

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DA POROSIDADE DE SUBPRODUTOS DA MORINGA OLEÍFERA LAM, COMO MEIO ADSORVENTE, PARA USO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA

AUTORES:

Brenda Ávila Dias¹, Kryslaine Machado de Almeida dos Santos², Douglas Costa Santos³, Livia Caroline Tavares de Andrade⁴, Gabriel Francisco da Silva⁵.

INSTITUIÇÃO:

Núcleo de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal de Sergipe¹, Programa de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe², Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe³, Programa de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe⁴, Núcleo de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal de Sergipe⁵.

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 27 a 30 de outubro de 2013, em Aracaju-SE. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8ºPDPETRO.

ANÁLISE DA POROSIDADE DE SUBPRODUTOS DA *MORINGA OLEÍFERA* LAM, COMO MEIO ADSORVENTE, PARA USO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA

Abstract

The water is a good that every day increases the demand and preoccupation about his treatment for reuse. One of their contaminants is the oil from the industries that with the expand of their exploration, increase the concern about the environmental impacts that may cause. Produced water is the biggest environmental, operational and managerial disorder in exploration and oil production process. This study aims is to present a process of treatment from the water produced using three byproducts of *Moringa oleifera* Lam, acting as a means adsorbent for removal of their oils and grease (TOG), which are the pod, the peel and pie of the moringa. To analyze the efficiency of this process was calculated the porosity of the samples and taken one TOG analysis, before and after the adsorption process. From the study it was concluded that the pie of moringa is the one that has the better porosity of the comparative means (nutshell). So, it was first identified the best of by-products used in this project as a adsorbent means for water treatment. This can be explained by the fact that the hysteresis curve occurs easily when it gets a lower porosity in the sample, it forms a greater quantity of the channels where it is trapped the adsorbate. The results of TOG analyzes, showed that the peel of the moringa was the most efficient and still had a higher percentage of oil removal, than the nutshell. However, it is noteworthy that, for lack of optimization of treatment, could not perform this experiment with moringa pie. From the results, the efficiency of *Moringa oleifera* Lam byproducts, was confirmed as a great adsorbent means. The experiments were performed in the Alternative Technologies Laboratory (LTA) Petroleum Engineering Center (NUPETRO) of the Federal University of Sergipe (UFS).

Introdução

Substância de estado físico oleoso, inflamável, com cheiro forte característico, cor variando entre o negro e o castanho escuro e com densidade menor do que a da água, formado basicamente de uma grande cadeia de carbono e hidrogênio é a definição do nosso elemento de estudo chamado petróleo. Seu surgimento, permanece a teoria de que ele foi formado por restos orgânicos de animais e vegetais depositados no fundo de lagos e mares sofrendo transformações químicas ao longo de milhares de anos. Este produto é matéria-prima para muitos materiais essenciais para a humanidade como: gasolina, parafina, gás natural, GLP, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene, solventes, óleos combustíveis e lubrificantes, óleo diesel e combustível de aviação. Porém, durante o processo de produção as indústrias petroquímicas enfrentam problemas, principalmente ambientais, como a geração de um resíduo denominado água produzida (AP).

A água produzida é um efluente complexo, de alta salinidade, cuja composição pode variar amplamente, dependendo do tipo e idade do campo, da origem e da qualidade do óleo, e também do procedimento utilizado para sua extração. Esta deve ser tratada, reduzindo o seu teor de óleos e graxas, para descarte ou reinjeção, tanto na produção *onshore*, onde a área de produção é em terra, quanto na *offshore*, que são as áreas de produção marítima. O tratamento da AP segue as Resoluções CONAMA 357/05, 393/07 e 430/11, as quais estabelecem, entre outros parâmetros que o pH da água para descarte deve estar entre 5 a 9, a temperatura não superior a 40°C e não exceder em 3°C a temperatura do corpo receptor na zona de mistura e o teor de óleos e graxas (TOG) médio de 29 mg/L e máximo 42 mg/L (SANTOS, 2015).

O inadequado descarte da água produzida ao meio ambiente pode acarretar sérios problemas ambientais como a poluição em rios, mar, lagos, contaminação em aquíferos e do solo, danos à flora e à fauna o que geram punições severas as empresas extratoras. Estudiosos acreditam que esse impacto

ambiental é, geralmente, avaliado pela toxicidade dos constituintes e pela quantidade de compostos orgânicos nela contido. Além destes agentes tóxicos, a água produzida ainda apresenta quantidades elevadas de produtos químicos adicionados durante o processo de extração do petróleo como os inibidores de corrosão e incrustação, desemulsificantes, polieletrólitos, entre outros (ROCHA et al., 2012).

Desenvolver novas tecnologias para o tratamento da água produzida, ou aperfeiçoar as técnicas já existentes, é de grande importância para que a indústria de petróleo continue a expandir e minimizar os impactos ao meio ambiente, devido ao grande volume da produção desse efluente. Alternativas de tratamento são possibilidades para uma melhor qualidade de vida, fazendo uso doméstico, na agricultura ou no auxílio de poços, praticando a reinjeção, por exemplo, da AP tratada no reservatório durante a produção, contanto que seja feito um tratamento adequado, principalmente corrigindo as suas características de toxicidade (SHPINER et al., 2009). Nesse contexto, surge a necessidade de realizar um tratamento de águas contaminadas e um dos métodos utilizados é a adsorção.

A adsorção é a capacidade que um material possui em reter um fluido através de uma superfície sólida. Como objetivo de estudo do artigo utilizaremos a *Moringa oleífera* Lam a fim de avaliar sua capacidade de adsorção do óleo em água a partir da análise da porosidade e do teor de óleos e graxas dos seus subprodutos: a vagem, a casca e a semente (para produção da torta) como meio adsorvente.

De acordo com Silva (2000), a descoberta do uso da *Moringa oleífera* Lam para a purificação da água é de grande importância pois, é um processo de baixo custo comparado a tratamentos químicos convencionais. A *Moringa oleífera* Lam é uma planta da família Moringaceae, do gênero moringa, conhecida por lírio branco, quiabo-de-quina, acácia-branca, árvore-rabanete-de-cavalo, cedro e moringueiro. É uma planta multiuso utilizada como ração animal, óleo combustível, hidratante, chá, alimentação humana e, principalmente, no tratamento de água como coagulante/floculante.

Metodologia

Os ensaios de porosidade foram realizados na Universidade Federal de Sergipe (UFS) no Laboratório de Tecnologias Alternativas (LTA) do Núcleo de Engenharia de Petróleo e Gás Natural (NUPEG), no Departamento de Engenharia Química (DEQ); e no Laboratório de Energia Solar (LES) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Para realização dos experimentos iniciais pertinente ao tratamento da água produzida, foram utilizados os subprodutos da moringa: a torta, a casca e o fruto completo (vagem com sementes) que foram trituradas e homogeneizadas em conjunto de peneiras para obter um diâmetro médio.

A fim de avaliar a eficiência das amostras foi preparada uma água produzida sintética (APS) no Laboratório de Energias Alternativas (LTA). Para isso, utilizou-se 50 gotas de óleo e 35g de cloreto de sódio, para cada litro de água, onde a emulsão óleo/água foi gerada com um liquidificador industrial e obteve-se entre 150 e 500ppm de óleo em água.

A Figura 1 representa o fluxograma do trabalho realizado e a Figura 2 representa as matérias-primas utilizadas para o experimento.

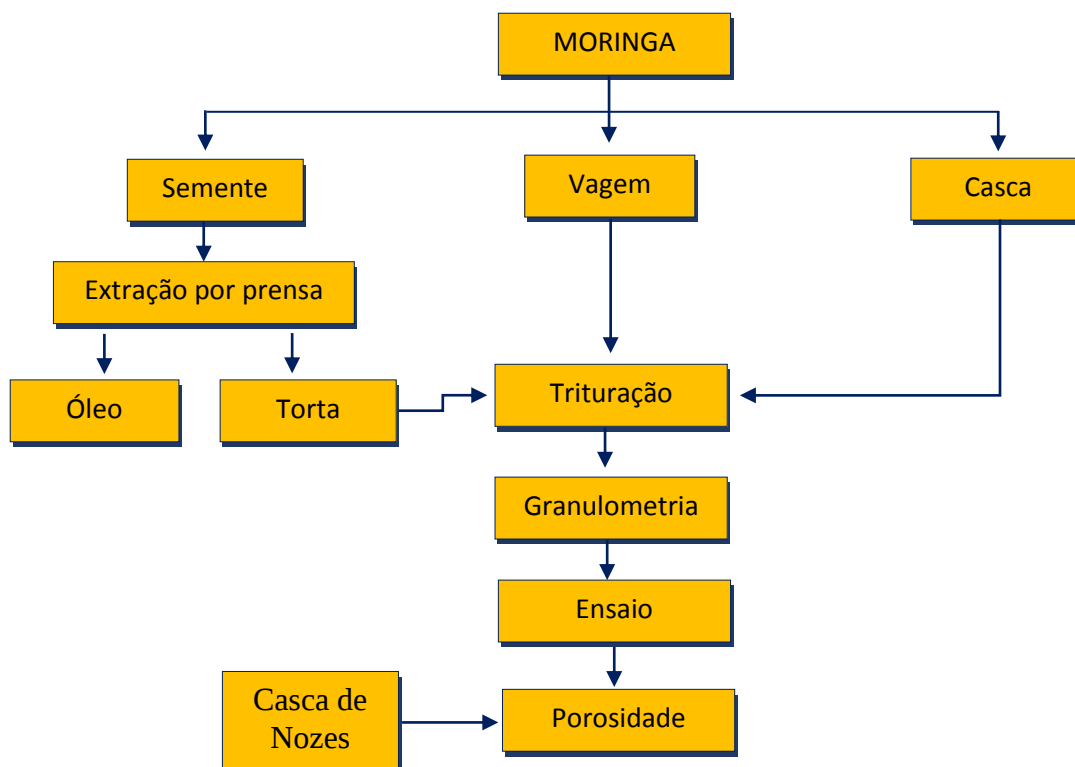


Figura 1 - Fluxograma experimental do trabalho realizado.



Figura 2 – Matéria-prima: vagem (a), semente (b) e torta (c) (Fonte: SANTOS, 2015)

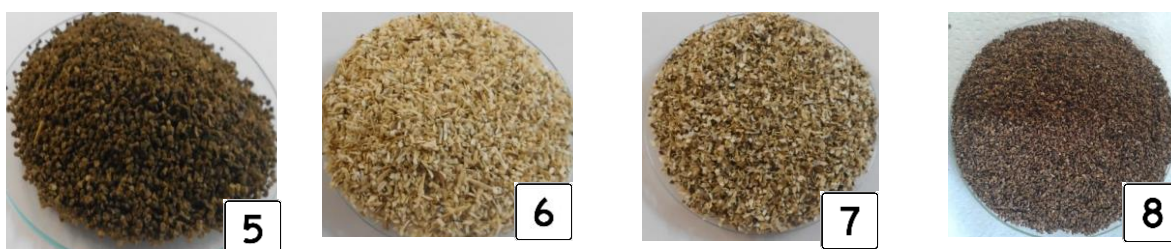
Para a trituração da vagem completa e da torta de moringa foi utilizado uma máquina forrageira, já a casca de moringa foi triturada apenas em liquidificador comercial.

Para preparação da torta foi utilizado a prensa mecânica, utilizada para extração do óleo de moringa, que está localizada no Laboratório de Energia Solar da UFPB.

Posteriormente, as granulometrias dos subprodutos foram homogeneizadas em equipamento formado por conjunto de peneiras, Figura 4, localizado no DEQ para obter um diâmetro médio das amostras.



Figura 4 - Equipamento formado por peneiras utilizado (Fonte: Autor próprio, 2015).



Figuras 5, 6, 7 e 8 – Meios adsorventes com abertura de 1,19mm: torta, vagem, casca da moringa e casca de nozes, respectivamente (Fonte: SANTOS, 2015).

O diâmetro de partícula escolhido para os meios adsorventes estudados oriundos da moringa, foram os que mais se aproximaram do diâmetro da casca de nozes fornecido, ou seja, os colhidos pela peneira de 14 mesh com abertura de 1,19mm. Este diâmetro foi a abertura da casca de nozes cedida pela Petrobrás do campo de Carmópolis/SE, que é nosso meio comparativo, pois, é utilizada atualmente pela indústria de petróleo. Abaixo ilustra as amostras utilizadas e a casca de nozes.

Para determinar a eficiência do processo foi necessário conhecer a porosidade das amostras. Tal dado foi obtido pelo Método de Proveta, Figura 9. A porosidade é a razão entre o volume de vazios e o volume total obtido. Sua determinação é importante, pois interfere na absorção, na massa específica, na resistência mecânica e na resistência à abrasão dos particulados (COULSON e RICHARDSON, 1991).

Primeiramente foi colocado a amostra foi colocada em uma proveta de 100 mL, e foi anotado o volume, posteriormente, colocou-se água até completar o mesmo volume verificando, assim, o volume de vazios na bureta. Então, a porosidade foi calculada segundo a Equação 1.

$$\varepsilon = \frac{V_V}{V_T} \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

ε - a porosidade;

V_V - o volume de vazios;

V_T - o volume total do leito.



Figura 9 – Ensaio da proveta (Fonte: SANTOS, 2015).

E, por fim, foram feitos testes em triplicata do teor de óleos e graxas (TOG) da água produzida sintética (APS), antes do tratamento adsorvente e depois, a partir de cada amostra estudada, e comparado sua eficiência com o material já utilizado nas indústrias, a casca de nozes. Essa análise foi essencial para analisar a eficiência das amostras adsorventes. O TOG é um equipamento que analisa o teor de óleos e graxas da água produzida.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para a porosidade das amostras, todas com um volume de 30mL, estão apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Porosidade dos meios adsorventes.

Meios Adsorventes	Volume de sólidos (mL)	Volume total (mL)	Porosidade
Vagem de moringa	30	54,05	0,44
Casca de Moringa	30	55,90	0,46
Torta de moringa	30	45,00	0,33
Casca de nozes	30	42.15	0,29

Os meios adsorventes vagem e casca de moringa, apresentados na Tabela 1, apresentaram valores similares e ainda maiores do que a casca de nozes. O meio adsorvente torta de moringa foi o que obteve uma porosidade com maior proximidade do nosso material comparativo (a casca de nozes) com desvio relativo erro relativo de 13,8%. A casca e a vagem exibem uma diferença na ordem de aproximadamente 50% em relação à casca de nozes. Essa porosidade refere-se, predominantemente, ao espaço intersticial. Portanto, deverá implicar em maior permeabilidade. Isso é explicado pelo fato da curva de histerese ocorrer com maior facilidade quando se obtém uma menor porosidade na amostra, pois, forma uma maior quantidade de canais onde é aprisionado o adsorbato.

As análises em triplicata da APS antes do teste de adsorção e depois, perante cada amostra de granulometria estudada, são mostradas nas tabelas a seguir.

De acordo com a Tabela 2, observa-se uma variação no TOG de entrada (E) comparado com o de saída (S). O maior valor de teor de óleos e graxas na entrada foi de 115 ppm (E3) e o menor TOG de saída foi de 74 ppm (S1-S2). Foi obtida uma remoção de óleo em água de 31,1%.

Tabela 2– Resultados do teor de óleo e graxas para eficiência do leito vagem da Moringa em meio adsorvente.

Coletas	Absorbância (A)	Concentração (ppm)	TOG (ppm)	Média (TOG)	Remoção (%)
E1	0,285	102	104	110,3	31,1
E2	0,308	110	112		
E3	0,335	119	115		
S1	0,202	74	74	76,0	
S2	0,211	77	74		
S3	0,224	80	80		

Tabela 3 – Resultados do teor de óleo e graxas para eficiência do leito casca da Moringa em meio adsorvente.

Coletas	Absorbância (A)	Concentração (ppm)	TOG (ppm)	Média (TOG)	Remoção (%)
E1	0,381	135	130	134,7	61,2
E2	0,379	135	132		
E3	0,401	142	142		
S1	0,153	57	53	52,3	
S2	0,150	56	51		
S3	0,158	58	53		

Na Tabela 3 observou-se um TOG de entrada médio de 134,7 ppm e 52,3 ppm de TOG médio na saída. A eficiência na separação óleo/água desse leito foi 61,2%.

A fim de comparar as eficiências dos leitos, também foi feito um ensaio com a água produzida sintética utilizando o meio adsorvente casca de nozes. O resultado encontra-se na Tabela 4 onde mostra que a concentração média de óleo da APS na entrada foi de 94,7 ppm enquanto a média de saída foi de 38,3 ppm, resultando em uma eficiência de remoção óleo/água de 59,6%.

Tabela 4 – Resultados do teor de óleo e graxas para eficiência do leito casca de nozes.

Coletas	Absorbância (A)	Concentração (ppm)	TOG (ppm)	Média (TOG)	Remoção (%)
E1	0,504	178	94	94,7	59,6
E2	0,495	175	96		
E3	0,488	172	94		
S1	0,192	70	39	38,3	
S2	0,192	70	37		
S3	0,194	71	39		

Vale frisar que o mesmo processo foi feito com a torta da moringa. Porém, quando adicionado a APS ao leite, este saturou-se formando uma “papa” e não extraindo o óleo da água.

Conclusões

Conforme já mencionado o adsorvente a base de derivados da moringa foi comparado com a de casca de nozes utilizado pela indústria de petróleo, cedido pela Petrobras na Estação de Bonsucesso na cidade de Carmópolis-SE. De acordo com esse estudo, a amostra que apresenta maior semelhança na porosidade com a casca de nozes é a torta da moringa com 13,8% de desvio relativo ou erro relativo. A casca e a vagem exibem uma diferença na ordem de 50% em relação às cascas de nozes.

A eficiência na remoção do óleo da amostra contido na água produzida sintética a ser tratada, foi feita através da medição do teor de óleos e graxas (TOG), antes e depois da adsorção. Foi possível interpretar que a casca da moringa foi a mais eficiente nesse processo, apresentando 61,2% de remoção do óleo na água. Também foi evidente perceber que esse número foi até maior que o atribuído com o meio adsorvente casca de nozes de 59,6%, indicando que se esse leite sofrer o mesmo processo de otimização utilizado na casca de nozes, sua eficiência poderá ser bem maior e de baixo custo para remoção de óleos e graxas em água, além de ser outra alternativa de tratamento. A eficiência da torta na análise de TOG não foi possível ser feita, pois, quando submetida ao experimento, formou uma “papa”, isso pode ser explicado pelo fato do tratamento de extração do óleo por extrusora não ter sido necessário para a torta ser otimizada.

Neste trabalho foi possível mostrar a aplicação potencial da *Moringa oleífera* Lam como meio adsorvente no tratamento de água produzida, apresentando resultados muito significativos, podendo ser considerada como uma alternativa para o tratamento da mesma.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Sergipe.

Referências Bibliográficas

- COULSON, J. M.; RICHARDSON, J. F. **Chemical engineering: Particle technology and separation processes**. 4ed. v.2. Pergamon Press, 1991.
- ROCHA, J. H. B.; GOMES, M. M. S.; FERNANDES, N. S.; SILVA, D. R.; MARTINEZ HUITLE, C. A. **Application of electrochemical oxidation as alternative treatment of produced water generated by Brazilian petrochemical industry**. *FuelProcessing Technology*. v. 96, p. 80-87, 2012.
- SANTOS K.M.A. **Avaliação de um meio filtrante utilizando a *Moringa oleífera lam* para tratamento de água produzida**. Tese de mestrado apresentado na Universidade Federal de Sergipe(UFS), 2015.
- SHPINER, R., LIU, G., STUCKEY, D. C. **Treatment of oilfield produced water by waste stabilization ponds: Biodegradation of petroleum-derived materials**. *Bioresource Technology*, v 100, 6229-6235, 2009.
- SILVA, Carlos R. R., **Água Produzida na Extração de Petróleo**. Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. Escola Politécnica Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2000.