

AVALIAÇÃO DA RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO DO CONCENTRADO DE UM DESSALINIZADOR VIA OSMOSE INVERSA APÓS PRÉ-TRATAMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Giovanne de Sousa Monteiro¹, Sidinei Kleber da Silva², José Nilton Silva³ & Henrique Lima Lessa Lôbo⁴

¹Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: giovannemonteiro@yahoo.com.br.

²Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: sidinei@labdes.ufcg.edu.br

³Mestre Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: nilton_ufcg@hotmail.com.

⁴Engenheiro Agrônomo – Técnico do Programa Água Doce – PAD, Campina Grande – PB, e-mail: henrique_lessa@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho visou avaliar a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) do concentrado de um dessalinizador após pré-tratamentos químicos com adição de ácido clorídrico (pH $\approx$ 3) e físicos com filtros de acetato de celulose. O dessalinizador estudado encontra-se na comunidade Marinho do município de Campina Grande – PB. A água do concentrado para todos os pré-tratamentos estudados apresentou elevada concentração de sais dissolvidos resultando em um potencial de salinização e um risco médio e sodificação onde praticamente não houve influência dos pré-tratamentos.

Palavras chaves: pré-tratamento, sodificação e salinização.

ABSTRACT

The present work sought to evaluate the *Sodium* adsorption ratio (*SAR*) of the concentrate of a desalination machine after chemical pretreatments applications using hydrochloric *acid* (pH $\approx$ 3) and filtration systems like cellulose acetate filters. The studied desalination system have been working in the Marinho, community of the city of Campina Grande – PB. Results showed for utilized concentrated water, applying different pretreatments, high values of the concentration dissolved salts, resulting in a salinization potential and medium risk of sodicity.

Keywords: pretreatment, sodification and salinization

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos existentes desde o início da humanidade, do ponto de vista quantitativo, mantêm-se basicamente os mesmos. Todavia, podem representar um aspecto crítico quando relacionado ao crescimento da população; sendo a água uma substância essencial à vida e a várias atividades humanas, à medida que a população cresce, aumenta conseqüentemente à sua demanda (SOUZA, 2003).

Em muitos casos, as fontes hídricas como rios, lagos e açudes são demasiadamente escassos ou inexistentes em algumas regiões, o que resulta no

consumo de água através de carros “pipa”, águas acumuladas durante as chuvas ou águas oriundas de poços artesianos.

Por conta da formação geoquímica cristalina, poços artesianos situados no semiárido paraibano podem apresentar elevadas concentrações de sais dissolvidos na água, impossibilitando assim o uso da mesma pelas comunidades difusas, tanto para o seu consumo como para sua utilização na irrigação.

Existem diversas tecnologias que podem auxiliar no tratamento de águas salobras, no entanto, uma das mais aplicadas na região do semiárido é a osmose inversa.

Osmose é um fenômeno físico-químico natural, quando dois líquidos com diferentes concentrações de sais em solução são separados por uma membrana semipermeável, naturalmente o solvente da solução mais diluída passa pela membrana em direção da concentração mais concentrada. O processo continua até alcançar um ponto de equilíbrio, no qual a coluna da solução mais concentrada estará acima da mais diluída, esta diferença de altura entre as colunas se denomina pressão osmótica, (BAKER, 2004).

A osmose inversa ou hiper-filtração acontece quando uma pressão mecânica superior à pressão osmótica é aplicada no lado da solução mais concentrada invertendo-se, desta maneira, o sentido do fluxo de soluto que atravessa a membrana, obtendo-se assim uma corrente de água purificada isenta de sais, vírus, bactérias e fungos.

Durante o processo de dessalinização, pode ocorrer a formação de depósitos nas superfícies de membranas que é chamada de Fouling. Isso acontece quando o produto solubilidade dos sais dissolvidos na água é maior que o produto iônico, ou quando há efeito de concentração de polarização durante o processo de dessalinização, (KIM & HOEK, 2005).

Este processo tende a diminuir o desempenho dos elementos de membranas. Podem ser classificadas por quatro categorias: depósitos inorgânicos (*scaling*), colóides (*fouling* coloidal), sólidos em suspensão e material biológico (*biofouling*) (AMJAD, 1992).

Para diminuir o potencial de incrustação, são aplicados pré-tratamentos na água de alimentação do sistema, seja ele físico para a remoção de partículas micropoluentes e microorganismos, ou químico para a prevenção da cristalização de sais inorgânicos, resultando numa maior segurança de operação para os sistemas de osmose inversa (DUDLEY & DARTON, 1997).

Durante o processo de dessalinização, são geradas duas correntes de águas, uma com baixa concentração de sais, dessalinizada, e outra com elevada concentração de sais, concentrada. A utilização do concentrado se dará de acordo com sua concentração de sais podendo ser aplicada na criação de peixes, hidroponia ou irrigação.

Para fins de irrigação, são tomados parâmetros que medem o potencial de impermeabilidade do solo como a Razão de Adsorção de Sódio – RAS, juntamente com a salinidade, onde uma água com uma elevada concentração de sais, apresenta uma grande velocidade de infiltração, enquanto águas com baixa salinidade, ou alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio, RAS elevado, diminui essa velocidade, prejudicando assim, todo o processo de irrigação.

Segundo o U.S. SALINIT LABORATORY SATFF a classificação da água utiliza a condutividade elétrica (CE) para avaliar o risco de salinidade e RAS para avaliar o risco de sodicidade. A classificação das águas em relação à salinidade é a seguinte segundo BERNARDO et al., (2005): C1 – baixa salinidade, C2 – média

salinidade, C3 – alta salinidade e C4 – muito alta. No que diz respeito à sodicidade se classificam em: S1 – baixa, S2 – média, S3 – alto, S4 – muito alto.

2. METODOLOGIA

O sistema de dessalinização estudado encontra-se no sítio Marinho no Município de Campina Grande no estado da Paraíba. O sistema foi construído em uma estrutura metálica e é composto por um vaso de alta pressão contendo três elementos de membrana CPA2 4040 da *Hydranautics*, uma bomba de alta pressão de 2 CV da Dancor, uma bomba de auxílio de 1/3 CV da Dancor, três elementos filtrantes de acetato de celulose de 5 micra, dois rotômetros com escala de (0 a 40) L/min e dois manômetros glicerizados com escala de (0 a 15) kgf/cm². O dessalinizador opera com uma recuperação de 40% e é alimentado com uma água com sólidos totais dissolvidos (STD) de aproximadamente 1.920 mg/L.

O sistema operou durante um intervalo de tempo de 4 horas para cada tipo de pré-tratamento aplicado, visando estabelecer o equilíbrio da qualidade das amostras coletadas no final de cada experimento. Os pré-tratamentos químicos foram aplicados à água de alimentação antes do processo de dessalinização.

Para a realização deste trabalho, diferentes combinações de pré-tratamentos foram aplicadas ao sistema, como segue:

1. Pré-tratamento físico composto de três filtros de acetato de celulose de 5μ;
2. Pré-tratamento físico composto de três filtros de cartucho de acetato de celulose de 5μ e químico com Flocon 100;
3. Pré-tratamento físico composto de três filtros de cartucho de acetato de celulose de 5μ e químico com uma solução de HCl;
4. Pré-tratamento químico com uma solução de HCl.

As análises físico-químicas das amostras do concentrado dos dessalinizadores foram realizadas no Laboratório de Referência em Dessalinização – LABDES, localizado no âmbito da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Os parâmetros analisados foram Sódio (Na⁺), Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺) e Condutividade Elétrica (CE). Todas as análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em SMEWW (1998).

O Cálculo da Razão de Adsorção de Sódio foi realizado utilizando a seguinte equação:

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\left(\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

Onde:

RAS = Razão de Adsorção de Sódio

Na⁺ = Concentração de sódio em meq L⁻¹

Ca²⁺ = Concentração de cálcio em meq L⁻¹

Mg²⁺ = Concentração de magnésio em meq L⁻¹

3. RESULTADOS DE DISCUSSÃO

No Quadro 01, encontram-se os valores dos parâmetros analisados bem como o valor da Razão de Adsorção de Sódio. Observa-se no Quadro 01 que a concentração de sais de sódio obtidos nos pré-tratamentos 1 e 2, apresentaram os mesmos resultados, indicando que esses pré-tratamentos podem não alterar a concentração desses sais na corrente do concentrado.

Para os pré-tratamentos 3 e 4, observa-se um pequeno acréscimo desses sais se comparados aos dois primeiros. Esse fato pode ocorrer devido à reação da solução de HCl com cristais precipitados nas superfícies das membranas, considerando que a solução não possui sais de Na^+ dissolvidos, não podendo haver acréscimo desses sais à corrente de alimentação.

As pequenas variações das concentrações de Ca^{++} e Mg^{++} também podem ser atribuídas às reações discutidas anteriormente.

Observa-se, ainda no Quadro 01, que há um pequeno aumento no valor da condutividade elétrica do concentrado. Isso acontece devido ao acréscimo de Cl^- na corrente de alimentação e a capacidade de rejeição de sais para esse tipo de elemento de membrana que chega a 99,5%.

A RAS não sofreu variações significativas com os diferentes tipos de pré-tratamentos aplicados, o que indica que a RAS depende apenas da qualidade da água de alimentação para os pré-tratamentos aplicados.

Quadro 01 – Variação da RAS para os diferentes tipos de pré-tratamento estudados.

Pré-tratamento	PARAMÊTROS				
	$\text{Na}^+(\text{mg/L})$	$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/L})$	$\text{Mg}^{2+}(\text{mg/L})$	$\text{CE}(\mu\text{S/cm})$	RAS
1	867,1	112,5	142,5	5.260,0	12,74
2	867,1	104,0	141,9	5.210,0	12,92
3	956,2	129,0	157,0	5.770,0	13,30
4	986,9	129,0	160,8	5.760,0	13,63

O Quadro 02 apresenta a classificação das amostras em relação a sua Salinização e Sodificação.

Quadro 02 – Classificação das amostras quanto a salinização e sodificação

Nº		Classificação	
		Salinização	Sodificação (RAS)
1	C3-S2	Alto	Médio
2	C3-S2	Alto	Médio
3	C3-S2	Alto	Médio
4	C3-S2	Alto	Médio

A salinidade das correntes do concentrado para os diferentes tipos de pré-tratamento não sofreu variações significativas, mas as características físico-químicas do concentrado indicam sua utilização para irrigação com restrições.

A RAS para a água da corrente do concentrado, utilizando-se os quatro pré-tratamentos, foi considerada alta, (BERNARDO et al., 2005), o que indica um potencial de impermeabilidade do solo caso aplicado diretamente.

Isso pode ocorrer devido ao STD da corrente da alimentação e a elevada capacidade de rejeição de sais da membrana, o concentrado sempre vai apresentar uma maior concentração de sais que a água da alimentação. A água em estudo, por ser oriunda de um poço numa região onde prevalecem as rochas cristalinas, possui concentração de sais de Ca^{++} , Cl^- e Na^+ predominantes o que pode ser necessário o processo de diluição do concentrado com a própria água da alimentação.

4. CONCLUSÕES

- As águas da corrente do concentrado apresentaram condutividades elétricas elevadas, mas sem variações significativas para os diferentes tipos de pré-tratamentos aplicados;
- As características físico-químicas da água concentrada utilizada neste trabalho indicam uma elevada salinidade, e uma sodicidade média, onde praticamente não houve influência dos pré-tratamentos utilizados;
- As águas das correntes de concentrado obtidas através dos processos de dessalinização podem apresentar restrições em suas aplicações com relação a irrigação;
- Águas com elevadas concentrações de sais, muitas vezes, podem passar por um processo de diluição para uma melhor adequação em suas características físico-químicas e aplicação à irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMJAD, Z. **Reverse Osmosis: Membrane Technology, Water Chemistry & Industrial Applications**, Copyright, by Van Nostrand Reinhold, p. 9, 1992.
- BAKER, R. W. **Membrane technology and applications**. 2th Edition, John Wiley & Sons Ltd, p.30-31, 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**, 7 ed. - Viçosa: UFV, 2005.
- DUDLEY, L. Y.; DARTON, E. G. Pretreatment Procedures to Control Biofouling and Scale Formation in Membrane Systems, **Desalination**, v. 110. p. 11-20, 1997.
- SOUZA, J. T. **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura**, 2^o ed. – Campina Grande-PB, EDUEP, 2003.
- SMEWW - **Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater**. American Public Health Association – APHA. 20^a Edition. Washington, 1998.
- KIM, SUHAN; HOEK, ERIC M.V. Modeling concentration Polarization in reverse osmosis processes. **Desalination**, v. 186. p. 111 – 128, 2005.