

I-225 – ÍNDICE DE DENSIDADE DE SEDIMENTOS E ÍNDICE DE SATURAÇÃO DE LANGEIER COMO INDICADORES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Rodrigo Vieira Alves⁽¹⁾

Doutorando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/LABDES).

Maniza Sofia Monteiro Fernandes

Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/LABDES).

Tereziana Silva da Costa

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/LABDES).

Márcia Izabel Cirne França

Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Kepler Borges França

Ph.D pela University of Kent, Inglaterra.

Endereço⁽¹⁾: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó – Campina Grande - PB - CEP: 58109-970 - Brasil - Tel: (83) 2101-1366 - e-mail: rodrigocgnet@gmail.com

RESUMO

A necessidade de água potável é um fato cada vez mais preocupante, pequenas comunidades ou sítios localizados no semiárido Brasileiro, muitas vezes, não possuem acesso à água de boa qualidade, uma das soluções para suprir esta necessidade, é a perfuração de poços artesianos, entretanto, devido às formações cristalinas do solo da região de clima semiárido, inúmeros poços são abandonados por conta das elevadas concentrações de sais encontradas na água. Águas com essas características, muitas vezes, são tratadas por meio de dessalinização através de sistemas de filtração por membranas com a tecnologia de osmose inversa.

Ao longo da utilização destas membranas, os sistemas são acompanhados para que se tenha uma melhor vida útil dos elementos de membranas e, possíveis reparos previamente observados, como pré-tratamento químicos ou físicos adequados que minimizem a deposição de sais que causam as incrustações. Diante deste problema de incrustação, o presente trabalho tem como objetivo, avaliar a tendência de bloqueio de membranas, no sistema de dessalinização produtor de água potável da Comunidade de Uruçu – PB e a capacidade de incrustação por carbonato de cálcio, a partir dos testes do índice de densidade de sedimentos (IDS) e índice de saturação de Langelier (ISL). Os testes e análises foram feitos mensalmente no período de agosto de 2013 à abril de 2014 com intuito de acompanhar suas variações em função do tempo e melhor avaliar os procedimentos de limpeza química ou troca de elementos pré-filtrantes quando necessário. Os dois testes utilizados na pesquisa serviram como indicadores de tratamento de água em sistema de dessalinização. O IDS indicou o momento da troca de filtros após verificar o acúmulo de partículas em excesso nos meios filtrantes, servindo como indicador de tratamento físico. O ISL é um valor numérico que serviu para indicar a necessidade de tratamento químico para eliminação ou diminuição parcial dos potenciais de incrustação principalmente por carbonato de cálcio.

PALAVRAS-CHAVE: Dessalinização, tratamento de água, Índice de densidade de sedimentos e índice de saturação de Langelier.

INTRODUÇÃO

A escassez de água no mundo é acentuada em virtude da desigualdade social, crescimento demográfico e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais, cerca de 97,5% desta água é salina, disponível nos mares e oceanos, os outros 2,5%, são de água doce. Destes 2,5% de água doce, sua distribuição é muito desigual, 69,7% esta presa em geleiras, 30% no subsolo e 0,3% em rios e lagos. A situação do Brasil em relação aos recursos hídricos é privilegiada e ao mesmo tempo preocupante, pois, as condições de acesso não são favoráveis (CARVALHO, 2013).

A necessidade de água potável é um fato cada vez mais preocupante, pequenas comunidades ou sítios localizados no semiárido Brasileiro, muitas vezes, não possuem acesso à água de boa qualidade. Em muitas dessas localidades, são perfurados poços artesianos com a esperança de se ter acesso aos aquíferos. No entanto, devido às formações cristalinas do solo da região de clima semiárido, inúmeros poços são abandonados por conta das elevadas concentrações de sais encontradas na água. Águas com essas características, muitas vezes, são tratadas por meio de dessalinização através de sistemas de filtração por membranas com a tecnologia de osmose inversa (STRATHMANN, 2006).

A osmose é um fenômeno natural em que um solvente, geralmente água, passa através de uma barreira semipermeável da região com menor concentração de soluto para a região com maior concentração de soluto, o fluxo de água continua até que o potencial químico do solvente seja estabelecido, em equilíbrio, a diferença de pressão entre os dois lados da membrana é igual à pressão osmótica da solução. Para inverter o fluxo de água do solvente, uma diferença de pressão maior do que a diferença de pressão osmótica é aplicada, como resultado, a separação de água pura flui a partir da região de alta concentração para a de menor concentração, este fenômeno é designado por osmose inversa. A membrana de osmose inversa funciona como barreira semipermeável, que permite a passagem seletiva de uma espécie em particular o solvente que geralmente é água, enquanto parcialmente ou completamente retém outras espécies de solutos. Técnicas de dessalinização são aplicadas a água bruta de várias fontes: água do mar, água salobra, água de rio e águas residuais até mesmo as águas tratadas de abastecimento municipal estão sujeitas a dessalinização (NASHAR, 2009).

Ao longo da utilização das membranas de osmose inversa, os sistemas são acompanhados para que se tenha uma melhor vida útil e possíveis reparos previamente observados, como pré-tratamento químicos ou físicos adequados que minimizem a deposição de sais que causam as incrustações. Incrustação consiste na cristalização e deposição de sais pouco solúveis dentro do espaçador de alimentação da membrana de osmose inversa sob condições em que a solubilidade dos sais é excedida e a cinética favorece a formação de cristais. A incrustação pode ser controlada principalmente através da adição química, durante o pré-tratamento, apropriada para minimizar a saturação destes sais. Algumas técnicas podem ser: o ajuste do pH, dispersantes e inibidores de cristalização. Consequentemente, a incrustação de osmose inversa é geralmente controlada de forma fácil, uma vez que os sais pouco solúveis predominantes são identificados. O índice de densidade de sedimentos e o índice de saturação de Langelier são dois indicadores de incrustação úteis no processo de osmose inversa (BOYSEN, 2014).

A previsão precisa do potencial de incrustação é fundamental para garantir o funcionamento regular de uma planta de dessalinização. Assim, empregando um índice de incrustação de confiança, em termos de boa reprodutibilidade e precisão, é possível verificar o tipo de pré-tratamento que deverá ser usado. Vários parâmetros têm sido propostos para a medição deste potencial de incrustação e usado como uma ferramenta para esta previsão, avaliação e adequação do pré-tratamento. O índice de densidade de sedimentos-IDS é a ferramenta que determina este potencial e é amplamente utilizado para a alimentação de água em processo de osmose inversa (RACHMAN, 2013).

O trabalho tem como objetivo, avaliar a tendência de bloqueio de membranas, no sistema de dessalinização produtor de água potável da Comunidade de Uruçu – PB e a capacidade de incrustação por carbonato de cálcio, a partir dos testes do índice de densidade de sedimentos e índice de saturação de Langelier.

MATERIAIS E MÉTODOS

A localidade de estudo fica situada na zona rural do município São João do Cariri, Figura 1. De acordo com o IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2010 teve a população da zona urbana de 4.344 habitantes, Figura 2.



Figura 1: Localização rural da sede da Comunidade Uruçu.

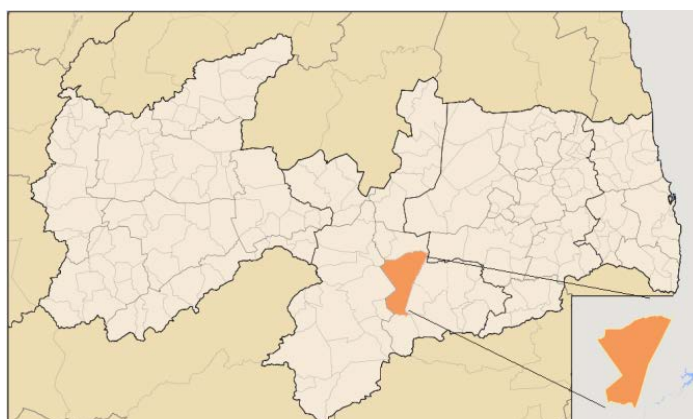


Figura 2: Mapa com a localização da região urbana de São João do Cariri.

Ambas as localidades pertencem à mesorregião da Borborema e a microrregião do Cariri Oriental, geograficamente, a sede comunitária está na latitude 7°28'33" ao sul e longitude de 36°31'51" a oeste e fazendo fronteira com: Serra Branca, Gurjão, Parari, Santo André-PB, Cabaceiras, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Caraúbas e Coxixola.

A localidade de Uruçu conta com aproximadamente 80 famílias que vivem em pequenas propriedades. A área que compõe Uruçu é formada por três localidades distintas, nomeadas de Várzea Grande, Uruçu de Cima e Uruçu. (LIRA, 2012).

O dessalinizador da Comunidade Uruçu faz parte do projeto “Água: Fonte de Alimento e Renda - Uma alternativa sustentável para o Semiárido” implantado pela Petrobras através do Programa Petrobras Ambiental e parceria com o LABDES – (Laboratório de Referência em Dessalinização/UFCG).

Os testes e análises foram feitos mensalmente no período de agosto de 2013 à abril de 2014 com intuito de acompanhar suas variações em função do tempo e melhor avaliar os procedimentos de limpeza química ou troca de elementos pré-filtrantes quando necessário.

Para a determinação do Índice de Densidade de Sedimentos foi utilizado um equipamento básico de medição do IDS sob uma pressão de 2,1kgf/cm² que posteriormente atravessa a membrana com porosidade de 0,45µ para serem calculados os três tempos: o primeiro intervalo (t_i) foi o tempo necessário para a coleta dos primeiros 500 mL de permeado, o segundo intervalo de tempo (t_j) foi de 15 minutos, o qual é intervalo de tempo entre o término da coleta dos primeiros 500 mL de permeado e o início da coleta dos segundos 500 mL de permeado. O terceiro intervalo de tempo (t_f) foi o tempo necessário para a coleta dos últimos 500 mL de

permeado. O tempo padrão para o t_f é 15 minutos. O IDS é determinado através da equação 1: (TAYLOR e JACOBS, 1996).

$$IDS = \frac{100 \left[1 - \left(\frac{T_f}{T_r} \right) \right]}{T_r} \quad (1)$$

A determinação do IDS é essencial em todos os projetos de membranas, mas assume importância especial em sistemas de Osmose Inversa e Nano filtração. Águas com índices maiores do que 5,0 podem causar o bloqueio irreversível de módulos espirais, e devem ser submetidas a algum tipo de pré-tratamento que produza um efluente com características adequadas, para processamento por membranas (SCHNEIDER e TSUTIYA, 2001).

O ISL é um valor numérico usado para prever a estabilidade do carbonato de cálcio da água, isto é, se a água irá precipitar, dissolver ou ficar em equilíbrio com o carbonato de cálcio. O pH_s pode ser calculado através da equação (2) (MINDLER e EPSTEIN, 1986):

$$pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

onde:

$$A = \frac{(\log[STD] - 1)}{10}$$

$$B = -13,12 \cdot \log[^\circ C + 273] + 34,55$$

$$C = \log[Ca^{2+} \text{ como } CaCO_3] - 0,4$$

$$D = \log[Alcalinidade \text{ como } CaCO_3]$$

Neste caso, A é um fator que depende da concentração total de sólidos dissolvidos, B depende da temperatura, o fator C depende da concentração de cálcio em mg/L, e D é um fator que depende da alcalinidade em mg/L (MINDLER e EPSTEIN, 1986).

Valores de ISL negativos indicam que não há potencial de precipitação do carbonato de cálcio, poderá ocorrer, para valores de índice cada vez mais positivos, o potencial de precipitação aumenta (NING e NETWIG, 2002).

Para valores de ISL iguais a zero, não haverá potencial de precipitação do carbonato de cálcio, mas pequenas variações de concentrado e temperatura podem mudar o índice (AMJAD, 1992).

RESULTADOS

A Figura 3 apresenta o comportamento do IDS, antes e após o filtro de cartucho de 5 micro metros, em função das datas das visitas técnicas ao sistema de dessalinização de Uruçu. Observou-se que os valores do IDS antes do filtro se encontram em média a 4,57. No entanto, recomenda-se que esses valores estejam abaixo de 3,0(após o filtro) para que não danifique as membranas.

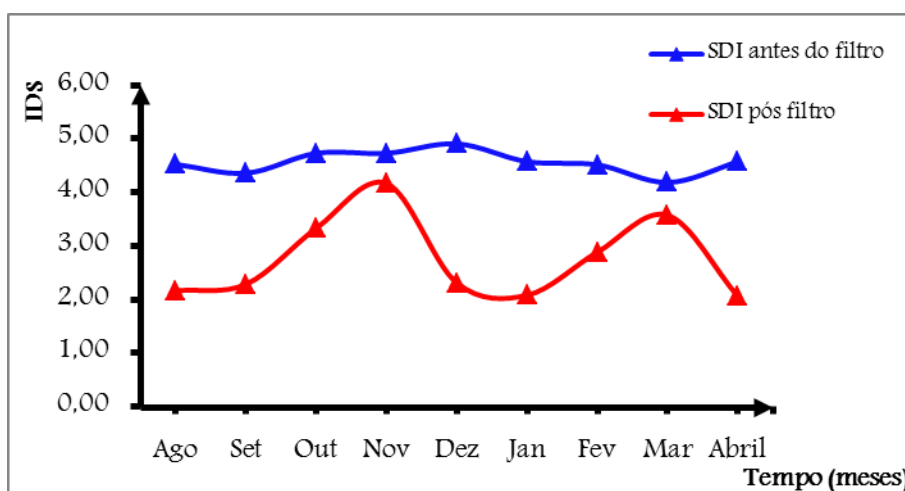


Figura 3: Variação do índice de densidade de sedimentos em função do tempo.(2013-2014).

Os valores extremos de 4,91, para o IDS antes do filtro, pode ter ocorrido devido a presença de material argiloso e particulado oriundo do poço artesiano que se acumulou no tanque de alimentação durante seu reabastecimento. O material de fundo pode ser arrastado para o sistema de dessalinização durante seu funcionamento, ocasionando em entupimentos e danos aos elementos de membrana.

Procedimentos técnicos e de limpeza dos tanques têm sido realizados para eliminar os potenciais riscos de danos ao sistema de dessalinização.

A Figura 3 também mostra o comportamento do IDS para a água de alimentação após o filtro. Observa-se que o IDS médio é de 2,76. O valor este que se encontra abaixo de (3,0) conforme sugerido pela literatura (TAYLOR e JACOBS, 1996). A segurança contra possíveis depósitos nos elementos de membrana durante seu funcionamento está baseada nos valores do IDS lido após o filtro.

Os valores do IDS de 4,17 e 3,57 nos meses de novembro e março podem também ter ocorrido devido ao entupimento do filtro. Após um período de tempo de funcionamento, o filtro sujo tende a diminuir sua seletividade, deixando partículas seguirem junto à água filtrada. Para se evitar que o equipamento seja danificado devido a esse material argiloso, deve ser realizado um número maior de vistorias e limpezas nos tanque de alimentação e no filtro.

Ainda na figura 3, nota-se que após a troca de filtro de cartucho para o sistema, nos meses de novembro e março, o comportamento da passagem de partículas diminuiu, então, é necessário a troca de filtro após um período de três meses para que o sistema funcione com valores de IDS dentro da literatura sugerida.

O filtro funciona como um pré-tratamento físico. Ele é responsável pela separação de materiais particulados, argila ou material em suspensão que podem prejudicar o dessalinizador através do seu acúmulo nas superfícies dos elementos de membranas. As figuras 4 e 5 mostram o momento da troca do filtro do sistema.



Figura 4: Troca de filtros



Figura 5: Filtro usado e filtro novo

Quando o filtro fica saturado com os materiais em suspensão, sua eficiência diminui e inicia-se então a passagem de material para os elementos de membrana. A troca do filtro foi efetuada após observar o IDS aumentando na análise feita pelo ponto pós-filtro.

A Figura 6 apresenta os valores calculados para o ISL que servem como indicadores de potencial de incrustação para as correntes de alimentação, concentrado e permeado.

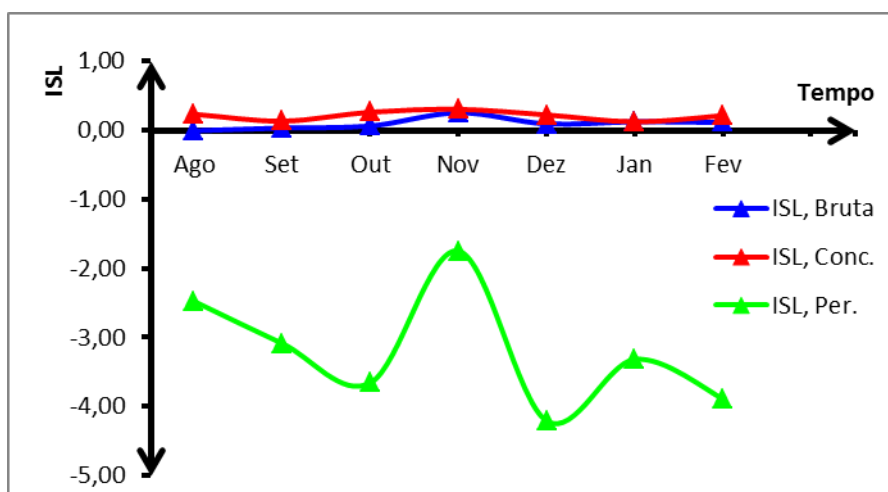


Figura 6: Variação do ISL na corrente de alimentação, do concentrado e do permeado.

Observa-se que, a água de alimentação do sistema de dessalinização de Uruçu possui um valor positivo de ISL 0,25, no mês de novembro, concordando com os valores obtidos a exemplo do IDS que foi de 4,17, no mesmo mês, indicando um alto potencial de precipitação de sais de carbonato de cálcio nas superfícies das membranas.

Os valores obtidos na corrente de água do permeado, foram satisfatórios quando relacionados com a literatura, enquanto no concentrado esses valores tornam a ser positivos, havendo necessidade de implantar uma dosagem de ácido clorídrico na corrente de alimentação para fins de eliminação do potencial incrustante.

CONCLUSÕES

Os dois testes utilizados na pesquisa serviram como indicadores de tratamento de água em sistema de dessalinização.

O IDS indicou o momento da troca de filtros após verificar o acúmulo de partículas em excesso nos meios filtrantes, servindo como indicador de tratamento físico.

O ISL é um valor numérico que serviu para indicar a necessidade de tratamento químico para eliminação ou diminuição parcial dos potenciais de incrustação principalmente por carbonato de cálcio.

É necessária a implantação de um sistema dosador com ácido clorídrico para melhor avaliar e eliminar os sais incrustantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANJAD, Z. Reverse Osmose: Membrane Technology, Water Chemistry & Industrial Applications, Van Nostrand-Reinhold, New York, 1992.
2. BOYSEN, B., HENTHORNE, L., State-of-art of reverse osmosis desalination pretreatment. Desalination. Vol. 356, p. 129-139, 2014.
3. CARVALHO, C. Brasil e restante do mundo sentem reflexos da escassez de água. Revista Amanhã. O Globo. Rio de Janeiro, 2013.

4. FRANÇA, K. B. . Projeto água: Fonte de alimento e renda - uma alternativa sustentável para a comunidade de Uruçu no semiárido nordestino. In: Waleska Silveira Lira, Márcia Izabel Cirne França, Hélio de Lucena Lira. (Org.). Projeto água: Fonte de alimento e renda - uma alternativa sustentável para a comunidade de Uruçu no semiárido nordestino. 1ed.: , 2012, v. , p. 15-53.
5. FRANÇA, K.B., CARTAXO, J.M, FERREIRA, W.B., SILVA, K.S., PEREIRA, M.L.F., SILVA, J.N., MONTEIRO, G.S. Avaliação de técnicas de pré-tratamentos de águas salobras para fins de dessalinização via osmose inversa. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo – SP, 2006.
6. MINDLER, A.B. and EPSTEIN, A.C., Measurements and control in reverse osmosis desalinations. Desalination, vol. 59, pp. 434-379, 1986.
7. NING, R.Y., NETWING, J.P., Complete elimination of acid injection in reverse osmosis plants. Desalination, vol. 143, pp. 29-34, 2002.
8. RACHMAN, R. M., GHAF FOUR, F., WALI, F., AMY G.L. Assentment of silt density index (SDI) as fouling propensity parameter in reverse osmosis (RO) desalination systems. Desalination and Water Treatment. Taylor & Francis p. 1091-1103, 2013.
9. SCHNEIDER, R.P., TSUTIYA, M.T., Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso. ABES, 1ª Ed., São Paulo, 2001.
10. STRATHMANN, H., GIORNO, L., DRIOLI, E. An Introduction to Membrane Science and Technology. Institute on Membrane Technology. University of Calabria. Italy, 2006.
11. TAYLOR, J.S., JACOBS, E.P., Reverse osmosis and nanofiltration. In: Joel Mallevialle et al (eds), Water Treatment Membrane Processes, p. 9.1-9.70. McGraw Hill, New York, 1996.