



## **Desenvolvimento de materiais alternativos para remoção de poluentes em meio aquoso<sup>1</sup>**

Matheus de Araújo Moura<sup>2</sup>, Willian da Silva<sup>3</sup>, Alexilda Oliveira de Souza<sup>4</sup>

A indústria têxtil vem gerando nos últimos anos quantidades elevadas de efluentes ricos em compostos coloridos que em boa parte é descartado em corpos hídricos sem um tratamento adequado. Com isso, tais espécies acabam inibindo o processo da fotossíntese afetando diretamente o ecossistema local, prejudicando a qualidade da água. Diante desse contexto, o vigente trabalho visou obter materiais com propriedades catalítica e de adsorção partindo de carvão ativado oriundo de resíduos agrícolas, com o intuito de aplicá-los na remoção do corante azul de metileno em meio aquoso. Nesse projeto, os materiais foram preparados utilizando carvão ativado, produzido a partir do caroço do umbu, como suporte para deposição de partículas de óxido de ferro. Os resultados da cinética de adsorção e de degradação mostraram que os materiais sintetizados foram eficientes como adsorvente e como catalisador, tendo eficiência em torno de 75% no processo adsorptivo e 93% no processo catalítico. Além disso, os dados das modelagens cinéticas realizadas evidenciaram que ocorreu adsorção química em todos os materiais e que a ordem de reação da oxidação do corante foi de primeira ordem de reação.

**Palavras-chave:** Adsorção, Catálise, Remoção de Poluentes.

### **Development of alternative materials for the removal of pollutants in aqueous media**

In recent years, the textile industry has generated high amounts of effluents rich in colored compounds that are largely discarded into water bodies without proper treatment. As a result, such species end up inhibiting the process of photosynthesis, directly affecting the local ecosystem, harming water quality. Given this context, the current work aimed to obtain materials with catalytic and adsorption properties starting from activated carbon from agricultural residues, in order to apply them in the removal of methylene blue dye in aqueous medium. In this project, the materials were prepared using activated carbon, produced from the umbu core, as a support for the deposition of iron oxide particles. The results of adsorption and degradation kinetics showed that the synthesized materials were efficient as adsorbent and catalyst, with efficiency around 75% in the adsorptive process and 93% in the catalytic process. In addition, the data from the kinetic modeling performed showed that chemical adsorption occurred in all materials and that the reaction order of the dye oxidation was of the first order reaction.

**Keywords:** Adsorption, Catalysis, Pollutant Removal.

---

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pelo Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

<sup>2</sup> Autor do projeto. Discente do curso Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas, UESB campus Itapetinga.

<sup>3</sup> Co-autor do projeto. Discente do curso licenciatura em química, UESB campus Itapetinga.

<sup>4</sup> Orientadora do projeto. Docente Plena, DCEN- UESB, Campus de Itapetinga.

## Introdução:

O crescimento populacional e a constante demanda por produtos têm impulsionado o crescimento do setor têxtil, porém tal segmento industrial requer quantidades elevadas de água para a confecção de seus produtos e conseqüentemente acaba gerando elevado volume de águas residuais ricas em diversos tipos de contaminantes, difíceis de serem tratados e de alta toxicidade (PAŹDZIOR et al., 2017). Dentre os poluentes advindos desse setor, os corantes orgânicos se destacam, pois, quando são descartados sem um tratamento prévio em algum corpo hídrico (rios, lagos, mares, etc.), eles irão absorver a radiação eletromagnética proveniente do sol inibindo a realização da fotossíntese por parte das plantas aquáticas, afetando diretamente todo o ecossistema local (LALNUNHLIMI; KRISHNASWAMY, 2016; QUEIROZ, et al., 2016).

Devido a isso, nos últimos anos foram estudados vários métodos para conter tal problemática, porém devido a estrutura dos corantes serem bastantes complexas e estáveis apenas poucos métodos apresentam certa eficácia. Nesse contexto, duas dessas técnicas se destacam não somente por serem eficazes, mas também por apresentarem baixo custo de operação, pelas reações ocorrem em pH neutro e simples de serem conduzidas em larga escala, sendo elas o processo de adsorção e a Reação de Fenton Heterogêneo (USMAN et al., 2020; SINGH et al., 2018).

Portanto, diante do exposto, o vigente projeto teve como principal objetivo a obtenção de materiais à base de ferro suportados em carvão ativado, a fim de combinar os processos de adsorção (do carvão ativado) e catálise (Reação de Fenton Heterogêneo através do ferro suportado) visando a remoção e degradação da molécula do corante azul de metileno.

## Material e Métodos:

A síntese dos materiais se processou por meio do preparo de duas soluções sólidas distintas, onde em cada recipiente foi adicionado 10 gramas de carvão ativado obtido do umbu previamente preparado (C.A.P.). Além do carvão, no primeiro sistema também foi adicionado uma massa de 7,5 gramas de nitrato de ferro (quantidade necessária para que 10% da amostra fosse constituída de ferro) denominada de C.A. 10% Fe. Já no segundo, a massa de nitrato de ferro utilizado foi de 3,75 gramas (quantidade requerida para 5% de ferro na amostra) denominada de C.A. 5% Fe. Na sequência, foi adicionado em ambos os sistemas, 100 mL de uma solução de borohidreto de sódio ( $2 \text{ molL}^{-1}$ ), logo em seguida, os mesmos foram secos em uma estufa e calcinados à  $400^\circ\text{C}$ , em atmosfera ambiente.

O estudo da capacidade adsorptiva dos materiais sintetizados e do material de partida foi feito em tubos de ensaios, onde foram adicionados em cada frasco 10 mL do corante orgânico azul de metileno ( $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e 20 mg do material de estudo, após isso, o sistema foi colocado sob agitação durante um dado período de tempo previamente estabelecida. As reações foram feitas em triplicatas para cada período de tempo analisado, sendo eles: 5, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos. Depois disso, as amostras foram centrifugadas e o sobrenadante foi analisado em um espectrofotômetro, onde teve a intensidade da sua absorbância determinada no comprimento de onda de 665 nm. A porcentagem de remoção foi determinada a partir da equação 1.

$$P = \left( \frac{ABS_i - ABS_f}{ABS_i} \right) * 100\% \quad (1)$$

Onde, P é a porcentagem da espécie removida;  $ABS_i$  é a absorbância inicial da solução azul de metileno e  $ABS_f$  é a absorbância do sobrenadante ao final da reação no tempo previamente estabelecido.

A avaliação dos materiais produzidos como catalisadores na Reação de Fenton Heterogêneo ocorreu de maneira similar ao processo de adsorção (porém C.A.P. não foi avaliado nesse processo). Nesse caso, foram utilizadas as mesmas quantidades da solução contaminante e da massa do catalisador e foi acrescentado 300  $\mu\text{L}$  de

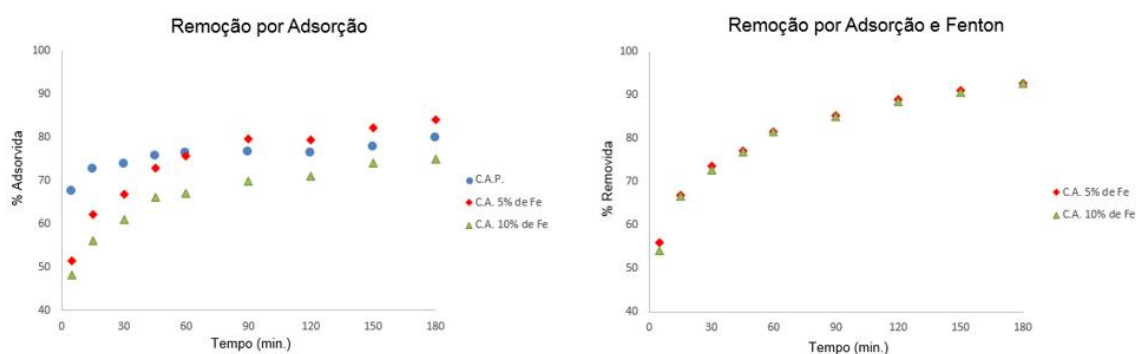
peróxido de hidrogênio (30% v/v). Os tempos de reação e os processos pós Reação de Fenton foram os mesmos da etapa anterior.

A modelagem cinética da etapa de adsorção foi avaliada a partir dos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem. Já a modelagem cinética para atividade catalítica foi levado em consideração os modelos cinéticos de cinética primeira e segunda ordem de reação. Os ajustes dos modelos nos dados obtidos em ambos os casos foram avaliados estatisticamente pelo coeficiente de correlação ( $R^2$ ), realizado graficamente através do software Microsoft Excel.

### Resultados e Discussões:

Com base nos dados obtidos através dos estudos de adsorção e degradação catalítica destacados na Figura 1, pode-se observar que os materiais sintetizados cumpriram com o propósito desejado, sendo ativos para ambos os processos. A amostra C.A. 5% Fe conseguiu remover cerca de 84% do poluente do meio aquoso em um tempo de 180 minutos, durante o processo de adsorção e aproximadamente 93% através da Reação de Fenton para o mesmo tempo. Já o material C.A. 10% Fe, por sua vez, conseguiu remover por adsorção cerca de 75% do corante e 93% pelo processo catalítico, ambos para um tempo de 180 minutos de reação.

**FIGURA 1. RESULTADOS PARA REMOÇÃO DO POLUENTE**

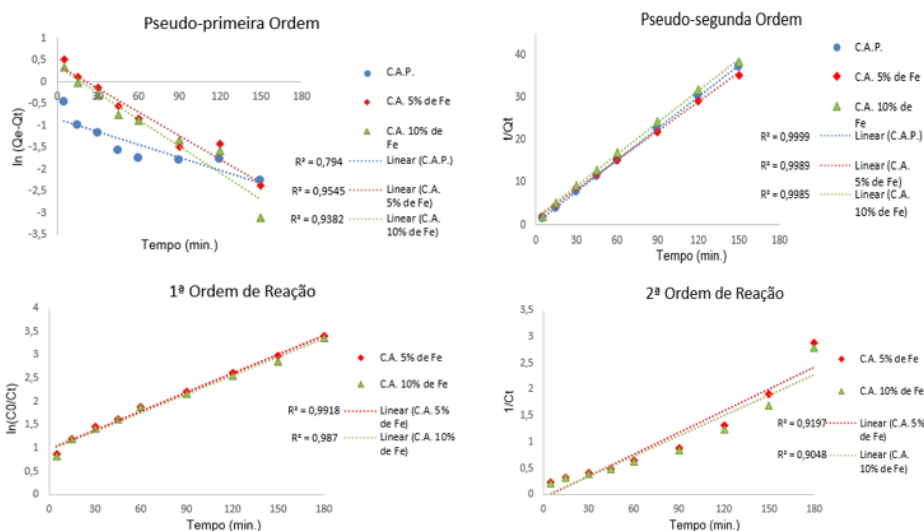


A modelagem cinética realizada apontou graficamente que os dados de adsorção dos materiais sintetizados e o de partida foram mais bem ajustados no modelo linear de pseudo-segunda ordem de reação com o valor de  $R^2$  mais próximo de 1 em relação ao  $R^2$  do modelo de pseudo-primeira ordem (podendo ser visualizados na parte superior da Figura 2). Esse modelo considera que durante o processo de adsorção há transferência ou compartilhamentos de elétrons entre as moléculas do poluente orgânico e do adsorvente, caracterizando então um processo de quimissorção. As constantes reacionais obtidas no tratamento evidenciaram que a adsorção foi mais eficiente utilizando C.A.P., seguido de C.A. 10% Fe e C.A. 5% Fe, sendo os respectivos valores:  $2,0 \times 10^{-1} \text{ L mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ;  $4,36 \times 10^{-2} \text{ L mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ;  $3,89 \times 10^{-2} \text{ L mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ . Nota-se que os valores das constantes das análises dos materiais contendo ferro diminuiu cerca de 10 vezes em relação ao carvão ativado puro.

Considerando os dados de degradação catalítica (descrito na parte inferior da Figura 2), tanto C.A. 10% Fe quanto C.A. 5% Fe tiveram seus dados mais bem ajustados no modelo cinético de reação de primeira ordem. O referido modelo considera que, a velocidade da reação depende apenas da concentração de uma espécie. Ao analisar os valores das constantes reacionais dos sistemas de oxidação do corante de ambos materiais ( $K_1 = 1,36 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  para C.A. 5% Fe;  $K_1 = 1,33 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$  para C.A. 10% Fe) nota-se que os valores são quase que idênticos, ou seja, a constante não sofreu alteração expressiva quando houve um aumento da massa de ferro na estrutura do carvão ativado, portanto, a velocidade da reação não está dependendo dos sítios ativos de ferro presentes nos materiais e sim da quantidade de

peróxido de hidrogênio utilizado nos experimentos. Apresentando dessa maneira, duas possibilidades futuras de trabalho, sendo a primeira a síntese de um dado material com quantidade menor de massa de ferro (ou seja, diminuindo custos de síntese) ou aumentar a quantidade de peróxido utilizada, a fim de possibilitar uma maior obtenção de radicais hidroxilas extremamente oxidantes.

**FIGURA 2. MODELAGENS CINÉTICAS DOS DADOS OBTIDOS**



### Conclusões:

Foi possível obter materiais de baixo custo, ambientalmente amigáveis e eficientes para aplicação como adsorventes ou catalisadores para degradação de corantes tipo azo em meio aquoso. A modelagem cinética permitiu conhecer o comportamento dos materiais na remoção do corante, tornando possível a otimização do processo visando diminuir ainda mais o custo de síntese e aumentar a eficiência da reação.

### Agradecimentos:

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

### Referências Bibliográficas:

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 39-46, 2016.

PAŹDZIOR, K. et al. Influence of ozonation and biodegradation on toxicity of industrial textile wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 195, p. 166-173, 2017.

QUEIROZ, M. T. A. et al. Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: estudo de caso. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.

SINGH, N. B. et al. Water purification by using adsorbents: a review. **Environmental technology & innovation**, v. 11, p. 187-240, 2018.

USMAN, M.; CHEEMA, S. A.; FAROOQ M. Heterogeneous Fenton and persulfate oxidation for treatment of landfill leachate: A review supplement. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120448, 2020.