

CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DA REMOÇÃO DE MICROPOLUENTES EMERGENTES EM EFLUENTES

Rafaela Pereira dos Santos¹; Barbara da Silva Andrade²; Luan Gabriel Xavier de Souza³; Marcia Ramos Luiz⁴; Neyliane Costa de Souza⁵.

Universidade Estadual da Paraíba; rafaelapsantos10@gmail.com¹; barbarafn@gmail.com² luanxds@hotmail.com³; marciarluiz@yahoo.com.br⁴; neylianecs@yahoo.com.br⁵.

Introdução

No Brasil, algumas regiões, devido, a suas dimensões geográficas e diversidade climática, sofrem graves problemas de escassez de água, como o Semiárido nordestino. Recentemente, grandes metrópoles e cidades de importância econômica no Nordeste, convivem com problemas de racionamento de água ou falta de água, tanto para consumo humano, como para o desenvolvimento socioeconômico. Os problemas relacionados a quantidade hídrica, podem interferir diretamente na qualidade da água, devido ao acúmulo de poluentes em mananciais ou corpos hídricos que recebem a contribuição de efluentes.

No mundo todo tem sido reportada a ocorrência de fármacos, hormônios, ftalatos dentre outros em efluentes de estações de tratamento de esgotos (ETE's), águas de abastecimento (ETA's) e em outras matrizes ambientais, tais como solo, sedimento e águas naturais em concentrações na faixa de $\mu\text{g/L}$ e ng/L (TERNES, 2001). Esses contaminantes conhecidos também como micro poluentes emergentes atingem as águas superficiais e de subsolo por uma variedade de mecanismos, incluindo o descarte direto de esgoto doméstico, o chorume de aterros sanitários ou na lixiviação de solos agrícolas contaminados e da incompleta remoção nas estações de tratamento de esgotos domésticos (ETE).

Atualmente no Brasil, considera-se água potável, a que atenda aos requisitos estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (SOARES, 2015). Indicadores sanitários são utilizados na condição de instrumentos de identificação precoce de situações de riscos em relação à água consumida pela população que podem resultar em doenças de transmissão hídrica, passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico (BRASIL, 2006).

No entanto, existem poucos parâmetros com micropoluentes ou contaminantes emergentes, que são substâncias encontradas em baixas concentrações, na ordem de microgramas ou nano gramas por litro (mgL^{-1} ou ngL^{-1}), e requerem técnicas analíticas complexas e sensíveis para detectar e quantificar esses contaminantes em matrizes aquáticas.

Nos últimos anos tem aumentado o interesse científico neste grupo de substâncias químicas presentes no ambiente, e que podem interferir no sistema endócrino de humanos e outros animais, afetando a saúde, o crescimento e a reprodução. Maria e Moreira (2007) descreve a cafeína como um dos alcaloides de atividade biológicas mais ingeridos no planeta, onde apresenta ação farmacológica variada, provocando, dentre outros efeitos, alterações no sistema nervoso central, sistema cardiovascular e homeostase de cálcio.

Uma alternativa bastante eficiente na remoção de contaminantes, consiste na utilização de processos fotoquímicos de oxidação. Estes processos baseiam-se na geração *in situ* da radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$) com irradiação da amostra com luz ultravioleta motivando o aparecimento de radical $\bullet\text{OH}$ altamente oxidante, que com ou sem catalisador, são suficientes para alcançar a degradação de compostos orgânicos. São aplicados para o tratamento dos mais variados tipos de contaminantes da água, solo e ar, e ainda proporciona uma redução significativa de resíduos gerados e nas quantidades de reagentes empregados. (TAMBOSI, 2008).

Desta forma, essa proposta de pesquisa se inclui na temática de tratamento de água e efluentes que contenham micropoluentes emergentes como a cafeína, propondo aplicar foto catalise heterogênea, através de um reator com dióxido titânio imobilizado, para remoção de poluentes emergentes em água e efluentes domésticos.

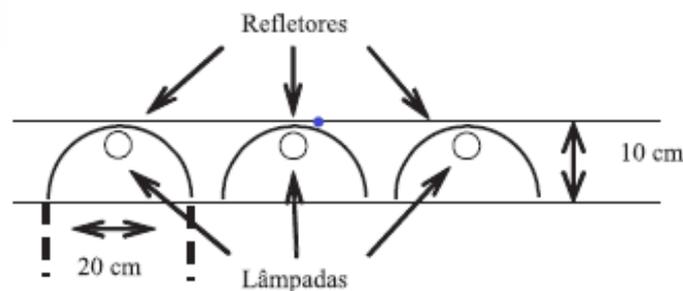
Metodologia

Os experimentos foram instalados e conduzidos no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba campus I, com coordenadas geográficas de 07°13'S e 35°52'W e altitude de 560 m, localizado na cidade de Campina Grande. Com intuito de estudar a degradação do micropoluente (cafeína), foi desenvolvido um reator fotocatalítico de bancada com (TiO_2) imobilizado em placa de vidro jateado de 6 mm de espessura e dimensões de 0,70 m de comprimento por 0,50 m de largura aplicando fonte artificial de UV. O TiO_2 empregado foi o P-25 *Degussa-Hüls* (80% anatase e 20% rutilo, com área superficial de 50 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ e tamanho médio das partículas de 21 nm), seguindo a metodologia de Rochetto (2012).

Para fazer a impregnação do catalisador foi utilizada uma solução contendo 10 g de TiO_2 comercial em 250 ml de água destilada e 250 ml de álcool etílico e acidificada a solução com ácido clorídrico a pH 3.

Como fontes artificiais de radiação UV, foram utilizadas três lâmpadas germicidas (15W) com $\lambda = 250$ nm, dispostas em três refletores semicirculares, posicionados logo acima da placa de vidro com o TiO_2 , sempre na mesma posição e com as mesmas lâmpadas em cada refletor, havendo uma distância de 12 cm entre as lâmpadas e a superfície da foto reator. A Figura 1 mostra o modelo esquemático dos refletores posicionados no reator, a 2 o modelo real.

Figura 1: Representação esquemático dos refletores posicionados no reator.



Fonte: Pascoal (2007).

Figura 2: Reator fotocatalítico de placa planar utilizado no experimento.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os experimentos de fotodegradação foram realizados em bateladas, com recirculação manual para enchimento do recipiente presente na estrutura do reator, de forma a manter seu nível de 5 cm para que a amostra escoasse sobre a placa formando uma lâmina uniforme, sendo capitada por outro recipiente. O tempo de duração da recirculação foram de 5, 10, 15

min. Durante os ensaios foram extraídos de cada uma das bateladas uma alíquota de 100mL como amostras para análises.

Os esgotos sintéticos empregados durante os ensaios feitos em bateladas foram preparados a partir de uma mistura dos seguintes compostos: sacarose, amido, extrato de carne, óleo de soja, NaCl, MgCl₂.H₂O, CaCl₂.2H₂O, NaHCO₃ e detergente comercial dissolvidos em água de abastecimento público local. No que se refere as análises, foram monitorados além da remoção do micropoluinte (cafeína) parâmetros de qualidade de água como DQO e turbidez, para verificação da eficiência do sistema. As análises realizadas seguiram a metodologia descrita no *Standard Methods* (APHA, 2005). Foi realizado 1 único experimento, no tempo de 5, 10 e 15 min, utilizando iluminação artificial de UV.

Resultados e discussão

No ensaio fotocatalítico realizado nos tempos de 5, 10 e 15 min., foram coletadas 4 amostras, a 1° da bruta, 2° da primeira batelada (no tempo de 5 min.), 3° da segunda batelada (no tempo de 10 min.) e a 4° da terceira batelada (no tempo de 15 min.). A partir da extração destas amostras foi feito inicialmente as análises de pH em triplicata. A Tabela 1, apresenta os valores de pH das 4 amostras.

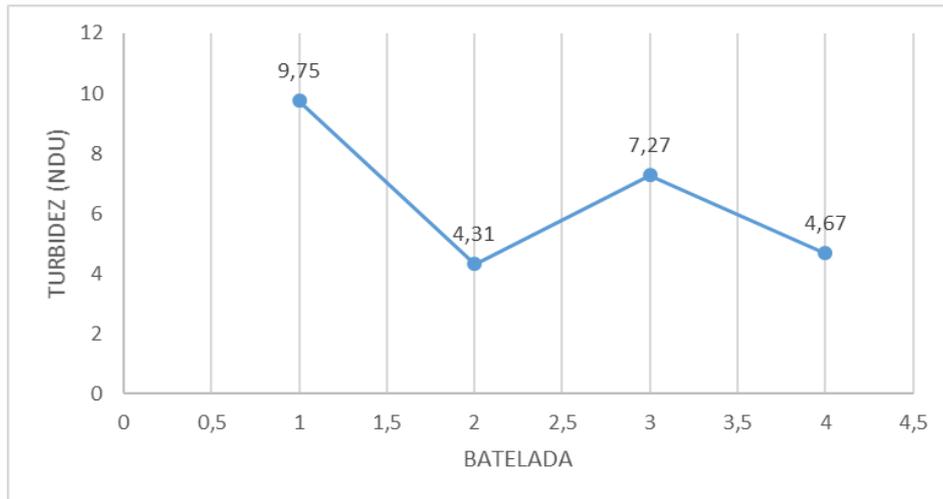
Tabela 1- Valores de pH do efluente do reator com dióxido de titânio impregnando no tempo de 5, 10 e 15 min.

Amostras	Água bruta (0 min.)	1° batelada (5 min.)	2° batelada (10 min.)	3° batelada (15 min.)
1	7,24	7,24	7,28	7,99
2	7,22	7,29	7,29	7,98
3	7,29	7,43	7,3	7,96
MÉDIA	7,25	7,32	7,29	7,98

Observou-se que os valores de pH nos ensaios, ficaram próximos a neutralidade, não havendo muitas variações nos tempos de contato com o reator, o que implica em um aspecto positivo no tratamento de compostos orgânicos, uma vez que presença de íons alcalinos (HCO₃ e CO₃) interfere negativamente no tratamento desses compostos, porém, segundo Legrini, Oliveiros e Braun *apud* Teixeira e Jardim, o carbono inorgânico que compõe a

alcalinidade pode competir com o carbono orgânico na fase oxidativa da fotocatalise heterogênea, através do sequestro de radicais hidroxila. Já para a remoção de turbidez foi observado pequenas variações como mostra a Figura 2.

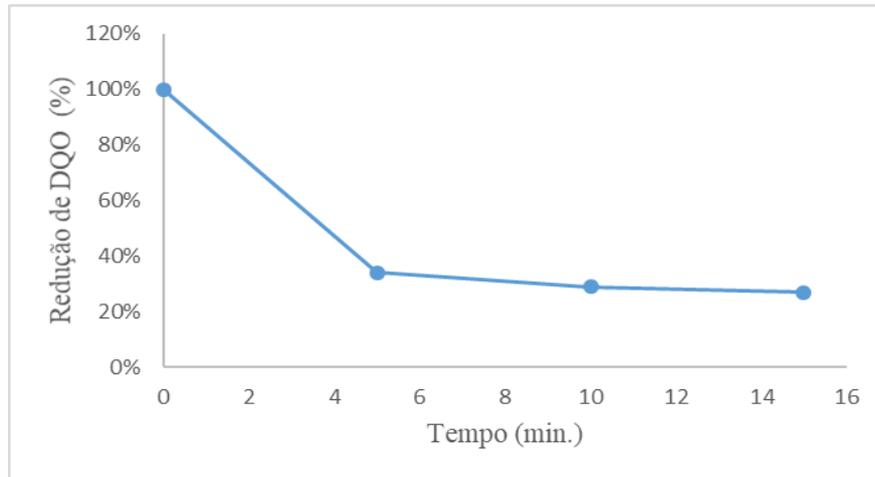
Figura 2 – Turbidez do efluente após bateladas no reator com (TiO₂) impregnado, no tempo de 0, 5, 10 e 15 min.



Nota-se que o menor valor de turbidez se deu no tempo de 5 min, nos demais tempo os valores variaram ente 9 a 4 NTU. A diferença dos dados pode estar relacionada, ao tempo de contato do experimento com o TiO₂ impregnado nas paredes internas do reator. De acordo com Pascoal (2007) para a boa eficiência da fotocatalise heterogênea, é necessária a remoção de turbidez, pois, segundo Rincón e Pulgarin *apud* Ferreira e Daniel, a turbidez elevada dificulta a penetração da luz no interior da solução aquosa, devido ao efeito de dispersão; por conseguinte, será menor a quantidade de fótons que chegará até as partículas de TiO₂.

Apesar da eficiência na mineralização, com uso de catalisador, existem inconvenientes de ordem prática que dificultam o tratamento em larga escala, como dificuldade de penetração da irradiação no meio reacional e separação dos catalisadores que são utilizados na forma de finas suspensões (MELO *et al.*, 2009). Na Figura 4, observaremos os dados referentes ao decaimento relativo da matéria orgânica através da DQO.

Figura 4- Remoção de DQO (%) nas bateladas (5, 10 e 15 min.) realizadas no reator.

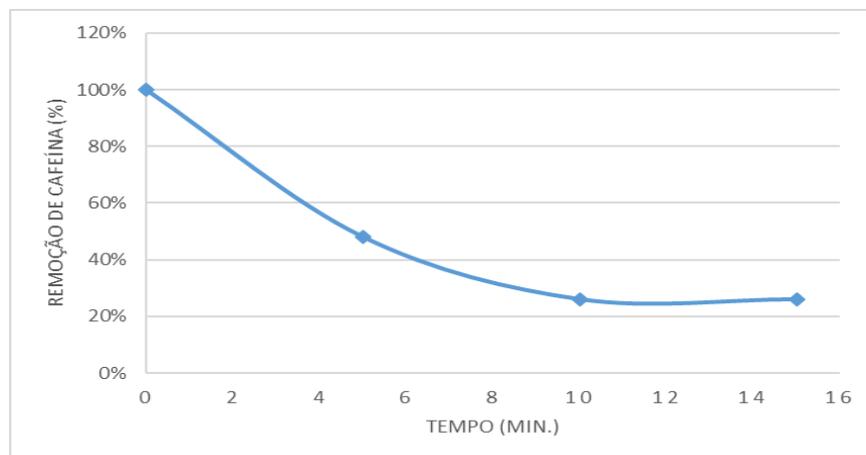


Legenda: o ponto 100% corresponde, a concentração total de DQO do esgoto sintético antes do tratamento.

Podemos verificar que o tempo de 5, 10 e 15 min possibilitou uma boa eficiência na remoção de DQO, uma vez que o ensaio realizado apresentou uma remoção acima de 60%. O desempenho de remoção, inicia a partir dos 5 min. e permanece praticamente constante até os 15 min. o que também pode estar diretamente associado a exposição destas amostras ao TiO_2 , tendo-se em vista que este é tido como melhor foto catalizador na degradação de poluentes orgânicos em meio aquoso, devido a sua elevada estabilidade e poder oxidativo.

Para identificação da remoção de cafeína, empregou-se o método de extração líquido-líquido e realizou-se a leitura em espectrofotômetro, os valores de concentração de cafeína do efluente do reator de (TiO_2) nos tempos de 5, 10 e 15 min., podem ser analisados na Figura 5.

Figura 5 - Remoção da concentração de cafeína (mg/L) no efluente do reator com (TiO_2) nos tempos de 5, 10 e 15 min.



Legenda: o ponto 100% corresponde, a concentração total de cafeína do esgoto sintético antes do tratamento.

Nos dados acima, podemos constatar que os experimentos realizados nos tempos de 5, 10 e 15 min. demonstraram resultados satisfatórios, apresentando uma remoção de cafeína considerável acima de 70% a partir dos 10 min. de contato com o reator, o que nos mostra que o processo de remoção do micro poluente (cafeína) é eficiente através da foto catálise heterogênea.

Considerações finais

O uso de técnicas de processos oxidativos avançados, utilizada neste estudo, como a utilização de dióxido de titânio como catalizador das reações, mostrou-se eficiente na remoção do micropoluentes (cafeína) adicionados nas amostras de efluentes, apresentando-nos uma remoção acima de 70%, assim como também na remoção de DQO obtendo dados com acima de 60% desta remoção. Nas análises de pH e turbidez observamos que não houve variações significativas nos tratamentos realizados. No entanto, diante dos resultados apresentados, podemos afirmar que a fotocatalise heterogênea pode ser aplicada no tratamento de águas residuárias, podendo contribuir para proteção dos recursos hídricos, a partir de pós-tratamento de efluentes na remoção dos poluentes emergentes.

Referências bibliográficas

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Química Nova**, 30:99-105, 2007.

<http://www.iqa.iqm.unicamp.br/cadernos/cadernopoa1.pdf>, acessada em Agosto de 2017.

MELO, S. A. S.; TROVÓ, A. G.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 1, 188-197, 2009.

PASCOAL, S. A.; LIMA, C. A. P.; SOUSA, T. L.; CAVALCANTE, G.G.; VIEIRA, F.F. Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1082-1087, Oct. 2007.

ROCHETTO, U. L. **Degradação de compostos orgânicos voláteis em fase gasosa por fotocatalise heterogênea com TiO₂/UV**. Campinas, SP, 2012.

SOARES, A.F.S.; LEÃO, M. N. D. Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização. **Doutrina internacional:ensaio**, v. 14, n. 24, p. 36-85, 2015.

TERNES, T. A.; JOSS, A., EDS. **Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management**: IWA Publishing, p.453ed. 2006.

TAMBOSI, J. L. Remoção de Fármacos e Avaliação de seus Produtos de Degradação através de Tecnologias Avançadas de Tratamento. **Doutorado em Engenharia Química**. Centro Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 141p. 2008.