

ESTUDO DE CASO DO PRÉ-TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO UTILIZANDO MEMBRANA DE MICROFILTRAÇÃO E ÁCIDO CLORÍDRICO EM SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO VIA OSMOSE REVERSA

¹Johnson Pontes de Moura*; ²Giovanne M. de Sousa*;³José N. Silva*; ⁴Érika Araújo Pegado****; ⁵Katianara de O. Gurjão**; ⁶Kepler B. França***

*Unidade Acad. de Eng. Química – UQ – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,

*** Professor Orientador, Unidade Acad. de Eng. Química – UQ – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG,

Rua Juvêncio Arruda, S/N Campus Universitário (Bodocongó). Cep: 58.109-790 Campina Grande-PB

Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Petróleo e Gás Natural-

PROMINP(PETROBRAS/CEFETRN)

E-mail: johnsonmoura@gmail.com

Resumo

Na dessalinização de águas, a osmose inversa, do ponto de vista técnico e econômico, é um dos processos mais versáteis podendo ser usado numa ampla faixa de concentração de sais dissolvidos. O pré-tratamento da água *in natura* protege os elementos de membranas contra vários fenômenos de incrustações de ordem inorgânicas e orgânicas. Os pré-tratamentos estudados foram aplicados apenas na água de alimentação.

Palavras -Chave: *dessalinização, pré-tratamento, índices de saturação.*

Summary

In the dessalinization of waters, the inverse osmosis, of the point of view economic technician and, is one of the processes most versatile being able to be used in an ample band of concentration of leaves dissolved. The daily pay-treatment of the water in natura protects the elements of membranes against some phenomena of inorganic and organic incrustations of order. The studied daily pay-treatments had been applied only in the feeding water.

Key words: dessalinization, daily pay-treatment, indices of saturation.

Introdução

A dessalinização via osmose inversa fundamentalmente, consiste em pressurizar a água salobra circulando por cima da superfície de membranas seletivas acomodadas em módulos e que praticamente só deixam permear a água com mínimas concentrações de sais. Esta é recolhida como um filtrado, para distribuição ao usuário. O sal retido se concentra na corrente que não passa pela membrana, sendo esta recolhida para descarte ou aproveitamento posterior (como, por exemplo, em tanques de criação de peixes). Os principais fatores técnicos determinantes da eficiência do processo são: a qualidade da água salobra disponível, seu

pré-tratamento, o tipo de membrana e as condições operacionais [1].

Osmose é uma palavra adicionada aos nossos dicionários desde o final do século XIX. A palavra vem do grego (osmós) e significa "impulso". A osmose ocorre quando duas soluções salinas de concentrações diferentes encontram-se separadas por uma membrana semipermeável. Neste caso, a água (solvente) da solução menos concentrada tenderá a passar para o lado da solução de maior salinidade. Com isto, esta solução mais concentrada, ao receber mais solvente se dilui, num processo impulsionado por uma grandeza chamada pressão osmótica, até que as duas soluções atinjam concentrações iguais. A Figura 01 demonstra o princípio básico da osmose inversa.

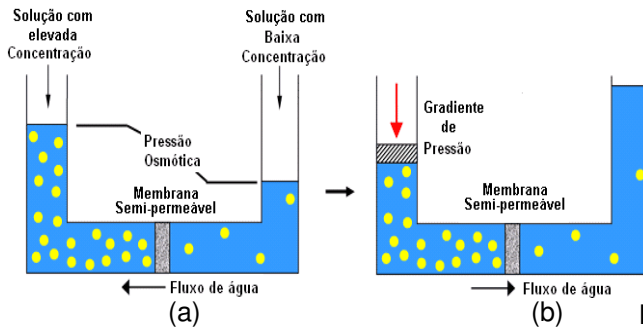


Figura 01 - Representação do processo de osmose e osmose inversa: (a) duas soluções, uma salina e outra sem sal, separadas por uma membrana semipermeável; (b) a aplicação de uma pressão superior à diferença de pressão osmótica inverte o processo [2]

Para que se obtenha um desempenho adequado na produção de água potável e no tempo de vida das membranas, a água subterrânea ou de superfície deve ser pré-tratada antes do processo de osmose inversa.

O pré-tratamento é uma das etapas mais importantes para o sucesso do processo de dessalinização. O pré-tratamento convencional utilizado consiste de uma filtração simples, utilizando filtros de acetato, membranas de microfiltração e adição de ácidos e outros componentes que controlem a precipitação de sais parcialmente insolúveis, como carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, sílica e sulfato de bário e adição de reagentes que reduzem o crescimento microbiano. Além disso, o pH e o teor de agentes redutores devem ser controlados antes da água de alimentação ser introduzida no módulo de permeação.

Para evitar a formação de incrustação de carbonato de cálcio, comumente se usa a injeção de uma solução ácida na água de alimentação, a qual converte o carbonato para dióxido de carbono. Esse tipo de pré-tratamento leva Índice de Saturação e o Índice de Saturação de Langelier (ISL) ou Índice de Estabilidade de Stiff e Davis do concentrado do sistema de dessalinização a tornar-se negativo, para água salobra e água do mar respectivamente [3,4].

Ambos os índices de saturação IS e ISL, são determinados pela relação entre o pH experimental e o pHs, equação 01 demonstra essa relação.

$$\text{ISL ou IS} = \text{pH} - \text{pHs} \quad (1)$$

O pHs de saturação para o índice ISL e IS é determinado pelas seguintes equações:

Índice de Saturação de Langelier (ISL)

$$\text{pHs} = (9,3 + A + B) - C + D \quad (2)$$

sendo:

$$A = [\log(\text{STD}) - 1]/10 \quad (3)$$

$$B = -13,12 \times \log[T(^{\circ}\text{C}) + 273] + 34,55 \quad (4)$$

$$C = \log(\text{Ca}^{2+} \text{ como CaCO}_3) - 0,4 \quad (5)$$

$$D = \log(\text{Alcalinidade como CaCO}_3) \quad (6)$$

Onde:

ISL= Índice de Saturação de Langelier; pH = Potencial hidrogeniônico da amostra; pHs =Potencial hidrogeniônico de saturação100; [Ca²⁺] = concentração de cálcio, g-moles/L; [HCO³⁻] =concentração de bicarbonato,g-moles/L; K₂ = segunda constante de dissociação do ácido carbônico, para temperatura específica; Ks = constante de solubilidade do CaCO₃ para temperatura específica.

Índice de Saturação (IS)

$$\text{pHs} = \text{pK}_2 - \text{pKs} + \text{p}[\text{Ca}^{2+}] + \text{p}[\text{HCO}_3^-] + 5\text{p} \textit{fm} \quad (7)$$

onde:

K₂ = segunda constante de dissociação do ácido carbônico, para temperatura específica;

Ks = constante de solubilidade do CaCO₃ para temperatura específica;

[Ca²⁺] = concentração de cálcio, g-moles/L;

[HCO₃⁻] = concentração de bicarbonato, g-moles/L;

fm = coeficiente de atividade específica à temperatura específica.

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{\text{ALK}t - \text{ALK}o + 10^{(\text{p}f_m - \text{pH})} - 10^{(\text{pH} + \text{p}f_m - \text{pKw})}}{1 + 0,5 \times 10^{(\text{pH} - \text{pK}_2)}} \quad (8)$$

$$\text{p}f_m = A \left[\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,3I \right], \text{ válido para } I < 0,5 > \quad (9)$$

$$A = 1,82 \times 10^{-6} (ET)^{-1,5} \quad (10)$$

$$E = \frac{60,950}{T + 116} - 68,937 \quad (11)$$

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^i [X_i] Z_i^2 \quad (12)$$

$$\text{pK}_2 = 107,8871 + \frac{0,03252849}{T} - 38,92561 \log_{10} T + \frac{563713,9}{T^2} \quad (13)$$

$$pK_w = \frac{4471}{T} + 0,01706T - 6,0875 \quad (14)$$

Onde: I = força iônica, determinada pelo somatório dos seguintes íons: cálcio (Ca⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺), Cloreto (Cl⁻), alcalinidade como carbonato (CaCO₃), sulfato (SO₄²⁻).

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do pré-tratamento físico, utilizando membrana de fibra oca, e pré-tratamento físico-químico (membrana de fibra oca e ácido clorídrico) aplicados a uma água com potencial de precipitação de sais para fins de dessalinização via osmose inversa.

Resultados e Discussão

Os pré-tratamentos estudados foram aplicados apenas na água de alimentação. As variações estudadas nas correntes de água concentrada de sais e na água permeada são resultados das dosagens utilizadas na alimentação do sistema de dessalinização.

Na Figura 02, é possível observar que os valores do ISL e do IS foram negativos apenas para o pré-tratamento utilizando a membrana da COPPE com a solução de HCl, indicando que a água de alimentação não possui potencial de incrustação por CaCO₃. Este comportamento se deu devido à adição de íons H⁺ na solução de alimentação, diminuindo o pH da mesma para um valor mais próximo da neutralidade, pH 7,0, reduziu-se, então, o produto solubilidade do CaCO₃ evitando-se que este precipitasse e potencialmente incrustasse os elementos de membrana.

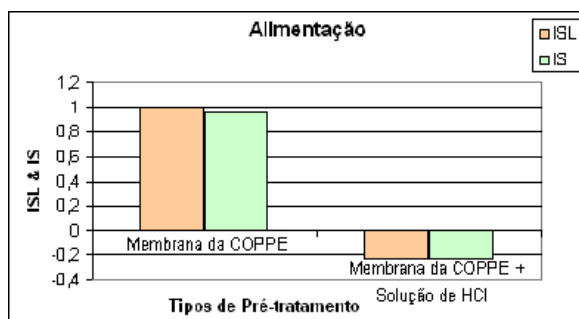


Figura 02 - Índice de Saturação de Langelier e Índice de Saturação em função dos pré-tratamentos aplicados para a água de alimentação.

A Figura 03 ilustra a variação de concentração de sais de Cl⁻ para a água de alimentação, com a aplicação dos diferentes tipos de pré-tratamentos. O cloreto não se precipita e incrusta a membrana se comparada a outros sais como: CaCO₃, CaSO₄, BaSO₄ e SiO₃.

É possível verificar que, para os pré-tratamentos químicos aplicados, houve uma pequena adição desses sais nas três correntes de águas estudadas. Esse fato se deu devido à composição das soluções de dosagem química utilizadas, que, quando inseridas na corrente de alimentação seus sais dissolvidos se somaram aos da água de alimentação. Os comportamentos para as águas do concentrado e do permeado foram similares. Para a água do concentrado, a variação da sua concentração se deu por causa da taxa de rejeição de sais característica das membranas utilizadas, que faz com que a água permeada mantenha sua qualidade e sua baixa concentração de sais mesmo que a água de alimentação contenha um elevado valor de sais dissolvidos.

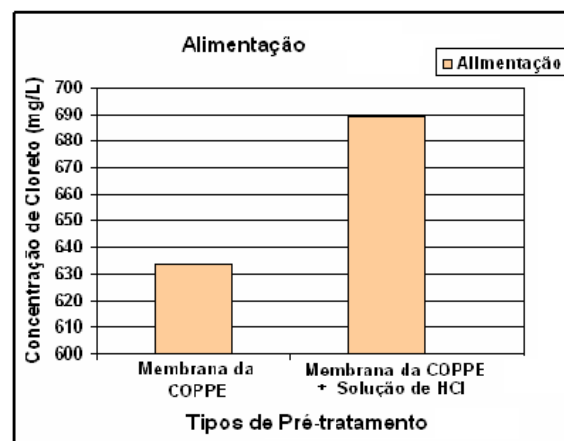


Figura 03 - Variação da concentração de cloreto para os diferentes tipos de pré-tratamentos aplicados para a água da alimentação.

Conclusões

- Os valores do ISL e do IS convergiram para resultados numéricos muito aproximados comprovando a eficácia da aplicação do ISL como mecanismo de estudo do potencial de incrustação por CaCO₃.
- As maiores concentrações de íons cloretos foram encontradas nas correntes de alimentação, concentrado e permeado com a aplicação da solução de HCl como pré-tratamento.

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente na realização desse trabalho. Ao

Laboratório de Referência em Dessalinização da Universidade Federal de Campina Grande, por disponibilizar os equipamentos e reagentes necessários para as análises realizadas.

¹ HABERT, A. C., BORGES, C. P. E NÓBREGA, R., Processos **de separação com membranas. Escola Piloto em Engenharia Química, COPPE/UFRJ** – Programa de Engenharia Química, 1997.

² SILVA, J. N., MONTEIRO, G. S., AVELINO, M. C., FRANÇA, K. B., **Estudo e Análise do Potencial de Incrustação de Sais de Águas do Semi-Árido Paraibano para Sistemas de Dessalinização Via Osmose Inversa.** XI Congresso Regional de Engenharia Química, NATAL-RN, 2006.

³ STANDARD METHODS for examination of Water and Wastewater, **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA**, 20^a Edition, Washington, D.C., 1998.

⁴ STRANTZ, J. W., **Predicting CaCO₃ scaling in seawater RO systems.** Technical Proceedings, vol 1, 10th Annual Conference and Trade Fair of the Water Supply Improvement Association, 25-29 July 1982, Hawaii, 1982.