (TOC) e demanda química de oxigênio (DQO) em relação ao chorume após 60 minutos de reação por ozonização catalítica.

Tabela 3- Percentuais de redução do COT e da DQO referentes à planilha experimental

| Ensaio | Vazão de ar (L/min) | [Fe ⁺²] (g/L) | pH | % Red. COT | % Red. DQO |
|--------|---------------------|---------------------------|----|------------|------------|
| 1 | 0,25 | 0,2 | 9 | 24,71 | 23,85 |
| 2 | 0,75 | 0,2 | 3 | 62,98 | 40,79 |
| 3 | 0,25 | 0,5 | 3 | 72,66 | 51,96 |
| 4 | 0,75 | 0,5 | 9 | 34,13 | 31,03 |
| 9 | 0,50 | 0,35 | 6 | 60,91 | 35,21 |
| 10 | 0,50 | 0,35 | 6 | 56,38 | 34,71 |
| 11 | 0,50 | 0,35 | 6 | 59,42 | 37,60 |

Para os resultados apresentados obteve-se uma degradação máxima no ensaio 3, ou seja, em pH 3 e utilizando a maior concentração de Fe²⁺. Nesse ensaio, a degradação de COT com o tratamento químico foi de 72,66% (de 1652,25 mg/L para 451,73 mg/L). A degradação da DQO foi correspondente a 51,96% (de 5106,02mg/L para 2452,93 mg/L). A degradação mínima de COT foi observada no ensaio 1, no tratamento químico foi de 24,71% (de 1652,25 mg/L para 1243,97 mg/L) e para DQO foi de 23,85% (de 5106,02mg/L para 3888,23 mg/L). Na análise do Diagrama de Pareto os resultados obtidos para a degradação da DQO os parâmetros de pH e concentração de ferro foram significantivos e para o COT apenas o o pH foi significativo, de acordo com as Figuras 1 e 2.

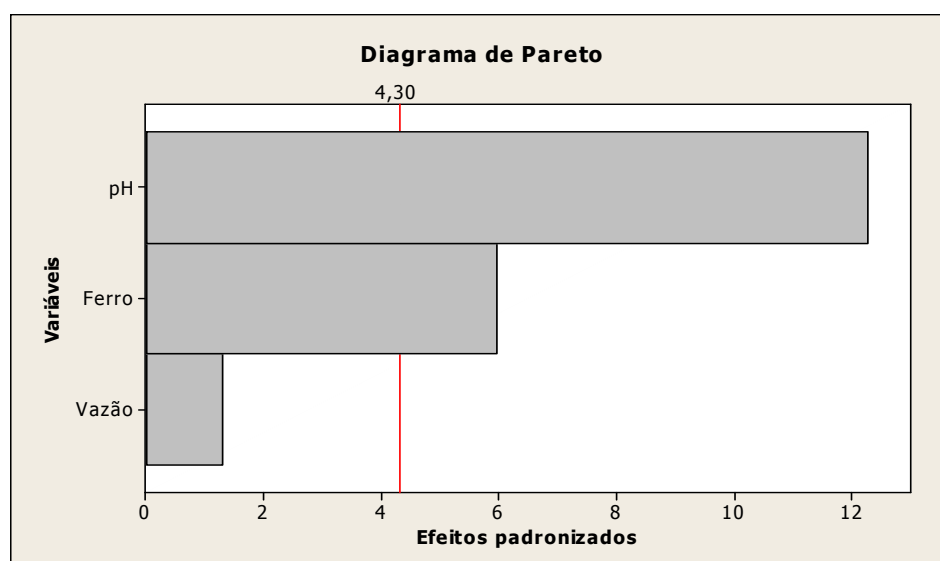


Figura 1: Análise de Pareto para os efeitos sobre a % de DQO

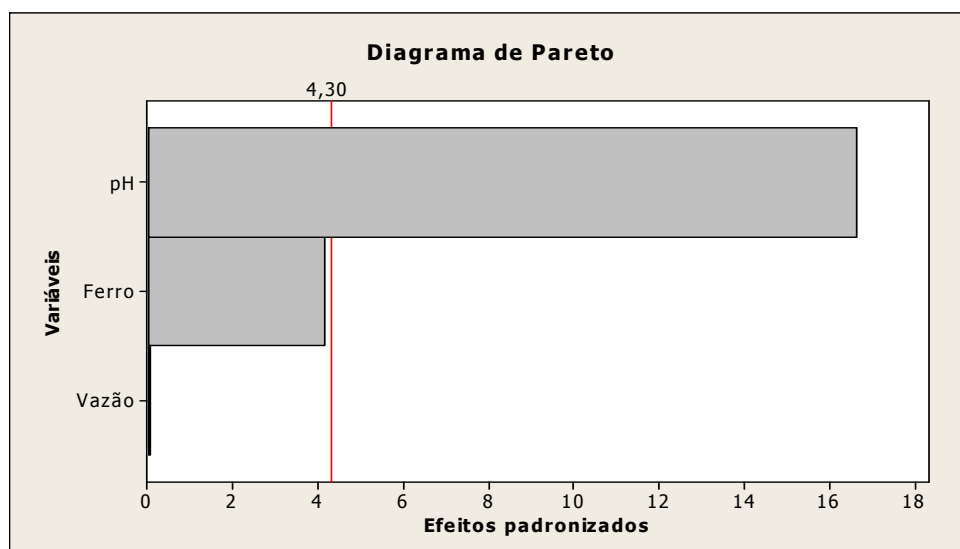


Figura 2- Análise de Pareto para os efeitos sobre a % de COT

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pelo planejamento de experimento, foi possível observar que o fator vazão de oxigênio (referente à quantidade de ozônio que é gerado no sistema) não apresentou significância na remoção da carga orgânica tanto para a DQO quanto para o TOC e a concentração de ferro foi significativa somente para a remoção de DQO. O pH foi significativo para o TOC e para a DQO. Com base no planejamento fatorial foi possível avaliar que o nível inferior de pH (pH 3) e o nível superior da concentração de ferro (0,5 g/L) resultaram numa melhor degradação da matéria orgânica. Outro fator que possivelmente estaria afetando a reação é a vazão de ar que entra no sistema operacional. A baixa vazão utilizada nos experimentos anteriores estaria comprometendo a homogeneização do sistema, além de prover uma quantidade de ozônio reduzida para a reação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VILELA-RIBEIRO, BORGES, E. Uma abordagem normativa dos resíduos sólidos de saúde e a questão ambiental. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient., v. 22, janeiro a julho de 2009. p. 169, ISSN 1517-1256.
2. PACHECO, J. R., PERALTA-ZAMORA, P. G., Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume). Eng. Sanitária Ambiental, 9 (4), 306-311, 2004.
3. ASSALIN, M. R.; DÚRAN, N. Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica. Revista Analítica, pag. 76-86, 2007.
4. APHA, AWWA, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20ª edição, WPCF, New York, 1999.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo suporte financeiro que possibilita a execução do projeto (Proc. 2014/21364-3) relacionado a este trabalho. Ao Laboratório de Análises Ambientais e Hídricas da Escola de Engenharia de Lorena que contribui com a execução das atividades vinculadas ao referido projeto.