

Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos

V. L. M. M. Silva^{1*}, W. C. Gomes², O. L. S. Alsina²

¹Departamento de Química - Universidade Estadual da Paraíba, Av. Juvêncio arruda s/n, Bodocongó. CEP 58109-790

²Unidade Acadêmica de Engenharia Química – Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande – PB

(Recebido em 09/03/2007; revisado em 23/03/2007; aceito em 23/04/2007)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O bagaço de cana-de-açúcar é o resíduo da cana após a moagem. O bagaço de cana, é, sem dúvida, o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil, aproximadamente 280 Kg/ton de cana moída. Estima-se que a cada ano sejam produzidos de 5 a 12 milhões de toneladas desse material, correspondendo a cerca de 30% do total da cana moída. Neste trabalho, o bagaço de cana foi utilizado como biomassa adsorvente de hexano, heptano e iso-octano, hidrocarbonetos contaminantes, presentes em diversos efluentes. Foram realizados experimentos em coluna de leito fixo, para determinar o desempenho da biomassa na purificação dos efluentes. As concentrações de hidrocarbonetos foram determinadas por cromatografia gasosa. Mediante as curvas de ruptura foi possível calcular a quantidade adsorvida de cada um dos hidrocarbonetos ao longo do tempo de funcionamento do leito. Todas as análises confirmaram a indicação do bagaço de cana-de-açúcar como adsorvente para remoção de hidrocarbonetos de efluentes aquosos.

Palavras-chave: Bagaço de cana-de-açúcar; adsorção; hidrocarbonetos.

Abstract:

Sugarcane bagasse is the biomass remaining after sugarcane stalks are crushed to extract their juice. Sugarcane bagasse is no doubt the more important agro industrial waste in Brazil with about 5 to 12 million tons per year production. It corresponds to approximately 30% of the total milled cane. In this work the sugarcane bagasse was used as biomass adsorbent for hydrocarbons in water dispersed. The experimental runs were conducted in fixed bed column to determine the biomass performance as adsorbent. The hydrocarbon concentrations were determined by gas chromatography. By means of the breakthrough curves, the hydrocarbon quantity adsorbed along the column operation time was determined. The results confirmed the sugarcane bagasse as an efficient adsorbent for hydrocarbons removal in aqueous effluents.

Keywords: Sugarcane bagasse; adsorption; hydrocarbons.

* E-mail: meiravlm@yahoo.com.br (V. L. M. M. Silva)

1. Introdução

A importância da cana-de-açúcar é devida à sua múltipla utilidade, podendo ser empregada “*in natura*”, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool. Seus resíduos também têm grande importância econômica: o vinhoto é transformado em adubo e o bagaço, subproduto da indústria sucro-alcooleira, pode ter vários usos, dentre eles, como combustíveis, como biomassa sorvente, como veículo para ração animal, dentre outros.[1] O bagaço de cana é o resíduo da cana após a moagem. É um material fibroso obtido após a extração do caldo num terno de moendas. Ao sair da moenda, o bagaço tem aproximadamente 30% da massa da cana e uma umidade em torno de 50% [2].

A composição química do bagaço varia de acordo com diversos fatores, dentre eles, o tipo de cana, o tipo de solo, as técnicas de colheita e até o manuseio. A Tabela 3 mostra a composição média característica do bagaço de cana, em que a fibra é a matéria seca e insolúvel em água, contida na cana de açúcar e o Brix mede os sólidos solúveis em água.

Tabela 3 – Composição média do bagaço de cana [4,5].

Composição química média	
Carbono	39,7 – 49%
Oxigênio	40 – 46%
Hidrogênio	5,5 – 7,4%
Nitrogênio e cinzas	0 – 0,3%
Propriedades físico-químicas	
Umidade	50%
Fibra	46%
Brix	2%
Impurezas minerais	2%
Composição média da fibra do bagaço	
Celulose	26,6 – 54,3%
Hemicelulose	14,3 – 24,4%
Lignina	22,7 – 29,7%

O bagaço de cana tem sido produzido cada vez em maior quantidade devido ao aumento da área plantada e da industrialização da cana de açúcar, decorrentes principalmente de investimentos públicos e privados na produção alcooleira. A melhoria do balanço energético das antigas usinas e a entrada de atividade de um número cada vez

maior de destilarias autônomas aumentou a porcentagem de sobras, consideravelmente[6].

O bagaço de cana, é, sem dúvida, o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil, aproximadamente 280 Kg/ton de cana moída. Estima-se que a cada ano sejam produzidos de 5 a 12 milhões de toneladas desse material, correspondendo a cerca de 30% do total da cana moída [3].

Grande parte do bagaço produzido, é utilizado pelas próprias usinas no aquecimento de caldeiras e na geração de energia elétrica. É bem verdade que o bagaço de cana hoje tem sido alvo de vários estudos visando seu potencial energético no que diz respeito a geração de energia elétrica, porém, seu uso não está restrito a esse fim. Devido à grande quantidade produzida e a suas características físicas e químicas, esse material encontra um vasto campo de utilização, dentre eles na produção de ração animal, na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil, e na produção de biomassa microbiana. Além de tudo isso, estudos têm sido realizados utilizando o bagaço de cana como biomassa adsorvente de contaminantes orgânicos com resultados satisfatórios[3]. O que nos leva a crer que o potencial desse material tão abundante e de fácil aquisição no Brasil, é de grande relevância e pode fazer a diferença no mundo globalizado que vive a busca de desenvolvimento sustentável.

2. Materiais

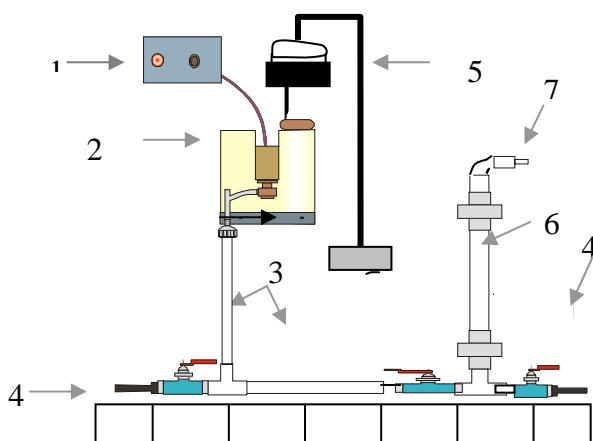
Os hidrocarbonetos: Hexano P.A., heptano P.A., e iso-octano P.A. (todos da marca Vetec) foram usados na formação de dispersão água/óleo, com concentração variando entre 6 e 30%, para verificar a capacidade de adsorção das biomassas frente a efluentes orgânicos contendo diferentes concentrações, até mesmo superiores às concentrações de efluentes normais de refinaria. O pentano foi usado como solvente para extração líquido-líquido dos demais hidrocarbonetos contidos nas amostras coletadas ao longo dos experimentos em coluna de leito fixo. Isto foi feito para que as amostras pudessem ser analisadas por cromatografia gasosa, visto que a coluna cromatográfica utilizada não aceita água.

O bagaço de cana de açúcar aqui utilizado foi adquirido junto à Destilaria GIASA, localizada no município de Pedras de Fogo – PB. Quando da

coleta deste material, o mesmo já havia passado por todos os processos usados na destilaria para obtenção de álcool e açúcar, sendo, portanto, considerado resíduo final [3]. Por ter passado por todos os processos da destilaria, o bagaço já estava bem triturado, não necessitando de nenhum tipo de moagem antes de seu uso nos experimentos.

3. Metodologia

O equipamento usado para os experimentos



em coluna de leito fixo de biomassa, está ilustrado na Figura 1.

O reservatório para líquidos tem capacidade para 1,5L, a coluna para leito fixo, consiste de um tubo de vidro com 30 cm de altura e diâmetro interno de 2,94cm. O fluxo da dispersão através da coluna ocorre de forma ascendente e a coleta de amostras se dá na saída da coluna, ou seja, parte superior. As válvulas de passagem permitem direcionar o fluxo para a coluna ou para descarga externa.

- 1 – Válvula de controle de vazão
- 2 – Reservatório para a dispersão
- 3 – Tubulação em PVC
- 4 – Válvulas de passagem
- 5 – Agitador mecânico
- 6 – Coluna de leito fixo
- 7 – Saída da coluna

Figura 1 – Equipamento para experimentos em leito fixo

Preparação da Biomassa - Inicialmente o bagaço de cana-de-açúcar foi peneirado, de maneira a se obter um material uniforme com diâmetro entre 1 e 2 milímetros. Em seguida lavado diversas vezes em água corrente, para retirada de impurezas, sendo, logo após, seco à temperatura ambiente, e por fim, acondicionado em sacos plásticos, devidamente identificados, para posterior utilização.

Caracterização da biomassa – Foram realizadas análises de infravermelho, difração de raios X na Universidade Federal da Bahia e microscopia eletrônica de varredura na Universidade Federal de Pernambuco UFPE.

Sistema para adsorção em leito fixo - Para os experimentos em leito fixo, inicialmente, a solução água/hidrocarboneto com a concentração desejada era preparada e, em seguida colocada no reservatório para líquidos sendo submetida à agitação durante cinco minutos e só depois disso, o sistema de bombeamento era acionado, para que a dispersão atravessasse o leito fixo de biomassa. Os experimentos foram realizados a uma vazão de 2,9 mL/s, com uma altura do leito de 23,6cm. As amostras para análise do desempenho do leito fixo

quanto à adsorção dos hidrocarbonetos, eram tomadas de 10 em 10 segundos até 230 segundos, em média, coletas em recipientes plásticos que possuem tampa com rosca e ainda vedados com filme plástico até o momento de serem analisados.

4. Resultados e discussão

4.1. Análise micrográfica do material

Buscando entender melhor o que ocorre com a biomassa após o contato com a dispersão hidrocarbonetos/água, foram feitas micrografias do material “in natura” e também após 60 min de contato com a dispersão hidrocarbonetos/água sob agitação constante. Os resultados podem ser observados nas Figura 2, 3 e 4.

As micrografias, indicam a existência de uma superfície porosa que sofre ataque dos hidrocarbonetos a que foram submetidos, promovendo a retirada de cera das fibras, aumentando assim sua porosidade. Isto é visto de maneira mais acentuada quando se compara o material “in natura” (Figura 2) com o submetido a heptano puro (Figura 3).

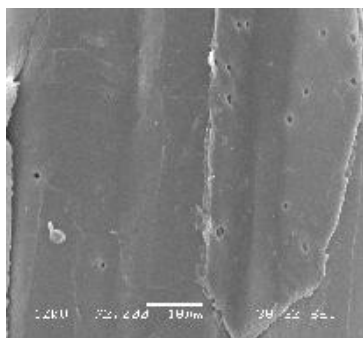


Figura 2 – Micrografias do bagaço de cana “in natura”. Magnificação de 2000x.

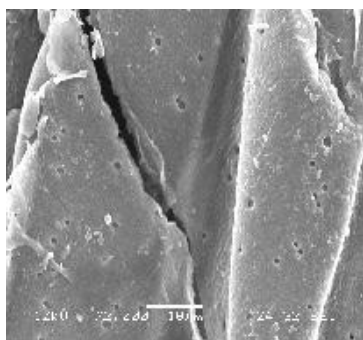


Figura 3 - Microscopias eletrônicas (MEV) do bagaço de cana após 60 minutos de contato com heptano puro. Magnificação de 2000x.

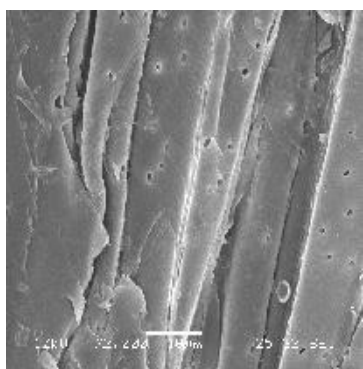


Figura 4 - Microscopias eletrônicas (MEV) do bagaço de cana após 60 minutos de contato com a dispersão água/hidrocarbonetos com concentração 23,08 (%). Magnificação de 2000x.

Foram realizadas análises de difração por raios-x, comparando o material “in natura” com o material submetido ao contato com os hidrocarbonetos, obedecendo à mesma metodologia usada para as análises em MEV. O resultado pode ser visto na Figura 5.

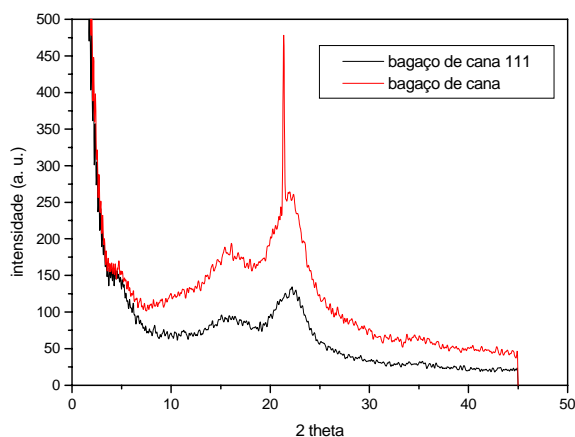


Figura 5 – Comparação entre o DRX do bagaço de cana “in natura e após contato por 60 min com a dispersão água/hidrocarbonetos.

4.2. Avaliações em coluna de leito fixo

Experimentos em coluna de leito fixo foram realizados, de modo a avaliar o desempenho do resíduo de biomassa na purificação de efluentes contaminados com coorgânicos. O leito de bagaço de cana, com altura de 23,6 cm, operou com uma vazão de entrada da dispersão água/hidrocarbonetos na coluna igual a 2,9 mL/s. As Figuras de 6 a 9, mostram as curvas de ruptura, que representam a evolução no tempo da concentração total dos hidrocarbonetos dispersos em água na saída da coluna de adsorção para situações utilizando um leito fixo de bagaço de cana “in natura”, e com diversas concentrações de entrada. Nas Figuras 6 a 9 a concentração na saída, normalizada com a concentração de entrada é representada em função do tempo de operação da coluna.

Observando as curvas de ruptura mostradas nas Figuras de 6 a 9, todas elas apresentam regiões com rendimentos satisfatórios; por exemplo, na curva de concentrações de entrada global igual a 15%, 5:5:5 (Figura 6) observa-se que até 50 segundos o leito retém todos os hidrocarbonetos e que aos 80 segundos ainda retém 50% dos hidrocarbonetos presentes na corrente de entrada. Para a concentração global de 12%, verifica-se que, independente das diversas proporções entre os hidrocarbonetos, também existem faixas de tempo bem satisfatórias. Para a relação 8:2:2 (Figura 7), até 50 segundos todos os hidrocarbonetos ficaram retidos e ainda, em 100 segundos a retenção era de cerca de 60%. Para a relação 2:8:2 (Figura 8), os resultados são semelhantes. Estes resultados encontrados em

equipamento de escala laboratório permitem prever um comportamento satisfatório também na escala industrial.

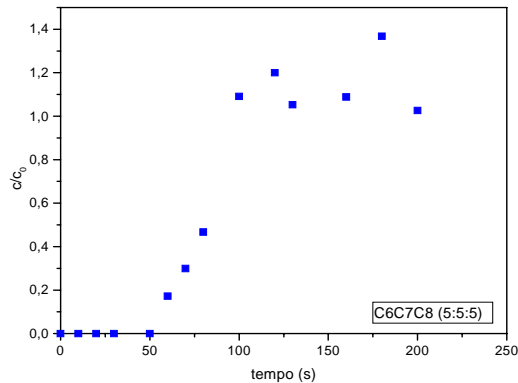


Figura 6 - Curva de ruptura para adsorção da dispersão água/hidrocarbonetos em bagaço de cana. Concentração global 15%, sendo 5% de Hexano, 5% de Heptano e 5% de iso-octano. $Q = 2,9$ mL/s, $H = 23,6$ cm.

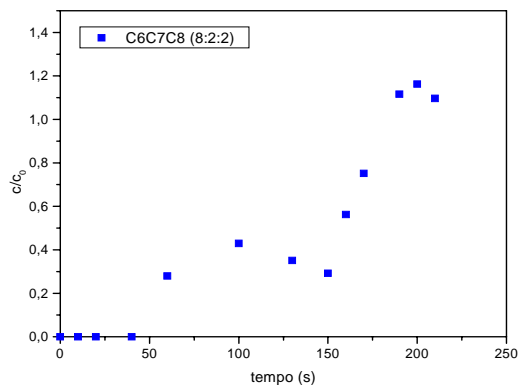


Figura 7 - Curva de ruptura para adsorção da dispersão água/hidrocarbonetos em bagaço de cana. Concentração global 12%, sendo 8% de Hexano, 2% de Heptano e 2% de iso-octano. $Q = 2,9$ mL/s, $H = 23,6$ cm.

5. Conclusões

Quanto à caracterização do material, através das micrografias (MEV), pode-se observar a existência de uma superfície porosa, a qual foi atacada pelos hidrocarbonetos, formando como que uma deposição do hidrocarboneto ou perda de ceras contidas nas fibras, porém mantendo as fibras agrupadas sem esfacelá-las.

Os resultados de adsorção em coluna de leito fixo, comprovaram a eficiência da

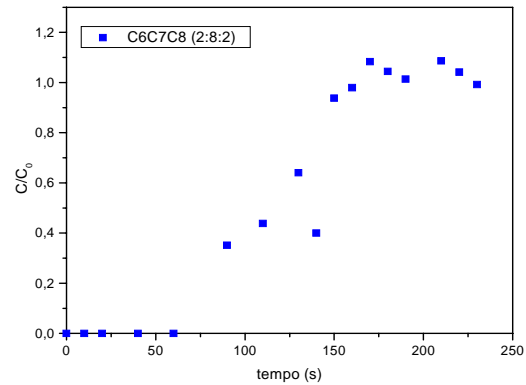


Figura 8 - Curva de ruptura para adsorção da dispersão água/hidrocarbonetos em bagaço de cana. Concentração global 12%, sendo 2% de Hexano, 8% de Heptano e 2% de iso-octano. $Q = 2,9$ mL/s, $H = 23,6$ cm.

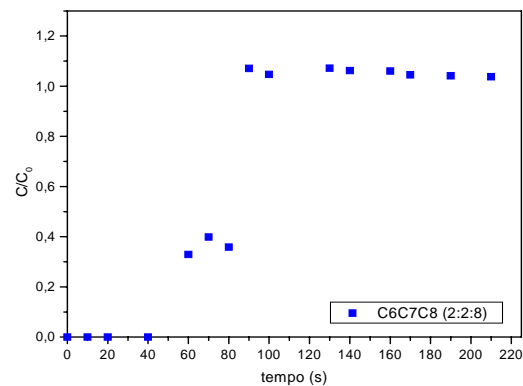


Figura 9 - Curva de ruptura para adsorção da dispersão água/hidrocarbonetos em bagaço de cana. Concentração global 12%, sendo 2% de Hexano, 2% de Heptano e 8% de iso-octano. $Q = 2,9$ mL/s, $H = 23,6$ cm.

Pode-se então dizer que o bagaço de cana-de-açúcar é um material viável para ser utilizado como biomassa adsorvente de hidrocarbonetos, por exemplo, no tratamento de efluentes aquosos contaminados com derivados da indústria do petróleo.

biomassa bagaço de cana-de-açúcar como adsorvente, extraindo no mínimo 30% dos hidrocarbonetos para o sistema estudado para concentrações altas, chegando próximo a 100% para sistemas com concentrações baixas (6% de hidrocarbonetos).

Referências

- [1] <http://www.copersucar.com.br> acesso em: 07 de fevereiro de 2005.
- [2] Machado, G. O., Preparação e caracterização de CMC e CMC grafitizada, 2000, 101p (Dissertação de mestrado) Instituto de Química de São Carlos, 101p. 2000.
- [3] Santos, E. G., Estudo da Adsorção de Contaminantes Orgânicos Provenientes da Água de Extração do Petróleo, em Coluna de Leito Fixo, utilizando Biomassas como Adsorventes. 2005, 229p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, Paraíba.
- [4] Peres, S., Gás do bagaço de cana: um combustível substituto do gás natural. In XV SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu – Paraná 1999.
- [5] Mello Jr., C. A., Costa, O. R. L.; Machado, P. F.; D’Arce R. D. e Mattos, W. R. S., Efeito do tratamento a pressão de vapor no bagaço de cana de açúcar sobre a sua degradação *in vitro* e digestibilidade *in vivo*, *Livestock Research for Rural Development* vol. 1, nº 1, novembro 1989.
- [6] Silva, V. L. M..M.; gomes, W. C.; abreu, C. A. M.; alsina, O. L. S.; Isotermas de equilíbrio para a adsorção de hidrocarbonetos em bagaço de cana-de-açúcar. In XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Santos – São Paulo, Setembro 2006.