

II-173 - ATIVIDADE FOTOCATALÍTICA DO TiO_2 EM REATOR COM FONTE DE RADIAÇÃO SOLAR NA DEGRADAÇÃO DE EFLUENTE DA INDÚSTRIA PAPELEIRA – INFLUÊNCIA DO pH

Laise Alves Candido⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Flávia Lima Cordeiro de Moura

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Carlos Antônio Pereira de Lima

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

Fernando Fernandes Vieira

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

Geralda Gilvânia Cavalcante de Lima

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Joana d'Arc de Arruda, 42A - José Pinheiro - Campina Grande - PB - CEP: 58407-380 - Brasil - Tel: (83) 3321-9267 - e-mail: laise_candidocg@yahoo.com.br

RESUMO

A fotocatalise é um processo em que há a combinação de fotoquímica e catálise, onde se faz necessário a presença de luz (UV) e de um catalisador (semicondutor), para conduzir a reação química. Geralmente a eficiência de degradação dos processos fotocatalíticos é extremamente elevada frente a inúmeros substratos de relevância ambiental, muitos dos quais são resistentes ao tratamento biológico convencional, como fenóis, fenóis clorados, pesticidas, hidrocarbonetos, corantes, outros compostos de caráter aromático, etc., podendo ser aplicados ao efluente gerado na produção do biodiesel. Este trabalho tem como principal objetivo principal o estudo da degradação fotocatalítica de efluentes da gerados no processo de produção industrial da indústria papelreira. A pesquisa foi realizada nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande-PB, no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA). O sistema experimental consiste de um reator tipo calha parabólica, irradiado por luz ultravioleta natural, TiO_2 em suspensão é utilizado como fotocatalisador. Em cada experimento foi utilizado 1400 mL do efluente e a esse adicionado diferentes cargas do catalisador (0,1% e 0,5 %), diferentes pH (5,0 e 9,0) e diferentes vazões (149,4 L/h e 166 L/h). O efluente permaneceu no reator durante 4 horas sob recirculação e exposição ao sol, durante o período das 10 às 14 horas, estando a parábola do reator voltado para região que favorecesse a maior incidência dos raios solares. Durante o processo, amostras foram retiradas a cada 30 minutos (também foi retirada uma amostra bruta), para acompanhar a taxa de variação de DQO, cloreto, dureza total, alcalinidade. Os maiores níveis de redução foram alcançados para a DQO nos experimentos com pH 5, 0,5% de TiO_2 e vazão de 166 L/h, alcançando 48,16% de redução, com constante cinética da ordem de $3,34858\text{E}-4$. Diante da importância da DQO quando avaliadas as condições para o lançamento de efluentes em corpo d'água, pode-se optar pela aplicação das condições adequadas para redução desse parâmetro. PIBIC/CNPq/UEPB

PALAVRAS-CHAVE: Indústria de papel, Fotocatalise, Constante Cinética, Demanda Química de Oxigênio.

INTRODUÇÃO

No cotidiano de nossas cidades, são produzidas milhares de toneladas de resíduos sólidos. Há muito tempo este resíduo é um dos grandes problemas que o poder público e a sociedade têm enfrentado. A solução mais eficiente é a separação dos materiais recicláveis para o reaproveitamento, transformando o problema do lixo em solução econômica e social.

Segundo o CEMPRE (2007), cada tonelada de papel reciclado poupa cerca de 60 eucaliptos adultos; 2,5 barris de petróleo; 50% da água usada na fabricação normal do papel (ou 30.000 litros); evita um volume de resíduo de cerca de 3m² nos lixões e aterros; gera menos poluição da água (65%) e do ar (26%) do que a fabricação a partir da celulose virgem. Cerca de 40% do resíduo urbano é composto de papel. A reciclagem industrial recupera 30% do papel descartado.

Embora haja redução no consumo de água quando comparamos o processo de produção de papel a partir da celulose extraída da madeira e o processo de reciclagem de aparas, ainda ocorre a geração de grande volume de efluentes. Os principais contaminantes que podem estar presentes nas águas residuárias da indústria de reciclagem de aparas de papel são: reagentes utilizados para obtenção da polpa e recuperação de produtos químicos, substâncias químicas residuais e substâncias solúveis provenientes da lavagem do papel usado.

Devido às elevadas concentrações de compostos minerais (removidos dos papeis a serem reciclados) presentes no efluente, buscou-se avaliar a viabilidade da aplicação de Processos Oxidativos Avançados como tecnologia de tratamento para este rejeito. As vantagens mais significativas deste tipo de procedimento estão representadas pela grande eficiência na degradação de compostos orgânicos tóxicos sem a necessidade de recorrer à utilização de outros oxidantes químicos, mais energéticos e por si só poluentes. A degradação fotocatalítica é conseguida com o auxílio de um fotocatalisador, no caso um semicondutor, e uma fonte de radiação. Um grande número de substâncias pode ser usado como fotocatalisador no processo fotocatalítico. Semicondutores tais como óxido de zinco (ZnO), sulfeto de cádmio (CdS), dióxido de estanho (SnO₂), óxido de tungstênio/dióxido de silício (WO₃/SiO₂), Ag/TiO₂ têm sido utilizados em pesquisas com oxidação fotocatalítica. O catalisador pode ser removido do efluente tratado e reaproveitado, e a energia necessária ao processo pode ser fornecida por uma fonte limpa e inesgotável, como por exemplo, o Sol. Desse modo, optou-se pelo processo fotocatalítico heterogêneo, utilizando-se a radiação solar sobre o catalisador (TiO₂) em suspensão no efluente, sob recirculação em um reator de calha parabólica. O estudo do tratamento de efluentes da indústria de reciclagem de aparas de papel pela oxidação fotocatalítica, tornará disponível uma tecnologia que pode complementar ou substituir técnicas convencionais de tal forma que sejam lançados no ambiente, efluentes com uma menor carga poluidora, contribuindo com o aumento da qualidade de vida das comunidades que habitam nas proximidades dos mananciais, que recebem tais efluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande - PB, no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

SISTEMA EXPERIMENTAL

O sistema experimental consistia de um reator fotocatalítico do tipo calha parabólica, com reservatório com capacidade para 1400 mL de efluente, irradiado por luz solar. O reator fabricado em alumínio possui dimensões de 70 x 50 cm, e possui um tubo de vidro pirex transparente localizado no foco da parábola, objetivando direcionar maior quantidade de radiação para o efluente (Figura 1).



Figura 1. Reator fotocatalítico tipo calha parabólica

O dióxido de titânio em suspensão foi utilizado como fotocatalisador, permitindo o estudo da eficiência na degradação do efluente gerado em processos de produção de papel, cedido por uma indústria de papel localizada na cidade de Campina Grande. Essa redução ocorrerá sob a ação de diferentes cargas do catalisador (TiO_2), diferentes pH e diferentes vazões.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Em cada experimento foi utilizado 1400 mL do efluente e a esse adicionado diferentes cargas do catalisador (0,1% e 0,5 %), diferentes pH (5,0 e 9,0) e diferentes vazões (149,4 l/h e 166 l/h). O efluente permaneceu no reator durante 4 horas sob recirculação e exposição ao sol, durante o período das 10 às 14 horas, estando a parábola do reator voltado para região que favorecesse a maior incidência dos raios solares.

Durante o processo, amostras foram retiradas a cada 30 minutos, para acompanhar a taxa de variação de DQO, cloreto, dureza total e alcalinidade. Sendo todas as análises realizadas segundo determinação das normas padrão (APHA, 1998).

Foi realizado um planejamento experimental 2^3 , no qual se obtiveram oito experimentos a serem realizados. O planejamento experimental consiste em avaliar a eficiência de tratamento do efluente frente à variação dos parâmetros: pH, carga do catalisador e vazão. Nas tabelas 2 e 3 são apresentados o planejamento e a matriz experimental utilizados nesta pesquisa.

Tabela 1. Planejamento experimental.

Parâmetros	Níveis	
pH do meio	5,0	9,0
Carga TiO_2 (%)	0,1	0,5
Vazão (L/h)	149,4	166

Tabela 2. Matriz experimental.

Exp.	pH	Carga TiO ₂ (%)	Vazão (L/h)
1	5,0	0,1	149,4
2	5,0	0,1	166
3	5,0	0,5	149,4
4	5,0	0,5	166
5	9,0	0,1	149,4
6	9,0	0,1	166
7	9,0	0,5	149,4
8	9,0	0,5	166

RESULTADOS

A figura 2 apresenta a redução da DQO para os experimentos com 0,1% de carga de catalisador e vazão de 149,4 l/h, variando o pH.

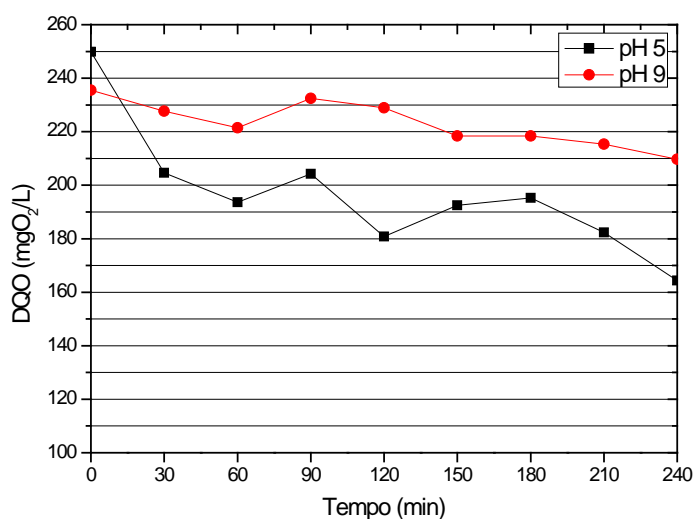


Figura 2 – Redução da DQO para experimentos com 0,1% de carga de catalisador e vazão de 149,4 l/h, com pH de 5,0 e 9,0.

A figura 3 apresenta a redução da DQO para os experimentos com 0,1% de carga de catalisador e vazão de 166 l/h, variando o pH.

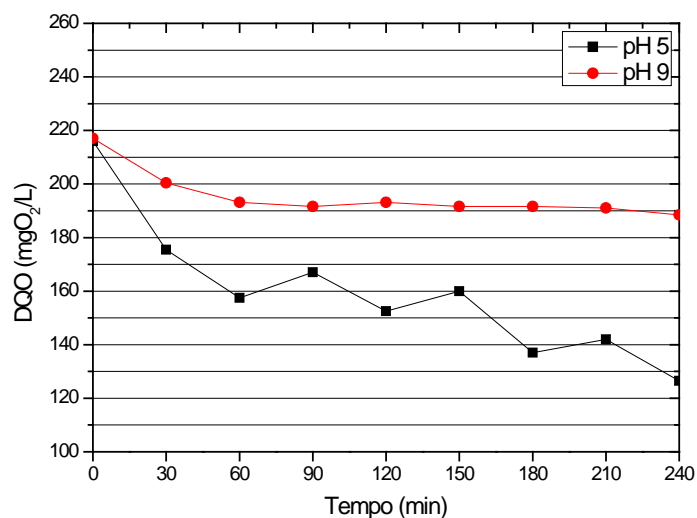


Figura 3 – Redução da DQO para experimentos com 0,1% de carga de catalisador e vazão de 166 l/h, com pH de 5,0 e 9,0.

A figura 4 apresenta a redução da DQO para os experimentos com 0,5% de carga de catalisador e vazão de 149,4 l/h, variando o pH.

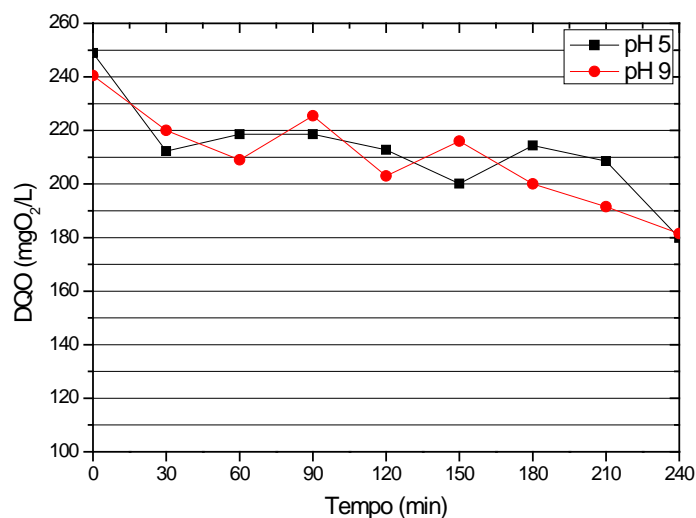


Figura 4 – Redução da DQO para experimentos com 0,5% de carga de catalisador e vazão de 149,4 l/h, com pH de 5,0 e 9,0.

A figura 5 apresenta a redução da DQO para os experimentos com 0,5% de carga de catalisador e vazão de 166 l/h, variando o pH.

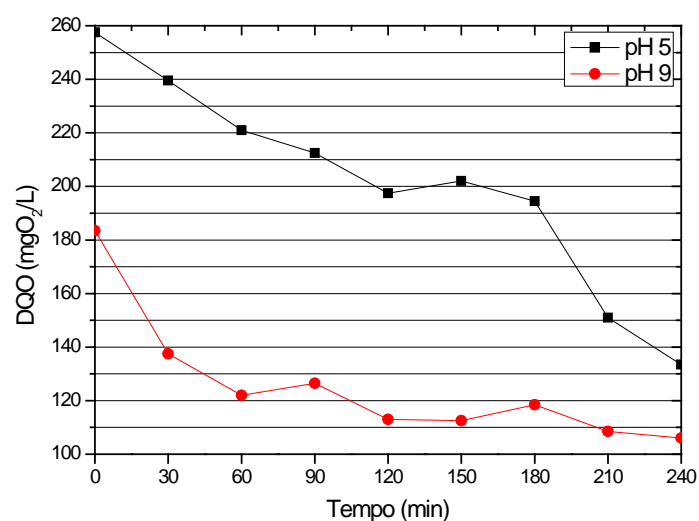


Figura 5 – Redução da DQO para experimentos com 0,5% de carga de catalisador e vazão de 149,4 l/h, com pH de 5,0 e 9,0.

A degradação fotocatalítica da DQO observada durante o processo pode ser avaliada pela eficiência de degradação e pela constante cinética (K) da reação, conforme apresentado nas tabelas 3 e 4, para os experimentos com pH 5,0 e 9,0, respectivamente.

Tabela 3 – Eficiências de degradação e constantes cinéticas de redução da DQO para experimentos com pH 5.

Experimento	DQO Inicial (mgO ₂ /L)	DQO Final (mgO ₂ /L)	Degradação (%)	K (min ⁻¹)
pH 5, 0,1% de TiO ₂ e 149,4 L/h	249,9	164,4	34,21	3,02466E-4
pH 5, 0,1% de TiO ₂ e 166 L/h	216	126,5	41,44	3,02208E-4
pH 5, 0,5% de TiO ₂ e 149,4 L/h	248,9	179,9	27,72	2,40662E-4
pH 5, 0,5% de TiO ₂ e 166 L/h	257,5	133,5	48,16	3,34858E-4

Tabela 4 – Eficiências de degradação e constantes cinéticas de redução da DQO para experimentos com pH 9.

Experimento	DQO Inicial (mgO ₂ /L)	DQO Final (mgO ₂ /L)	Degradação (%)	K (min ⁻¹)
pH 9, 0,1% de TiO ₂ e 149,4 L/h	235,5	209,6	11,00	9,01494E-5
pH 9, 0,1% de TiO ₂ e 166 L/h	217	188,5	13,13	1,27653E-4
pH 9, 0,5% de TiO ₂ e 149,4 L/h	240,5	181,5	24,53	1,79086E-4
pH 9, 0,5% de TiO ₂ e 166 L/h	183,5	106	42,23	4,27961E-4

Os dados acerca do comportamento da DQO durante o processo fotocatalítico permitem identificar as melhores condições para a redução deste parâmetro no efluente da indústria de reciclagem de apara, neste caso, pH 5, 0,5% de TiO₂ e vazão de 166 L/h, alcançando 48,16% de redução da DQO, com constante cinética da ordem de 3,34858E-4.

CONCLUSÕES

Avaliando os dados obtidos, pudemos concluir que o pH 5,0 propicia uma maior degradação da DQO em detrimento de experimentos com pH 9,0, quando mantidos constantes os outros parâmetros. As condições ótimas para a reação foram pH 5, 0,5% de carga de catalisador e 166 l/h, alcançando uma redução de 48,16% da DQO e constante cinética de 3,34858E-4. A maior concentração de TiO₂ ativo, gera mais radicais hidroxila, sendo necessário avaliar a ocorrência de pontos sem irradiação, quando de concentrações muito elevadas. A vazão de 166 L/h permitirá maior taxa de recirculação do efluente, assim como menor possibilidade de sedimentação e/ou acúmulo do catalisador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AWWA.WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15 ed. Washigton, DC: American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1998, 1134p.
2. CASTELLAN, Gilbert W.; Físico-Química Vol. 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1978.
3. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRE. Confira os novos índices de reciclagem de resíduos urbanos no Brasil. 2007. Disponível em: <www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php>. Acesso em: 02 nov. 2010.
4. LIMA, C. A. P.; Contribuição ao Desenvolvimento de um Reator Fotocatalítico Solar: Estudo de Parâmetros Radiativos Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 142p, 2002.
5. MACEDO; Remediação de Águas Residuais por Fotocatálise Heterogênea: Estudo dos Parâmetros Experimentais Aplicados a Fotocatálise Eletroquímica. Londrina: UEL, 2006. Artigo Semina: Ciências Exatas e Tecnologias, Londrina, v. 27, Universidade Estadual de Londrina, 2006.