

COMPÓSITOS MAGNÉTICOS POTENCIALMENTE ÚTEIS PARA DESCOLORAÇÃO DE SOLUÇÕES AQUOSAS

E. A. da CUNHA SILVA¹, W. D. LEONARDO¹, W. P. OLIVEIRA¹, C. A. ESCANIO¹, E.F. da SILVA¹, M. A. OLIVEIRA¹, A.R.T. MACHADO^{1*}

¹ Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia
E-mail para contato: *alan.machado@prof.unibh.br

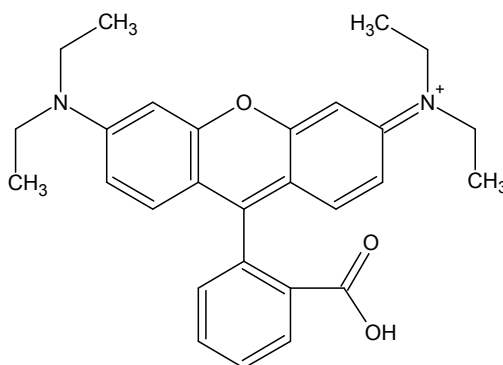
RESUMO – Objetivando o desenvolvimento de métodos alternativos para o tratamento de efluentes aquosos contendo contaminantes orgânicos foram produzidos compósitos à base de óxidos de ferro e óxido de titânio (TiO₂). Para tanto, utilizou-se o método de coprecipitação da magnetita incorporando no meio reacional o TiO₂. Foram produzidos seis materiais variando-se as quantidades de TiO₂ em relação ao teor total de ferro de 0 a 20 % (m/m). As atividades fotocatalíticas desses materiais foram avaliadas utilizando soluções aquosas do corante catiônico rodamina B. Nesse experimento utilizou-se uma lâmpada Ultra-Vitalux E271ES/300W (OSRAM), que permite a simulação da radiação solar. O compósito obtido a partir da incorporação de 15 % do TiO₂ apresentou o melhor desempenho, degradando 92 % do corante rodamina B após 60 min de reação. Na mesma condição reacional o uso do TiO₂ (150 mg/L) reduziu 70 % da concentração do corante. Além disso, experimentos de reuso demonstraram que esse compósito possui boa atividade até o quinto ciclo de reação. Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que o preparo de compósitos é uma alternativa na busca de materiais potencialmente úteis para a degradação de contaminantes orgânicos. Ademais, vale destacar as vantagens do uso desses materiais tais como o baixo custo e a possibilidade de separação por atração magnética.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos associados com os seus impactos negativos tem incentivado a busca por novas tecnologias que permitam minimizar tais impactos. Os efluentes industriais são exemplos desta problemática, tendo em vista o grande volume de água contaminada que é dispensada nos corpos d'água sem um tratamento prévio (Liberatti *et al.*, 2014). Neste contexto, destacam-se as indústrias do segmento têxtil por utilizar grandes volumes de água, principalmente na etapa de tingimento, em que este recurso mineral é utilizado nos processos de tingimento e fixação de corantes (Araújo *et al.*, 2014). Assim os efluentes produzidos por esse segmento podem causar sérios problemas de contaminação ambiental pelo descarte de água contendo corantes orgânicos. Também vale mencionar que atualmente existe uma pressão por parte da sociedade para a busca de alternativas que permitam a descoloração dos efluentes aquosos, especialmente aqueles contaminados por corantes têxteis, uma vez que o descarte inadequado altera significativamente a estética e a qualidade do ambiente atingido por esses contaminantes (Silva *et al.* 2012).

Os corantes de origem orgânica são substâncias com estruturas moleculares complexas, o que confere alta estabilidade química e dificuldade de biodegradação como o caso da rodamina B (Figura 1). Para contornar esse problema, vários grupos de pesquisas tem se dedicado no estudo de processos fotocatalíticos alcançando resultados positivos principalmente por serem métodos sustentáveis, uma vez que são gerados radicais hidroxila, agente fortemente oxidante. Esses radicais podem reagir com compostos de diferentes classes, devido a sua alta reatividade promovendo sua total mineralização para compostos inócuos como dióxido de carbono e água (Nogueira e Jardim, 1998). Os óxidos metálicos semicondutores mais utilizados nesses processos são: TiO_2 , ZnO , WO_3 , SrO_3 e Fe_2O_3 . Destaca-se o TiO_2 devido sua alta atividade fotoquímica, à sua não toxicidade, ao baixo custo, e por apresentar estabilidade química em sistemas aquosos bem como em diferentes valores de pH. (Cervantes et al., 2009).

Figura 1 – Fórmula estrutural do corante rodamina B



Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo sintetizar novos materiais potencialmente úteis para o tratamento de efluentes aquosos contendo contaminantes orgânicos.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1 Síntese dos materiais

Para o preparo dos materiais utilizou-se o método de coprecipitação simultânea de íons de Fe^{2+} e Fe^{3+} . Para tanto, 50 mL das soluções aquosas de sulfato ferroso ($0,25 \text{ mol.L}^{-1}$) e cloreto férrico ($0,50 \text{ mol.L}^{-1}$) foram misturadas. Em seguida foi gotejado lentamente uma solução de NaOH 5 mol.L^{-1} sob agitação mecânica. O precipitado foi lavado com água destilada, filtrado à vácuo e seco à temperatura ambiente. Para o preparo dos compósitos repetiu-se esse procedimento incorporando no meio reacional o óxido de titânio. Assim, foram produzidos cinco materiais (Tabela 1) variando as quantidades do óxido de titânio em relação ao ferro de 0 a 20 % (m/m).

2.2 Avaliação da atividade fotocatalítica

Em um béquer de 500 mL foi adicionado 100 mL de uma solução aquosa de rodamina-B (20 mg.L^{-1}) e 3,0 mL de H_2O_2 20 % (v/v). Em seguida, adicionou-se 0,100 g do material 1. Essa mistura foi exposta durante 60 min à radiação emitida pela lâmpada Ultra-Vitalux

E271ES/300W (OSRAM) que permite a simulação da radiação solar. Durante esse tempo, alíquotas foram retiradas a cada 10 min para determinação do percentual de descoloração. O mesmo procedimento foi utilizado para os materiais 2-6.

Tabela 1 – Materiais sintetizados através da precipitação simultânea de íons de Fe^{2+} e Fe^{3+}

Material	Dióxido de titânio (mg)
1	0
2	100
3	200
4	300
5	400
6	600

2.3 Testes de reuso do material

Este teste segue a mesma metodologia descrita no item 2.2, contudo ao passar 60 min, o material foi separado por atração magnética utilizando-se um ímã de neodímio. Em seguida, adicionou-se mais 100 mL da solução de rodamina-B e 3,0 mL de H_2O_2 20 % (v/v). Esse procedimento foi repetido por cinco vezes.

2.4 Teste de toxicidade frente à *Artemia salina*

Após o teste de descoloração (2.2) a solução final foi submetida ao teste de toxicidade frente ao micro crustáceo *Artemia salina*, seguindo a metodologia Rodriguez *et al.*, 2009.

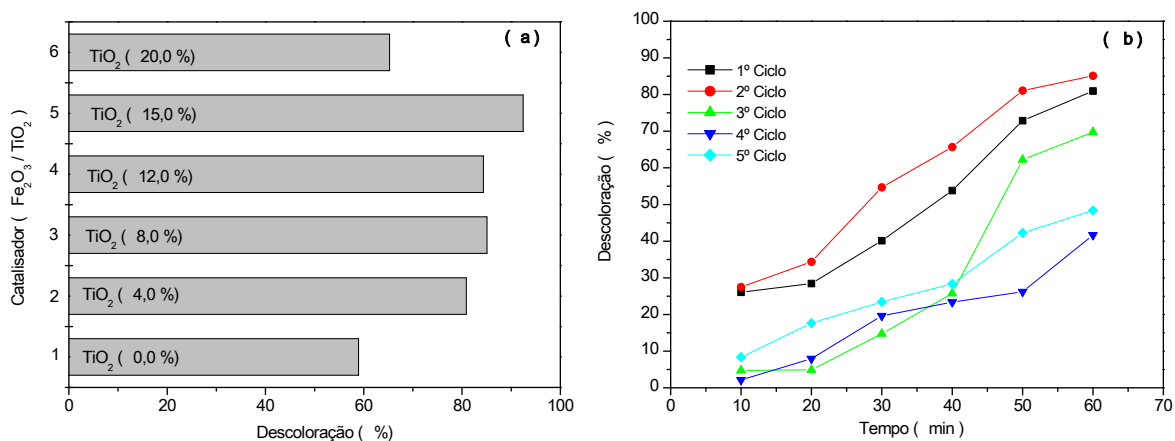
2.5 Caracterização dos compósitos

Os compósitos foram caracterizados por: espectroscopia no infravermelho (IV), utilizando o espectrômetro Perkin Elmer FTIR GX e espectroscopia Mössbauer, as medidas foram realizadas em espectrômetro CMTE modelo MA250, com fonte de $^{57}\text{Co/Rh}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

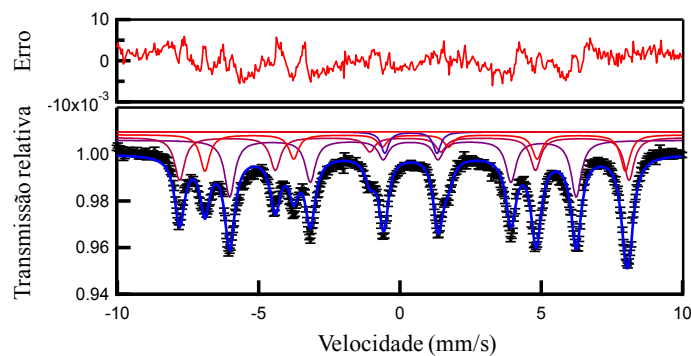
Os compósitos magnéticos apresentaram resultados promissores para descoloração de soluções aquosas. O percentual de descoloração do material 4 contendo 15% de dióxido de titânio, foi o que apresentou o melhor resultado descolorindo cerca de 92% da solução de rodamina B (Figura 2a). Esse resultado também sugere um deslocamento da banda de absorção do TiO_2 para a região do visível. Também vale mencionar que a quantidade de óxido de titânio não foi o fator determinante da eficiência fotocatalítica (Figura 2a). Ademais, o material 4 apresentou boa atividade fotocatalítica até o quinto ciclo (Figura 1b).

Figura 2 – (a) Resultados dos testes fotocatalíticos. (b) Testes de reuso do material 4



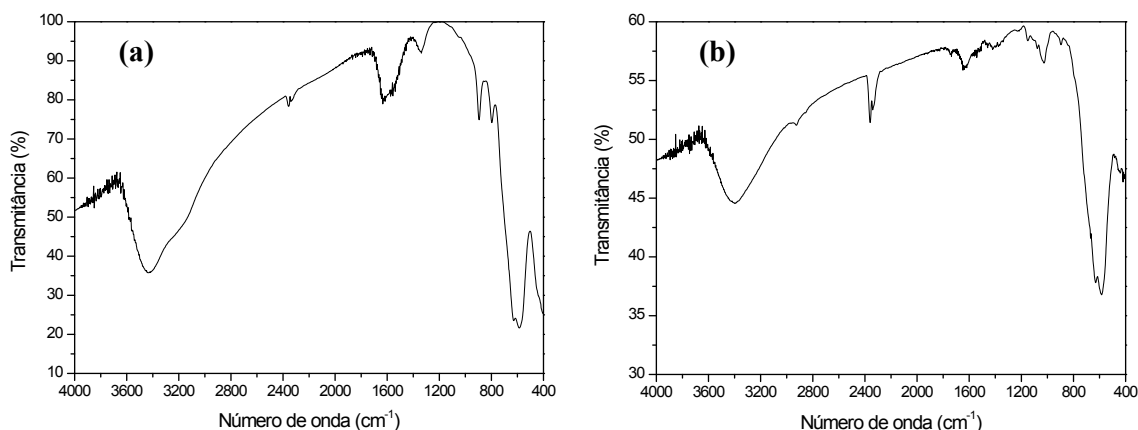
Os espectros Mössbauer obtidos a 298 K apresentaram basicamente dois sextetos característicos de magnetita (Coelho *et al.*, 2005). A Figura 2, ilustra o espectro obtido do compósito 5. Assim, foi possível confirmar as propriedades magnéticas dos compósitos produzidos.

Figura 3: Espectro Mössbauer do compósito 5



A Figura 4a apresenta o espectro de infravermelho do material 1 observam-se bandas de absorção entre 600 e 550 cm^{-1} característica de Fe-O. No espectro de infravermelho obtido do material 4 (Figura 4b) pode ser observado dois em 455 e 494 cm^{-1} , que correspondem às ligações O-Ti-O da fase anatásio cristalino (Costa *et al.*, 2006).

Figura 4 – (a) Espectros de infravermelho do material 1. (b) Espectros de infravermelho do material 4



O teste de toxicidade com as soluções após a descoloração, frente à *Artemia salina*, sugere que a reação não leva a formação de intermediários com toxicidade superior àquela observada para a rodamina B, uma vez que os valores de toxicidade foram iguais estatisticamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do teste de toxicidade frente à *Artemia salina*

Amostras	Mortalidade *(%)
Água	22,5 a
Rodamina (2,0 mg/L)	40,0 a
Rodamina (5,0 mg/L)	48,0 a
Rodamina (10 mg/L)	36,3 a
Solução de rodamina após o teste de descoloração (10 % v/v)	32,0 a
Solução de rodamina após o teste de descoloração (25 % v/v)	39,4 a
Solução de rodamina após o teste de descoloração (50 % v/v)	29,1 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Scott-Knot.

4. CONCLUSÃO

Foi possível, através da metodologia utilizada, obter compósitos magnéticos cujas propriedades fotocatalíticas foram adequadas para a degradação de corantes orgânicos. Novos estudos deverão ser realizados com o intuito de caracterizar esses materiais para otimização do processo de descoloração.

6. REFERÊNCIAS

SILVA, M. C.; CORREA, A. D.; TORRES, J. A.; AMORIM, M. T. S. P. *Descoloração de corantes industriais e efluentes têxteis simulados por peroxidase de nabo (Brassica campestris)*. *Quím. Nova* [online]. 2012, vol.35, n.5, pp. 889-894. ISSN 0100-4042.

ARAÚJO, K. S. ; CUNHA, P. C. R.; URIAS, P. M.; FLORÊNCIO, T. M.; MALPASS, G. R. P. *Estudo da degradação de corantes por eletrocatalise para tratamento de efluentes têxteis*. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014.

CERVANTES, T. N. M.; ZAIA, D A. M.; SANTANA, H. *Estudo da fotocatalise heterogênea sobre Ti/TiO₂ na decoloração de corantes sintéticos*. Departamento de Química, Universidade Estadual de Londrina, 86051-990 Londrina - PR, Brasil, *Quím. Nova* vol.32 no.9 São Paulo, 2009.

RODRIGUEZ, A. G. ; TEIXEIRA, O. M.; SALLES, F. G.; VITAL, J. P.; PEIXOTO, D. S. *Bioensaio com artemia salina para detecção de toxinas em alimentos vegetais*. *Estudos*, Goiânia, v. 36, n. 5/6, p. 795-808, maio/jun. 2009.

LIBERATTI, V. R. ; AFONSO, R. ; LUCILHA, A.C. ; SILVA, P. R. C. ; ANTONIA, L. H. D. *Fotocatalise do azul de metileno na presença de óxido de bismuto sob irradiação de luz UV e solar*. *Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-62, jan./jun. 2014.

COELHO, F. S.; COUCEIRO, P. R. C.; LOPES, A. L.; FABRIS, J. D. *Óxidos de ferro e monazita de areias de praias do Espírito Santo*. *Quím. Nova* [online]. 2005, vol.28, n.2, pp. 233-237. ISSN 0100-4042.

COSTA, A. C. F. M.; VILAR, M. A.; LIRA, H. L.; KIMINAMI, R. H. G. A.; GAMA, L. *Síntese e caracterização de nanopartículas de TiO₂*. *Cerâmica* [online]. 2006, vol.52, n.324, pp. 255-259. ISSN 0366-6913.