

Tratamento de contaminante emergente por processo eletroquímico

Emerging Contaminant Treatment by Electrochemical Process

RESUMO

Ana Luiza de Oliveira Domingues
anadomingues@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil

Gustavo Martini Delfini
gustavodelfine@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil

Thais Lieme Oshiro
thais_tlo@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil

José Rafael Rossi
joserafael@utfpr.br
Universidade Federal do Paraná, Jandaia, PR, Brasil

Alexei Lorenzetti Novaes Pinheiro
alexelnp@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil

Ricardo Nagamine Costanzi
ricardocostanzi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



A inserção de novos poluentes chamados de emergentes no meio ambiente tem causado impactos nos sistemas hídricos e nas Estações de Tratamento de Água devido à ampla utilização destes compostos e de sua difícil degradação. Devido a este fato, existe a necessidade de técnicas alternativas de tratamento. Neste contexto, os tratamentos eletroquímicos podem ser uma alternativa promissora. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o tratamento de efluente sintético quanto à degradação do fármaco tetraciclina que é um antibiótico amplamente utilizado em sistemas hospitalares e veterinários. O processo de tratamento utilizou como ânodo o eletrodo de Ti/Ru. O delineamento estatístico aplicado aos ensaios de degradação do fármaco foi o Delineamento Composto Central Rotacional. As variáveis independentes aplicadas foram: corrente, pH do efluente bruto e tempo de eletrooxidação. O efluente bruto apresentou DQO média de 122 mg O₂ L⁻¹, pH de 4,02, condutividade elétrica de 30,72 mS cm⁻¹ e concentração de cloridrato de tetraciclina de 87,20 mg L⁻¹. O tratamento eletroquímico apresentou uma baixa remoção da DQO, porém em determinados ensaios o cloridrato de tetraciclina não foi detectado, caracterizando a formação de fragmentos sem mineralização do fármaco.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes Emergentes. Tetraciclina. Efluente hospitalar.

ABSTRACT

The insertion of new pollutants called emerging contaminants into the environment has affected water systems and water treatment plants due to the widespread use of these compounds and their difficult degradation. This fact create a need for alternative treatment techniques. Electrochemical treatments may be a promising alternative in this context. This work aimed evaluated the treatment of synthetic wastewater regarding the degradation of tetracycline drug, which is a widely used antibiotic in hospital and veterinary locals. The treatment process used the Ti/Ru electrodes as anode. The statistical design applied was the Design Central Composite Rotational. The independent variables were electric current, pH and electrooxidation time. The wastewater presented an average COD of 122 mg O₂ L⁻¹, pH of 4.02, electrical conductivity of 30.72 mS cm⁻¹ and tetracycline hydrochloride concentration of 87.20 mg L⁻¹. The electrochemical treatment showed low COD removal. However, tetracycline hydrochloride was not detected in certain tests. This fact indicates the formation of fragments without mineralization of the tetracycline.

KEYWORDS: Emerging Pollutants. Tetracycline. Hospital effluent.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, uma grande variedade de resíduos de fármacos tem sido observada no meio ambiente, em especial no solo, estação de tratamento de esgotos, estação de tratamento de água e em águas naturais (TAUXE-WUERESH et al., 2005).

A principal entrada desses poluentes no ambiente é oriunda da sua utilização intensiva e extensiva como medicamento em humanos e em medicina veterinária (CHAPMAN, 2006). O problema agravante reside no fato de que as ETE não são projetadas para remover poluentes emergentes como antibióticos (XU et al., 2007), que podem assim ser transportados para águas superficiais e subterrâneas. Em última análise, as águas contaminadas podem entrar nos sistemas de distribuição de água.

Assim, este estudo aborda o poluente emergente antibiótico cloridrato de tetraciclina tratado por eletrooxidação em efluente sintético utilizando eletrodo de $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de pesquisa de Físico-Química da UTFPR de Londrina com sistema de eletrooxidação em célula eletroquímica com capacidade de 1000 ml de solução. A célula para a eletrólise foi montada com o cátodo e o ânodo espaçados de 1,0 cm, valores típicos de eletrolisadores comerciais (VIELSTICH et al., 2003).

Os eletrodos da célula eletrolítica foram montados com placas de titânio poroso sinterizado comercial (ASTM. B265 99 – 99,5%) como cátodo e ânodo dimensionalmente estável (DSA) $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$ em formato retangular com área geométrica de 70 cm².

O efluente em tratamento foi mantido em agitação constante por meio de um agitador magnético para tratamento de efluente sintético dopado com antibiótico cloridrato de tetraciclina.

A solução utilizada para reproduzir as características do efluente foi preparada conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Composição Química do Efluente Sintético

Composto	Concentração (mol L ⁻¹)
Cloreto de Sódio (NaCl)	4,30. 10 ⁻³
Cloreto de Cálcio dihidratado (CaCl ₂ .2H ₂ O)	3,06. 10 ⁻⁵
Sulfato de Potássio (K ₂ SO ₄)	1,00. 10 ⁻²
Cloreto de Magnésio hexahidratado (MgCl ₂ .6H ₂ O)	9,30. 10 ⁻⁵
Cloridrato de Tetraciclina (C ₂₂ H ₂₄ N ₂ O ₈ .HCl)	1,93. 10 ⁻⁴

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de monitoramento e os métodos utilizados, seguindo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Tabela 2 – Parâmetros analisados nos ensaios realizados

Composto	Concentração (mol L ⁻¹)
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	5220 D
pH	4500 H+ B
Condutividade (mS cm ⁻¹)	2510 A

Fonte: (APHA, 2012)

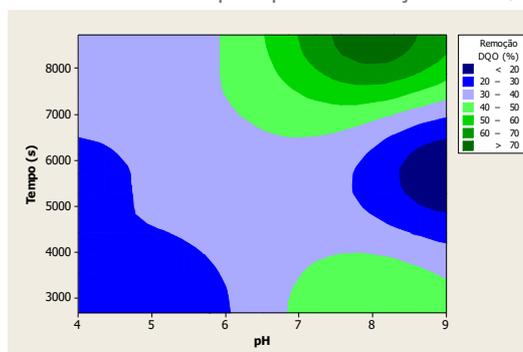
Segundo Mills et al. (1993), os fatores mais importantes que influenciam os processos de eletrooxidação são: condutividade e pH, por esse motivo houve um controle de pH para se obter um efluente sintético de pH variável de 4,00 a 9,00.

O planejamento estatístico aplicado foi baseado no Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). As variáveis independentes estabelecidas para os ensaios foram pH, corrente e tempo. De acordo com o método do DCCR, os esquemas a serem utilizados foram fatorial completo 2³, tendo três variáveis independentes. Para os ensaios foram realizados 8 ensaios nos pontos fatoriais, 6 nos pontos axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 18 ensaios

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de tratamento realizados com as variáveis pH, tempo e corrente elétrica apresentaram resultados que podem ser observados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

Figura 1 – Variáveis tempo e pH na remoção de DQO.

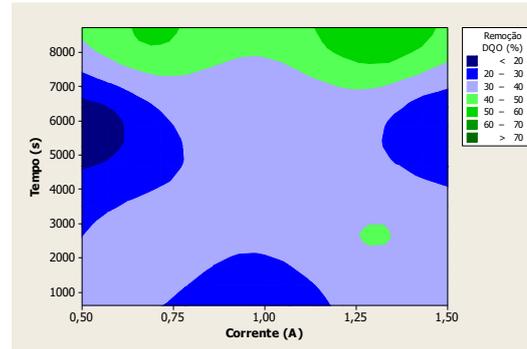


Fonte: Autoria Própria

A remoção de DQO foi maior com valores de tempo maiores e pH na faixa de 8,0. O maior tempo de corrente elétrica permite uma maior oxidação de compostos químicos formados a partir da quebra da molécula de tetraciclina. O pH ótimo na faixa de 8,0 indica uma melhor remoção e atuação em pH alcalino.

A Figura 2 apresenta coerência com o ensaio de eletrooxidação, pois os valores de tempo maiores permitem uma maior remoção de DQO. Porém, para corrente elétrica os maiores valores aparentemente não apresentam resultados muito superiores para remoção de DQO. Observa-se um predomínio da variável tempo sobre a variável corrente elétrica para a faixa de valores realizados nos ensaios.

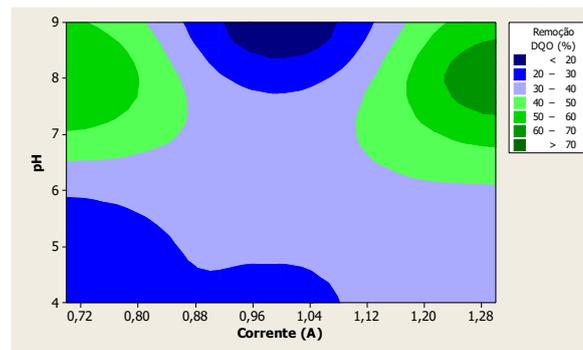
Figura 2 – Variáveis tempo e corrente elétrica na remoção de DQO.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 3, aparentemente valores mais altos de corrente elétrica e de pH promovem uma maior remoção de DQO. Porém, valores de pH alcalinos também auxiliam na remoção de DQO.

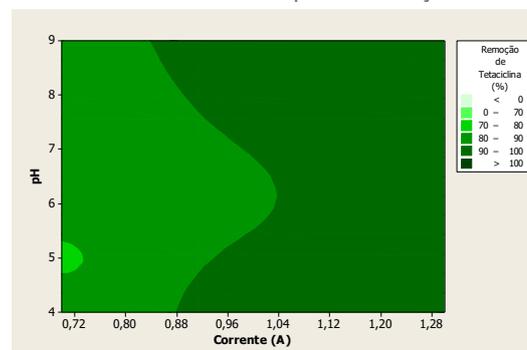
Figura 3 – Variáveis corrente elétrica e pH na remoção de DQO.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 4 apresenta os valores de eficiência de remoção de Tetraciclina. Pode-se observar a necessidade de maiores correntes elétricas para que ocorra a eletrooxidação da tetraciclina.

Figura 4 – Variáveis corrente elétrica e pH na remoção de Tetraciclina.



Fonte: Autoria Própria

A remoção de DQO com faixas de remoção próximas a 70% em comparação com a remoção de tetraciclina com faixas de remoção de até 100% podem ser

explicadas pela quebra da molécula de tetraciclina e formação de compostos mais simples.

Existe a necessidade de uma corrente elétrica de valor mínimo para que ocorra a quebra da molécula de tetraciclina. Porém, para a remoção de DQO, o tempo e a corrente elétrica podem ser variáveis importantes no processo eletroquímico.

CONCLUSÕES

O tratamento eletroquímico utilizando o eletrodo de $Ti/Ru_{0,3}Ti_{0,7}O_2$ como ânodo e placa porosa de titânio como cátodo é eficiente para a remoção do cloridrato de tetraciclina. Ou seja, esta técnica de tratamento pode ser utilizada em Estações de Tratamento de Água para remoção de Tetraciclina.

A eficiência de remoção depende da corrente aplicada e do tempo de aplicação da eletrooxidação, sendo que em condições de maior corrente elétrica e tempo de eletrooxidação nas faixas estudadas permitem maiores remoções da tetraciclina e de DQO.

A porcentagem de remoção de tetraciclina ficou próxima de 100% em alguns ensaios. A remoção de DQO máxima ficou próxima de 70%, que pode ser explicado pela fragmentação da tetraciclina em subprodutos.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd Ed. Washington: American Public Health Association. 1360p. 2012.

CHAPMAN, P. M. Emergin substances: emerging problems? **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 25, n. 6, p. 1445-1447, 2006.

MILLS, A.; DAVIES, R. H.; WORSLEY, D. Water purification by semiconductor photocatalysis. **Chemicals Society Reviews**, v. 23, p. 417-425, 1993.

TAUXE-WUERSCH, A.; DE ALENCASTRO, L. F.; GRANDJEAN, D.; TARRADELLAS, J. **Water Res**, v.39, p.1761, 2005.

VIELSTICH, W.; LAMM, A.; GASTEIGER, H. (Eds.), **Handbook of Fuel Cells: Fundamentals, Technology and Applications**, Chichester: John Wiley & Sons, 2003.

XU, W.H.; ZHANG, G.; ZOU, S.C.; LI, X.D.; LIU, Y.C. Determination of selected antibiotics in the Victoria Harbour and the Pearl River, South China using

highperformance liquid chromatographyelectrospray ionization tandem mass spectrometry. **Environmental Pollution**. v. 145, p. 672-679, 2007.