

**III-192 – PROCESSO DE OXIDAÇÃO AVANÇADA (UV/H₂O₂) NO
PÓS-TRATAMENTO DE LIXIVIADO ANTIGO:
AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE H₂O₂****Elisângela M^a R. Rocha⁽¹⁾**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Doutora em Eng. Civil/Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba.

Neyliane Costa de Souza

Química Industrial. Doutoranda em Saneamento Ambiental no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Ronaldo Ferreira do Nascimento

Doutor em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos. Professor Associado II do Departamento de Química da Universidade Federal do Ceará.

André Bezerra dos Santos

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Francisco Suetônio Bastos Mota

Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Centro de Tecnologia – Cidade Universitária - Campus I – Castelo Branco – João Pessoa - PB - CEP: 58.0459-900 - Brasil - Tel: (83) 3216-7355- e-mail: elis@ct.ufpb.br

RESUMO

Este trabalho visou aplicar o processo oxidativo avançado (POA) de catálise homogênea (H₂O₂/UV) como tecnologia de pós-tratamento do lixiviado proveniente da estação de tratamento do Aterro Sanitário Oeste Caucaia - ASMOC, localizado no município de Caucaia (Ceará-Brasil). Os ensaios foram realizados em um reator fotoquímico de aproximadamente 453 mL, potência máxima de 105 watts e pH 9. Foram estudadas 3 concentrações de H₂O₂ e os resultados foram analisados em termos de redução da DQO_{total} e descoloração visual do lixiviado. Os melhores resultados foram obtidos na adição de 1% de H₂O₂ no início do sistema em batelada com recirculação, em que se verificou uma redução de aproximadamente 80% de DQO e a descoloração do lixiviado foi perceptível nos 30 minutos iniciais do ensaio. Essa concentração foi adotada para outros testes de otimização do sistema, contudo, o POA de catálise homogênea apresentou-se como uma alternativa de pós-tratamento do lixiviado antigo previamente tratado por lagoas de estabilização.

PALAVRAS-CHAVE: lixiviado, processo oxidativo avançado, UV/H₂O₂.

INTRODUÇÃO

No mundo todo tem sido reportada a ocorrência de substâncias químicas tóxicas como metais pesados, ftalatos, pesticidas, antibióticos, hormônios, anestésicos, antilipêmicos, depressivos, dentre outros, que atingem as águas superficiais por uma variedade de mecanismos, incluindo o descarte de esgoto sanitário sem tratamento, o lixiviado proveniente de aterros sanitários, na lixiviação de solos agrícolas contaminados, e devido à incompleta remoção de muitos compostos químicos nas Estações de Tratamento (ROCHA, 2010).

A composição diversificada dos efluentes pode limitar a eficiência de muitos processos convencionais de tratamento, como por exemplo, os processos biológicos. Neste contexto, os processos oxidativos avançados (POA) têm sido estudados como alternativa para a remoção de poluentes persistentes e de efluentes com elevada carga orgânica. Os POA se baseiam em processos físico-químicos capazes de produzir alterações profundas na estrutura química dos poluentes, e são definidos como processos envolvendo a geração e uso de agentes oxidantes fortes, principalmente radicais hidroxila (HO•) (STASINAKIS, 2008).

Os POA's consistem na geração e uso de espécies transitórias, especialmente o radical hidroxila ($\text{HO}\bullet$) que é altamente oxidante e pode ser formado por meios fotoquímicos ou outras formas de energia. Esse processo possibilita que os constituintes orgânicos (biodegradáveis e não biodegradáveis) sejam completamente mineralizados, além dos mesmos não serem convertidos em lodo, comparando-se com os processos biológicos.

A versatilidade dos POA's é fortalecida pelo fato de existirem diferentes combinações que resultam na formação de radicais hidroxilas. Nas combinações: UV, UV/ H_2O_2 , O_3 /UV e H_2O_2 / O_3 /UV utilizam a fotólise do H_2O_2 e Ozônio para produzir os radicais, enquanto a fotocatalise heterogênea baseia-se na utilização de semicondutores, na adição de H_2O_2 a sais de Fe^{2+} ou radiação UV-visível (PRIMO, RIVERO e ORTIZ, 2008; VILAR e BOAVENTURA, 2008).

De todos os possíveis agentes oxidantes, flúor, cloro, ozônio, entre outros, o peróxido de hidrogênio (potencial padrão de redução, E° , de 2,8 V), geralmente é escolhido devido ao seu baixo custo, por não ser um oxidante específico (como O_3 , por exemplo), podendo ser utilizado em qualquer sistema, ter alto poder oxidante (após o flúor – E° 3 V), facilidade de manuseio e não gera subprodutos. Sua escolha também se dá devido à baixa cinética de oxidação, alta reatividade, geração de radical hidroxila e capacidade oxidar compostos recalcitrantes (SHU *et al.*, 2006; WISZNIOWSKI *et al.*, 2006).

Os processos de tratamento aplicados para lixiviado são, na sua maioria, similares ao tratamento de esgotos domésticos, e considerando a complexidade do lixiviado, outros processos têm sido objetos de pesquisa há muitos anos, mesmo ainda não existindo uma solução ideal, a qual atenda integralmente a todos os requisitos de um sistema eficaz.

No Brasil e em várias localidades do mundo, ainda são utilizados os sistemas de lagoas de estabilização para tratamento do lixiviado. Este sistema prevalece devido aos baixos custos, simplicidade de operação, em que não exige mão de obra especializada, e a boa eficiência na remoção de matéria orgânica, principalmente em locais de clima quente, como o nordeste brasileiro. A remoção dependerá de outros fatores como: regime hidráulico (fluxo pistão, mistura completa ou fluxo disperso), carga orgânica e cinética bacteriana. Entretanto, esses sistemas necessitam de grandes áreas, não atendem a todos os requisitos dos padrões de lançamento como a DQO, e também não são eficazes para remoção de compostos aromáticos, xenobióticos, fármacos, hormônios, metais pesados, entre outros.

No estudo de processos oxidativos avançados alguns parâmetros são fundamentais para a eficiência do sistema, entre eles, a quantidade de H_2O_2 é um fator fundamental e crucial no processo de UV/ H_2O_2 , pois a falta não proporciona a geração de radicais hidroxilas suficientes para o processo, e o excesso inibe o processo devido ao sequestro de radicais hidroxilas, por compostos como os carbonatos.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração inicial de H_2O_2 para definir as melhores condições operacionais de um fotorreator utilizando o processo oxidativo avançado (POA) de catálise homogênea do tipo H_2O_2 /UV como alternativa de pós-tratamento de um lixiviado antigo previamente tratado por um sistema de lagoas de estabilização do Aterro Sanitário Oeste de Caucaia - Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

OBJETO DO ESTUDO

O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste Caucaia (ASMOC), localiza-se no município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. O referido aterro possui uma estação de tratamento de lixiviado composta por 2 (duas) lagoas anaeróbias e 1 (uma) lagoa facultativa. O lixiviado estudado foi coletado no vertedor de saída da lagoa facultativa antes do seu lançamento no corpo receptor (Riacho Garoto).

CARACTERÍSTICAS DO FOTORREATOR

O fotorreator foi confeccionado em geometria anular, composto por um tubo de quartzo central, volume útil de 453 mL, com 7 lâmpadas germicidas (UV) de 15 W de potência, marca Phillips. Para obstrução dos reflexos da radiação ultravioleta, foi instalada uma proteção cilíndrica de aço inox.

O fotorreator foi instalado no Laboratório de Saneamento (Labosan) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará.

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO INICIAL DE H₂O₂

Os experimentos foram realizados em batelada com recirculação da solução e sem recirculação (dados não apresentados), e, também, sem a adição periódica de H₂O₂. As concentrações iniciais de H₂O₂ avaliadas foram: 0,1%, 0,5% e 1% m/v, as quais corresponderam a 10 g L⁻¹, 5 g L⁻¹ e, 1 g L⁻¹, respectivamente, e foram adicionadas no início do processo.

O H₂O₂ na concentração estudada foi adicionado em 1000 mL de solução de lixiviado e o tempo de reação de 3 horas nos experimentos de batelada com recirculação, com retiradas de alíquotas do lixiviado a cada hora. Não houve ajuste de pH, sendo o pH inicial do lixiviado igual a 9 e utilizou-se a máxima potência das lâmpada (105 watts) do fotorreator.

ANÁLISE

O parâmetro analisado foi concentração de DQO inicial e final (método 5220 D - APHA, 2005). Ressalta-se que, a DQO das amostras, após a leitura no espectrofotômetro foi corrigida, pois, o H₂O₂ residual presente nas amostras, durante a digestão libera oxigênio, que reage e consome dicromato de potássio, consequentemente aumenta a DQO final. Sendo assim, para estimar a DQO real da amostra e a eficiência de remoção adotou-se os procedimentos descritos por KANG *et al.* (1999).

RESULTADOS

O lixiviado utilizado neste estudo tinha DQO inicial de 1.339,11 mg L⁻¹, pois a coleta foi realizada no período chuvoso, e o lixiviado estava mais diluído, mas com composição mais complexa decorrente do arraste de materiais.

A redução da concentração de DQO inicial (C₀) e final (C) do lixiviado estudado, em relação ao tempo de experimento, para as três concentrações de H₂O₂, encontra-se na Figura 1. Observou-se que a concentração de 1% de H₂O₂ foi a que forneceu as melhores remoções de DQO. Por exemplo, no tempo de 120 minutos, foi verificada uma remoção de aproximadamente 80%, enquanto que para as outras concentrações, neste mesmo tempo, não atingiram 60% de remoção.

Shu *et al.*, (2006) estudaram os parâmetros operacionais, como dosagem de radiação UV, concentração de peróxido de hidrogênio e carga orgânica de lixiviado bruto visando determinar a eficiência de um fotorreator anular para remoção de cor e DQO, e obtiveram 72 e 65% de eficiência de remoção de cor e DQO, respectivamente.

Kurniawan *et al.*, (2006) afirmam que o sistema UV/H₂O₂ é dependente de algumas condições como: tipo e concentração de contaminantes orgânicos, a transmitância da luz na solução indicada pela turbidez ou cor, da concentração de compostos inorgânicos (carbonatos e ferro), dose de H₂O₂ e o pH do meio.

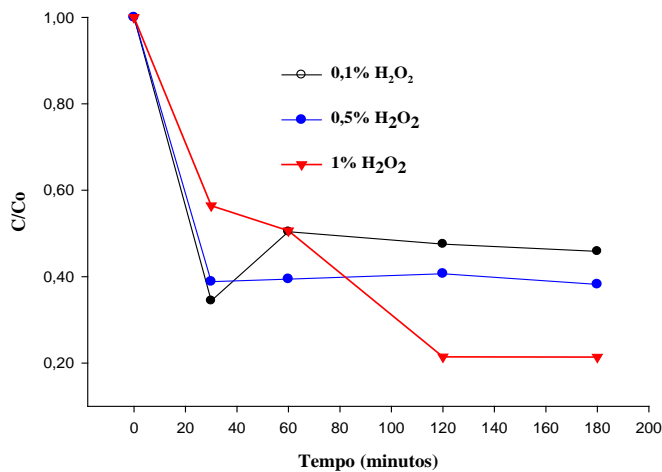


Figura 1: Variação da concentração em termos de DQO do lixiviado (C/Co) versus tempo para as três concentrações de H₂O₂ estudadas no sistema de batelada com recirculação.

A descoloração do lixiviado também pode ser visualmente observada na Figura 2, sendo verificada a diferença drástica da cor do lixiviado bruto e as alíquotas retiradas em 30, 60, 120 e 180 minutos de experimento, nas três concentrações H₂O₂.

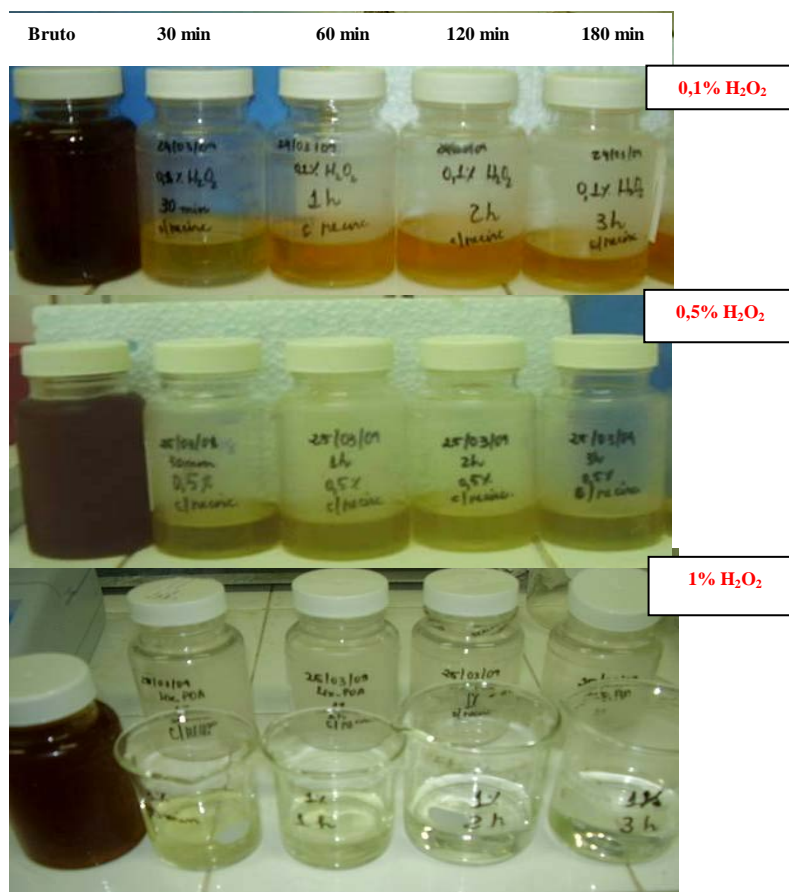


Figura 2: Alíquotas do lixiviado bruto e pós-tratado em 0,1%, 05% e 1% de H₂O₂, sistema de batelada com recirculação.

CONCLUSÕES

A melhor concentração de H₂O₂ foi de 1% H₂O₂, a qual foi adotada para outros experimentos operacionais como efeito de pH e potência da lâmpada.

O processo de oxidação avançada estudado (UV/H₂O₂) foi eficiente na redução da DQO, ou seja, boa redução da carga orgânica recalcitrante presente no lixiviado.

Na concentração de 1% H₂O₂, a mudança de coloração foi perceptível logo nos 30 minutos iniciais do experimento.

Os resultados indicaram que o POA de fotocatalise homogênea (UV/H₂O₂) é uma boa alternativa para o pós-tratamento do lixiviado antigo de aterros sanitários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Processo nº. 577000/2008-2) pelo apoio financeiro para realização da pesquisa, e à FUNCAP e CAPES pela concessão das bolsas de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AWWA – WEF (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th edition. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
2. KANG, Y. W.; CHO, M.; H, K. **Correction of hydrogen peroxide interference on Standard Chemical Oxygen Demand Test**. Wat. Res. Vol. 33, No. 5, 1247-1251 p, 1999.
3. KURNIAWAN, T. A.; LO, W.; CHAN, G. Y.S. Radicals-catalyzed oxidation reactions for degradation of recalcitrant compounds from landfill leachate. Chemical Engineering Journal, v. 125, pp. 35-57, 2006.
4. PRIMO, O.; RIVERO, M. J; ORTIZ, I. Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates. Journal of Hazardous materials, v. 153, pp. 834-842, 2008.
5. ROCHA, E. M. R. Avaliação de sistemas de pós-tratamento de lixiviados por processos biológicos e oxidativos avançados e o desenvolvimento analítico para detecção de e quantificação de compostos recalcitrantes. Universidade Federal do Ceará. Tese de Doutorado, 2010.
6. SHU, H.; FAN, H.; CHANG, M.; HSIEH, W. Treatment of MSW landfill leachate by a thin gap annular UV/H₂O₂ photoreactor with multi-UV lamps. Journal of Hazardous Materials, B129. pp. 73-79, 2006.
7. STASINAKIS, A. S. Use of selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) for wastewater treatment – A mini review. Global Nest Journal, v. 10, nº 3, pp. 376-385, 2008.
8. VILAR, V. J. P.; BOAVENTURA, R. A. da R. (2008). Fotocatálise solar acoplada a oxidação biológica para o tratamento de efluentes contaminados com compostos recalcitrantes. In. XIII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA. 9-13 de março de 2008. Anais. CD-ROM.
9. WISZNIOWSKI, J; ROBERT, D; SURMAEZ-GORSKA, J; MIKSCH, K; WEBER, J.V. Landfill leachate treatment methods: A review. Environ. Chem Lett., pp. 51-61, 2006.