

TRATAMENTOS DE ÁGUA COM CONTAMINANTES EMERGENTES POR FOTOCATÁLISE: UMA REVISÃO¹

Gabriele Penso Cassol², Alexandre Tadeu Paulino³

¹ Vinculado ao projeto “Tratamento de águas e efluentes industriais por fotodegradação utilizando hidrogéis contendo $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ imobilizados na forma de magnetita”

² Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Química – CEO – Bolsista PIBIC/CNPq.

³ Orientador, Departamento de Engenharia de Alimentos e de Engenharia Química. – CEO – alexandre.paulino@udesc.br.

Como a água é essencial para a vida humana e afins é necessário que seja preservada e tratada. Não há como negar a presença de contaminantes emergentes (CEs) em águas de abastecimento, subterrâneas e até mesmo potáveis, visto que grande parte dos métodos convencionais de tratamento são ineficientes no processo de remoção. Isso contribui para o seu agravamento, tornando isso um problema ambiental e administrativo, já que há legislações ultrapassadas quanto ao seu controle ambiental. Os CEs podem apresentar vários tipos de substâncias, podendo ser consideradas tóxicas. São em sua maioria produtos fármacos e cosméticos, hormônios, cafeína, aditivos industriais e alimentares e também produtos agrícolas. Para a remoção desses resíduos orgânicos resistentes, novas tecnologias como os Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm se mostrado bastante eficientes e economicamente viáveis, enfatiza-se tratamentos de água por processos de fotodegradação.

Nesse trabalho foi realizada uma revisão da literatura sobre a aplicação de POAs, abordando aspectos teóricos e práticos desse método, com o objetivo de reunir tratamentos de água por fotodegradação, enfatizando estudos de contaminantes emergentes.

A Fotocatálise é um processo homogêneo ou heterogêneo. No processo homogêneo utiliza-se agentes oxidantes como Ozônio (O_3) ou Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) em presença de Luz Ultravioleta (UV). Nesse processo é formado radicais hidroxilas (OH) para a ocorrência do processo de fotodegradação. No processo heterogêneo pode ser empregado semicondutores fotoativados como o Dióxido de Titânio (TiO_2). Os POAs apresentam vantagens, já que mineralizam os poluentes, e geralmente não é necessário um tratamento posterior. Na quantidade correta, não formam subprodutos indesejáveis.

A utilização do Cloro e da luz UV combinados para a degradação do herbicida Atrazina (ATZ), tem mostrado resultados satisfatórios e eficientes, sendo uma opção alternativa a $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ para remoção de alguns poluentes. Esse processo é capaz de degradar micro poluentes presentes em águas potáveis e residuais, e também poluentes persistentes. A radiação UV usada foi de $0,15 \text{ mW/cm}^2$. Em experimentos realizados em reatores de vidro a temperatura de 23°C , adicionou-se alíquotas de Cloro ou soluções de H_2O_2 a soluções tamponadas de pH, agitadas a 150 rpm, contendo 1 mM de ATZ e um constituinte, como sais orgânicos, nas concentrações desejadas. Após, os reatores foram expostos a radiação UV. Posteriormente introduziu-se nas amostras Tiosulfato de Sódio (para terminação do cloro) ou Sulfito de Sódio (para terminação de H_2O_2) antes de serem analisados por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC) com detector de Luz UV. Os resultados obtidos indicaram que a taxa de degradação do ATZ foi acelerada, devido a formação de radicais durante a fotólise do cloro, mostrando-se uma alternativa conveniente.

Devido a presença de fármacos, como a Dipirona, em águas de estações de tratamento de esgoto e de água, buscaram-se novas alternativas de remoção eficiente. Em vista disso, foi avaliado a remoção da Dipirona sódica em meio aquoso, através do processo de fotocatalise heterogênea, utilizando TiO_2 como semicondutor, empregando radiação ultravioleta artificial e/ou solar, com acompanhamento por meio de espectroscopia UV-Visível (comprimento de onda de 258 nm). Analisou-se água ultrapura e água de rio. Em um processo realizado com radiação UV artificial, foi utilizado um reator de dupla jaqueta (borossilicato), e uma lâmpada a vapor de mercúrio inserida em seu interior. O reator foi então introduzido em um recipiente de vidro contendo 1 L de solução da dipirona sódica de concentração de 20 mg L^{-1} a pH de 8,5. A solução foi irradiada por 1 hora, sob agitação constante de 600 rpm a temperatura ambiente e aeração. Algumas alíquotas foram retiradas com o tempo, e filtradas por meio de uma membrana de misturas ésteres, sendo posteriormente analisadas no espectro. Com a radiação UV solar, foi adicionado 1 L de solução de Dipirona sódica recém preparada, concentração de 20 mg L^{-1} em um recipiente plástico, por 3 horas exposto em céu claro. Alíquotas foram retiradas a cada 15 minutos, e posteriormente analisadas no espectro. Pela Dipirona apresentar máximo de absorção de radiação na região do ultravioleta do espectro eletromagnético, propicia-se uma clivagem das ligações químicas que acarretam na degradação do fármaco. Quanto aos resultados, as degradações mostraram-se eficientes em ambos os métodos, removendo mais de 50% do fármaco, e utilizando menores quantidade do catalisador TiO_2 , que reduz o custo do processo. A análise de carbono orgânico total (COT) mostrou que aproximadamente 30% da Dipirona sódica foi mineralizado, supondo a geração de subprodutos.

A degradação de poluentes emergentes por processos Fenton e Foto-Fenton, têm se mostrados promissores na degradação de fármacos, estrogênios e cianotoxinas. O processo Fenton é simples e eficiente, pode ser melhorado incorporando radiação UV, ou visível, sendo uma característica dos processos foto-Fenton. O processo Fenton utiliza íons ferrosos, ou férricos, como catalisadores em meio ácido, que promovem a decomposição de H_2O_2 , gerando radicais hidroxila, capazes de degradar/destruir vários poluentes orgânicos. Em um estudo, foi utilizado um reator fotoquímico de bancada, equipado com agitação magnética e refrigeração por água, que foi assistido por radiação artificial. As amostras analisadas tiveram o pH ajustado com solução aquosa de H_2SO_4 , após adicionou-se Sulfato Ferroso e H_2O_2 . As condições se repetiram no processo foto-Fenton, e uma lâmpada a vapor de mercúrio foi inserida na solução para propiciar a radiação. Durante os processos de degradação, alíquotas de 10 mL foram retiradas em intervalos regulares, filtradas em membrana de acetato de celulose (0,45 mm) e submetidas a controle analítico. Nessa situação, o processo foto-Fenton degradou completamente os contaminantes, e possibilitou uma mineralização mais efetiva.

Por fim, quanto aos impactos na saúde humana, os CEs ocasionam distúrbios endócrinos e hormonais, enfatizando a necessidade de alterar a legislação, para que passe a exigir a remoção e monitoramento desses compostos em águas de uso geral. O desenvolvimento de tecnologias limpas como as mencionadas tem sido eficientes para tratar efluentes com CEs, a fotodegradação não gera resíduos secundários, e é economicamente viável, podendo ser aplicado em indústrias.

Palavras-chave: Tratamentos de água. Processos Oxidativos Avançados. Fotocatalise.