

ADSORÇÃO DE AZUL BRILANTE DE REMAZOL EM CARVÃO ATIVADO DE CAROÇO DE CAJÁ¹

Raíza Paiva Barbosa², Jéssica Ferreira Borges³, Evaldo Cardoso de Souza Júnior⁴

RESUMO

O crescimento industrial, particularmente na indústria têxtil, tem produzido grandes volumes de resíduos que contêm corantes. Quando descartados sem tratamento adequado, provocam graves consequências ambientais. Este estudo examina a viabilidade do uso de carvão ativado obtido do caroço de cajá, um resíduo agroindustrial, como adsorvente para a remoção deste corante de soluções aquosas. O carvão ativado foi produzido através da impregnação química com ácido fosfórico na proporção 3:1 e carbonização a uma temperatura de 500°C. Experimentos foram conduzidos alterando a quantidade de adsorvente e o pH da solução. A capacidade de adsorção e a eficiência foram avaliadas. Os dados obtidos indicaram que 200 mg de carvão ativado exibiram a mais alta capacidade de adsorção (9,354 mg.g⁻¹) e uma eficácia de 337,8%. A eficiência da adsorção foi de 76,21%, considerando um pH de 3 como ideal. Em condições mais ácidas, a superfície do carvão protona, o que facilita a adsorção do corante através da atração eletrostática. Concluiu-se que o carvão ativado de caroço de cajá representa uma opção viável e sustentável para o tratamento de resíduos têxteis, representando uma solução eficaz para amenizar a contaminação da água. Ademais, o uso de resíduos agroindustriais como insumo na fabricação de adsorventes favorece a sustentabilidade e adiciona valor a subprodutos que antes eram descartados.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, corante têxtil, resíduos agroindustriais.

ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT BLUE ON ACTIVATED CARBON FROM CAJÁ SEED

ABSTRACT

Industrial growth, particularly in the textile industry, has produced large volumes of waste containing dyes. When improperly disposed of, these wastes lead to severe environmental consequences. This study examines the feasibility of using activated carbon obtained from cajá seed, an agro-industrial residue, as an adsorbent for removing this dye from aqueous solutions. The activated carbon was produced through

¹ Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia- FAPESB

² Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -UESB; E-mail: raizapaivabarbosa16@gmail.com.

³ Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, UESB; E-mail: jessicajfborges@gmail.com.

³ Professor Adjunto da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- UESB; E-mail: evaldocsj@yahoo.com.br.

chemical impregnation with phosphoric acid in a 3:1 ratio and carbonized at a temperature of 500°C. Experiments were conducted by varying the amount of adsorbent and the pH of the solution. The adsorption capacity and efficiency were evaluated. The data obtained indicated that 200 mg of activated carbon exhibited the highest adsorption capacity (9.354 mg.g⁻¹) and an efficacy of 337.8%. The adsorption efficiency was 76.21%, with a pH of 3 being considered ideal. In more acidic conditions, the carbon surface becomes protonated, which facilitates dye adsorption through electrostatic attraction. It was concluded that cajá seed activated carbon represents a viable and sustainable option for treating textile waste, offering an effective solution to mitigate water contamination. Furthermore, the use of agro-industrial residues as raw materials in the production of adsorbents promotes sustainability and adds value to byproducts that were previously discarded.

KEYWORDS: Adsorption, textile dye, agro-industrial residues.

INTRODUÇÃO

A expansão da indústria tem resultado em um aumento expressivo de resíduos sólidos e efluentes, particularmente na indústria agroindustrial, que produz grandes volumes de subprodutos. Os resíduos gerados na produção de frutas, se não forem devidamente tratados, podem causar graves impactos ambientais, como a poluição do solo e dos mananciais de água. A reutilização desses resíduos se apresenta como uma opção promissora para atenuar tais efeitos, auxiliando na sustentabilidade e acrescentando valor a materiais que antes eram descartados (Gouveia, 2012; Deus, Battistelle, Silva, 2015).

O carvão ativado, frequentemente empregado como agente adsorvente em processos de purificação, pode ser produzido a partir de resíduos agroindustriais, como o caroço de cajá. Esta prática não apenas diminui a quantidade de detritos produzidos, como também proporciona uma solução eficiente para o tratamento de efluentes. A indústria têxtil é um dos setores industriais que mais requerem tratamentos específicos para seus resíduos, sendo uma das principais causas de poluição da água. Os resíduos desta indústria, frequentemente compostos por corantes podem provocar graves impactos ambientais se forem despejados nos corpos de água sem o devido tratamento. A continuidade desses pigmentos nos ecossistemas aquáticos compromete a qualidade da água, interfere na fotossíntese e impacta diretamente a biodiversidade da região (NUNES, 2019).

A indústria têxtil brasileira é uma das principais consumidoras de corante, mais de 700.000 toneladas, sendo que 10% deste é descartado no efluente. A falta de um tratamento eficaz para esses efluentes pode levar a sérias implicações ambientais e de saúde pública, já que muitos desses corantes são extremamente tóxicos e resistem à degradação natural. Neste cenário, a adsorção em carvão ativado, obtida a partir de

resíduos como o caroço de cajá, surge como uma alternativa ecologicamente correta e economicamente viável. Essa estratégia possibilita a eliminação de poluentes presentes nos efluentes, auxiliando na diminuição dos efeitos adversos e na aderência a normas ambientais (Burkinshaw, Salihu, 2013; Almeida, Dilarri e Corso, 2016).

Dentro deste contexto, o presente trabalho objetivou estudar a viabilidade do uso do carvão ativado do produzido do caroço do cajá na remoção do corante azul brilhante de remazol.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia de Processos (LEP) na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) no campus Juvino Oliveira em Itapetinga-BA.

SÍNTESE E FUNCIONALIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

Os caroços de cajá foram lavados em água corrente, secas em estufa a 105 °C por 24 h, triturados em moinho e peneirados em uma peneira de 420 µm, após isso, o precursor do carvão foi impregnado com ácido fosfórico na razão mássica de 3:1 e carbonizado em forno mufla a temperatura final de 500 °C (taxa de aquecimento de 5 °C min⁻¹) por 1 hora sob fluxo de nitrogênio (50 mL min⁻¹). O carvão ativado obtido foi lavado com água aquecida e agitada por períodos de 30 min no agitador orbital fazendo a troca desta água até atingir pH 7,0, ao alcançá-lo o carvão foi seco e armazenado em embalagem hermética.

PONTO DE CARGA ZERO

Para determinar o ponto no qual a soma das cargas negativas e positivas é igual a zero, realizou-se o ponto de carga zero. Foram preparadas soluções de NaCl em diferentes concentrações de pH, estas foram ajustadas usando NaOH para valores de pH variando de 1 a 11. Frações de 0,05 g de carvão ativado em tubos Falcon e adicionou-se a cada tubo 50 mL de solução tampão referente a cada pH. Os tubos foram agitados por 24h a 20 rpm. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 10 min a 6000 rpm e foi realizada a leitura do pH. Fazendo-se a média aritmética dos pontos que tenderem para o mesmo valor e o gráfico de pH final versus pH inicial tem-se o PCZ, que corresponde a faixa na qual o pH final se mantém constante independente do inicial.

ENSAIOS ADSORTIVOS

Os ensaios adsorptivos para o corante azul brilhante de remazol compreenderam o estudo de massa e o estudo de pH.

Estudo de massa

O estudo de massa busca avaliar a massa necessária de carvão ativado para adsorver de forma eficiente o corante. Frações de 5 mL da solução corante a 250 mg/L foram adicionadas a tubos Falcon contendo diferentes massa de carvão (10, 50, 100, 150, 200 e 250 mg). Os tubos foram agitados por 2h a 20 rpm a 25° C. Subsequentemente, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 3500 rpm a 25° C. O sobrenadante foi removido e sua quantificação realizada por leitura direta em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 595 nm.

Estudo de pH

O estudo de pH visa avaliar como o pH da solução de corante influencia na eficiência da adsorção. As soluções de corante foram preparadas a 250 mg/L, em diferentes faixas de pH (3, 5, 7 e 9). Porções de 5 mL de cada solução foram adicionadas aos tubos Falcon contendo 0,2 g de carvão ativado. Os tubos foram agitados a 30 rpm a 25° C, por um período de 2 hora. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 3500 rpm a 25° C. O sobrenadante foi então removido e sua quantificação realizada por leitura direta em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 595 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PONTO DE CARGA ZERO

Os resultados para Ponto de Carga Zero (PCZ), foram obtidos da média aritmética dos quatro pontos que apresentaram valores de pH final tendendo a constância, sendo igual a 5,578, valor no qual o carvão ativado passa a funcionar como uma solução tampão.

ENSAIOS ADSORTIVOS

Os estudos de adsorção são fundamentais para entender a relação entre adsorvente/adsorvato. Compreender esses fatores permite otimizar esses processos, resultando em maior eficiência em sistemas de tratamento (Santos *et al*, 2021).

Os resultados para o estudo de massa, para analisar a quantidade de carvão necessária para adsorver de forma eficiente o corante azul brilhante de remazol, pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1: Estudo de massa para a adsorção do corante azul brilhante de remazol no carvão ativado de caroço de cajá.

Massa (g)	Capacidade adsortiva (mg.g ⁻¹)	Eficiência adsortiva (%)
0,010	8,619	224,378
0,050	8,763	239,122
0,100	8,639	233,544
0,150	8,645	244,916
0,200	9,354	337,836
0,250	8,985	283,260

Fonte: Autoria própria.

A partir do estudo foi possível observar que a massa de carvão ativado de 200g foi a que apresentou uma maior capacidade adsortiva, 9,354 mg.g⁻¹ e uma eficiência de 337,836%.

Com a definição da melhor massa, testou-se então o pH ideal para adsorção, resultados apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Influência do pH na capacidade adsortiva do corante azul brilhante de remazol no carvão do caroço de cajá.

pH	Capacidade adsortiva (mg.g ⁻¹)	Eficiência (%)
3	4,751	76,213
5	4,360	69,8507
7	4,089	65,5804
9	4,696	75,3401

Fonte: Autoria própria.

Observou-se que a capacidade de adsorção do corante pelo carvão tem uma pequena variação, sendo que, os valores variaram de 4,089 a 4,751 mg.g⁻¹, sendo o pH 3,0 o que apresentou a melhor eficiência, de 76,213%.

Segundo Daiana Schimmel (2008), a natureza química do adsorvato e do adsorvente pode afetar significativamente o comportamento da adsorção, além da interação entre as cargas superficiais do material adsorvente e as espécies iônicas do corante. Em pHs mais baixos, a superfície do carvão ativado tende a protonar, o que é particularmente vantajoso, pois facilita a adsorção de corantes aniônicos, graças à atração eletrostática. Portanto, o pH 3,0 proporciona o ambiente mais propício para a adsorção neste estudo.

No entanto, o carvão de caroço de cajá apresentou uma baixa adsorção do corante quando se comparado com os resultados encontrados por Matheus Pereira Flores Santos *et al* (2021) no estudo de adsorção do corante azul de metileno em carvão de bainha de pupunha, no qual, este obteve uma eficiência acima de 99% para todos os pH's, com isso, se faz necessário a continuidade do estudo para verificar a influência do tempo na adsorção do corante, pois segundo Brito *et al.* (2020) o diâmetro e volume dos poros afetam diretamente o processo de difusão das moléculas do corante nos poros e conseqüentemente, o tempo para atingir o equilíbrio e a quantidade de corante adsorvida.

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

A partir dos resultados alcançados, pode-se inferir que o mecanismo ativado do caroço de cajá demonstrou potencial na adsorção do corante azul brilhante de remazol, apresentando variações na capacidade de adsorção de acordo com o pH da solução e a massa do adsorvente. Note-se que a massa de ativação de 200 mg foi a mais eficaz, apresentando uma capacidade adsorptiva de 9,354 mg.g⁻¹ e uma eficiência de 337,836%. Adicionalmente, o pH teve um moderado impacto na adsorção, com o pH 3,0 mostrando o melhor desempenho, com uma eficiência de 76,21%.

Portanto, o uso do carvão ativado de caroço de cajá apresentou uma baixa capacidade de adsorção do corante azul de remazol no tempo pré-estabelecido de 2h, mostrando a necessidade da continuidade da pesquisa analisando a variação do tempo na eficiência de adsorção.

Assim, esta pesquisa auxilia na compreensão do comportamento adsorptivo de materiais alternativos, tais como resíduos agrícolas, na remoção de impurezas em soluções aquosas. Além disso, enfatiza a relevância de aprimorar parâmetros como pH e massa do adsorvente para potencializar a eficácia dos processos de adsorção. Pesquisas futuras poderiam se concentrar em melhorar as condições experimentais, investigar a reutilização do material adsorvente em variados ciclos de adsorção e influência do tempo na taxa de adsorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, E. J. R.; Dilarri, G.; Corso, C. R. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. Projeto Qualidade da Água, Boletim das Águas - Ministério Público Federal, Brasília/DF, p. 1 - 18, nov. 2016.

BRITO, M. J. P.; BORGES, J. F.; OLIVEIRA, T. P. DE; SANTOS, M. P. F.; SOUZA JÚNIOR, E. C. DE; SANTOS, L. S.; BONOMO, R. C. F.; VELOSO, C. M. Royal blue dianix CC dye adsorption onto biochars: kinetics, diffusion modeling, equilibrium and thermodynamic adsorption data. *Desalination and Water Treatment*, v. 197, p. 424-437, 2020.

Burkinshaw, S.; Salihu, G. The wash-off of dyeing using interstitial water Part 4: disperse and reactive dye on polyester/cotton fabric. *Dyes and Pigments*, v. 99, p. 548-560, 2013.

Deus, Rafael Mattos; Battistelle, Rosane Aparecida G.; Silva, Gustavo Henrique R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. 2015. **Revista Eng. Sanit. Ambient.** 20 (4) • Dez 2015

Gouveia, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. 2012. **Revista Ciênc. saúde coletiva** 17 (6) • Jun 2012.

Nunes, Giovanna Ribeiro. Geração e tratamento de efluentes da indústria têxtil. **Dissertação** (Graduação em Engenharia Química)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2015.

Santos, Mateus Pereira Flores et al. Adsorção de azul de metileno em carvão ativado. 2021. **Anais** do II Simpósio da Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – II SIMPECAL- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA, 2021.

Schimmel, Daiana. Adsorption of reactive dyes 5G and turquoise QG onto commercial activated coal. 2008. 99 f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento de Processos) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Toledo, 2008.