

II-012 – UTILIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ COMO BIOADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES

Isabella Couto Santos⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG).

Patrícia Procópio Pontes⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e Doutora em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora Titular do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG).

Endereço⁽¹⁾: Av. Amazonas, 5253 – Nova Suíça - Belo Horizonte - MG - CEP: 30421-169 - Brasil - Tel: (31) 3319-7151 - e-mail: patriciaprocopio@cefetmg.br

RESUMO

Uma das técnicas eficazes e economicamente viáveis na remoção de corantes de efluentes têxteis é a adsorção. Para realização do processo de adsorção, uma alternativa ao carvão ativado comercial são os adsorventes provenientes de produtos e subprodutos agrícolas. O presente trabalho teve como objetivo a obtenção de adsorventes utilizando como material precursor a borra de café, para remoção do corante azul de metileno de soluções aquosas. Para obtenção dos adsorventes realizou-se ativação química e térmica da borra de café, sendo que, no primeiro caso, utilizou-se o ácido sulfúrico como agente ativante e, no segundo caso, realizou-se carbonização da borra de café em forno mufla nas temperaturas de 350 e 500°C. Foram obtidos cinco tipos de adsorventes, sendo eles a borra de café *in natura* (que não recebeu nenhum tipo de ativação), a borra de café ativada apenas termicamente na mufla a 350°C, a borra ativada apenas quimicamente pelo H₂SO₄ e os carvões ativados com o H₂SO₄ e por carbonização a 350°C e a 500°C. Os ensaios de adsorção foram realizados em batelada, utilizando soluções de azul de metileno nas concentrações de 5, 10 e 25 mg.L⁻¹. Os resultados obtidos indicaram que o carvão ativado com H₂SO₄ e carbonizado a 500°C apresentou os melhores resultados para a remoção do azul de metileno, apresentando uma eficiência média de 99,6% para as concentrações de azul de metileno analisadas. A borra de café *in natura* também apresentou uma alta eficiência de remoção do azul de metileno. Sendo assim, confirma-se que a borra de café tem alto potencial para ser utilizada como adsorvente, pois apresenta alta eficiência de remoção de corante e um baixo custo de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Bioadsorvente, corante, borra de café, efluente têxtil.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil gera grande volume de efluente líquido, podendo causar sérios problemas de contaminação ambiental devido aos diversos compostos químicos que são utilizados para confeccionar os tecidos. Os principais contaminantes dos efluentes têxteis são os corantes, que pertencem a uma classe importante de pigmentos orgânicos sintéticos e são utilizados no tingimento dos tecidos, apresentam alto potencial poluidor, gerando assim um problema ambiental crescente (KUNZ et al., 2002).

Caso não ocorra tratamento para eliminar os corantes presentes nas águas residuárias das indústrias têxteis, eles passam a apresentar um grande potencial de contaminação das águas superficiais e/ou subterrâneas. A descarga desse efluente nos corpos hídricos, principalmente se não houver nenhum tipo de tratamento, causa problemas ambientais, como a redução da penetração da luz solar nos corpos d'água, o que diminui a atividade fotossintética do mesmo, acarretando, portanto, perturbações na vida aquática. Além de tornarem o corpo hídrico esteticamente desagradável, esses resíduos altamente coloridos podem também apresentar toxicidade para alguns organismos (VAUTIER et al., 2001; MESSINA et al., 2006; O'NEILL et al., 1999; YESILADA et al., 2003).

Os efluentes têxteis apresentam forte coloração devido aos corantes residuais, que não são facilmente removidos por métodos convencionais de tratamento realizado nas Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI's). Para uma eficiente remoção desses poluentes, deve-se incluir etapas de tratamento após os tratamentos convencionais, que são os tratamentos terciários, voltados para a remoção desses compostos específicos, garantindo a sua eficiente eliminação do efluente.

A eliminação total ou parcial dos corantes no efluente pode ocorrer a partir de técnicas de remoção físico-químicas, químicas e biológicas, como por exemplo, a floculação, coagulação, precipitação, adsorção, filtração por membranas, ozonização, processos oxidativos avançados, técnicas eletroquímicas e descoloração fúngica (MESSINA et al., 2006; XING et al., 2010).

Uma das técnicas eficazes e economicamente viáveis na remoção destes corantes é a adsorção, que é muito utilizada para remover certos poluentes químicos na água, principalmente aqueles que não são facilmente biodegradáveis. O adsorvente industrial mais utilizado no processo de adsorção é o carvão ativado comercial, no entanto, seu uso generalizado é restrito pois apresenta custo elevado. Recentemente as pesquisas estão sendo direcionadas para adsorventes alternativos não convencionais, que apresentam baixo custo, tais como produtos e subprodutos agrícolas que são transformados em adsorventes e que muitas vezes apresentam alta eficiência na remoção do adsorvato da solução (HO et al., 2005; LOPES et al., 2013; XING et al., 2010).

Carvões ativados provenientes de resíduos agrícolas, também chamados de bioadsorventes, como por exemplo a borra de café, podem ter um custo mais baixo do que o carvão ativado comercial, além de proporcionar eficiência na remoção dos corantes. Diante desse cenário, o principal objetivo deste trabalho é analisar a eficiência da remoção de corantes de efluentes, a partir do processo de adsorção, utilizando como adsorvato o azul de metileno e como adsorvente a borra de café em seu estado natural e como carvão ativado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em duas etapas, sendo que a primeira etapa consistiu na obtenção e preparação da borra de café para ser utilizada como adsorvente e a segunda etapa consistiu na realização dos experimentos de adsorção do azul de metileno para avaliar a eficiência de remoção do corante da solução.

OBTENÇÃO DOS ADSORVENTES

Utilizou-se como matéria-prima a borra de café solúvel, cedida por uma empresa do setor de serviços, localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. A empresa prepara café para os funcionários todos os dias, gerando consequentemente a borra de café. Os funcionários responsáveis pela copa armazenaram a borra de café por 4 dias em um saco plástico, obtendo-se cerca de dez quilogramas de borra de café.

Para a realização dos experimentos, foram lavados três quilogramas da borra de café com água da torneira. Após a lavagem da borra de café, a mesma foi pesada em uma balança semi-analítica. Em seguida, separou-se 390 gramas para tratamento químico e térmico e 475 gramas para não receber nenhum tipo de tratamento, ou seja, permanecer *in natura*.

ATIVAÇÃO QUÍMICA

Para realizar o tratamento químico do adsorvente, utilizou-se H_2SO_4 0,4 mol.L⁻¹ que foi adicionado à borra de café na proporção de 1:4, realizando-se agitação por 15 minutos, seguida de repouso por mais 15 minutos. Em seguida, a borra de café, ativada quimicamente, foi lavada novamente com água de torneira, sendo realizada uma última lavagem com água destilada.

O processo de secagem foi realizado para as amostras tratadas quimicamente pelo H_2SO_4 e também para a amostra contendo a borra de café *in natura*. As três amostras foram expostas ao sol por 6 horas e em seguida aquecidas a uma temperatura de 120°C por 20 minutos. Após a secagem, as amostras contendo os resíduos de café tratados e *in natura* foram armazenadas cada uma em um saco hermético e pesadas novamente, sendo que

a amostra *in natura* passou a apresentar uma massa de 200 gramas, a amostra tratada com o H_2SO_4 passou a ter 135 gramas.

ATIVAÇÃO TÉRMICA

A ativação térmica foi realizada a 350 e 500 °C para as amostras da borra de café *in natura* e para a borra de café quimicamente tratada pelo H_2SO_4 . As cápsulas de porcelana com a borra de café *in natura* e com a borra de café tratada com o H_2SO_4 foram colocadas na mufla por um período de 1 hora nas temperaturas de 350 e 500°C. Após esse período, as cápsulas de porcelana foram retiradas da mufla e transferidas para o dessecador, onde foram resfriadas por aproximadamente 2 horas.

EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO

Os experimentos foram realizados em triplicata e primeiramente foram adicionados 0,2 gramas de cada adsorvente, sendo eles a borra *in natura*, a borra tratada com H_2SO_4 , e a borra aquecida s 350 e 500°C, em erlenmeyers. Após os adsorventes serem devidamente pesados e adicionados aos erlenmeyers de 250 mL, cada um desses adsorventes recebeu 10 mL das soluções de azul de metileno em diferentes concentrações, sendo elas: 5, 10 e 25 $mg.L^{-1}$.

Os erlenmeyers foram mantidos em um shaker (120 rpm), a uma temperatura média de 25 °C. O adsorvente ficou em contato com o adsorvato por 5, 15, 35 e 65 minutos e, após a sedimentação do adsorvente, foram retiradas alíquotas do sobrenadante da solução com uma pipeta graduada. As alíquotas do sobrenadante foram transferidas para as cubetas e, em seguida, realizou-se a leitura das absorbâncias de cada solução no espectrofotômetro UV-visível (marca HACH, modelo DR 6000) no comprimento de onda de 665 nm.

Para que as concentrações iniciais e finais de azul de metileno fossem determinadas, foi obtida uma curva de calibração (concentração *versus* absorbância), a partir da medida da absorbância de soluções de azul de metileno de concentração conhecida (5, 15, 20 e 25 $mg.L^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO

Os resultados dos experimentos de adsorção são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

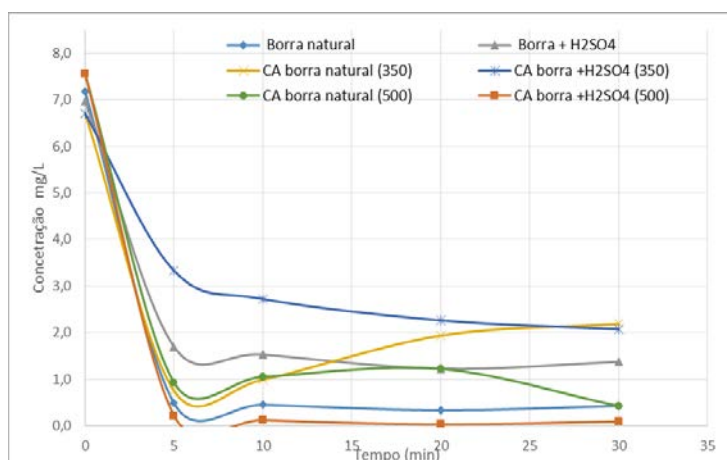


Figura 1: Concentração de azul de metileno em função do tempo de contato para uma concentração inicial de 5 $mg.L^{-1}$ de corante.

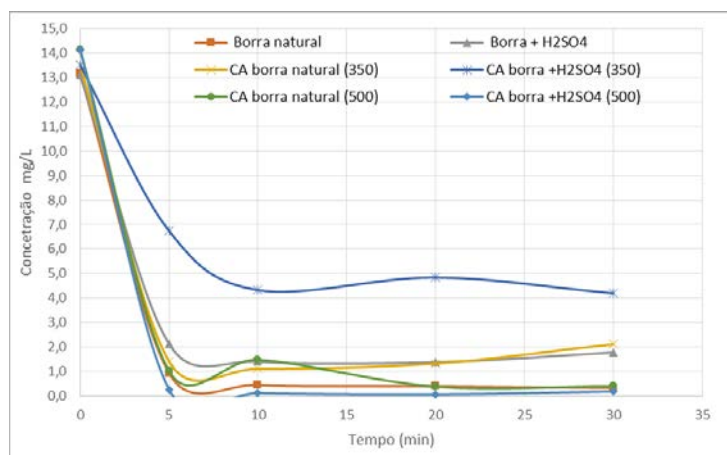


Figura 2: Concentração de azul de metileno em função do tempo de contato para uma concentração inicial de 10 mg.L⁻¹ de corante.

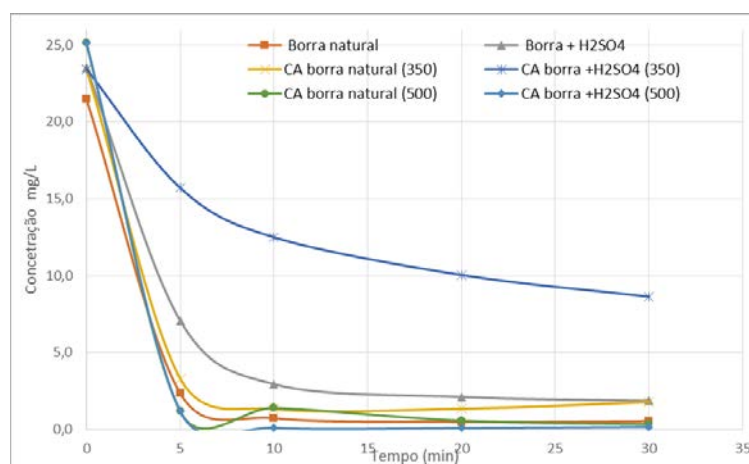


Figura 3: Concentração de azul de metileno em função do tempo de contato para uma concentração inicial de 25 mg.L⁻¹ de corante.

Observa-se nas Figuras 1, 2 e 3 que, entre os tempos de contato de 0 e 35 minutos, houve uma rápida adsorção do azul de metileno para todos os adsorventes analisados e, após esse intervalo, entre 35 e 65 minutos, as concentrações não foram alteradas significativamente.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO CORANTE

A Tabela 1 apresenta os valores máximos e mínimos da eficiência de remoção do corante azul de metileno para os diferentes adsorventes nas concentrações de 5, 10 e 25 mg.L⁻¹.

Tabela 1: Valores máximos e mínimos para a eficiência de remoção do corante (com concentrações iniciais de 5, 10 e 25 mg.L⁻¹) para os diferentes adsorventes.

Adsorvente	Concentração de 5 mg.L ⁻¹		Concentração de 10 mg.L ⁻¹		Concentração de 25 mg.L ⁻¹	
	Eficiência de remoção (%)					
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Borra Natural	93,21	95,32	92,84	97,47	89,07	97,71
Borra + H ₂ SO ₄	75,58	82,40	83,70	89,41	69,90	92,09
Borra com tratamento térmico (350 °C),	67,32	88,74	89,50	91,70	85,88	94,32
Borra + H ₂ SO ₄ (350)	50,30	69,05	50,09	68,92	32,97	63,17
Borra + H ₂ SO ₄ (500)	97,06	99,57	98,06	99,51	95,31	99,61

Pode-se observar, pela Tabela 1 e pelas Figura 1, 2 e 3, que houve uma rápida adsorção do azul de metileno, tendo-se observado uma eficiência de remoção acima de 70% em apenas 5 minutos de tempo de contato do adsorvente com a solução, exceto para a borra com ativação química e térmica a 350°C, que apresentou baixa eficiência em comparação aos demais adsorventes, tendo-se observado os menores valores para a eficiência de remoção máxima e uma média de remoção de 67,05% para todas as concentrações, o que o torna dentre todos, o adsorvente menos eficiente. Já a borra com ativação química e térmica a 500°C foi o adsorvente que apresentou maior eficiência, já que em 5 minutos apresentou eficiências de remoção acima de 95% para todas as concentrações.

A borra de café *in natura*, que não recebeu nenhum tipo de tratamento químico ou físico, também apresentou uma elevada eficiência para a remoção do corante, com valores máximos de remoção de 97,71% para a concentração de 25 mg.L⁻¹ de azul de metileno.

Observa-se que, de maneira geral, a borra de café apresenta uma maior eficiência quando comparada a outros bioadsorventes. No estudo de Freitag (2013), foi encontrada uma eficiência de remoção do azul de metileno de 90,1%, utilizando rama de mandioca como adsorvente. Já Furmanski et al. (2012), encontraram uma eficiência de remoção de 85% após 4 horas de tempo de contato do adsorvente proveniente de resíduos fibrosos de bananeira e o adsorvato azul de metileno. Ikeno (2013) estudou a remoção do azul de metileno a partir do pó de serragem do gênero *Pinus sp.* e encontrou uma eficiência de remoção de 79,5% em 135 minutos de tempo de contato entre o adsorvente e adsorvato. Oliveira (2016) estudou três tipos de adsorventes *in natura* para a remoção do azul de metileno, a fibra de coco verde, o bagaço de cana-de-açúcar e a casca de laranja, tendo-se observado uma eficiência de remoção de 97,46%, 99,43% e 70,76%, respectivamente.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicaram valores elevados para a eficiência de remoção do corante azul de metileno para os adsorventes utilizados, tendo-se observado os melhores resultados para borra com ativação química e térmica a 500°C, já que em 5 minutos apresentou eficiências de remoção acima de 95% para todas as concentrações. A borra de café *in natura*, com eficiência média de remoção do corante de 96,83%, também apresentou-se como um bom adsorvente quando utilizada na adsorção do corante azul de metileno.

Além de ser um bioadsorvente de baixo custo, se comparado com outros precursores agroindustriais, a borra de café apresentou alta eficiência na remoção do corante. Os resultados obtidos são promissores para trabalhos futuros utilizando a borra de café como bioadsorvente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FREITAG, J.A. Adsorção do corante azul de metileno na rama de mandioca (*Manihot esculenta* crantz). Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013.
2. FURMANSKI, L.M; COSTA, P.D; DOMINGUINI, L. Estudo da cinética de adsorção de azul de metileno por resíduos fibrosos de bananeira. In: Anais do VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, Santa Catarina, 2012.
3. HO, Y-S; CHIANG, T-H; HSUEH, Y-M. Removal of basic dye from aqueous solution using tree fern as a biosorbent. *Process Biochemistry*, v. 40, p. 119-124, 2005.
4. IKENO, D.S. Remoção de azul de metileno por adsorção usando pó de serragem do gênero *Pinus* sp. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013.
5. KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
6. LOPES, T.J; VIEIRA, M.A; OLIVEIRA, M; PEREIRA, B.A; SILVA, L.L; FERNANDES, S.C; SAVIO, J; COSTELLI, M.C. Obtenção e aplicação de carvão do pseudofruto da uva-japão (*Hovenia Dulcis* Thunberg) no tratamento de efluentes líquidos com corantes. *Acta Ambiental Catarinense*, v.10, n.1/2, p. 29-44, 2013.
7. MESSINA, P.V; SCHULZ, P.C. Adsorption of reactive dyes on titania-silica mesoporous materials. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.299, p. 305-320, 2006.
8. OLIVEIRA, F.M. Resíduos agroindustriais como adsorventes para remoção de azul de metileno em meio aquoso. Goiás, 2016. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Química). Universidade Federal de Goiás, 2016.
9. O'NEILL, C.; HAWKES, F. R.; HAWKES, D. L., LOURENCO, N. D.; PINHEIRO, H. M.; DELEE, W. J. Review Colour in textile effluents – sources, measurement, discharge consents and simulation: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v.74, p 1009-1018, 1999.
10. VAUTIER, M; GUILLARD, C; HERRMANN, J-M. Photocatalytic Degradation of Dyes in Water: Case Study of Indigo and of Indigo Carmine. *Journal of Catalysis*, v. 201, p. 46-59, 2001.
11. XING, Y; LIU, D; ZHANG, L.P. Enhanced adsorption of methylene blue by EDTAD-modified sugarcane bagasse and photocatalytic regeneration of the adsorbent. *Desalination*, n. 259, p. 187-191, 2010.
12. YESILADA, O; ASMA, D; CING, S. Decolorization of textile dyes by fungal pellets. *Process Biochemistry*, v. 38, p. 933-938, 2003.