

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo da Eficiência da Semente e do Extrato da Moringa no Tratamento de Água Produzida

AUTORES:

Claudia Santana Arcieri Miranda, Daiane Farias Pereira, Nicolis Amaral de Araújo, Tayanara Menezes Santos, Eliane Bezerra Cavalcanti, Gabriel Francisco da Silva

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. 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 6ºPDPETRO.

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA SEMENTE E DO EXTRATO DA MORINGA NO TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA

Abstract

Water produced is a complex and high salinity, wastewater whose composition can vary widely depending on the type and the age of the field, source and quality of the oil, and the procedure used for extraction. Regarding the treatment of this effluent, there is always a search for ways to reduce the stability of dispersed systems. In the case of produced water, the reduction of stability is essential to perform the separation of the two liquid phases-water/ oil. Many coagulants are used in water treatment processes, such as synthetic organic and natural polymers and inorganic coagulants. The genus *Moringa*, and particularly the species *oleifera* Lam and *stenopetala* stand out as one of the most promising natural coagulants. This paper proposes to compare the oil/water removal efficiency in produced water through coagulation /flocculation, using the coagulant extracted from *Moringa* seed cake in salt and aqueous medium with the coagulant used in powder form.

Introdução

A água produzida é um efluente complexo, de salinidade elevada, cuja composição pode variar amplamente, dependendo do tipo e idade do campo, origem e qualidade do óleo, bem como do procedimento usado para sua extração. Os compostos que normalmente compõem esta água são: óleo disperso e dissolvido, sais minerais dissolvidos, sólidos oriundos da corrosão, graxas e asfaltenos, produtos químicos adicionados para prevenir e/ou tratar problemas operacionais, tais como: biocidas, anti-incrustantes, anti-espumantes e inibidores de corrosão, e gases dissolvidos, incluindo dióxido de carbono (CO₂) e gás sulfídrico (H₂S) (STEPHENSON, 1991).

O volume de água produzida é crescente durante a exploração de petróleo. Isto porque, conforme o óleo é exaurido, ou seja, à medida que o campo de produção envelhece o volume de água necessário a recuperação do óleo aumenta. Estima-se que durante a vida econômica de um poço de petróleo, o volume desta água pode chegar a exceder dez vezes o volume de produção de óleo (em campos novos: 5 a 15% do fluido trazido à superfície é água produzida, enquanto que, em campos maduros, esse percentual sobe para 90%) (EKINS *et al.* 2007). Em relação ao tratamento desse efluente, há sempre uma busca de mecanismos que permitam reduzir a estabilidade de sistemas dispersos. No caso de água produzida, a redução da estabilidade é fundamental para se obter a separação das duas fases líquidas – água/óleo.

Os termos coagulação e floculação são utilizados como sinônimos, uma vez que ambos significam o processo integral de aglomeração das partículas. Especificamente, a coagulação é um processo químico usado para desestabilizar as partículas coloidais. Adiciona-se um agente químico para gerar íons carregados positivamente na água, que contém colóides carregados negativamente. Como resultado, ocorre uma redução na repulsão existente entre as partículas (SILVA, 2005). Na

floculação ocorre a agregação das partículas em suspensão. Essa aglomeração se dá em função das forças de *Van Der Waals*. A formação dos flocos pode ocorrer de maneira espontânea, apenas pelos sucessivos choques entre as várias partículas presentes, desde que o sistema possua energia disponível para tal, decorrente da agitação do sistema. No entanto, uma agitação muito intensa pode fazer com que os flocos formados se desagreguem espontaneamente. Sendo assim, não há necessidade de agitação tão intensa quanto aquela utilizada na mistura rápida.

Muitos agentes coagulantes são usados nos processos de tratamento de água, como os coagulantes inorgânicos (sais de alumínio e ferro), polímeros orgânicos sintéticos e naturais (CARDOSO, 2007).

O gênero *moringa*, e particularmente as espécies *oleifera* Lam e *stenopetala*, destacam-se como um dos mais promissores coagulantes naturais, apesar de sete espécies terem demonstrado o efeito coagulante (NETO, 2005).

Segundo Jahn (1989), foi isolado o produto coagulante presente nas sementes de *Moringa oleifera* Lam e desta forma foi identificado seis polipeptídios, que são formados por várias unidades de aminoácidos. A fração ativa deste coagulante se deve à presença de uma proteína catiônica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água, geralmente partículas coloidais de carga negativa, e flocculam os colóides. O mecanismo de coagulação/floculação provocado pela proteína existente na polpa da *Moringa oleifera* Lam assemelha-se ao mecanismo provocado pelos polieletrólitos (DAVINO, 1976).

Diante do exposto, este trabalho propõe comparar a eficiência de remoção óleo/água de água produzida, através do processo de coagulação/floculação, utilizando o coagulante extraído da torta de sementes de *moringa* em meio salino e em meio aquoso na fase líquida com o coagulante extraído e utilizado em forma de pó.

Metodologia

Água Produzida Real

As amostras de água produzida utilizadas no estudo foram provenientes do campo de Bonsucesso, localizado em Carmópolis/SE e fornecidas pela PETROBRAS/UN-SEAL.

Preparo da Matriz Sintética

A água produzida sintética foi preparada utilizando amostras de óleo provenientes do campo de Bonsucesso. Para cada litro de água destilada, foram adicionados 35 g de NaCl P.A da *Synth* e cerca de 100 gotas de óleo. A geração da emulsão foi feita empregando-se o homogeneizador Ultra Turrax T50, a uma rotação de 6.000 rpm, por um tempo de 15 minutos.

Preparo do Agente Coagulante

As sementes de *Moringa oleifera* Lam foram adquiridas na Ambiental: Produto Natural e Orgânico (Aracaju/SE).

Para o preparo do agente coagulante em forma de pó, inicialmente removeram-se as asas e a casca das sementes e em seguida, foram trituradas em um moinho, de forma que um material homogêneo fosse obtido. O óleo contido nas sementes foi extraído com n-hexano P.A. da *Synth*, através de um sistema de extração usando soxhlet. Após secagem desse material obteve-se o coagulante em pó a partir das sementes de moringa.

Para o preparo do agente coagulante em meio aquoso, após todo o processo de beneficiamento e extração do óleo, adicionou-se em um béquer, 50 mL de água destilada e 1 g de torta de moringa. Em seguida, a solução foi homogenizada por um misturador a uma rotação de 1000 rpm durante 30 minutos. A mistura obtida foi separada através de filtração à vácuo, onde o filtrado obtido foi o extrato de moringa em meio aquoso.

Para o preparo do agente coagulante em meio salino, colocou-se, em um béquer, 50 mL de solução salina 1mol/L e 1 g de torta de moringa. Em seguida, a solução foi homogenizada por um misturador a uma rotação de 1000 rpm durante 30 minutos. A mistura obtida foi separada através de filtração à vácuo, onde o filtrado foi o extrato de moringa em meio salino.

Ensaio de Coagulação/Floculação

Colocou-se 1000 mL de água produzida nos seis reatores do aparelho *Jar-Test* (modelo HD-110 A6) e variou-se a concentração do agente coagulante em forma de pó e em forma líquida, nos níveis 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 g/L e 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL/L, respectivamente. Submeteu-se o sistema à rotação rápida (120 rpm) por 10 minutos e em seguida à rotação lenta (60 rpm) por 20 minutos. Deixou-se descansar por 1h e 30 min, para que houvesse decantação e/ou flotação das partículas e retirou-se uma alíquota de 25 mL do centro do jarro, evitando o mínimo de perturbação e analisou-se a concentração de óleo das amostras.

Determinação do Teor de Óleos e Graxas (TOG)

O óleo contido na amostras foi determinado antes e após o processo de coagulação/floculação, utilizando o equipamento Infracal TOG/TPH Analyzer, modelo CVH da *Wilks Enterprise* que mede a recuperação total de óleos e graxas usando o método da espectrofotometria infravermelho.

Resultados e Discussão

Determinação da Concentração Ótima de Moringa

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados da determinação da concentração ótima do pó de moringa com uma variação de massa de 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 g feita com uma amostra de água produzida sintética (APS), para um TOG inicial de 390 ppm e com uma amostra de água produzida

real (APR) com TOG inicial de 492 ppm. As leituras do branco para as duas amostras foram de 387 e 489 ppm para as amostras de APS e APR, respectivamente.

Tabela 1 - Determinação da concentração ótima de moringa para APS com um TOG inicial de 390 ppm.

Concentração de Moringa (g/L)	TOG final (ppm)	% de Remoção do óleo	Normalização
1,0	253	35,13	0,65
1,5	220	43,60	0,56
2,0	110	71,79	0,28
2,5	250	35,90	0,64
3,0	120	69,23	0,31

Tabela 2 - Determinação da concentração ótima de moringa para APR com um TOG inicial de 492 ppm.

Concentração de Moringa (g/L)	TOG final (ppm)	% de Remoção do óleo	Normalização
1,0	197	59,96	0,40
1,5	204	58,50	0,41
2,0	228	53,70	0,46
2,5	342	30,50	0,70
3,0	334	32,10	0,68

Com o objetivo de comparar as amostras de APS e de APR, já que trabalhando-se com óleo é praticamente impossível se manter uma mesma concentração para todas as amostras, traçou-se um gráfico das normalizações (C/C_0) versus a concentração de moringa.

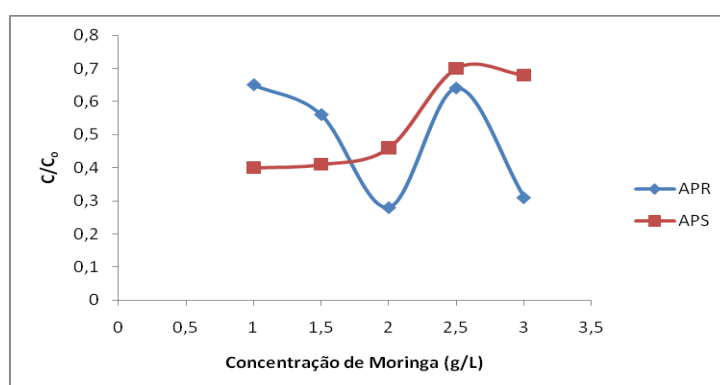


Figura 1 - Comparação das normalizações (C/C_0) para APS e APR versus a concentração de moringa.

De acordo com a Figura 1, pôde-se observar que a condição de igualdade entre os dois experimentos está no domínio do intervalo entre 1,5 e 2,0 g/L.

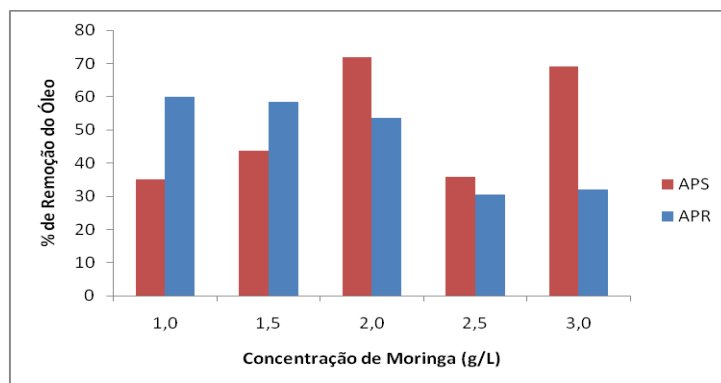


Figura 2 – Variação do percentual de remoção do óleo versus concentração de moringa para a APS e APR

Observa-se pelos resultados apresentados na Figura 2, que a melhor concentração de moringa para a APS foi de 2,0 g/L. Já para a APR, a melhor concentração foi de 1,0 g/L.

A Tabela 3 apresenta os resultados da determinação da concentração ótima de moringa com uma variação de volume de 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL/L do extrato extraído em meio salino e em meio aquoso feitos com uma amostra de APS, para um TOG inicial de 253 ppm. O branco foi de 250 ppm.

Tabela 3 - Determinação da concentração ótima de moringa para APS utilizando coagulante extraído em Meio Salino e em Meio Aquoso.

Concentração do Coagulante (mL)	TOG final utilizando extrato em meio salino (ppm)	% de Remoção do óleo em meio salino	TOG final utilizando extrato em meio aquoso (ppm)	% de Remoção do óleo em meio aquoso	Normalização para extrato em meio salino	Normalização para extrato em meio aquoso
1,0	50	80,0	115	54,5	0,20	0,74
1,5	98	61,3	49	80,6	0,39	0,32
2,0	84	66,8	68	73,1	0,33	0,44
2,5	115	54,5	37	85,4	0,45	0,24
3,0	120	52,6	149	41,1	0,47	0,96

Com o objetivo de comparar as amostras de APS nos dois ensaios realizados acima, traçou-se um gráfico de normalização (C/C_0) versus a concentração do coagulante, observado na Figura 3.

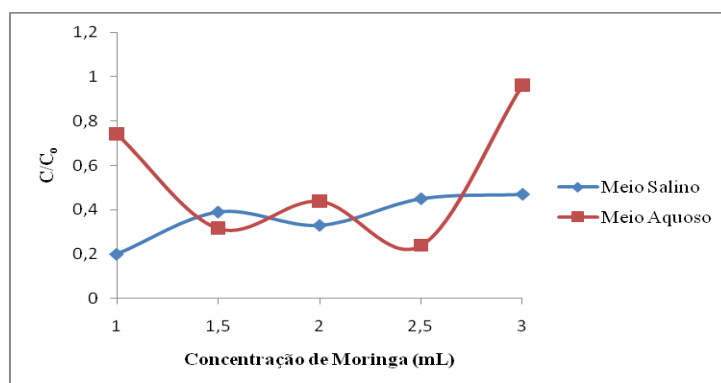


Figura 3 - Comparação das normalizações (C/C_0) para APS em meio salino e aquoso versus a concentração de moringa.

De acordo com a Figura 3, pôde-se observar que a condição de igualdade entre os dois experimentos dá-se em vários pontos.

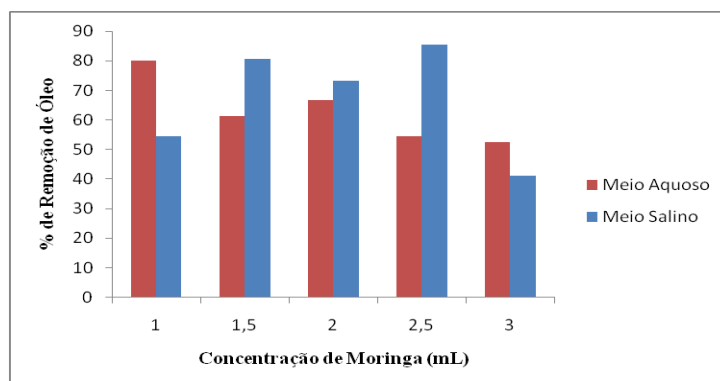


Figura 4 – Variação do percentual de remoção do óleo em APS utilizando extratos em meio aquoso e salino versus concentração de moringa

Observa-se pelos resultados apresentados na Figura 4, que a melhor concentração de moringa para a APS utilizando o extrato em meio salino foi de 1,0 mL/L e utilizando o meio aquoso foi de 2,5 mL/L. A maior remoção utilizando-se uma menor quantidade do extrato salino é provavelmente devida à melhor extração da proteína coaguladora das sementes de moringa neste meio.

Como os melhores resultados foram os obtidos utilizando-se o extrato em meio salino, optou-se por fazer os ensaios com água produzida real apenas com este tipo de extrato. Os resultados encontram-se na Tabela 4 cujo TOG inicial da amostra de APR foi de 155 ppm. O branco foi de 153 ppm.

Tabela 4 - Determinação da concentração ótima de moringa para APR utilizando coagulante extraído em Meio Salino.

Concentração do Coagulante (mL)	TOG final (ppm)	% de Remoção do óleo
1,0	31	91,36
1,5	60	83,87
2,0	89	75,2
2,5	112	68,8
3,0	154	57,1

Observa-se pelos resultados apresentados na Tabela 5, que a melhor concentração de moringa para a APR utilizando o extrato em meio salino foi de 1,0 mL, confirmando os ensaios feitos com água produzida sintética.

Conclusões

Para amostras de APS a concentração ótima de moringa utilizando o coagulante em forma de pó, foi de 2,0 g/L e para a APR 1,0 g/L, provavelmente devido à interação desse agente coagulante com os demais componentes da APR.

Nos ensaios de coagulação/floculação realizados com APS, utilizando extratos de moringa em meio salino e em meio aquoso, pôde-se concluir que o meio salino foi mais eficiente na extração da proteína coagulante da torta da moringa, apresentando um percentual de remoção de óleo em água de 80%, utilizando-se apenas 1,0 mL/L desse coagulante. Já para os ensaios realizados com APR, foi utilizado apenas o extrato salino e a mesma situação foi observada, ou seja, apenas 1,0 mL foi suficiente para remover cerca de 91,36% de óleo em água.

A utilização do agente coagulante *Moringa oleifera* Lam na forma de extrato salino, nas condições estudadas, apresentou melhores resultados quando comparado com coagulante em forma de pó no processo de coagulação/floculação de água produzida, podendo ser considerado como um coagulante natural eficaz na remoção de óleo em água.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Química e ao Núcleo de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Referências Bibliográficas

CARDOSO K. C. Estudo do Processo de Coagulação/Floculação por meio da *Moringa oleifera* Lam para Obtenção de Água Potável. 2007. 123 f. Dissertação de Mestrado. Paraná. Brasil.

DAVINO, F. Tecnologia de Tratamento de Água – Água na Indústria. Rio de Janeiro, Almeida Neves Ed. 1976.

EKINS, P.; VANNER, R.; FIREBRACE, J.; Zero Emissions of oil in Water from Offshore Oil and Gas Installations: Economic and Environmental Implications. *Journal of Cleaner Production*. v. 15, pág. 1302-1315, 2007.

JAHN, S. A. A. Monitored Water Coagulation with Moringa Seeds in Village Households. *GTZ: Gate*, n. 1/89 (May), pág. 40-41, 1989.

NETO, M. A. A., Uso da Semente do Gênero *Moringa*, 2005. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/doc/posters/12_1_Mario_Augusto.doc>. Acesso em: outubro 2010.

SILVA, C. A. Estudos Aplicados ao Uso da *Moringa oleifera* como Coagulante Natural para Melhoria da Qualidade de Águas. 2005. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

STEPHENSON, M. T. Components of produced water: a compilation of results from several industry studies. *SPE* n.23313, p. 25-38, 1991.