

## UTILIZAÇÃO DO MANDACARU (*Cereus jamacaru*) COMO BIOMASSA ADSORVENTE DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS D'ÁGUA.

L. M. R. Lima<sup>1</sup>; K. J. B. da Costa<sup>2</sup>; E. D. C. Oliveira<sup>2</sup>; E. K. G. de Oliveira<sup>2</sup>; T. C. dos Santos<sup>2</sup>; V. L. M. M. Silva<sup>2</sup>

1-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Estadual da Paraíba

2-Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba

Rua Baraúnas, 351 – CEP: 58429-500 – Bairro Universitário - Campina Grande - PB – Brasil – Telefone/ Fax: (83) 3315-3300 – Email: ligiauepb@gmail.com

**RESUMO:** A adsorção é um processo importante na purificação de efluentes líquidos contaminados com derivados do petróleo. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade adsorptiva da biomassa mandacaru de dois estados do Brasil (RN e PB) frente ao contaminante gasolina básica. Foi realizada a caracterização do mandacaru na forma de pó e o estudo da interação do contaminante com o adsorvente, por meio da obtenção das curvas cinéticas e de equilíbrio. A cinética de adsorção teve início após 5 minutos do contato mandacaru/gasolina. As isotermas de equilíbrio apresentaram tendência à forma côncava indicando que são favoráveis ao processo de adsorção, possibilitando alta capacidade de remoção de gasolina mesmo em condições de baixa concentração. A quantidade máxima de gasolina adsorvida em mandacaru foi de aproximadamente 7g por grama de adsorvente para a biomassa proveniente do RN e 6g por grama de adsorvente para o mandacaru proveniente da PB.

**PALAVRAS-CHAVE:** adsorção; biomassa mandacaru; gasolina.

**ABSTRACT:** Adsorption is an important process to purify effluents contaminated by petroleum derivatives. This study aimed to evaluate adsorption capacity of mandacaru (*Cereus Jamacaru*) biomass of two places of Brazil (RN and PB) compared to basic gasoline contaminant. It was realized powder mandacaru characterization and interaction study between contaminant and adsorbent by obtaining the equilibrium and kinetic curves. Kinetic adsorption started 5 minutes after mandacaru/gasoline contact. The equilibrium isotherms tended to concave shape indicating that they are favor to adsorption process, enabling high removal capacity of gasoline even in low concentration. The maximum amount of gasoline adsorbed on mandacaru was about 7g per gram of adsorbent for biomass from RN region and 6g per gram of adsorbent for mandacaru from PB region.

**KEYWORDS:** adsorption; mandacaru biomass; gasoline.

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo do fenômeno de adsorção nas últimas décadas, de acordo com Bernardo (2011), tem merecido grande importância, especialmente no desenvolvimento de novas tecnologias separativas. Estas tecnologias fazem uso da

adsorção seletiva dos componentes (adsorbatos) a separar, quando colocados em contato com um sólido poroso (adsorvente). Novos materiais adsorventes têm despertado grande interesse no meio científico. Diversos trabalhos têm mostrado o estudo com materiais adsorventes para cátions, ânions e hidrocarbonetos, destacando-se quitosana, argilas, zeólitas, leveduras, bactérias, carvão



ativado, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos agroindustriais e compósitos (TAGLIAFERRO *et al.*, 2011). O estudo do bagaço de cana-de-açúcar, utilizado como biomassa adsorvente para hidrocarbonetos está consolidado, comprovando por meio de pesquisas (SANTOS, 2005; MORAIS, 2005; BRANDÃO, 2006; LIMA *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2012), seu alto poder adsorvente de derivados do petróleo como gasolina e óleo diesel. Com o aumento de subprodutos e resíduos oriundos de agroindústrias, torna-se viável e promissor o uso de resíduos agroindustriais quando observados de um ponto de vista químico e/ou aspecto ambiental. Estes resíduos são renováveis e biodegradáveis e contém moléculas ricas em grupos hidroxilas, que podem sofrer um grande número de modificações químicas para a produção de novos materiais (COSTA *et al.*, 2010).

O presente trabalho visa ampliar os estudos de adsorção com adsorventes naturais como o bagaço de mandacaru, por se tratar de uma planta nativa da região do cariri nordestino e por apresentar alta resistência ao período de estiagem. Posteriormente a biomassa mandacaru será utilizada no sistema de adsorção em leito diferencial para purificação de contaminantes orgânicos, derivados do petróleo, presentes em corpos aquáticos. O trabalho de pesquisa foi iniciado com a preparação da biomassa mandacaru, seguido da caracterização da biomassa na forma de pó e estudo da interação do contaminante com o material adsorvente.

## 2. MATERIAIS

O contaminante orgânico estudado, presente no efluente contaminado simulado foi gasolina básica tipo C. O adsorvente ou biomassa usada foi o mandacaru na forma de pó.

A gasolina é constituída quimicamente por uma mistura complexa de mais de 400 hidrocarbonetos. Os hidrocarbonetos que a compõem são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente cadeias de 4 a 12 átomos de carbono). Pode conter (em menor quantidade) substâncias cuja fórmula química contém átomos de nitrogênio, enxofre, metais e oxigênio. Entre os principais efeitos danosos da gasolina ao meio ambiente, estão à formação de uma película superficial que dificulta as trocas

gasosas entre o ar e a água; a vedação dos estômatos das plantas e órgãos respiratórios dos animais; a impermeabilização das raízes de plantas e a ação de substâncias tóxicas nele contidas para muitos organismos (BRAGA *et al.*, 2005).

Os hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos orto, meta e para, chamados compostos BTEX, são contaminantes presentes na gasolina em significativas concentrações, sendo consideradas substâncias perigosas por serem depressantes do sistema nervoso central, e por causarem leucemia em exposições crônicas (CORSEUIL e MARINS, 1997).

O mandacaru, como mostrado na Figura 1, planta arbórescente da família das cactáceas, ocorre em duas espécies: *Cereus peruvianus* e *Cereus jamacaru*. A primeira é nativa do Peru e do Brasil. A segunda, encontrada apenas no Brasil, é típica da caatinga nordestina. Ambas as espécies, que atingem cerca de cinco metros de altura, recebem outros nomes, como jamacaru, cardeiro, cardeiro-rajado e mandacaru-de-boi. O mandacaru utilizado como adsorvente foi adquirido na zona rural de Campina Grande – Paraíba (PB) e de Caicó – Rio Grande do Norte (RN).



(a)

(b)

**Figura 1.** Espécies de mandacaru: (a) *Cereus peruvianus*; (b) *Cereus jamacaru*.

Fonte: [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com).

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Preparação da Biomassa

Após o corte do mandacaru o mesmo foi triturado em uma forrageira e posto para secar, por



meio da secagem natural, como mostrado na Figura 2.



**Figura 2.** Secagem natural da biomassa mandacaru após moagem em forrageira.

Fonte: Própria (2013).

Depois de seco o bagaço do mandacaru foi triturado em um liquidificador doméstico, para que o tamanho do mesmo fosse diminuído para facilitar o processo granulométrico por meio de peneiras e em seguida ser utilizado na técnica de adsorção. Utilizou-se primeiramente a peneira de série *Tyler* com granulometria referente a 10 *mesh* apresentando 1,70 mm/ $\mu$ m de porosidade, após isso foi utilizada a segunda peneira de série *Tyler* com granulometria 14 *mesh* referente a 1,18 mm/ $\mu$ m de porosidade.

### 3.2. Caracterização Física e Química do Mandacaru

As caracterizações física e química do mandacaru na forma de pó foram determinadas por meio de análises realizadas no Laboratório de Análises de Tecido da Planta e no Laboratório de Análise de Alimentos, respectivamente; ambos pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus Areia. Nesta fase foram determinados os compostos químicos presentes no mandacaru e características como matéria seca, umidade, cinzas, matéria orgânica, proteína bruta, fibras, celulose e lignina.

### 3.3. Cinética de Adsorção

Para o estudo da cinética de adsorção foram utilizados doze frascos erlenmeyer, inicialmente adicionou-se 20 mL de água, com auxílio de uma proveta de 50 mL, em cada erlenmeyer e 10 mL de gasolina básica tipo C. Os doze frascos erlenmeyer ficaram 5 minutos sob agitação em uma mesa

agitadora, como mostrado na Figura 3, com velocidade compatível a 130 rpm.



**Figura 3.** Mesa agitadora.

Fonte: Própria (2013).

Após 5 minutos de agitação foi adicionada a biomassa de mandacaru, com tempos crescentes de 5 a 60 minutos. Assim que o tempo de agitação de cada erlenmeyer chegou ao fim, os mesmos foram retirados da mesa agitadora, e a mistura água/gasolina/biomassa mandacaru de cada erlenmeyer foi transferido para um béquer, separando a biomassa, com auxílio de uma peneira, da fase líquida para que fosse possível fazer a análise volumétrica do poluente adsorvido pela biomassa. A análise volumétrica foi feita com auxílio de uma proveta de 50 mL, como mostrado na Figura 4.

Os experimentos foram feitos em bateladas com o efluente simulado da mistura heterogênea gasolina/água/biomassa mandacaru, e variação das concentrações de biomassa do mandacaru: 0,6 g 0,75 g e 0,9 g.



**Figura 4:** Análise volumétrica da quantidade de gasolina adsorvida.

Fonte: Própria (2013).



### 3.4. Equilíbrio em Adsorção

No procedimento de obtenção das isotermas de adsorção para o sistema gasolina/água/biomassa mandacaru foi utilizada uma mesa agitadora, como mostrado na Figura 3, na qual foram colocados 10 frascos erlenmeyer contendo quantidades determinadas de biomassa e água contaminada com gasolina, variando a concentração inicial de 5 a 50%. As medições do poluente e da água foram realizadas com auxílio de provetas. Após o adicionamento do poluente e da água, acrescentou-se a biomassa e logo em seguida os frascos erlenmeyer foram postos na mesa agitadora, ficando 60 minutos sob agitação com velocidade de 130 rpm.

Assim que o tempo de agitação de cada erlenmeyer chegou ao fim, cada um foi retirado da mesa agitadora, e a mistura heterogênea gasolina/biomassa mandacaru contida em cada erlenmeyer foi transferida para um béquer, separando a biomassa, com auxílio de uma peneira, da fase líquida para que fosse possível fazer a análise volumétrica do poluente adsorvido pela biomassa. A análise volumétrica foi feita com auxílio de uma proveta de 50 mL.

**3.4.1. Isoterma de Langmuir:** O modelo matemático utilizado para ajustar as isotermas de adsorção foi o de Langmuir, definido pela Equação 01:

$$\frac{q}{q_s} = \frac{bC}{1+bC} \quad (01)$$

Em que,  $q/q_s$  é a taxa de adsorção;  $q_s$  é a máxima capacidade de adsorção;  $b$  é o parâmetro da equação de Langmuir e  $c$  é a concentração do adsorbato na fase líquida.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização Física e Química do Mandacaru

Na Tabela 1 estão relacionados os resultados obtidos por meio das análises físico-químicas realizadas para caracterizar a biomassa mandacaru, dos dois estados (RN e PB), na forma de pó.

**Tabela 1.** Relatório de análises bromatológicas (componentes estudados em 100% de matéria seca).

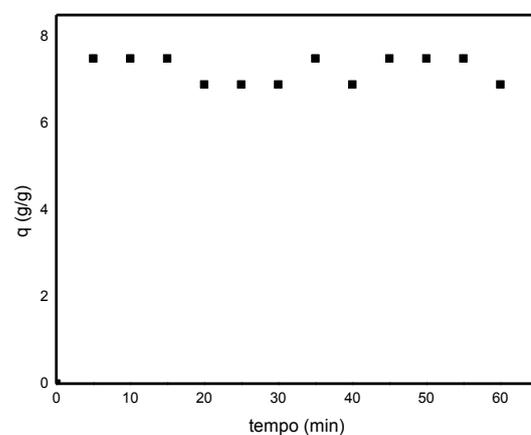
Componentes Estudados	Amostra Analisada	
	Mandacaru (RN)	Mandacaru (PB)
MS <sup>1</sup> (%)	92,51	93,94
FDN <sup>2</sup> (%)	44,19	45,84
FDA <sup>3</sup> (%)	36,11	30,54
N-FDN <sup>4</sup> (%)	0,71	0,69
N-FDA <sup>5</sup> (%)	0,25	0,23
HEM <sup>6</sup> (%)	8,08	15,3
CEL <sup>7</sup> (%)	29,86	25,55
LIG <sup>8</sup> (%)	6,25	4,99

<sup>1</sup>Matéria Seca; <sup>2</sup>Fibra em Detergente Neutro; <sup>3</sup>Fibra em Detergente Ácido; <sup>4</sup>Nitrogênio na Fibra em Detergente Neutro; <sup>5</sup>Nitrogênio na Fibra em Detergente Ácido; <sup>6</sup>Hemicelulose; <sup>7</sup>Celulose; <sup>8</sup>Lignina.

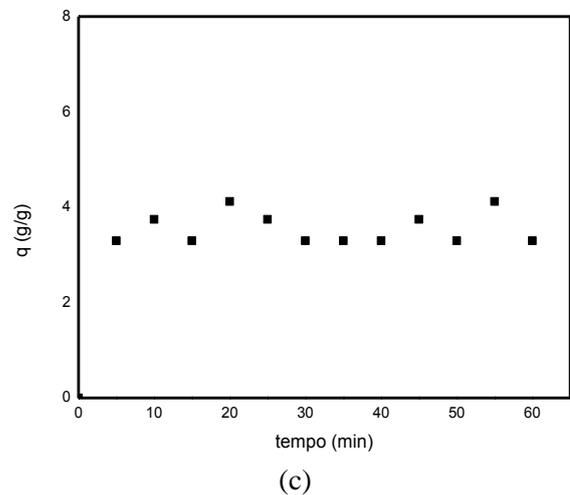
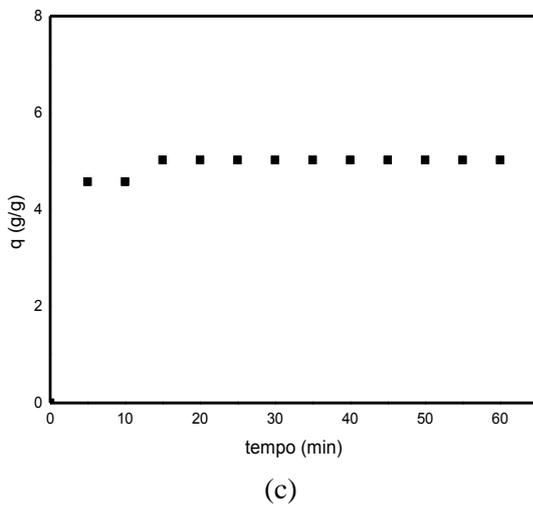
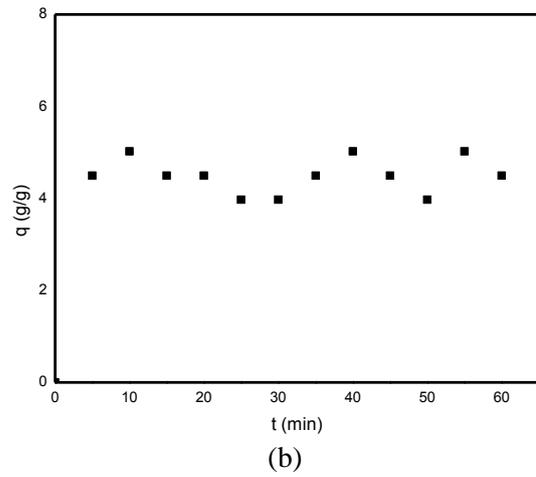
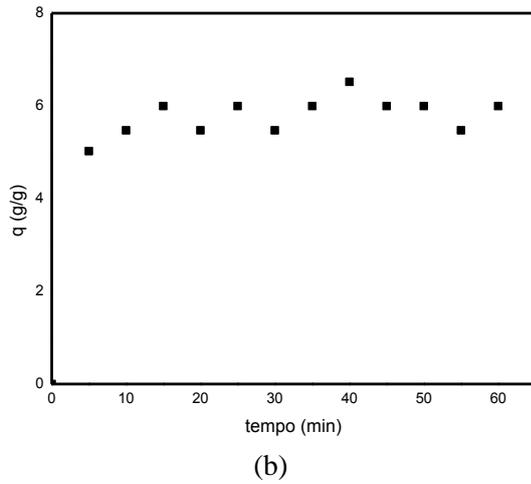
Fonte: Própria (2013).

### 4.2. Cinética de Adsorção

Os dados obtidos por meio dos experimentos realizados para obtenção da análise cinética de adsorção da água contaminada por gasolina, em contato com o mandacaru do estado do Rio Grande do Norte (RN) e da Paraíba (PB), estão mostrados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. As curvas cinéticas foram apresentadas na forma de capacidade de adsorção da biomassa, ou seja, quantidade de mL de gasolina que foram adsorvidos por cada g de biomassa, em função do tempo de contato.



(a)



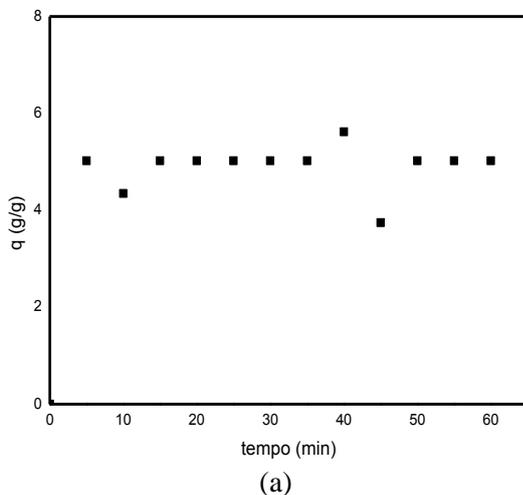
**Figura 5.** Curvas da cinética de adsorção para 10 mL de gasolina e massa de mandacaru (RN) iguais a: (a) 0,6 g; (b) 0,75 g e (c) 0,9 g.

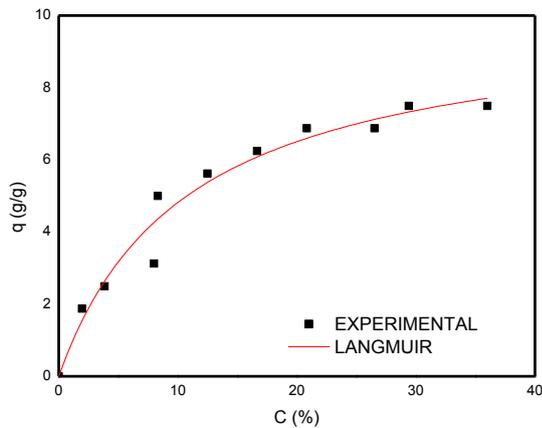
**Figura 6.** Curvas da cinética de adsorção para 10 mL de gasolina e massa de mandacaru (PB) iguais a: (a) 0,6 g; (b) 0,75 g e (c) 0,9 g.

### 4.3. Isotermas de Equilíbrio

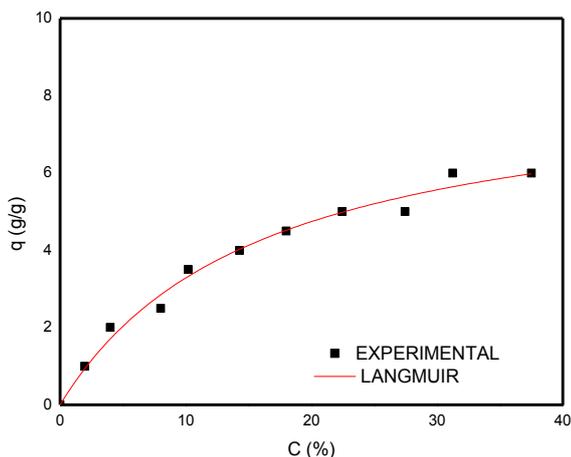
Os resultados obtidos dos experimentos realizados para obtenção das isotermas, por meio da análise das curvas de equilíbrio em adsorção da água contaminada por gasolina, em contato com o mandacaru, estão mostrados nas Figuras 7 e 8.

As isotermas foram apresentadas na forma de capacidade de adsorção da biomassa, ou seja, quantidade de mL de gasolina que foram adsorvidos por cada g de biomassa mandacaru dos estados do RN e PB, em função da concentração final de cada adsorbato no fluido.





**Figura 7.** Isoterma de equilíbrio de adsorção para massa de mandacaru (RN), comparada com o modelo de Langmuir.



**Figura 8.** Isoterma de equilíbrio de adsorção para massa de mandacaru (PB), comparada com o modelo de Langmuir.

A quantidade máxima ( $q_{m\acute{a}x}$ ) de gasolina adsorvida foi de aproximadamente 7,5 g por grama de biomassa para o mandacaru proveniente do Rio Grande de Norte e aproximadamente 6,0 g por grama de biomassa para o mandacaru proveniente da Paraíba. Os resultados foram satisfatórios uma vez que SILVA *et al.* (2011) obteve como quantidade máxima de gasolina adsorvida por grama da biomassa bagaço de cana-de-açúcar, aproximadamente 5 g/g e usando a biomassa casca de banana, aproximadamente 4g de gasolina por grama do adsorvente. Para diversas argilas estudadas, a maior quantidade de gasolina adsorvida foi de aproximadamente 6 g por grama de adsorvente. Assim sendo, pode-se observar que o mandacaru proveniente do Rio Grande do Norte

apresenta uma capacidade de adsorção de gasolina maior que as argilas, o bagaço de cana-de-açúcar e a casca de banana, enquanto que o mandacaru proveniente da zona rural de Campina Grande (PB) apresenta capacidade de adsorção equivalente as argilas.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados, foi possível concluir que:

- Os resultados do estudo da cinética de adsorção mostraram que a gasolina, derivado do petróleo, pode ser adsorvida pela biomassa mandacaru.
- A adsorção conjunta de água com o adsorbato gasolina, já era esperado, em decorrência do adsorvente mandacaru apresentar características hidrofílicas e organofílicas.
- A cinética foi bastante rápida, tendo início após 5 minutos do contato mandacaru/gasolina para as três quantidades de mandacaru dos estados do RN e PB. As oscilações observadas nas quantidades adsorvidas de gasolina podem ter ocorrido devido à adsorção de água pela biomassa mandacaru, provocando um deslocamento do adsorbato utilizado.
- A capacidade de retenção dos sistemas gasolina/mandacaru (RN) e gasolina/mandacaru (PB) aumentaram com o aumento do volume final do poluente, apresentando tendência para isotermas de equilíbrio na forma côncava indicando que são bastante favoráveis ao processo de adsorção.
- As isotermas foram bem ajustadas pelo modelo de Langmuir.
- A partir dos resultados do equilíbrio de adsorção, fornecidos pelas isotermas, foi possível observar que a capacidade máxima de adsorção de gasolina para o sistema gasolina/mandacaru (RN), foi um pouco maior que a do gasolina/mandacaru (PB). Porém, comparados a outros adsorventes, como o bagaço de cana-de-açúcar, a casca de banana e

algumas argilas, o desempenho do mandacaru foi igual ou superior.

- Concluídos os estudos da cinética e do equilíbrio de adsorção do sistema gasolina/água em contato com biomassa mandacaru, será possível a aplicação do citado adsorvente na adsorção de óleos utilizando processos de adsorção como leito fixo e leito diferencial, em estudos futuros.

## 6. REFERÊNCIAS

BERNARDO, B. T. Estudo de adsorção em leito fixo para o sistema heptano/tolueno/sílica gel usando líquidos iônicos como fase móvel. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2011.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; LOTUFO, J. G. *Introdução à Engenharia Ambiental – O Desafio do Desenvolvimento Sustentável*. Editora Prentice Hall. 2ª Ed., p. 336, 2005.

BRANDÃO, P. C. Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, p. 160, 2006.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: O problema é grave? *Rev. Eng. San. e Amb.*, 22, 50-54, 1997.

COSTA, E. C.; BARBOSA, C. D. A. E. S.; MACHADO, J. A.; GARCIA, C. A. B. Estudo comparativo de adsorção do corante preto *sulphcolor* utilizando o carvão ativo convencional com o bagaço da cana-de-açúcar *in natura* e tratada quimicamente. *Sc. Plen.*, v. 6, n. 12, 2010.

LIMA, L. M. R.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, V. L. M. M. Avaliação da ampliação de escala na adsorção de gasolina em leito fixo com biomassa bagaço de cana-de-açúcar. XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ2010) e 8º Encontro Brasileiro de Adsorção (EBA2010), Foz do Iguaçu, PR, 2010.

LIMA, L. M. R.; SOUZA, R. S.; LIMA, E. G.; SANTOS, D. V. M.; SILVA, V. L. M. M. Sistema de adsorção em leito diferencial para remoção de gasolina e óleo diesel em corpos d'água. 9º Encontro Brasileiro sobre Adsorção (9º EBA), CD-Rom, Recife, PE, 2012.

MORAIS, V. L. M. Purificação de efluentes contaminados com hidrocarbonetos por adsorção em leito fixo de biomassa. Doutorado em Engenharia de Processos – UFCG, Campina Grande, PB, p. 104, 2005.

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. Tese de Doutorado. Doutorado em Engenharia de Processos, UFCG, Campina Grande, PB, p. 229, 2005.

SILVA, V. L. M. M.; LIMA, L. M. R.; SOUZA, R. S.; BEZERRA, N. S.; AGUIAR, C. T. Estudo comparativo da cinética de adsorção de gasolina utilizando como biomassas adsorventes o bagaço de cana-de-açúcar e a casca de banana. 4º Congresso Norte-Nordeste de Química - 2º Encontro Norte-Nordeste de Ensino de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2011.

TAGLIAFERRO, G. V.; PEREIRA, P. H. F.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. L. C. P. Adsorção de chumbo, cádmio e prata em óxido de nióbio (v) hidratado preparado pelo método da precipitação em solução homogênea. *Quím. Nov.*, v. 34, n. 1, p. 101- 105, 2011.

Fotos disponíveis em <http://www.infoescola.com/plantas/mandacaru>.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UEPB e ao CNPq, pelo suporte financeiro.