

## DESENVOLVIMENTO DE UM ADSORVENTE FLUTUANTE A BASE DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rodrigo de O. Rodrigues<sup>1</sup> (IC), Fabrício V. de Andrade (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira

**Palavras-chave:** Adsorvente flutuante. Contaminantes emergentes. Nanoestruturas de Carbono.

### Introdução

À medida que a civilização evoluiu, suas técnicas para produção de materiais, produtos, dentre outras coisas vem melhorando de forma exponencial. Ao mesmo tempo, o grande número de indústrias criadas pelo homem têm gerado altos níveis de poluição. Dentre os tipos de poluição crescente está a poluição atmosférica e a poluição de rios e afluentes por diversos materiais. No que diz respeito a água, pode ser visto a poluição por resíduos e corantes industriais, oriundos de indústrias têxteis, dentre outros tipos de produtos lançados em rios e efluentes, tais como fármacos e defensivos agrícolas. Tendo em vista a eliminação desses resíduos, alguns materiais vêm sendo desenvolvidos para resolver esse problema, dentre eles temos os fotocatalisadores e os adsorventes. Em seu trabalho Guerreiro (2019) relata sobre a produção de um adsorvente, neste adsorvente ele utilizou rejeitos de minério de ferro como catalisador na sua produção, a síntese foi realizada por deposição química de vapor (CVD), que vem sendo um dos métodos mais utilizados na obtenção de nanotubos de carbono. Visando contribuir para melhor remoção de contaminantes emergentes em estações de tratamento de água e esgoto, o presente trabalho teve como objetivo, obter um adsorvente flutuante a partir de nanoestruturas de carbono depositadas sob o concreto celular autoclavado (CCA). A síntese do material de carbono será feita em um forno tubular horizontal pelo método CVD. Além disso, o material preparado teve sua capacidade de adsorção testada frente à duas moléculas modelo, sendo uma delas catiônica e a outra aniônica. As moléculas modelo selecionadas foram: o Azul de Metileno (AM) possuía um  $\lambda_{max}$  de 664 nm (KRAY, 2016) e o Vermelho Congo possuía um  $\lambda_{max}$  de 497 nm (JABBAR et al, 2023). Os testes para comprovar a eficiência do adsorvente produzido no presente trabalho serão monitorados através das medidas obtidas do espectrofotômetro UV-Vis, onde a medida inicial dos corantes citados, será utilizado junto aos valores obtidos para cada amostra coletada em um certo intervalo de tempo, e com isso será possível avaliar o quanto dos

corantes fora adsorvido neste período de tempo..

### Metodologia

Para o desenvolvimento da síntese por CVD, será necessário uma preparação prévia. Para o presente trabalho foram selecionados os seguintes materiais para servir como catalisador: o Nitrato de Cobalto II Hexahidratado ( $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) e o Nitrato de Manganês II Tetra hidratado ( $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Utilizando-se do peso molar de cada um dos materiais foi preparada uma solução de 0,1M de cada um dos compostos. Seguindo a Equação 1 foi possível obter valores de massa de cada composto.

$$\text{massa} = \text{P.M.} * 0,1 \text{ M} \quad (\text{Eq. 1})$$

Após o cálculo e a preparação da solução de cada um dos materiais foi separada uma quantidade de 50ml de cada um e feita uma mistura entre eles para obtenção de uma solução homogênea que seria posteriormente utilizada para o recobrimento de blocos CCA.

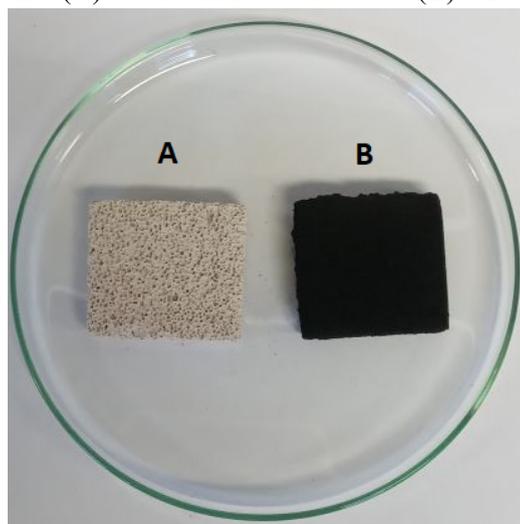
Durante o recobrimento os blocos de CCA com dimensões de aproximadamente 3cm x 3cm x 1cm foram submersos na solução resultante dos nitratos e depois colocados na estufa para secagem, este procedimento foi feito por 6 vezes para melhor absorção do catalisador pelo bloco.

Como passo seguinte, o bloco recoberto com catalisador foi colocado no forno tubular horizontal para obtenção de uma nanoestrutura de carbono como mostrado na Figura 1. O resultado entre o bloco de CCA e o do material preparado pode ser visto na Figura 2. As condições utilizadas para sintetizar as nanoestruturas de carbono (NEC) foram: atmosfera de gás argônio, o forno foi configurado para uma temperatura final de 700°C, a taxa de aquecimento foi 10°C.min<sup>-1</sup>, por um tempo de 30 minutos. Como precursor de carbono foi utilizado o álcool etílico absoluto (99,8%).

Figura 1: Montagem do aparato para realização da síntese a) reator de leito horizontal onde 1) Termo resistências (área de aquecimento), 2) Termopar, 3) Entrada do gás de arraste, 4) Chapa de aquecimento, 5) Trap contendo o precursor de carbono líquido, 6) Localização do substrato e 7) Coletor.



Figura 2 – (A) CCA sem recobrimento e (B) NEC/CCA.

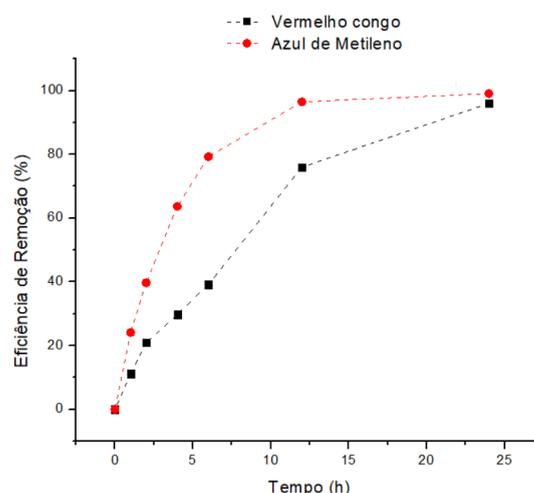


O material NEC/CCA foi utilizado em teste de adsorção de corante em água. Os corantes selecionados para os testes foram o Azul de Metileno (AM) e o Vermelho Congo (VC). Primeiramente em 50ml da solução do corante foi colocado um bloco (3cm x 3cm x 1cm) coberto com as nanoestruturas de carbono. Esse sistema foi colocado em um reator a fim de promover um ambiente controlado. Após certo tempo, foram coletadas aliquotas que foram lidas no UV-Vis. Para leitura das amostras no espectrofotômetro UV-Vis, 1 ml de alíquota da solução foi coletada e diluída em 3 ml de água (procedimento necessário para não estourar o sinal do detector do equipamento).

## Resultados e discussão

Nos testes realizados foram observados todos os dados obtidos, e com os quais foi possível fazer comparativos entre os diferentes corantes. Um dos principais diferenciais na escolha desses corantes era que o corante Azul de Metileno era um corante catiônico, enquanto o Vermelho Congo era um corante aniônico, tal fato tornou fácil observar como cada um se comportava frente aos testes. Nesses testes por um período de tempo o material foi mantido na solução de cada um dos corantes, e em certos momentos foram obtidas amostras e após isto eram lidas pelo espectrofotômetro UV-Vis. Observando os resultados foi possível notar uma diferença significativa entre o comportamento do adsorvente frente a cada um dos corantes. Na Figura 3 é possível observar que o corante AM era adsorvido mais rapidamente em um período de tempo de 6hs enquanto, ao VC ele demorava mais a reagir com o material de estudo. Após 24hs de teste foram obtidos dados conclusivos que mostram que o adsorvente produzido neste trabalho funcionava bem com ambos os tipos de corante, seja ele catiônico ou aniônico, e que sua efetividade era melhor comprovada em um período de tempo maior.

Figura 3: Comparativo entre os resultados obtidos para os corantes utilizados

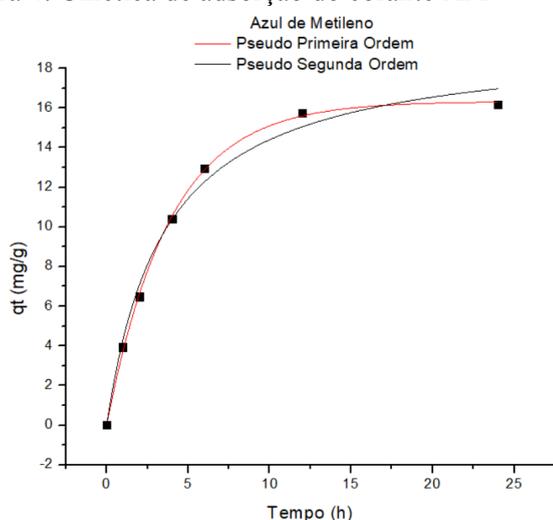


Na Figura 3 é possível destacar dois pontos, o primeiro envolve o fato de que o corante VC obteve valores menores de 40% num prazo de 6hs, porém como o experimento durou um prazo de 24hs foi possível ver que o adsorvente desenvolvido pode ser utilizado para eliminação de contaminantes orgânicos do tipo aniônico. O segundo fator envolve o corante AM, onde foi possível observar que o adsorvente reagiu mais rapidamente e num espaço de tempo de 6hs foi obtido um resultado bastante expressivo, com

aproximadamente 80%, e tal fato se faz vantajoso fazendo com que o adsorvente possa permanecer na solução por um tempo mais curto, e se for necessário permanecer por mais tempo ele deixará a água mais limpa possível.

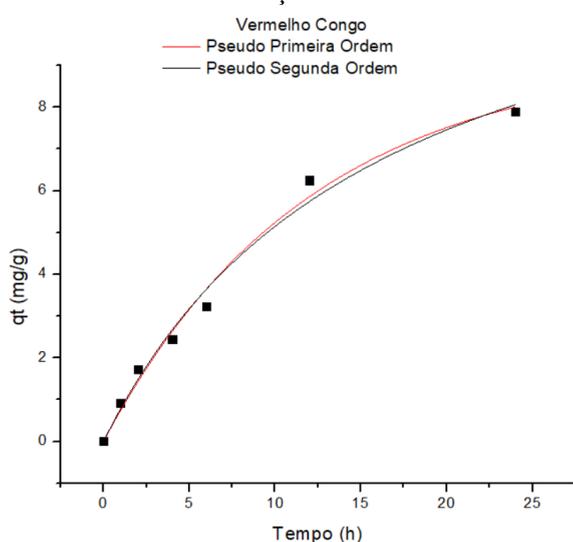
Quando observada a cinética de adsorção quando em contato com o corante AM foi possível chegar a um resultado positivo em que o melhor ajuste foi representado pela curva relativa a cinética de adsorção de Pseudo Primeira Ordem com 99,93%. Como mostrado na Figura 4.

Figura 4: Cinética de adsorção do corante AM



Quanto ao corante VC mostrado na Figura 5 não foi possível determinar a ordem de reação, pois os valores obtidos foram bastante idênticos, o que dificultou na identificação da mesma.

Figura 5: Cinética de adsorção do corante VC



Com intuito de saber ainda mais sobre o comportamento

do adsorvente desenvolvido no presente trabalho, foram observados mais dois ajustes nas Figuras 6 e 7, onde além dos ajuste de cinética de adsorção, também tem os ajuste de isoterma mais utilizados em testes de adsorção que são os modelos de Langmuir e Freundlich. No caso, os modelos de Langmuir e da Pseudo Segunda Ordem tiveram um ajuste idêntico e acabaram se sobrepondo no gráfico. Os resultados obtidos não mudaram muito, no corante Azul de Metileno o modelo de Pseudo Primeira Ordem ainda foi o melhor, e no corante Vermelho Congo não foi possível expressar qual foi o melhor ajuste devido a valores muito parecidos.

Figura 6: Gráfico do corante Azul de Metileno com os modelos cinéticos e de isoterma

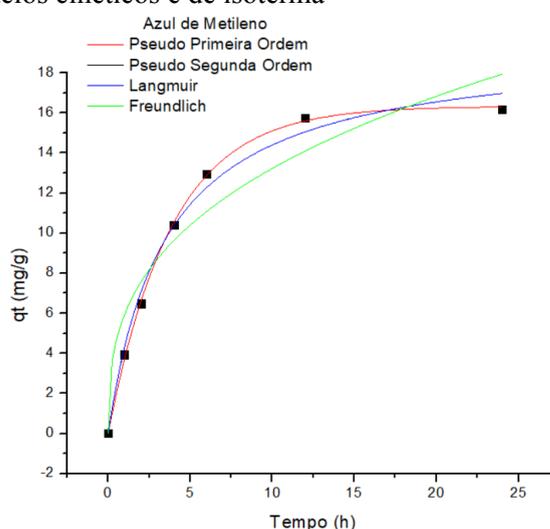
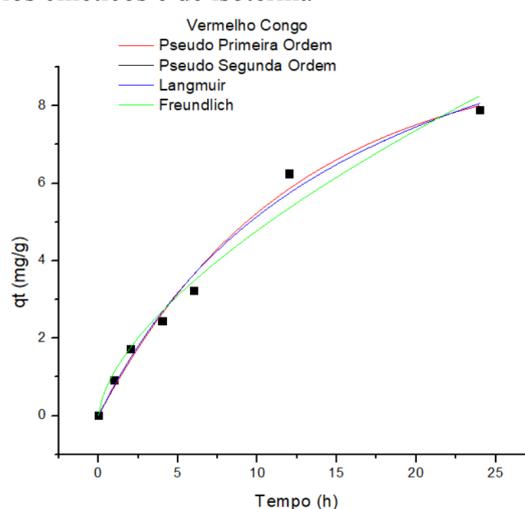


Figura 7: Gráfico do corante Vermelho Congo com os modelos cinéticos e de isoterma



## Conclusões

É possível concluir que o material desenvolvido neste trabalho, pode vir a se tornar uma alternativa, para eliminação de corantes orgânicos, oriundos de efluentes industriais. Visando também a redução de custos como o material deste trabalho utilizou-se de materiais mais simples de encontrar e de baixo custo, um fator que simplificaria bastante na sua produção.

### **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar o meu caminho durante todos esses anos de vida

A Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira, pela infraestrutura e ambientes propícios para realização deste projeto. E também pelo auxílio financeiro para elaboração e desenvolvimento de cada passo seguido neste trabalho.

Agradeço a FAPEMIG e ao CNPq, por todo auxílio prestado durante todo o período de desenvolvimento das atividades do presente trabalho. Vinculado aos processos de números: RED-00144-22 (Fapemig) e 405828/2022-5 (CNPq).

### **Referências**

GUERREIRO, Giovanni Gomes. **Síntese de Nanomateriais de Carbono a partir de um rejeito de minério de ferro itabirítico para potenciais aplicações como adsorvente de contaminantes catiônicos em meio aquoso**. 2019. Trabalho Final de Graduação (Bacharelado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira, Itabira - MG, 2019.

GUERREIRO, Giovanni Gomes; ANDRADE, Fabrício Vieira de; FREITAS, Márcio Roberto de. Carbon nanostructures based-adsorbent obtained from iron ore tailings. **Ceramics International**, [s. l.], v. 46, p. 29271-29281, 15 dez. 2020.

JABBAR, Zaid H. et al. Photocatalytic destruction of Congo red dye in wastewater using a novel Ag<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>/Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> nanocomposite decorated g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanosheet as ternary S-scheme heterojunction: Improving the charge transfer efficiency. **Diamond & Related Materials**, [s. l.], v. 133, mar. 2023.

KRAY, Luciana Jacques. **Estudo cinético da fotodegradação de corantes comerciais utilizando semicondutores de óxidos de tântalo sintetizados a partir de líquidos iônicos**. 2016. Dissertação (Mestre em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre - RS, 2016.