

# Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio

*Physical-chemical study of water produced using Moringa oleifera Lam in comparison to aluminum sulphate*

Tayanara Menezes Santos

Estudante de Engenharia Química, com atuação na área ambiental, Universidade Federal de Sergipe – UFS. Sergipe, PE [Brasil]  
tayanaramenezes@yahoo.com.br

Daiane Farias Pereira

Mestre em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe – UFS. Sergipe, PE [Brasil]. Doutoranda em Engenharia de Processos Químicos, Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, BA [Brasil]

Claudia Ramos Santana

Mestre em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe – UFS. Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Maringá, PR [Brasil]

Gabriel Francisco da Silva

Doutor em Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas – UNICAMP. Professor, Universidade Federal de Sergipe – UFS. Sergipe, PE [Brasil]

## Resumo

A Água Produzida, efluente resultante da extração do petróleo, é uma emulsão formada por água e óleo, que contém alta salinidade, produtos químicos, metais pesados e expressivo volume. Se houvesse tempo para decantação, a emulsão poderia romper-se naturalmente. Entretanto, isso não acontece em tempo previsível. São necessários, então, processos que promovam o rompimento dessa emulsão e, conseqüentemente, a separação água/óleo. Existem atualmente tecnologias que podem reduzir o teor de óleo na água produzida; porém, elas ainda não são viáveis no tratamento da água em plataformas, devido a limitações de espaço físico, peso dos equipamentos, dificuldades de execução de obras e tempo de residência dessas águas. Neste trabalho, objetiva-se estudar o tratamento físico químico da água produzida utilizando a *Moringa oleifera* Lam como coagulante para a separação água/óleo e comparar sua eficiência com a do sulfato de alumínio, geralmente usado nas indústrias de petróleo. Os parâmetros analisados foram teor de óleos e graxas (TOG) e turbidez.

**Palavras-chave:** Coagulação. Efluente. Indústria de petróleo.

## Abstract

Produced water, the effluent resulting from oil extraction, is an emulsion composed of water and oil, which contains high salinity, chemicals, heavy metals and significant volume. If there were time for decantation, the emulsion could break down naturally. However, this does not happen in a predictable time span. Hence, processes are required to promote the breakup of this emulsion and, consequently, the water/oil separation. There are technologies today that can reduce the oil content in produced water, but they are not yet feasible for platform water treatment, due to space and equipment weight limitations, difficulties in execution of works and also the residence time of this water. This article aims to study the physical-chemical treatment of produced water using *Moringa oleifera* Lam as a coagulant for oil/water separation and compare its efficiency with that of aluminum sulfate, commonly used in the oil industry. The analyzed parameters were oil and grease content (OGC) and turbidity.

**Key words:** Coagulation. Effluent. Oil industry.

## 1 Introdução

Na indústria do petróleo, vários segmentos prejudicam o meio ambiente. No segmento representado pela extração do petróleo, o poluente mais relevante, particularmente pelo volume envolvido, é a “água produzida” juntamente com o petróleo.

A Água Produzida (AP) contém, geralmente, alta salinidade, partículas de óleo em suspensão, produtos químicos adicionados nos diversos processos de produção, metais pesados e, por vezes, alguma radioatividade. Isso a torna um poluente de difícil descarte, agravado pelo expressivo volume envolvido (SILVA, 2002).

Sabe-se que petróleo e água são praticamente imiscíveis em condições normais, o que facilitaria seu processo de separação. Entretanto, em decorrência das condições existentes durante a formação e migração do petróleo, e em virtude do longo tempo de confinamento, parcelas de hidrocarbonetos podem se solubilizar na água.

Durante as operações de produção, por causa da agitação, formam-se emulsões, gotículas dispersas de um líquido dentro de outro, as quais podem ser fáceis ou difíceis “quebradas” em razão das propriedades do óleo, da água e dos seus percentuais (ARPEL, 1993). Essa emulsão é chamada Água Produzida.

O líquido produzido é separado e dele são retirados água, sal e sólidos presentes; a seguir, envia-se o óleo para o refino. A água que contém outros rejeitos e óleo residual (suspenso, emulsionado, solubilizado) deve ser tratada para uma destinação final.

O descarte inadequado de efluentes implica em efeitos nocivos ao meio ambiente, repercussão negativa da empresa, penalidades e um custo elevado com ações corretivas e mitigadoras.

Os riscos ambientais associados à AP podem variar de acordo com a composição da água, das

características do local em que ela ocorre e da sua disposição final (SILVA, 2002).

A busca pela melhoria na qualidade dos processos, materiais e técnicas resulta prioritariamente da necessidade de adaptar a exigências legais explicitadas na Resolução Conama nº 20 e na nova lei sobre Crimes Ambientais.

Tratamentos convencionais da AP utilizam produtos químicos desmulsificantes ou processos que usam calor, eletricidade ou meios mecânicos. Por vezes, empregar essas tecnologias pode ter um custo elevado (MARIANO, 2001). Elas não são viáveis no tratamento da água em plataformas, devido a limitações de espaço físico e peso de alguns dos equipamentos utilizados, dificuldades de execução de obras e também o tempo de residência dessas águas (SANTOS, 2010).

Assim, estudos têm sido feitos buscando alternativas que minimizem custos e facilitem o processo. O sulfato de alumínio, por exemplo, tem sido aplicado para desestabilizar as partículas de óleo da emulsão óleo/água da AP, obtendo bons resultados. Kong (1999) testou a remoção do óleo através de membranas microporosas hidrófobas de PVDF (*polyvinylidene fluoride*). Oliveira (1999) estudou o processo de separação do óleo por flotação de gás dissolvido; e Cumming (2000), a separação por meio do processo de microfiltração utilizando emulsão querosene/água.

Sendo a *Moringa oleifera* Lam um conhecido coagulante natural em ascensão no emprego para tratamento de efluentes (SANTOS, 2010), com grande capacidade de desestabilizar partículas, neste trabalho, busca-se comparar sua eficiência com a do sulfato de alumínio, também usado para esse fim nas indústrias de petróleo.

A moringa é caracterizada como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração clara. De acordo com Pritchard et al. (2010), a moringa se mostra competitiva com os tradicionais produtos empregados

para coagulação, com a vantagem de ser completamente biodegradável, o que permite a sua total digestão quando houver etapas biológicas no processo. Devido a sua versatilidade, a moringa apresenta ação efetiva sobre variados tipos de água, assim como diversos tipos de efluentes industriais.

Santos et al. (2010) utilizou a moringa para tratar efluente da indústria processadora de suco de laranja; e Araújo et al. (2010), como coagulante auxiliar na eletroflotação para tratar efluente têxtil, obtendo, respectivamente, remoções de turbidez e cor de 89% e 53% (mas um aumento na Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), e uma remoção de cor e turbidez para o segundo trabalho de 88% e 96%.

## 2 Metodologia

Foi utilizada nos experimentos água produzida sintética (APS), obtida segundo Santana (2009), mantendo sob agitação por 15 min, 100 gotas de petróleo e 35 g de cloreto de sódio (NaCl P.A.-A.C.S) para cada litro de água destilada. O petróleo foi cedido gentilmente pela empresa Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS).

Após homogeneização, amostras da APS, em volumes de 1,0 L, foram submetidas às etapas de coagulação/floculação, realizadas em escala de bancada a partir de teste de jarros (*jar test*), tendo sido adicionados os coagulantes a serem estudados (sulfato de alumínio ou moringa) para cada ensaio, em concentrações variáveis de 100 ppm a 200 ppm em intervalos de 20 ppm. As amostras permaneceram sob agitação rápida por 3 min a 100 rpm (rotações por minuto), visando distribuir uniformemente o coagulante através da APS para assegurar uma coagulação homogênea, e 15 minutos, a aproximadamente 15 rpm. A escolha das condições de mistura rápida (gradiente de mistura

rápida – Gmr e tempo de mistura rápida – Tmr), assim como a das condições de mistura lenta (gradiente de floculação – Gf e tempo de floculação – Tf) são importantes, considerando-se que esses coagulantes dependem significativamente de fatores, tais como o mecanismo dominante de coagulação, tipo de coagulante químico para uma melhor eficiência. As condições aqui utilizadas seguiram Santos (2010).

Após um período de decantação de 60 minutos, as amostras da APS tratada foram submetidas às análises de pH, turbidez e teor de óleos e graxas (TOG). A determinação do pH foi realizada em pHmetro, sendo os resultados fornecidos em unidades de pH. Para a determinação dos valores de turbidez, utilizou-se o método nefelométrico em turbidímetro microprocessado, no qual se procedeu à leitura das amostras, cujo resultado é expresso em números inteiros em valores de Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). A análise do TOG foi realizada no medidor de Infracal TOG/TPH Analyzer, modelo CVH da Wilks Enterprise.

## 3 Resultados e discussões

Anteriormente, a apresentação dos valores obtidos no estudo, deve-se explicitar as características da APS utilizada nos experimentos para cada coagulante. A Tabela 1 apresenta essas características.

**Tabela 1: Caracterização da APS**

Experimento	Turbidez (NTU)	TOG (ppm)	pH
Moringa	37	321	6,47
Sulfato de Alumínio	32	334	6,10

Os demais resultados, provenientes do estudo com os coagulantes utilizados são descritos, e melhor visualizados a partir dos gráficos expostos na sequência da seção.

A remoção de óleos e graxas para os coagulantes moringa e sulfato de alumínio nas diferentes dosagens utilizadas pode ser observada nos Gráficos 1 e 2, respectivamente.

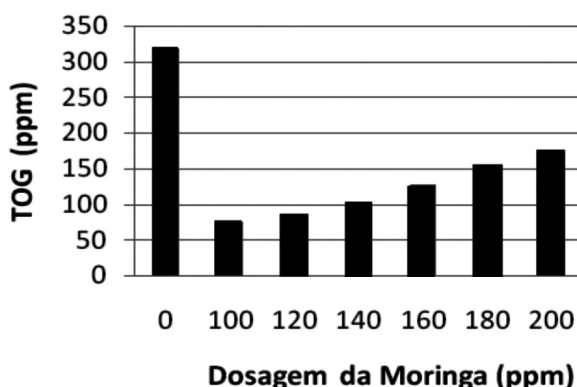


Gráfico 1: TOG versus dosagem da moringa

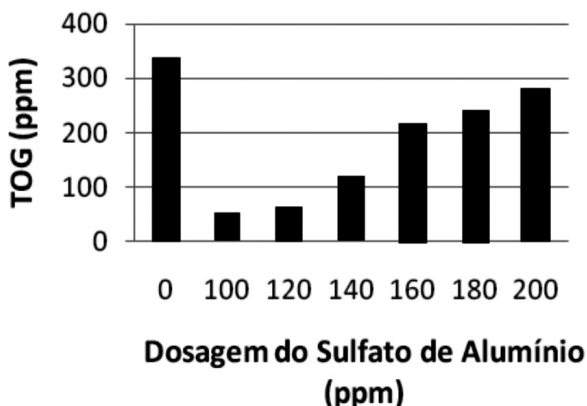


Gráfico 2: TOG versus sulfato de alumínio

O coagulante sulfato de alumínio mostrou-se mais eficiente na remoção de óleos e graxas, alcançando um índice de 86% contra 82% da moringa, nas mesmas condições de processo. No entanto, esses resultados podem ser mais satisfatórios se variáveis do processo forem melhoradas.

A análise da remoção da turbidez na APS tratada mostrou uma inversão dos resultados comparada à remoção de óleos e graxas. A moringa obteve uma eficácia maior que o sulfato de alumí-

nio, 85,2% de remoção de suspensos contra 80% do sal. O Gráfico 3 relaciona os dois coagulantes para cada dosagem utilizada. Para ambos, a dosagem de 200 ppm foi a mais eficiente. Estudos posteriores devem avaliar concentrações maiores.

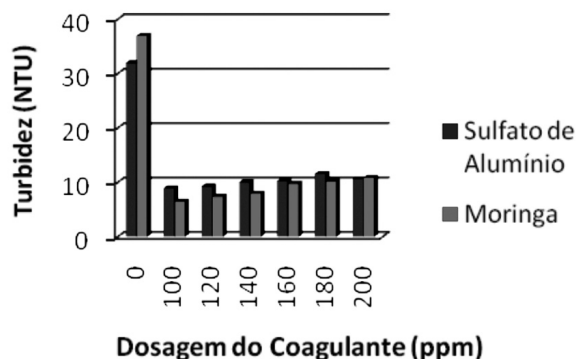


Gráfico 3: Remoção de turbidez

Pôde ser verificado nos experimentos que os valores de pH referentes às amostras tratadas com a moringa se mostraram praticamente constantes para todas as concentrações utilizadas, conforme mostra o Gráfico 4. Para o sulfato de alumínio, no entanto, observou-se uma redução de pH de acordo com o aumento da concentração, o que pode ser justificado pelo fato de o sulfato de alumínio ser um coagulante ácido, podendo baixar drasticamente o pH da solução. Em relação à moringa, a linearidade de valores observada pode ser justificada em razão de esse produto não consumir a alcalinidade do meio.

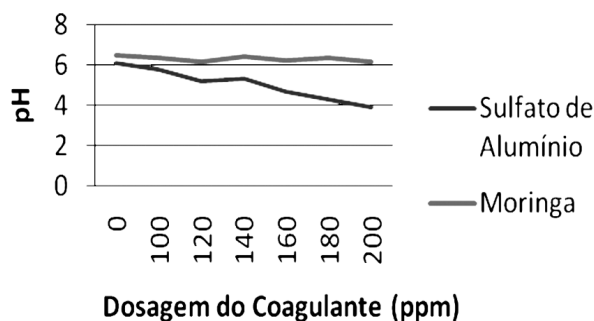


Gráfico 4: pH versus dosagem do coagulante

## 4 Conclusões

De um modo geral, tanto o sulfato de alumínio como a moringa se mostraram eficientes no tratamento da APS. Para os parâmetros estudados, foi possível verificar uma equivalência nos resultados de ambos os coagulantes, a não ser para o parâmetro pH, cujos valores obtidos foram visivelmente distintos.

Embora alguns estudos na literatura sugiram que a utilização de polímeros naturais, tal como a moringa, não seja tão efetiva no tratamento de água quanto no de efluentes, esse tipo de coagulante apresenta vantagens a ser consideradas, como a redução no volume de lodo, o que seria muito bom para o tratamento da APS.

Apesar de esse estudo ter sido realizado de maneira a verificar a eficiência da moringa como um coagulante substitutivo do sulfato de alumínio, muitas pesquisas ainda devem ser realizadas de forma a caracterizar por completo esse coagulante e sua eficiência no tratamento da APS.

## Referências

ARAÚJO, N. A. et al. Tratamento de efluente têxtil através do método de eletroflotação auxiliado por agente coagulante natural. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Editora Cubo, 2010.

ARPEL. *Diretriz para a eliminação e o tratamento da água de produção*. Rio de Janeiro, 120 p, 1993.

CUMMING, I. W.; HOLDICH, R. G.; SMITH, I. D. The rejection of oil by microfiltration of a stabilized kerosene/water emulsion. *Journal of Membrane Science*, v. 169, p. 147-155, 2000.

KONG, J.; LI, K. Oil removal from oil-in-water emulsions using PVDF membranes. *Separation and purification technology*, v. 16, p. 83-93, 1999.

MARIANO, J. B. *Impactos ambientais aplicado ao refino do petróleo*. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)– Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, J. F.; GONZALEZ, G.; OLIVEIRA, R. C. G. Interfacial studies on dissolved gas flotation of oil droplets for water purification. *Colloids and Surfaces: physicochemical and Engineering Aspects*, v. 154, p. 127-135, 1999.

PRITCHARD, M. et al. A comparison between Moringa oleifera and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 35, p. 798-805, 2010.

SANTANA, C. R. *Tratamento de água produzida através do processo de flotação utilizando a Moringa oleifera Lam como coagulante natural*. Dissertação (Mestrado)– PEQ/Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2009.

SANTOS, T. M. et al. Tratamento físico químico do efluente da indústria de processamento de suco de laranja utilizando Moringa oleifera Lam. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Editora Cubo, 2010.

SILVA, C. R. R. *Água produzida na extração do petróleo*. Dissertação (Monografia). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola Politécnica, 2002.

Recebido em 16 set. 2011 / aprovado em 18 nov. 2011

### Para referenciar este texto

SANTOS, T. M. et al. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera Lam* em comparação ao sulfato de alumínio. *Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2011.

