

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO CARVÃO VEGETAL NA ADSORÇÃO DE PETRÓLEO EM TOLUENO

Leticia Steckel (1); Laura Fogaça Sare (2); Jander Luis Fernandes Monks (3); Antônio Carlos da Silva Ramos (4)

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [letisteckel@hotmail.com](mailto:letisteckel@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – [laura.fogaca.sare@gmail.com](mailto:laura.fogaca.sare@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – [jandermonks@hotmail.com](mailto:jandermonks@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – [akarloss@yahoo.com.br](mailto:akarloss@yahoo.com.br)

### RESUMO

O petróleo é utilizado em diversas áreas com as mais variadas funções, sendo uma matéria-prima importante. Por ser constantemente produzido em larga escala, sua exploração pode causar sérios impactos ambientais, como é o caso de derramamentos de óleo no mar. Para remediar este tipo de situação, aplicam-se várias técnicas consolidadas, porém é interessante o uso de materiais que possuem grande disponibilidade e com baixo valor agregado, como o carvão vegetal. Neste trabalho, foram realizados testes que identificam a eficiência do carvão na adsorção de petróleo de um meio orgânico. Inicialmente foi construída uma curva de calibração, seguida da determinação do tempo de equilíbrio e do levantamento da isoterma de adsorção. O perfil da curva de adsorção foi comparado a um modelo conhecido na literatura.

**Palavras-chave:** petróleo, adsorção, carvão vegetal.

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda e valorização do petróleo devido à sua extrema importância como matéria-prima de inúmeros produtos evidencia os sérios impactos ao meio ambiente causados pela sua exploração. Por ser extraído da natureza, surgem diversos problemas ambientais, como o derramamento de óleo (BIODIESELBR, 2005).

Atualmente, os principais processos para combater, conter e recuperar zonas expostas a um derramamento de óleo são mecânicos, físicos, químicos e biológicos (ALVES *et al.*, 2013). Neste tipo de desastres ambiental, há um grande interesse no desenvolvimento de métodos que possam remover a mancha de óleo de forma eficiente, econômica e rápida.

Deste modo, a adsorção se destaca pela eficiência na separação de componentes utilizando adsorventes, consistindo em um processo de transferência do soluto para uma superfície sólida devido à porosidade de alguns materiais sólidos, além da diferença de concentração do composto no seio do fluido e no material sólido (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Sólidos adsorventes com grande disponibilidade são particularmente interessantes, dada a grande atividade da indústria de petróleo e a logística operacional para aplicação de uma determinada medida. Diversas pesquisas têm mostrado a aplicação de sólidos orgânicos para esse objetivo, tais como a casca de nozes, serragem, carvão vegetal, turfa e casca de banana, que se caracterizam como resíduos ou materiais de baixo valor agregado.

O carvão vegetal é obtido por meio da queima ou carbonização da madeira, apresentando origem orgânica assim como o petróleo, e possui estudos referentes à remoção de resíduos, cores e odores por meio da adsorção em diversas áreas, como a indústria química e a indústria alimentícia. Este trabalho buscou avaliar o potencial de adsorção do carvão vegetal no processo de remoção de óleo de uma fase orgânica.

## **METODOLOGIA**

O carvão vegetal foi triturado manualmente através do gral de porcelana e pistilo, por apresentar característica de fiabilidade e foi seco na estufa a 60°C por 24 horas para remover toda a umidade. Posteriormente, o material teve suas dimensões padronizadas com a peneira da série de Tyler malha 60#, obtendo partículas com um diâmetro máximo de 0,25 mm.

O petróleo utilizado foi um petróleo leve cedido por uma refinaria brasileira. Este foi solubilizado em tolueno, selecionado como solvente em função de trabalhos na literatura o indicarem como um dos melhores solventes para petróleos de diferentes naturezas.

A curva de calibração foi construída aplicando a espectroscopia UV-visível através de medidas de absorvância das várias soluções de concentrações previamente conhecidas. Os dados de absorvância e concentração foram dispostos em um gráfico e tratados para gerar um modelo de correlação em obediência a lei de Lambert-Beer.

Aplicou-se a curva de calibração para determinação futura da concentração do petróleo em tolueno após contato do meio com o adsorvente. Inicialmente, foram preparadas cinco soluções de petróleo em 50 mL de tolueno com diferentes concentrações.

Através das soluções, os valores de absorvância são obtidos pelo Espectrofotômetro Micronal B442, operando em 450 nm, na faixa do visível. O comprimento de onda de 450 nm foi selecionado para operar acima do limite de detecção do equipamento e é consistente com outros trabalhos na pesquisa da concentração de petróleos em solventes orgânicos.

Como próximo passo, foi definido o tempo de equilíbrio para a análise do resultado de adsorção do carvão vegetal. Para isso, utilizou-se 25 mL de uma solução padrão de 2,51 g/L de petróleo em uma quantidade definida de 1g de carvão, variando o tempo de contato entre o adsorvente e o petróleo com solvente. Após o tempo definido, as amostras foram filtradas e as leituras realizadas no espectrofotômetro, obtendo o tempo das análises.

Assim, com o tempo de equilíbrio foram realizados os ensaios de adsorção variando a quantidade relativa entre massa de adsorvente e concentração da solução, obtendo a isoterma de adsorção do carvão vegetal. Os ensaios foram realizados com 25 mL da solução padrão de 2,51 g/L variando a massa de adsorvente. Após o tempo determinado as amostras foram filtradas e lidas no espectrofotômetro.

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). A quantidade de óleo adsorvida foi obtida pela Equação 1 (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

$$q = \frac{V(C_o - C_f)}{m} \quad (1)$$

Em que “q” é a capacidade de adsorção expressa em grama (g); “Co” e “Cf” são as concentrações de óleo antes e após a adsorção em grama/litro (g/L); “V” é o volume da solução em litro (L); e “m” é a massa de adsorvente em grama (g).

Com os dados da capacidade de adsorção e a concentração de cada uma das amostras depois do contato com o adsorvente foi possível construir a isoterma de adsorção, que pode ser comparado a um modelo conhecido na literatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados para a construção da curva de calibração constam na Tabela 1, considerando as massas de petróleo em contato com 50 mL de tolueno e a absorvância obtida no espectrofotômetro em 450 nm.

Tabela 1. Curva de calibração

	Massa petróleo (g)	Concentração (g/L)	Absorvância
Amostra 1	0,0403	0,806	0,068
Amostra 2	0,0761	1,522	0,123
Amostra 3	0,1005	2,01	0,164
Amostra 4	0,1226	2,452	0,195
Amostra 5	0,1519	3,038	0,236

Com os dados da Tabela 1 foi construída a curva de calibração da absorvância em função da concentração mostrada na Figura 1.

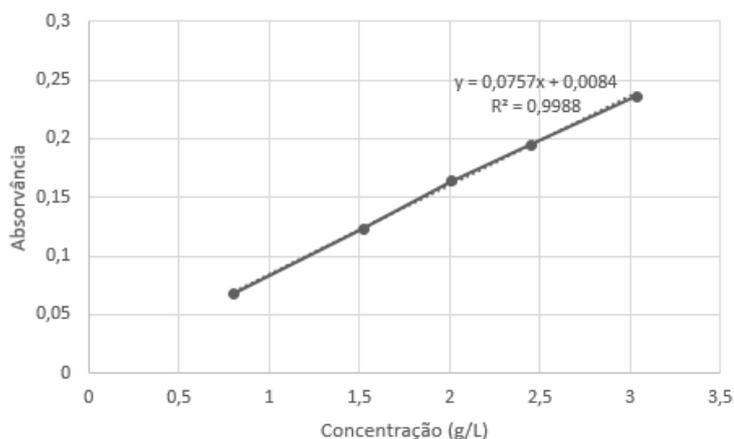


Figura 1. Curva de calibração

Os pontos experimentais de absorvância em função da concentração foram ajustados para um modelo linear e forneceram a função  $y = 0,0757x + 0,0084$ , com coeficiente de correlação 0,9988, caracterizando um modelo de primeira ordem. Na faixa de concentração avaliada verificou-se correspondência com a lei de Lambert-Beer e a absorvância máxima resultou em valor menor que a unidade, o que é geralmente aconselhável para evitar desvios da idealidade. Esse modelo matemático foi utilizado para a pesquisa da concentração de petróleo nos ensaios de adsorção subsequentes.

Para a determinação do tempo de equilíbrio foi executado um estudo da cinética de adsorção a partir de 1g de carvão vegetal em uma solução de concentração constante de 2,51 g/L, variando o tempo entre 5 minutos e 24 h e obtendo os resultados conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Determinação do tempo de equilíbrio

Tempo (h)	Absorvância	Concentração (g/L)
0,0833	0,116	1,4214
0,25	0,115	1,4081
0,5	0,114	1,3949
1	0,115	1,4081
2	0,111	1,3553
3	0,106	1,2893
6	0,105	1,2760
12	0,099	1,1968
24	0,091	1,0911

Com as informações de absorvância e tempo foi construída a curva da cinética de adsorção do óleo em carvão vegetal (Figura 2).

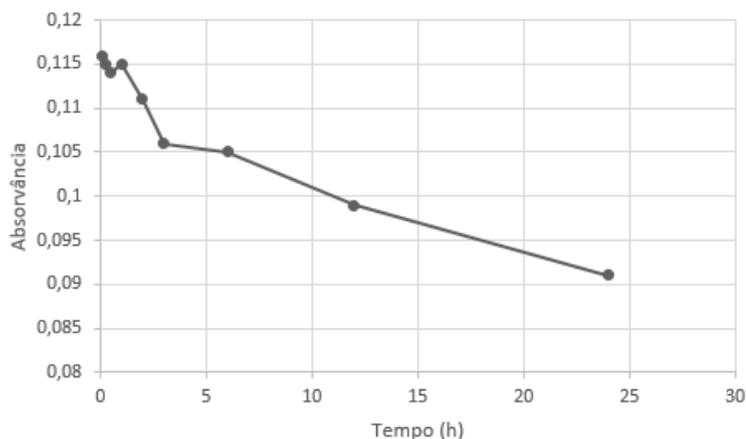


Figura 2. Determinação do tempo de equilíbrio

Na Figura 2 não se observou um patamar referente à concentração constante do meio na faixa de tempo avaliada experimentalmente. A curva apresentou uma cinética mais rápida até as primeiras 5 h e outra cinética mais lenta, relativamente, até as 24 h. Nos dois últimos pontos experimentais a concentração de óleo no meio não variou de forma significativa. O tempo de projeto foi definido como 24 horas, pois além da cinética lenta, as questões de aplicabilidade industrial inviabilizariam o uso de um adsorvente por mais de 24 horas.

Como próximo passo, a construção da isoterma de adsorção utilizou diferentes massas de adsorvente em solução de concentração constante de 2,51 g/L, durante 24 h (Tabela 3).

Tabela 3. Influência da massa do adsorvente na concentração

Massa de adsorvente (g)	Absorvância	Concentração (g/L)	q (mg/g)
0,25	0,159	1,9894	8,3337
0,5	0,129	1,5931	11,5923
1	0,101	1,2232	14,7960
1,5	0,083	0,9854	21,0381
2	0,071	0,8269	25,4088
3	0,064	0,7344	32,1687
4	0,058	0,6552	45,8434
6	0,047	0,5099	52,0568

É possível observar que a massa de adsorvente influencia diretamente na variação de concentração da solução e na capacidade de adsorção ( $q$ ). A isoterma de adsorção obtida para o carvão vegetal pode ser vista na Figura 3.

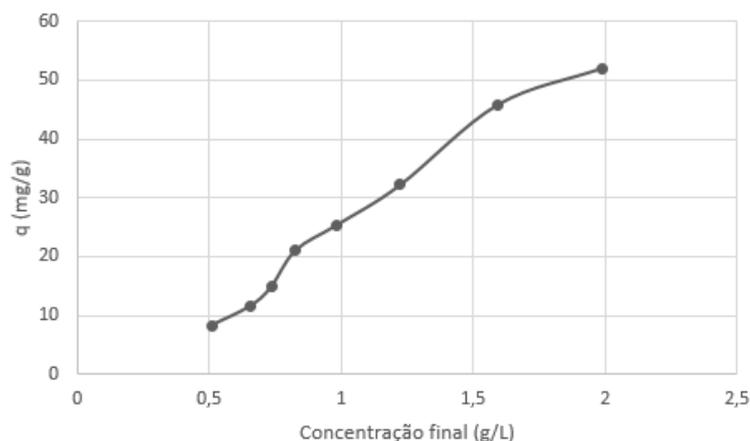


Figura 3. Isotherma de adsorção

Utilizando a classificação de Giles *et al.* (1960), a adsorção do petróleo sobre o carvão vegetal apresenta uma classificação do tipo “S3” ou “S4”. As isotermas do tipo S (signoidal) apresentam curvatura inicial voltada para cima e as do tipo “S3” e “S4” indicam que a adsorção inicial é baixa e aumenta com o crescimento de espécies adsorvidas, chamada adsorção cooperativa. O perfil da isoterma reflete um processo de adsorção favorável consistente com a formação de monocamadas e regida por fenômeno físico, indicando a aplicabilidade em processos de separação de contaminação de petróleos.

## CONCLUSÕES

Foi possível levantar a isoterma de adsorção de petróleo em meio orgânico sobre o sólido carvão vegetal e os resultados indicaram uma adsorção favorável, em que a quantidade adsorvida cresce com o aumento da quantidade de adsorvente e o equilíbrio se encontra deslocado para superfície do adsorvente.

Esse resultado indica o potencial de aplicabilidade do carvão vegetal em processos de separação de petróleos de outras fases. A similaridade da natureza química entre o petróleo

(hidrocarboneto) e o carvão vegetal (carbono) pode ser o fator determinante para adsorção. Verifica-se também a possibilidade de incorporação do adsorvente em processos industriais pelo baixo custo do carvão vegetal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. K.; ALVES, B.; MARTINS, L. *O Petróleo e os impactos de seu derramamento no ecossistema da região*. Bolsista de Valor, Campos dos Goytacazes, v. 2, p.81-86, 2013.

BIODIESELBR. *Petróleo e seus efeitos no meio ambiente*. 2005. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/meio-ambiente/petroleoe-seus-efeitos-no-meio-ambiente-11-11-05.htm>>. Acesso em: 26 maio 2018.

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

GILES, C.H.; EWANS, T.H.; NAKHWA, S.N.; SMITH, D. *Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific areas of solids*. Journal Chemical Society, v.3, p.3973-3993, 1960.

OLIVEIRA, T. Q.; MOCHIZUKI, V. L.; MAGALHÃES R. R.; GARNICA, A. I. C.; CURBELO, F. D. S. *Utilização do bagaço da cana de açúcar como adsorvente para remoção do óleo da água produzida*. Congresso Nacional de Engenharia De Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Natal, 2016.