

Eixo Temático ET-07-002 - Tratamento de Efluentes Sanitários e Industriais

## **RECUPERAÇÃO TÉRMICA DE ADSORVENTES USADOS NA REMOÇÃO ADSORTIVA DO CORANTE INDOSUL AZUL REATIVO**

Luana Karoline de Lima<sup>1</sup>; Karen Priscila do Espirito Santo<sup>2</sup>; Deivson Cesar Silva Sales<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico – ASCES, Pernambuco – Brasil. E-mail: luanakaroline.1@hotmail.com; <sup>2</sup>Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico – ASCES, Pernambuco – Brasil. E-mail: karen.priscila.santo@gmail.com; <sup>3</sup>Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico – ASCES, Pernambuco – Brasil. E-mail: deivsonsales@asc.es.br

### **RESUMO**

No presente trabalho foi realizada a recuperação térmica de adsorventes usados na remoção de corantes presentes em efluentes têxteis. Essa recuperação permitiu, além do reuso no processo, evitar que os mesmos fossem descartados de forma inadequada após contaminados com os corantes. Foram investigados três adsorventes produzidos do endocarpo do coco da baía por ativação química com ácido fosfórico, cloreto de zinco e hidróxido de potássio, na remoção do corante indosol azul reativo. Um planejamento fatorial 3<sup>2</sup> indicou a melhor condição de operação do processo adsortivo: concentração inicial do corante (5,0 mg/L; 10,0 mg/L; 20,0 mg/L) e massa de adsorvente (0,5 g; 1,0 g; 2,0 g). No sistema, 50,0 mL da solução de concentração conhecida foram adicionados a um erlenmeyer com a massa de carvão, e colocada sob agitação de 120 RPM por 4,0 h a temperatura constante de 25 °C, com posterior determinação do material com maior remoção e condições de operação indicadas. O adsorvente mais contaminado foi levado a um erlenmeyer contendo água destilada aquecida a 50 °C, mantidas as demais condições de operação do processo. As concentrações foram analisadas por espectrofotometria. As melhores condições operacionais foram observadas para o carvão produzido com hidróxido de potássio na maior concentração inicial de corante (20,0 mg/L) e massa de adsorvente (2,0 g). A recuperação desse carvão pós uso foi de 60%, permitindo a reutilização do mesmo no processo.

**Palavras-chave:** Efluente têxtil; Recuperação Térmica; Adsorção.

### **INTRODUÇÃO**

O impacto de efluentes provenientes de indústrias têxteis sobre os recursos hídricos se caracteriza como um problema ambiental. Dentre todas as formas de poluição decorrentes dessa atividade industrial, pode-se destacar àquela associada aos diversos corantes líquidos usados no processo de tingimento do tecido (MALIK, 2004). Do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, processos com essas características são desinteressantes para o crescimento da economia do país.

Tendo em vista a redução dos impactos ambientais e visando à intensificação dos processos com reaproveitamento de matéria prima, a adsorção se apresenta como uma alternativa indicada para o processo (PADMESH et al., 2006). Essa tecnologia consiste na utilização de um material com características específicas (adsorvente) que, através de um processo físico, remove moléculas do corante que migram para a sua superfície. Essa remoção se processa só até a saturação do material (ALLEN et al., 2004). Os adsorventes mais indicados para o processo de remoção de poluentes são os

carvões ativados (SENTHILKUMAAR et al., 2006). São materiais de origem carbonácea produzidos a partir de processos de ativação que criam características específicas sobre sua superfície, como porosidade, acidez, etc. (YANG e QIU, 2010). A principal vantagem do uso de adsorventes se baseia no custo benefício, pois são materiais de baixo custo que apresentam resultados satisfatórios na remoção de corantes presentes em efluentes têxteis.

Após uso para remoção dos corantes, os materiais adsorventes apresentam sua superfície totalmente recoberta e saturada com as moléculas do poluente, necessitando de destinação apropriada ou recuperação dos materiais para posterior reuso (HALLER, 1993). Uma destinação inadequada desses adsorventes contaminados pode vir a ocasionar um impacto ambiental significativo no meio ambiente. Nesse sentido, o tratamento térmico se apresenta como uma tecnologia barata e promissora para recuperação desses adsorventes (WANG et al., 2010). Esse tratamento se baseia no aquecimento do adsorvente promovendo a dessorção das moléculas do corante previamente acumuladas, liberando assim os sítios ativos do material para adsorção de novas moléculas. Esse procedimento permite que o corante seja removido de um grande volume de água, e posteriormente concentrado em um volume muito reduzido mais simples de gerenciar.

No presente trabalho, foram usados três adsorventes produzidos do endocarpo do coco da baía por ativação química com ácido fosfórico, cloreto de zinco e hidróxido de potássio, na remoção do corante indosol azul reativo por adsorção. Inicialmente foi investigado a eficiência de remoção de cada adsorvente através de um planejamento fatorial  $3^2$ , em termos da concentração inicial de corante e massa de adsorvente. Na sequência da determinação do melhor adsorvente e condições do processo, foi investigada a recuperação térmica desse adsorvente, visando posterior reuso no processo em batelada.

## OBJETIVO

Recuperar adsorventes contaminados usados no processo de remoção do corante indosol azul reativo por adsorção, promovendo a dessorção do poluente através de tratamento térmico por aquecimento do material saturado, para reuso no processo adsorativo, evitando o descarte inadequado dos materiais no meio ambiente.

## Metodologia

Tendo em vista o estabelecimento das melhores condições de operação no processo adsorativo de remoção do corante indosol azul reativo, pelos carvões ativados produzidos do endocarpo do coco da baía a partir de ativação química com ácido fosfórico, cloreto de zinco e hidróxido de potássio, foi realizado um planejamento fatorial  $3^2$ , conforme a Tabela 1. Essas condições foram praticadas em duplicata para cada adsorvente, separadamente.

**Tabela 1.** Planejamento fatorial para estabelecimento das melhores condições do processo adsorativo de remoção do corante indosol azul reativo.

Fator	Nível		
	-1	0	+1
Concentração inicial do corante (mg/L)	5,0	10,0	20,0
Massa do adsorvente (g)	0,5	1,0	2,0

No sistema, 50,0 mL da solução de concentração conhecida foi adicionada a um erlenmeyer com a massa de carvão, colocada sob agitação de 120 RPM por 4,0 h a temperatura constante de 25 °C. Na sequência, o material foi filtrado. A concentração das soluções foi determinada antes e após o processo por espectrofotometria (Spectrophotometer SP 2000 UV, BEL PROTONICS). Esses resultados serviram à determinação do melhor adsorvente, definido nas condições onde ocorreu maior remoção de corante (maior contaminação do material).

Na sequência da determinação do material mais contaminado, bem como das condições indicadas de remoção do corante, o adsorvente foi submetido a ciclos adsorptivos nessas condições até que ficasse constatada que não ocorria mais adsorção. Em seguida, o material foi colocado em 50,0 mL de água destilada e aquecido a 50,0 °C sob agitação de 120 RPM por 4,0 h. Após o processo, a solução foi filtrada e sua absorvância foi medida. Essa etapa foi realizada em duplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

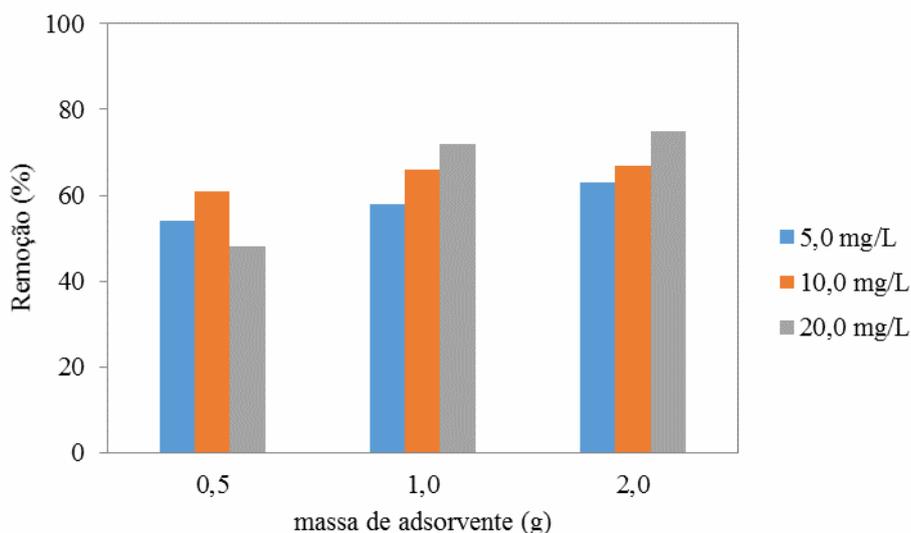
As características dos carvões ativados (determinadas via análise de BET) aplicados no processo adsorptivo estão apresentadas na Tabela 2. Os materiais (particulados, diâmetro médio: 1,5 mm) foram produzidos previamente pelo contato do precursor do endocarpo do coco da baía com 120% em massa da solução reagente 1,0 M, aquecidos por 3,0 h a 90 °C. Na sequência os materiais foram lavados com água destilada até o pH 7,0 e secos a 120,0 °C por 24,0 h.

**Tabela 2.** Características dos carvões ativados aplicados ao processo adsorptivo de remoção do corante indosol azul reativo.

Solução de Ativação	$A_{\text{superficial}}$ (m <sup>2</sup> /g)	$V_{\text{poro}}$ (cm <sup>3</sup> /g)	$V_{\text{microporo}}$ (cm <sup>3</sup> /g)
Ácido fosfórico	1121,3	0,64	0,58
Cloreto de zinco	998,6	0,58	0,52
Hidróxido de potássio	1275,1	0,75	0,65

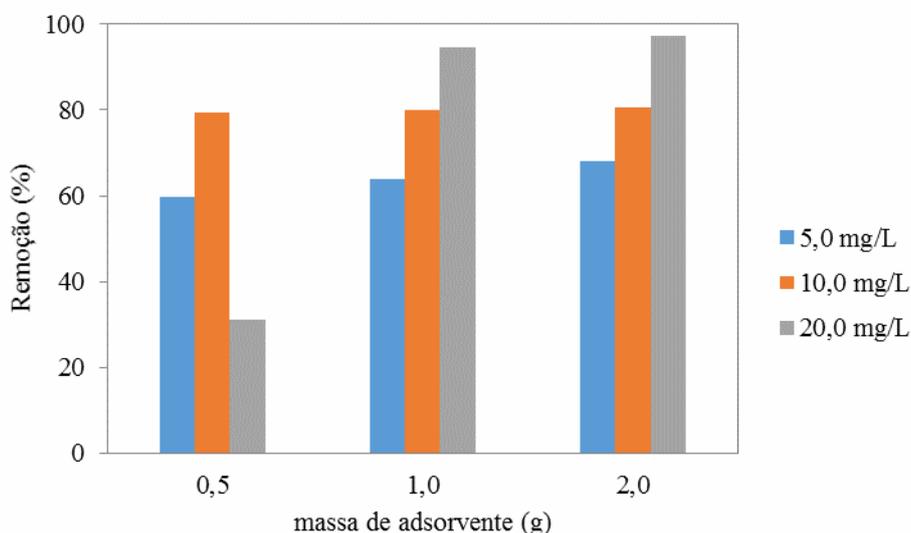
Os carvões ativados usados no processo apresentaram áreas superficiais próximas a 1000 m<sup>2</sup>/g, com satisfatório volume de poros, constituído principalmente por microporos. Nesse sentido, maiores áreas superficiais tendem a favorecer o recobrimento superficial do material com as moléculas do contaminante removido.

Tendo em vista a avaliação do efeito da concentração do corante indosol azul reativo pelos carvões ativados aplicados, foram realizadas operações adsorptivas em batelada, considerando variações nas massas de adsorvente e concentrações iniciais de corante. As demais condições de operação (agitação, pH, temperatura, volume da solução) foram mantidas constantes. Na Figura 1 está representado a remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com ácido fosfórico.



**Figura 1.** Remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com ácido fosfórico. Condições: 60 RPM (agitação); 25,0 °C (temperatura); 50,0 mL (volume da solução); 4,0 h (tempo de contato).

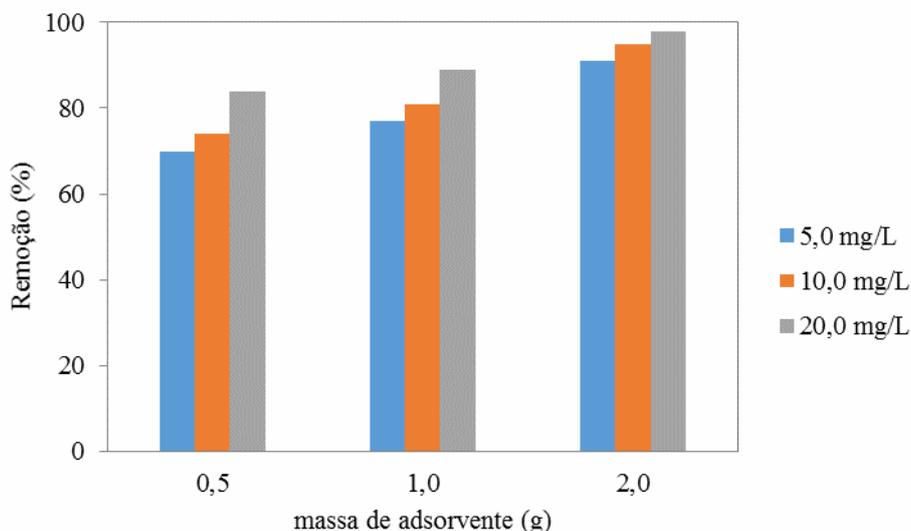
Foi possível observar remoções acima de 42%, crescentes no sentido do aumento da massa de adsorvente e concentração inicial do corante, alcançando um valor máximo próximo a 80%. Na Figura 2 está representada a remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com cloreto de zinco.



**Figura 2.** Remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com cloreto de zinco. Condições: 60 RPM (agitação); 25,0 °C (temperatura); 50,0 mL (volume da solução); 4,0 h (tempo de contato).

Os resultados indicaram remoções do corante próximas a 100%. Nas condições operadas, o aumento da concentração inicial do corante apresentou efeito significativo sobre a quantidade de corante removida da solução. Os valores observados de remoção foram superiores aos obtidos considerando uma concentração inicial menor de corante

de 5,0 mg/L. Na Figura 3 está representado o efeito da massa sobre a remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com hidróxido de potássio.



**Figura 3.** Remoção do corante indosol azul reativo pelo carvão ativado produzido por ativação com hidróxido de potássio. Condições: 60 RPM (agitação); 25,0 °C (temperatura); 50,0 mL (volume da solução); 4,0 h (tempo de contato).

De acordo com a adsorção promovida pelo carvão ativado produzido com ativação com hidróxido de sódio, observou-se a tendência de remoção do corante indosol azul reativo no sentido do aumento da massa de adsorvente e concentração inicial do corante, chegando próxima a 100% em seu valor máximo. No valor de massa mais baixo empregado (0,5 g), a remoção menor estabelecida foi acima de 65%. A partir da análise do processo de remoção, ficou estabelecido que o carvão ativado produzido a partir do hidróxido de potássio foi o indicado para a remoção do corante indosol azul reativo, nas condições de maior concentração de inicial de corante (20,0 mg/L) e massa de adsorvente (2,0 g).

Na sequência, o carvão ativado escolhido (ativado com hidróxido de potássio) passou pelo processo de saturação (5 ciclos). A saturação foi operada nas condições de 20,0 mg/L de concentração inicial do corante e 2,0 g. Foi determinada a quantidade adsorvida pelo material na saturação de 3,49 g/g, por análise da concentração residual do corante em solução. Após o processo de tratamento térmico, foi observado que 60% desse corante adsorvido foi transferido para a água, disponibilizando a superfície desse material para nova adsorção.

## CONCLUSÕES

Tendo em vista o reuso de carvões ativados aplicados na remoção do corante indosol azul reativo, no presente trabalho foi investigada a recuperação térmica desses adsorventes. Esse procedimento serviria ao tratamento de grandes volumes de água, concentrando o poluente em volumes muito menores. Foram investigados três carvões ativados produzidos por ativação química com ácido fosfórico, cloreto de zinco e hidróxido de potássio. Um planejamento fatorial  $3^2$  serviu à determinação das condições indicadas de operação de remoção do corante, em termos da concentração inicial de corante e massa do adsorvente. Os resultados indicaram que o adsorvente mais eficiente

foi aquele produzido por ativação com hidróxido de potássio, com o processo operado na concentração inicial de corante de 20,0 mg/L e massa de adsorvente de 2,0 g. Na sequência, após ciclos de adsorção desse material nas condições estabelecidas na análise de remoção, o tratamento térmico aplicado indicou recuperação de 60% da capacidade desse material para remoção corante em etapas de reuso do adsorvente no processo.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, S. J.; MCKAY, G.; PORTER, J. F. Adsorption isotherm models for basic dye adsorption by peat in single and binary component systems. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 280, n. 2, p. 322-333, 2004.
- HALLER, M. Tratamento de efluentes - Meio Ambiente. **Textilia**, v.7, p.48-49, 1993.
- MALIK, P. K. Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust: adsorption equilibrium and kinetics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 113, n. 1, p. 81-88, 2004.
- PADMESH, T. V. N. et al. Biosorption of Acid Blue 15 using fresh water macroalga *Azolla Filiculoides*: batch and column studies. **Dyes and Pigments**, v. 71, n. 2, p. 77-82, 2006.
- SENTHILKUMAAR, S. et al. Adsorption of dissolved reactive red dye from aqueous phase onto activated carbon prepared from agricultural waste. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 14, p. 1618-1625, 2006.
- WANG, L. et al. Adsorption of basic dyes on activated carbon prepared from *Polygonum Orientale* Linn: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. **Desalination**, v. 254, n. 1, p. 68-74, 2010.
- YANG, J.; QIU, K. Preparation of activated carbons from walnut shells via vacuum chemical activation and their application for methylene blue removal. **Chemical Engineering Journal**, v. 165, n. 1, p. 209-217, 2010.