

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

G. B. SANTOS¹, L. D. TEDESCO¹, R. T. RAVANI¹, T. R. A. FRAGA¹, M. R. T. HALASZ¹

¹ FAACZ – Faculdades Integradas de Aracruz, Curso de Engenharia Química
E-mail para contato: halasz@fsjb.edu.br

RESUMO – O presente estudo tem por objetivo a produção de carvão ativado a partir da casca de café, visando sua aplicação para a remoção do corante azul de metileno em soluções aquosas. Foram preparados carvões ativados utilizando como agente ativante o ácido fosfórico, em diferentes temperaturas (450; 600; 750 °C) e tempos de ativação (1,5; 2,5; 3,5 h). A partir dos ensaios de adsorção, verificou-se que o melhor material foi aquele preparado a temperatura de 750 °C e tempo de 3,5 h, apresentando uma capacidade de remoção do corante correspondente a 417,87 mg.g⁻¹, enquanto que o carvão ativado comercial (Cromoline Química Fina) apresentou uma capacidade de remoção de 156,71 mg.g⁻¹. A partir da análise MEV realizada para a casca de café e para os carvões ativados (comercial e o carvão ativado produzido promissor), observou-se que o carvão ativado produzido apresentou uma estrutura mais porosa, quando comparado ao material precursor e ao carvão ativado comercial.

1. INTRODUÇÃO

A casca de café é um dos principais resíduos agrícolas gerados no Brasil, que apesar de possuir algumas aplicações, grande parte da mesma ainda é desprezada. Uma forma de reaproveitar a casca de café é utilizando-a como matéria-prima para a produção de carvão ativado, o qual por sua vez, é um material de maior valor agregado (PEREIRA, 2010; OLIVEIRA et al., 2008).

De acordo com Claudino (2003), carvão ativado é definido como um material carbonáceo que sofreu um processamento com a finalidade de aumentar sua porosidade interna, conferindo a capacidade de adsorver moléculas ou impurezas no interior de seus poros (os quais são classificados como sendo macro, meso ou microporos). Em sua produção, o carvão ativado pode ser obtido pelo processo de ativação química ou física. A ativação química consiste na impregnação de agentes ativantes, sobre o material ainda não pirolisado, com subsequente carbonização e pirólise. (KHALILI et al., 2000). A ativação física consiste na gaseificação do material carbonizado através de sua oxidação com gases (vapor d'água, CO₂, ar ou junção destes gases) a temperaturas entre 800 °C a 1000 °C (RODRÍGUEZ; MOLINA, 1998). Quanto a sua aplicação, o carvão ativado é um adsorvente muito utilizado na indústria, como por exemplo, para a remoção de corantes presentes em efluentes industriais. Diversos corantes podem ser utilizados em testes de adsorção, entretanto, o corante orgânico azul de metileno é o mais utilizado, devido ao fato de apresentar uma forte adsorção em suportes sólidos (FUNGARO; IZIDORO; BRUNO, 2009).

Tendo em vista a grande quantidade de casca de café desprezada, e a possibilidade de reaproveitar esta biomassa para a produção de material de maior valor agregado, o presente trabalho objetiva a produção de carvão ativado a partir da casca de café, visando a sua aplicação para a remoção do corante azul de metileno.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A casca de café utilizada no trabalho foi coletada na Cafeeira Cuzzuol Pimentel, localizada no município de Aracruz – ES, sendo a mesma obtida por processamento via seca.

2.1. Preparação da Biomassa

O procedimento foi realizado com base no trabalho de Bianchi et al. (2008), onde a casca de café foi triturada e peneirada, resultando numa granulometria entre 250 a 297 μm (48 a 60 mesh).

2.2. Produção de Carvão Ativado

Para a produção do carvão ativado, optou-se pelo processo de ativação química, onde foi utilizado o ácido fosfórico (H_3PO_4) como agente ativante, adotando-se três temperaturas (450, 600, 750 $^{\circ}\text{C}$) e três tempos de ativação (1,5; 2,5 e 3,5 h).

Inicialmente, a casca de café triturada foi impregnada com o agente ativante na proporção 1:1 em massa (agente ativante:casca) e colocados em uma estufa a 110 $^{\circ}\text{C}$, onde permaneceu por um período de 24 h. Posteriormente, o material foi pirolisado em um forno mufla (Sppencer Scientific), sob atmosfera inerte, com fluxo de 100 mL min^{-1} de argônio (RAMOS et al., 2009), onde o material foi submetido a variações de temperatura e tempo. Após a ativação, o carvão ativado foi lavado com água destilada, até pH neutro, para a remoção do agente ativante e desobstrução dos poros formados.

2.3. Teste de Adsorção

Os estudos de adsorção foram realizados em duplicata, tanto para os carvões ativados produzidos, quanto para o carvão ativado comercial do fabricante Cromoline Química Fina LTDA.

Para a obtenção das isotermas de Langmuir, 30 mg dos materiais adsorventes foram colocados em contato com 30 mL das soluções aquosas de azul de metileno nas concentrações de 25, 50, 100, 250 e 500 mg.L^{-1} , permanecendo em agitação por um período de 24 horas, à temperatura ambiente (PEREIRA, 2010). Em seguida, as suspensões foram centrifugadas e os sobrenadantes foram analisados por espectrofotometria UV-visível (Spectrum, SP-2000UV), no comprimento de onda de 645 nm (OLIVEIRA et al., 2009).

De acordo com Chowdhury (2012), pode-se calcular a capacidade de adsorção do adsorvente em qualquer concentração de uma fase líquida, através da Equação 1:

$$Q_{eq} = (C_0 - C_{eq}) \times V/m \quad (1)$$

Sendo Q_{eq} a quantidade de corante adsorvida pelos adsorventes (mg.g^{-1}); C_0 a concentração inicial da solução de corante (mg.L^{-1}); C_{eq} a concentração de corante no equilíbrio (mg.L^{-1}); V o volume da solução de corante (L) e m a massa de adsorvente (g).

2.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

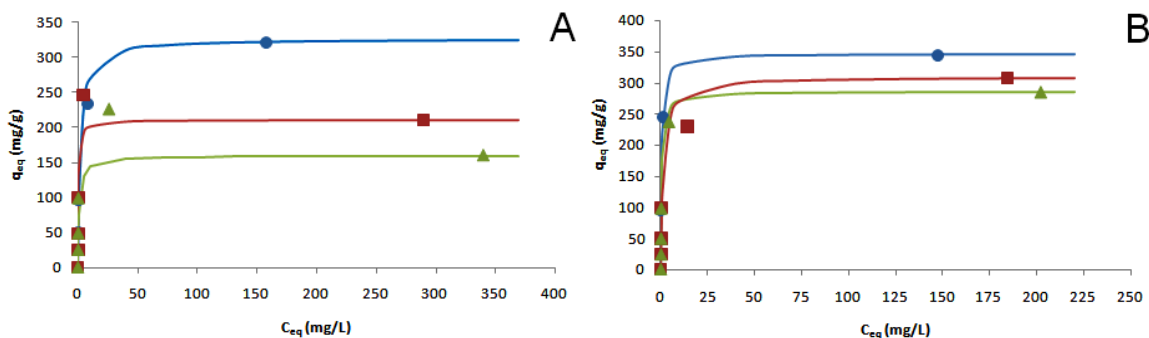
A morfologia da casca de café, da amostra mais promissora de carvão ativado produzido e do carvão ativado comercial, foi determinada por microscopia eletrônica de varredura, em um equipamento ZEISS EVO MA10, empregando uma tensão de 20 kV. Os materiais estudados foram colados em um suporte de alumínio, utilizando-se fita dupla-face de carbono e, em seguida, foram cobertos com uma fina camada de ouro em um evaporador (modelo Quorum, Q15ORES).

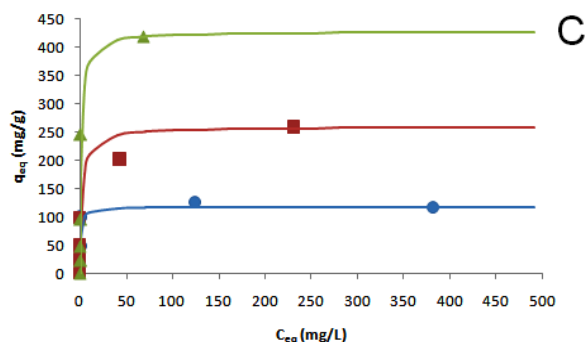
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Teste de Adsorção

A partir dos dados experimentais dos testes de adsorção, foi possível obter as isotermas de adsorção do corante azul de metileno. As mesmas foram determinadas plotando-se o gráfico da quantidade adsorvida (Q_{eq}) em função da concentração de equilíbrio da espécie em solução (C_{eq}).

Figura 1 - Isotermas de adsorção adequadas ao modelo de Langmuir, para os carvões ativados preparados a temperatura de (A) 450 °C, (B) 600 °C e (C) 750 °C, nos tempos de (●) 1,5 h, (■) 2,5 h, (▲) 3,5 h.

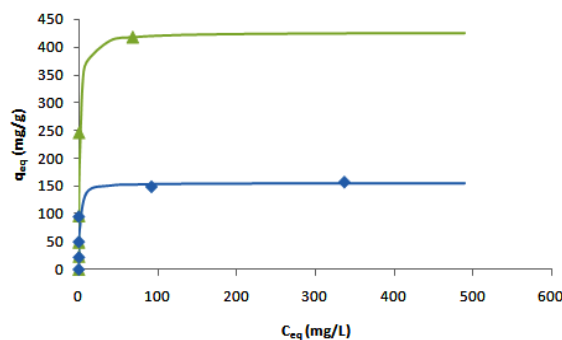




A partir da Figura 1, pode-se observar os valores máximos de Q_{eq} das isotermas. Na Figura 1.A, o maior valor de Q_{eq} encontrado foi de $321,03 \pm 2,00 \text{ mg.g}^{-1}$, que correspondeu ao carvão ativado produzido a 450°C e 1,5 h. Na Figura 1.B, o maior valor de Q_{eq} encontrado foi de $344,33 \pm 28,13 \text{ mg.g}^{-1}$, que correspondeu ao carvão ativado produzido a 600°C e 1,5 h. Na Figura 1.C, o maior valor de Q_{eq} encontrado foi de $417,87 \pm 6,04 \text{ mg.g}^{-1}$, que correspondeu ao carvão ativado produzido a 750°C e 3,5 h.

Sendo assim, para o conjunto de carvões ativados produzidos, o que apresentou a maior capacidade de adsorção foi o produzido a temperatura de 750°C e tempo de ativação de 3,5 h, sendo este comparado ao carvão ativado comercial, conforme observado pela Figura 2.

Figura 2 – Isotermas de adsorção do (\blacktriangle) carvão ativado produzido à temperatura de 750°C e tempo de 3,5 h e do (\blacklozenge) carvão ativado comercial.

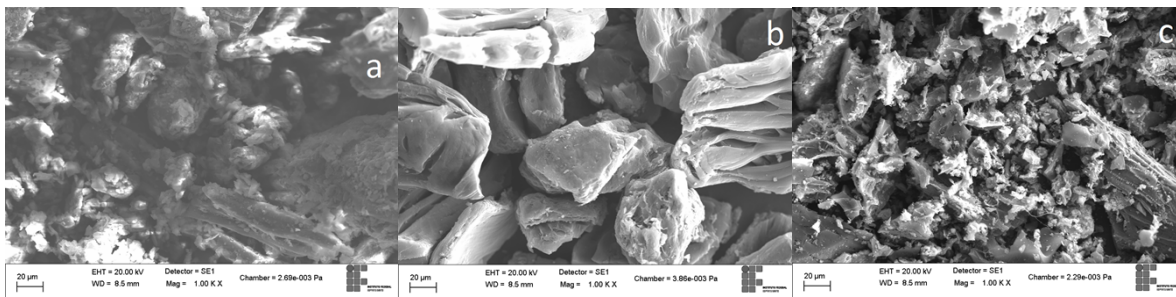


Na Figura 2, é possível observar que o carvão ativado produzido apresentou maior capacidade de adsorção ($417,87 \text{ mg.g}^{-1}$), quando comparado ao carvão ativado comercial ($156,71 \text{ mg.g}^{-1}$). A alta capacidade de adsorção obtida para o carvão ativado produzido a partir da casca de café pode estar associada à morfologia deste material, uma vez que materiais com estruturas altamente porosas apresentam capacidades elevadas de adsorção.

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

A Figura 3.a apresenta a micrografia da casca de café antes do processo de carbonização, a Figura 3.b apresenta o carvão ativado produzido a partir da casca de café e na Figura 3.c pode-se observar o carvão ativado comercial do fabricante Cromoline.

Figura 3 - Micrografias do (a) casca de café (b) carvão ativado produzido (c) carvão ativado comercial a 1000x.



Nas Figuras 3.a e 3.b, nota-se um aumento na porosidade promovido pelo processo de ativação, da casca de café para o carvão ativado produzido a partir deste precursor. O aumento do número de poros pode fornecer uma maior área de deposição ao material, explicando assim, a elevada capacidade de adsorção apresentada pelo carvão ativado produzido a partir da casca de café.

A partir das Figuras 3.b e 3.c, observa-se que ambos os carvões ativados apresentam uma estrutura porosa, bem definida e irregular. No entanto, o carvão ativado produzido a partir da casca de café aparenta possuir poros maiores quando comparado ao carvão ativado comercial. Comparativamente ao carvão ativado comercial, os poros apresentados pelo carvão ativado produzido a partir da casca de café se mostraram mais favoráveis para a adsorção de moléculas grandes, como a do corante azul de metileno. Este fato pode ser confirmado pelos resultados do teste de adsorção apresentados, anteriormente, para ambos os carvões ativados.

4. CONCLUSÃO

O estudo revelou que, dentre os carvões ativados obtidos a partir do ácido fosfórico, a amostra mais promissora foi àquela preparada à temperatura de 750 °C e tempo de ativação de 3,5 h. Nestas condições, o material apresentou uma capacidade de remoção de azul de metileno correspondente a 417,87 mg.g⁻¹, que se mostrou muito superior à capacidade do carvão ativado comercial, que foi de apenas 156,71 mg.g⁻¹.

A partir da análise morfológica dos materiais, observou-se que a alta capacidade de adsorção do corante azul de metileno para o carvão ativado produzido a partir da casca de café está associada à estrutura altamente porosa que o mesmo adquiriu após a biomassa ter sido submetida a um processo de ativação química.

Diante dos resultados favoráveis obtidos, conclui-se que a casca de café pode ser utilizada para a produção de carvão ativado, contribuindo assim para a redução dos custos no processo de obtenção deste carvão e minimização dos impactos ambientais causados pelo despejo incorreto de resíduos provenientes da produção agrícola do café.

5. REFERÊNCIAS

- BIANCHI, M. L.; BRUM, S. S.; SILVA, V. L da.; GONÇALVES, M.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L. C. A. de. Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. *Química Nova*, Lavras, v. 31, n. 05, p. 1048-1052, 2008
- CHOWDHURY, Z. K.; SUMMERS, R. S.; WESTERHOFF, G. P.; LETO, B. J.; NOWACK, K. O.; CORWIN C. J. **Activated Carbon**: Solutions for improving water quality. [S.l]: American Water Works Association, 2012.
- CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – PPGEQ, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C.; BRUNO, M. Aplicação de material zeolítico sintetizado de cinzas de carvão como adsorvente de poluentes em água. *Eclética Química*, São Paulo, v. 34, n. 01, p. 45-50, 2009.
- KHALILI, R. N.; CAMPBELL, M.; SANDI, G.; GOLAS, J. Production of micro and mesoporous activated carbon from paper mill sludge: I. Effect of zinc chloride activation. *Carbon*, Oxford, v. 38, n. 14, p. 1905-1915, 2000.
- OLIVEIRA, L. C. A.; PEREIRA, E.; GUIMARÃES, I.; VALLONE, A.; SAPAG, K.; PEREIRA, M.; MESQUITA, J. P. Preparation of activated carbons from coffee husks utilizing FeCl_3 and ZnCl_2 as activating agents. *J. Hazard. Mater.*, [S. l], v. 165, p. 87-94, 2009.
- OLIVEIRA, L. C. A.; PEREIRA, E.; VALLONE, A.; SAPAG, K.; PEREIRA, M. Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl_3 como agente ativante. *Química Nova*, [S.l.], v. 31, n. 06, p. 1296-1300, 2008.
- PEREIRA, E. I. **Produção de carvão ativado a partir de diferentes precursores utilizando FeCl_3 como agente ativante**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – PPGA, Universidade Federal de Lavras. MG.
- RAMOS, P. H.; GUERRIRO, M. C.; RESENDE, E. C. de; GONÇALVES, M. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. *Química Nova*, Lavras, v. 32, n. 05, p. 1139-1143, 2009.
- RODRÍGUEZ, F. R.; MOLINA, M. S. Textural and chemical characterization of microporous carbons. *Advances in Colloid and Interface Science*, Seattle, v. 76/77, p. 271-294, 1998.