

TRATAMENTO DE RETARDANTES DE CHAMA ORGANOFOSFORADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA, ESGOTOS TRATADOS E EM RIOS ATRAVÉS DE PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO

Ramon Vinícius Santos de Aquino¹; Otidene Rossiter Sá da Rocha²

¹Estudante do Curso de Química Industrial- CTG – UFPE; E-mail: viniciusramon59@hotmail.com,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Química – CTG – UFPE. E-mail: otidene@hotmail.com.

Sumário: A comunidade científica tem se unido para discutir e encontrar técnicas para solucionar o aumento na presença de micropoluentes em águas tratadas, já que a poluição do meio ambiente por contaminantes em efluentes industriais vem se tornando um grave problema social e ambiental. Neste trabalho foi estudada a degradação dos retardantes de chama TBEP, TBP e TCEP por meio do tratamento fotoquímico UV/H₂O₂, além dos testes de toxicidade com *Artemia salina* para os contaminantes antes e após esse tratamento. O tratamento, em geral, mostrou-se eficiente ao diminuir a toxicidade dos contaminantes.

Palavras-chave: artemia salina; micropoluentes; retardantes de chama; UV/ H₂O₂;

INTRODUÇÃO

Retardantes de chama são compostos utilizados como aditivos, agindo como modificador químico em diversos materiais, fornecendo proteção ao fogo quando aplicado à superfície do material [1]. Entre os retardantes de chama, os que mais causam preocupação em relação ao meio ambiente são os triésteres de ácido fosfórico[2], entre eles estão o Tri (2-butoxietil) fosfato (TBEP), o Tri-butil fosfato (TBP) e o Tri (2-cloroetil) fosfato (TCEP).

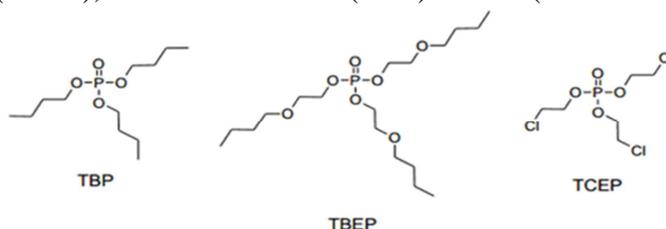


Figura 1. Estrutura molecular dos retardantes de chama organofosforados TBP, TBEP e TCEP.

Para o tratamento destas substâncias houve um crescimento na demanda de tecnologias transformadoras, que é o caso dos processos oxidativos avançados (POA). Alguns métodos de oxidação em compostos orgânicos têm sido utilizados, como os processos de degradação fotoquímica por meio de luz UV e o forte oxidante H₂O₂, formando radicais hidroxila •OH [3].

Para verificar se o POA degradou de maneira eficiente os compostos organofosforados, pode-se utilizar testes com organismos vivos para avaliar a toxicologia após o tratamento da substância. Como opção de baixo custo e de fácil manipulação, utiliza-se como organismo teste o crustáceo *Artemia salina*.

O presente estudo teve o objetivo de verificar a toxicidade dos retardantes de chama TBEP, TBP e TCEP, antes e após o tratamento fotocatalítico UV/H₂O₂.

MATERIAIS E MÉTODOS

Experimentos de degradação

Realizou-se o tratamento fotocatalítico com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) como agente oxidante de degradação para os contaminantes TBP, TBEP, TCEP e solução contendo os três compostos, todas numa concentração de 0,5 mg.L⁻¹. Os experimentos foram conduzidos utilizando recipientes de vidro com capacidade de 300 mL (com dimensões de 7,0 cm de diâmetro e 5,5 de altura). Adicionou-se 200 mL de cada contaminante (à concentração de 0,5 mg.L⁻¹) em cada recipiente de vidro e colocou-se 6,67 mL de uma solução de peróxido de hidrogênio 30 mg.L⁻¹, de modo que o H₂O₂ apresentasse concentração final de 1,0 mg.L⁻¹ para os três contaminantes isolados e, para a solução tripla, concentrações de 1,0 e 3,0 mg.L⁻¹. Agitou-se a mistura formada com bastão de vidro e os recipientes foram submetidos à radiação ultravioleta com lâmpada germicida UV-254 (UV-C, Ecovolume, 30W), pelo período de 6 horas. Após o tratamento, as soluções foram conservadas em frascos âmbar a temperatura de 6°C.

Análises de toxicidade

Os ensaios de toxicidade foram realizados utilizando microcrustáceos do gênero *Artemia salina* submetidas durante 24 horas à água do mar e aos contaminantes. Em um béquer de 1000 mL, colocou-se a água do mar e náuplios de *Artemia salina*, transferindo o recipiente para uma incubadora programada em uma temperatura de 25°C.

Após 24 horas, colocou-se 10 artêmias em tubos de Falcon, completando com água do mar até 2,5 mL. Adicionou-se também 2,5 mL do contaminante em cada tubo (antes e após o tratamento com peróxido de hidrogênio) em quatro diferentes diluições, a partir de uma concentração inicial de 0,5 mg.L⁻¹: 50, 25, 12,5 e 6,25%, em quintuplicata para cada diluição. Em um dos tubos, adicionou-se 5 mL de água do mar e as 10 artêmias, para comprovar que o meio estava adequado para a sobrevivência dos seres vivos em teste. Os tubos com o contaminante e os crustáceos foram colocados na incubadora a 25°C, por mais 24 horas. Após o tempo estabelecido, retirou-se os tubos e, com o auxílio de placas de Petri e lupas de 75 mm de espessura, realizou-se a contagem do número de artêmias vivas e mortas para cada tubo.

RESULTADOS

Foram realizados testes de toxicidade com as amostras de TBP, TBEP e TCEP, verificando a mortalidade dos microcrustáceos em soluções dos contaminantes antes e após o tratamento com H₂O₂/UV. Após as análises, foram obtidos os gráficos que mostram o resultado da concentração letal para 50% da população de artêmias em cada contaminante.

A partir dos gráficos gerados, pôde-se calcular o valor do LC50. A Tabela 1 apresenta os resultados do LC50 para cada solução de organofosforado estudada, antes e após o tratamento com UV/H₂O₂.

Tabela 1: Resultado do LC50 para os contaminantes analisados.

Produto	LC50 (%) sem tratamento	LC50 (%) com tratamento 1,0 ppm H ₂ O ₂ /UV	LC50 (%) com tratamento 3,0 ppm H ₂ O ₂ /UV
Tri (2-butoxietil) fosfato (TBEP)	13,5 ± 0,9	17,5 ± 0,0	-
Tri-butil fosfato (TBP)	10,2 ± 0,5	26,7 ± 2,4	-
Tri (2-cloroetil) fosfato (TCEP)	-	9,1 ± 0,2	-
Solução tripla	4,2 ± 0,7	9,8 ± 0,4	9,0 ± 0,3

DISCUSSÃO

Com exceção do Tri (2-cloroetil) fosfato (TCEP), que apresentou um valor maior de toxicidade após o tratamento com H₂O₂/UV, os resultados mostraram que, em geral, o tratamento diminuiu a concentração letal para 50% da população de artêmias dos retardantes de chama de forma eficiente.

No caso do TCEP, o contaminante antes do tratamento não se mostrou tóxico para os organismos teste, pois o gráfico sequer atingiu a inibição em 50%, tornando o LC50 para este composto incalculável. Logo, o contaminante antes do tratamento apresentou toxicidade muito baixa ou nenhuma. Segundo Fries e Puttmann (2001), o TCEP funciona como um agente neurotóxico e genotóxico, apresentando propriedades mutagênicas; portanto, seria importante confirmar esse resultado fazendo outro teste de toxicidade.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, verificou-se, de forma geral, a eficiência do tratamento fotoquímico utilizando radiação UV. A degradação dos compostos organofosforados se procedeu de forma eficaz com o peróxido de hidrogênio em 6 horas de exposição a radiação UVC, assim como mostram os resultados dos ensaios de toxicidade, com exceção do contaminante TCEP, em que não foi possível verificar a efetividade do tratamento.

Analisar a toxicidade e trabalhar acerca dos compostos formados após a degradação demonstra ser uma boa alternativa para o conhecimento a respeito dos ésteres organofosforados.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho são gratos à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por permitir a realização do trabalho e a Fundação de Amparo a Ciência do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo suporte financeiro para fazê-lo.

REFERÊNCIAS

- [1] EFRA - European Flame Retardants Association. Introductions of Flame Retardants; 2007 Disponível em <<http://www.cefic-efra.com>>. Acessado em: 25.07.2015.
- [2] Fries E, Puttmann W. Occurrence of organophosphate esters in surface water and ground water in Germany. *Journal of Environmental Monitoring* 2001;3:621–6. Available at <http://pubs.rsc.org/>
- [3] Oller, I.; Malato, S.; Sánchez-Pérez, J. A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review. *Science of The Total Environment*. Volume 409, Issue 20, September 2011, Pages 4141–4166