

## UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DO ÓLEO DA ÁGUA PRODUZIDA

Thialle Queiroz de Oliveira<sup>1</sup>; Victória de Lima Mochizuki<sup>2</sup>; Renata Rodrigues Magalhães<sup>3</sup>; Alfredo Ismael Curbelo Garnica<sup>4</sup>; Fabiola Dias da Silva Curbelo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química - [thiallequeiroz@gmail.com](mailto:thiallequeiroz@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química - [vivi\\_mochizuki@hotmail.com](mailto:vivi_mochizuki@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química - [renatarodrigues\\_6@hotmail.com](mailto:renatarodrigues_6@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química - [alfredocurbelo@yahoo.com](mailto:alfredocurbelo@yahoo.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química - [fabioladias@yahoo.com](mailto:fabioladias@yahoo.com)

### RESUMO

Durante a produção de um poço de petróleo, são produzidos óleo, gás e a água. Na água produzida são encontradas gotículas de óleo dispersas sob as formas livre, dissolvida e emulsionada, o que torna inviável o seu descarte, reuso e injeção. Desta forma, há uma busca crescente por novas formas alternativas de tratamentos desse efluente estimulando diversas áreas de pesquisa. Uma técnica que vem aparecendo de grande potencial para o tratamento de efluentes industriais é o processo de adsorção, fazendo uso de resíduos como adsorvente. Um adsorvente que vem sendo utilizado de forma emergente é a biomassa pois apresenta alta disponibilidade, baixo custo e não agride o meio ambiente. O adsorvente empregado para remover o óleo emulsionado na água sintética foi o bagaço da cana de açúcar. A capacidade adsortiva foi avaliada através do ensaio de adsorção, o qual manteve-se as massas de adsorvente constantes e variou-se as concentrações da água produzida sintética. Os resultados obtidos não permitem a comparação completa com o modelo de Lagmuir, por isto o estudo em andamento será expandido para obter a isoterma completa e serem feitas as comparações com modelos teóricos.

Palavras-chave: Adsorção, tratamento de efluente, resíduo como adsorvente, água produzida sintética.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo foi a principal fonte energética da segunda revolução industrial e desde então se tornou indispensável para o desenvolvimento econômico das sociedades modernas. A sua presença é constante no nosso dia-a-dia, sob a forma de combustíveis, plásticos, tintas, fertilizantes, entre outros. Por este motivo, a sociedade atual é dependente da indústria petrolífera e a mesma tem investido em tecnologia, visando uma maior

produção deste óleo. No entanto, as várias etapas às quais o petróleo é submetido (exploração, exploração, transporte, refino e distribuição) geram efluentes, dos quais, a água produzida possui maior volume de produção.

Os resultados da produção dos poços de petróleo não são apenas óleo e gás. Eles produzem também a água, que por sua vez, devido ao processo turbulento e a presença de tensoativos naturais, a mesma chega à superfície em contato com o óleo. Esse óleo

pode estar na forma livre, com gotículas de diâmetro superior a 150  $\mu\text{m}$ , emulsionado com gotículas iguais ou inferiores a 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro ou disperso, apresentando gotas com diâmetro de 50 até 150  $\mu\text{m}$ , conforme Oliveira [1995]. As alternativas frequentemente adotadas para o destino da água produzida são o reuso, o descarte e a reinjeção. Em todos os casos existe a necessidade de tratamento específico para a redução dos teores de óleos e graxas, com o objetivo de se adequar a legislação regente.

O órgão responsável pela legislação brasileira relacionado com o meio ambiente é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. No que se refere ao Teor de Óleos e Graxas – TOG – o CONAMA segue a Resolução 357/2005 para os descartes em corpos hídricos, que estabelece a concentração máxima de 20 mg/L, quando o óleo é de origem mineral e 50 mg/L, quando o óleo é de origem vegetal ou animal. Já para o descarte em plataformas marítimas de petróleo, aplica-se a Resolução 393/2007, que estabelece a média aritmética simples mensal de teor de óleos e graxas de até 29 mg/L, com valor máximo diário de 42 mg/L. Para a utilização na injeção de poços de petróleo a água produzida deve ter no máximo 5 mg/L de TOG [GOMES, 2009].

Atualmente existe uma maior preocupação das indústrias produtoras de

petróleo com a manutenção do ecossistema, juntamente com o cumprimento das legislações vigentes. Por esse motivo, diversas técnicas de tratamento de efluentes vêm sendo estudadas e desenvolvidas como é o caso da adsorção, eletroquímica, flotação, filtração, etc. Dentre estas técnicas, a adsorção se destaca por sua eficiência na separação de componentes presentes em grandes quantidades e, principalmente, pela utilização de adsorvente naturais, conhecidos como bioadsorventes, tais como as fibras de algodão, a casca de semente de Moringa, a casca de banana, o bagaço de cana-de-açúcar, a serragem de madeira, a casca de laranja e a fibra de coco, entre outros. Esses materiais podem ser aplicados como suporte para novos adsorventes ou mesmo serem empregados *in natura*, que por sua vez, gera uma significativa redução nos custos [BRANDÃO, 2010]. A adsorção consiste na transferência do soluto para uma superfície sólida. Isto acontece, graças a porosidade de alguns materiais sólidos e também pela diferença de concentração do composto no seio do fluido e no material sólido.

Ainda segundo Brandão [2010], os bioadsorventes apresentam porosidade elevada, além de baixo valor comercial, pois a maioria destes materiais são subprodutos da indústria agrícola. Dentre os diversos tipos de biomassas que estão sendo estudadas para um

maior aprimoramento e aplicação, destaca-se o bagaço de cana-de-açúcar pela sua elevada produção. Estima-se que a cada tonelada de cana processada gera-se 280 Kg de bagaço, outra importante propriedade é a sua característica hidrofóbica o que lhe confere uma alta eficiência no tratamento de efluentes oleosos. Diversos países, inclusive o Brasil, realizam pesquisas sobre a reciclagem desse resíduo como matéria-prima alternativa no tratamento de água contaminada com líquidos apolares, tendo em vista a preservação do meio ambiente e a reciclagem de subprodutos.

Apostando na potência do bagaço da cana-de-açúcar para a condução desse processo, este trabalho teve como objetivo a utilização do bagaço de cana-de-açúcar, como adsorvente, na remoção do óleo presente na água produzida sintética.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Preparação do Adsorvente

O bagaço de cana-de-açúcar foi lavado em água corrente para remoção de possíveis materiais indesejáveis, como: pedaço de palha, areia ou madeira, que poderiam causar interferências nos resultados experimentais. O material foi submetido a secagem em estufa com circulação de ar modelo SL - 102, marca Solab, à temperatura de 60°C durante 48 horas, com o objetivo de remover toda a

umidade. Após o tratamento térmico, o material foi triturado em um moinho de facas da marca Solab, modelo SL-31 e para uniformizar as dimensões da biomassa utilizada, foram utilizadas peneiras da série de Tyler de malhas -9+28#, para obter partículas com diâmetro entre 0,5 e 2 mm.

### 2.2 Sintetização da Água Produzida

Para simular a água contaminada por óleos e graxas utilizou-se como adsorbato o petróleo bruto, coletado do poço Auri-09 do campo VB no estado do Rio Grande do Norte, disperso em uma salmoura preparada com 2% de NaCl. A mistura heterogênea foi submetida a agitação de 17000 rpm, utilizando o agitador Hamilton Beach, modelo 140, por uma hora, fornecendo uma concentração de 400 mg/L. A partir desta solução, diluições foram realizadas a fim de se obter diferentes concentrações para água produzida, as quais variaram de 5 a 40 mg/L.

### 2.3 Ensaio em banho finito

Na técnica do banho finito, uma massa conhecida do adsorvente (W) é adicionada a um certo volume (V) de solução de soluto com uma concentração (C0) sob agitação durante um certo tempo de contato e a uma dada temperatura. A queda da concentração do adsorbato, que se encontra diluído em um componente inerte ao longo do tempo, indica

a quantidade que está sendo adsorvida no sólido [CAVALCANTE JR., 1998].

Foram realizados ensaios à temperatura ambiente (aproximadamente 30°C) utilizando uma massa fixa de adsorvente (1g) e um volume de 100 mL de solução de água produzida na Incubadora da Solab, modelo Shaker SL 221.

O tempo de equilíbrio estipulado foi de 1 h, com base na literatura encontrada.

Em seguida, a água, após o ensaio de adsorção foi submetida ao processo de extração do óleo, apresentado no item 2.4, onde o teor de óleos e graxas remanescentes na amostra ( $C_f$ ) foi determinado, podendo se calcular a quantidade de óleo adsorvida por grama de bagaço ( $q$ ) de acordo com a Equação 1 [CURBELO, 2002].

$$q = \frac{V(C_0 - C_f)}{m} \quad [1]$$

Em que  $q$  é a capacidade de adsorção (mg de adsorbato/ g de adsorvente);  $C_i$  e  $C_f$  são as concentrações de óleo antes e após a adsorção (mg/L).  $V$  é o volume da solução utilizada (L) e  $m$  é a massa de adsorvente utilizada (g).

#### 2.4 Separação e determinação do teor de óleo: Método do clorofórmio

O método do clorofórmio foi empregado para separação do óleo não adsorvido. As etapas para aplicação desse método foram: coletar 50 mL de amostra; adicionar 5 mL de solvente (clorofórmio); agitar (Agitador Magnético TE-0851) por 10 minutos; coletar a fase solvente após separação de fases; centrifugar a fase solvente durante 2 minutos; ler a absorvância em 300nm no espectrofotômetro U2M- QUIMIS e por fim, determinar a concentração do óleo através da curva de calibração [CURBELO, 2002].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de calibração a seguir, figura 1, foi utilizada para fazer o tratamento dos dados, a mesma foi obtida a partir da concentração do óleo no clorofórmio.

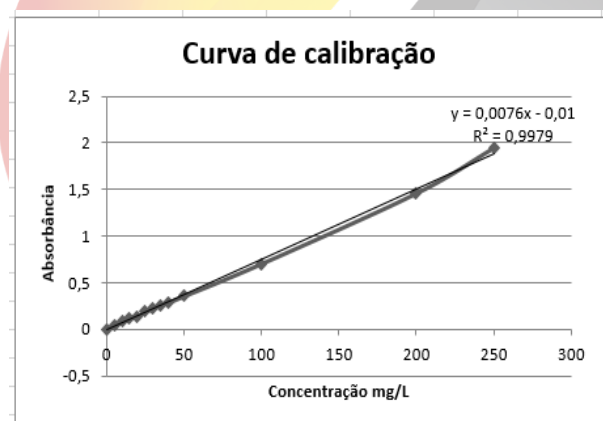


Figura 1: Curva de calibração.

Para obtenção das concentrações finais foram consideradas as pequenas variações na massa de adsorvente e o volume de clorofórmio restante no momento de fazer a leitura no espectrofotômetro. Os resultados são mostrados a seguir na tabela 1.

Tabela 1: Dados experimentais iniciais e finais.

Concentração inicial (mg/L)	Abs.	Concentração final (mg/L)
5	0,136	3,253714286
10	0,142	3,821714286
15	0,184	4,489714286
25	0,182	4,662857143
30	0,18	4,668571429
35	0,215	5,014285714
40	0,203	5,355428571

Além disso, foram calculados a massa de óleo adsorvida por grama de bagaço utilizado, resultando nos seguintes dados da tabela 2.

Tabela 2: Massa de óleo adsorvida por massa de bagaço.

Concentração inicial (mg/L)	q (mg de óleo/g de bagaço)
5	0,08599
10	0,308482
15	0,524204
25	1,015435533
30	1,265938459

35	1,498985917
40	1,724125183

A partir dos resultados obtidos tentou-se formar uma isoterma fazendo o gráfico da concentração de equilíbrio pela massa de óleo adsorvido por grama de adsorvente ( $C_{eq} \times q$ ).



Figura 2: isoterma de adsorção.

Percebe-se então que não há como fazer a comparação com modelo de Lagmuir porque não foi possível obter o  $q$  máximo com apenas esses dados. Entretanto, o bagaço mostra-se um adsorvente com alto potencial para separação de água e óleo.

#### 4. CONCLUSÕES

O bagaço apresenta um bom desempenho como adsorvente do óleo presente na água. O estudo deverá continuar com novas concentrações iniciais abrangendo uma faixa maior ou o experimento poderá ser

feito variando a massa de adsorvente e mantendo a concentração inicial constante.

## 5. AGRADECIMENTOS

A universidade, ao departamento, aos professores e a todos que apoiaram e de certa forma contribuíram com o trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE JR., C. L., *Separação de misturas por adsorção: dos fundamentos ao processo em escala comercial*. 1998. Tese submetida ao concurso público para professor titular, Universidade Federal do Ceará. DEQ, Fortaleza-CE.

CONAMA - CONSELHOR NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resoluções do CONAMA*: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, nº 357/2005, Brasília, 2005.

GOMES, E. A. *Tratamento Combinado da Água Produzida de Petróleo por Eletroflotação e Processo Fenton*.

Dissertação de Mestrado, Universidade Tiradentes, Brasil, 2009.

CURBELO, F. D. D. S. *Estudo da Remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada*. 2002, 102 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN.

BRANDÃO, P.C.; SOUZA, T. C.; FERREIRA, C. A.; HORI, C. E.; ROMANIELO, L. L. *Removal of petroleum hydrocarbons from aqueous solution using sugarcane bagasse as adsorbent*. Journal of Hazardous Materials, n.175, p.1106-1112, 2010.

OLIVEIRA, R. C. G. *Estudos de Variáveis Operacionais e Interfaciais na Flotação de Óleo por Gás Dissolvido*. 1995. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro-RJ.