

## CONTROLE DOS PROCESSOS DE PRECIPITAÇÃO DE SAIS EM MEMBRANAS DE OSMOSE INVERSA ATRAVÉS DA NORMALIZAÇÃO

*Shefora E. H. de Sousa<sup>1</sup>, Kepler Borges França<sup>1</sup>, Tony H. F. de Andrade e Joab O.V.E. Silva*

1-Universidade Federal de Campina Grande/Centro de Ciências e Tecnologia Pós-Graduação em Engenharia Química - Laboratório de Referência em Dessalinização. Av. Aprígio Veloso 882 Bodocongó, CEP: 58.109.970 – Campina Grande, PB, Brasil – Fone/Fax: 0xx83-310.1116.

E-mails: [shefora@yahoo.com.br](mailto:shefora@yahoo.com.br) e [kepler@labdes.ufcg.edu.br](mailto:kepler@labdes.ufcg.edu.br)

**Palavras-chave:** Osmose inversa, Normalização, Incrustações.

**Área do Conhecimento:** III – Engenharias

### Resumo

Atualmente existem inúmeros equipamentos de dessalinização via osmose inversa (OI) instalados, operando sem monitoramento adequado que venha analisar os valores das variáveis de medidas dentro das condições de operação. O fato da diversidade das águas, a presença de incrustações nos elementos de membranas, mesmo sob efeitos de anti-incrustantes, tem sido um dos problemas que vem afetando os equipamentos, então para a indicação adiantada de incrustações a normalização dos dados operacionais se faz necessária. A idéia de monitoramento através da normalização das variáveis como: vazão, pressão, concentração, etc., visa estudar e acompanhar o desempenho dos equipamentos. Esta técnica de trabalho nos permitirá atribuir possíveis soluções como, por exemplo, desenvolver um programa de manutenção preventiva: reajuste na dosagem de anti-incrustante, limpeza química e troca de membranas, visando ao aumento da vida útil das membranas.

### Abstract

Now countless desalination equipments exist through reverse osmosis (RO) installed, operating without appropriate monitoring that comes to analyze inside the values of the variables of measures of the operation

conditions. The fact of the diversity of the waters, the fouling presence in the elements of membranes, even under antiscalants effects, it has been one of the problems that is affecting the equipments, then for the early indication of fouling the normalization of the operational data is made necessary. The monitoring idea through the normalization of the variables as: flow, pressure, concentration, etc., seeks to study and to accompany the acting of the equipments. This work technique will allow to attribute us possible solutions as, for instance, to develop a program of preventive maintenance: readjust in the antiscalants dose, chemical cleaning and change of membranes, seeking to the increase of the useful life of the membranes.

### 1. Introdução

Durante a operação de um sistema de OI, as condições de operação tais como a pressão, a temperatura, a recuperação de sistema e a concentração da alimentação podem variar, causando variações na produtividade e na qualidade de água de produto [1]. O presente trabalho propõe a normalização de sistema de dessalinização via OI, com vista nos dados de projeto e os dados atuais como: concentração da alimentação, vazão, pressão, recuperação, etc., efetuando uma série de cálculos, para

se observar o desempenho do sistema. Estas informações nos permitirão atribuir possíveis soluções como, por exemplo, desenvolver um programa de manutenção preventiva, visando aumentar a vida útil das membranas, baixar o custo de operação do sistema e otimizar o processo de dessalinização.

A normalização é um processo que compara o desempenho da dessalinização calculado de hoje, com o desempenho da partida do sistema a uma base de referência determinada previamente, considerando tempo e parâmetros operacionais. A normalização é realizada para ler tendências periódicas para qualidade e quantidade de produto, e não valores diários isolados do sistema [2].

## 2. Teoria

Um dos problemas no uso da OI é a presença de certas substâncias de natureza orgânica e inorgânica na água de alimentação do processo que, sem a devida atenção, podem diminuir a produtividade, diminuindo o fluxo de água produzida, ou tornar a água permeada mais concentrada em sais, até torná-la imprópria para utilização [1].

O controle dos processos de precipitação de sais é um dos principais condicionantes de projeto em sistemas de OI. A detecção da incrustação nas membranas pode ser realizada fazendo freqüentemente o balanço de massa das espécies que podem precipitar-se, entretanto este é um método inexato, além de ser trabalhoso e caro. Um outro método é a normalização dos dados como vazão, passagem de sais, coeficiente de transferência de massa e concentração da água [3].

Podemos dizer que as incrustações ocorrerão quando em relação a partida ou a um dado de referência [3]:

- A queda de pressão normalizada (QPN) aumentar 10-15%;
- A passagem de sal normalizada ( $PS_N$ ) ter aumento significativo ao longo do tempo;
- O coeficiente de transferência massa (CTM) diminuir 10-15%.

As equações que descrevem os parâmetros normalizados são:

$$QPN = P_a - \frac{\Delta P}{2} - \left( \frac{\pi_a + \pi_c}{2} \right) - P_p + \pi_p \quad (1)$$

$$CTM = \frac{Q_p * FCT}{A * QPN} \quad (2)$$

$$Q_N = Q_t * \left( \frac{QPN_r}{QPN_t} \right) * \left( \frac{FCT_r}{FCT_t} \right) \quad (3)$$

$$\%PS_N = \left( \frac{TF_t}{TF_r} \right) * \left( \frac{SFCT_r}{SFCT_t} \right) * \left( \frac{C_p}{C_a * FC_{lm,t}} \right) \quad (4)$$

O coeficiente de transferência de massa (CTM), é às vezes definido como o fluxo específico, pois representa a relação do fluxo com a perda de pressão através da membrana [4]. O coeficiente de transferência de massa normalizado representa o fluxo corrigido para a variação da temperatura e da queda de pressão normalizada. Quando a incrustação ocorre o fluxo de produto diminuirá e/ou a pressão requerida de alimentação aumentará causando uma queda no CTM [3].

A queda de pressão normalizada (QPN) e a temperatura influência na permeabilidade da membrana. A QPN é função da pressão de alimentação, diferença de pressão, pressão osmótica e pressão do permeado. Com aumentos de temperatura, a membrana fica mais permeável, e aumenta a vazão. O fator de correção de temperatura (FCT) correlata à mudança na vazão. A pressão osmótica pode ser estimada pela medida da condutividade elétrica e temperatura da água, mas existem fórmulas diferentes disponíveis na literatura [5].

As mudanças nos parâmetros normalizados indicam um possível problema na operação da planta. Com uma normalização apropriada pode ser detectada onde e quando o problema pode ocorrer[1].

## 3. Experimental

### 3.1 Descrição dos sistemas em estudo

Os sistemas de dessalinização estudados foram, o sistema de dessalinização da Vila de Itajubatiba (Mina do Ouro) Catingueira (Sistema 1) e o sistema de dessalinização do Município de Riacho de Santo Antônio (Sistema 2), ambos no estado da Paraíba.

O Sistema 1 é composto de um vaso de pressão com 3 membranas em espiral da Filmtec, BW30HP-4040, 39,1% de

recuperação e uma vazão de produção de 0,6 m<sup>3</sup>/h, a água originada de um poço com uma concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) de 816,84 mg/L, passa por um pré-tratamento onde dosa-se anti-incrustante, FLOCON 100, com o objetivo de evitar a incrustação de sais saturados na superfície das membranas e logo após a água segue por um sistema de filtro de cartucho de 5µm contendo 4 elementos filtrantes de acetato de celulose de resina melamínica. O Sistema 2 compõe-se de um vaso de pressão com 3 membranas em espiral da Hydranautics, 4040-LHA-CPA2, 40% de recuperação e uma vazão de produção de 0,6 m<sup>3</sup>/h, a água originada de um poço com uma concentração de STD de 13.664,63 mg/L é bombeada para o sistema de pré-tratamento, composto de dosagem de HCl (1N) na água de alimentação para prevenir a formação de cristais de sais, e logo após dosagem de anti-incrustante, FLOCON 100, daí a água passa por 3 elementos filtrantes de 5µm de acetato de celulose de resina melamínica.

### 3.2. Metodologia

Foram realizadas análises físico-químicas da água de alimentação, permeada e concentrada. Em função destes resultados e com o auxílio das equações do processo, fez-se a normalização dos sistemas e verificou-se a possibilidade de ocorrência de incrustações.

## 4. Resultados

### 4.1 – Normalização dos dados de operação

A fim de poder seguir o desempenho do sistema de dessalinização, realizou-se a normalização comparando os dados de partida das plantas de OI com os valores calculados através das Equações 1 a 4, os resultados encontram – se representados através da Tabela 4.1 e das Figuras 4.1 a 4.6.

Tabela 4.1 – Coeficiente de transferência de massa.

	CTMr	CTMt
Sistema 1	0,014	0,011
Sistema 2	0,011	0,009

Observamos uma pequena diminuição no valor do CTM para os dois sistemas, justificando o aumento na QPN

Analisando as Figuras 4.5 e 4.6 verifica-se que ao longo do tempo de operação a queda de pressão para o sistema 1 teve um aumento de aproximadamente 29% e 12% para o sistema 2, a passagem de sais (Figura 4.3 e 4.4) para ambos os casos aumentou, essa diferença pode indicar o acúmulo de materiais na superfície dos elementos de membranas, esse fato pode ser observado também na diminuição dos valores da rejeição de sais (Figura 4.3 e 4.4) e da vazão do permeado (Figuras 4.1 e 4.2).

Através da literatura e com os dados obtidos, podemos dizer que os sistemas apresentam-se com uma pequena tendência de incrustação, indicando que as membranas devam passar por um processo de limpeza química.

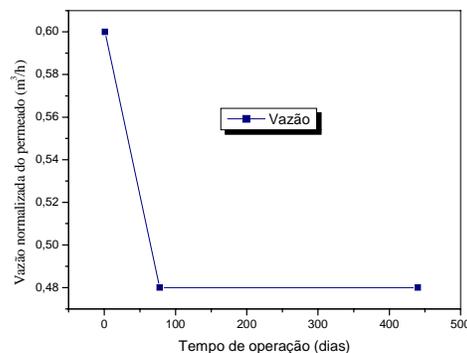


Figura 4.1 – Vazão normalizada do permeado, sistema 1.

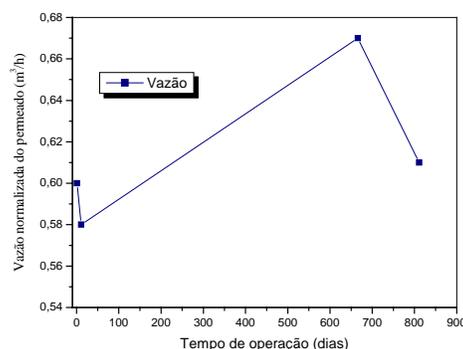


Figura 4.2 – Vazão normalizada do permeado, sistema 2.

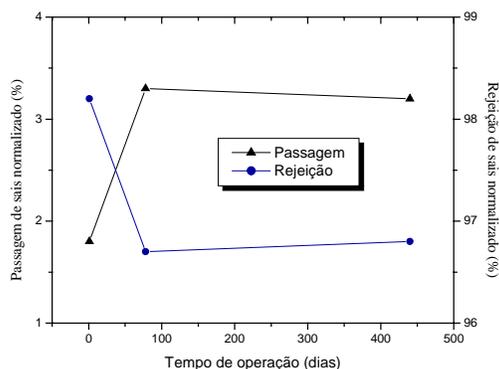


Figura 4.3 – Passagem e rejeição de sais, sistema 1.

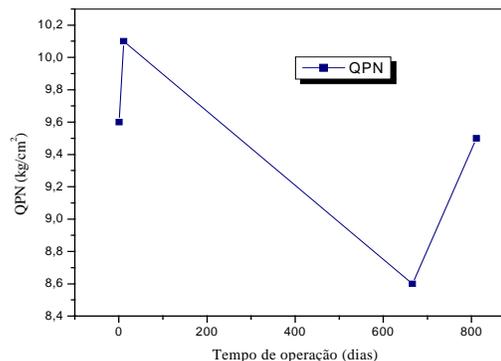


Figura 4.6 – Queda de pressão normalizada, sistema 2.

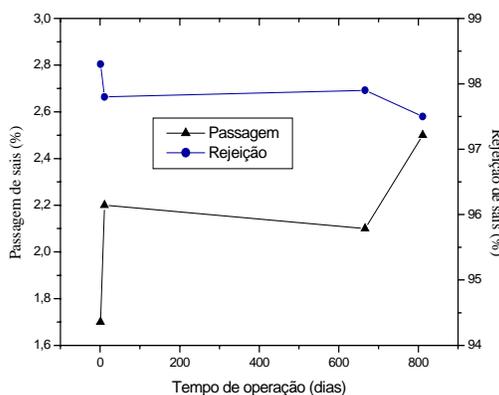


Figura 4.4 – Passagem e rejeição de sais, sistema 2.

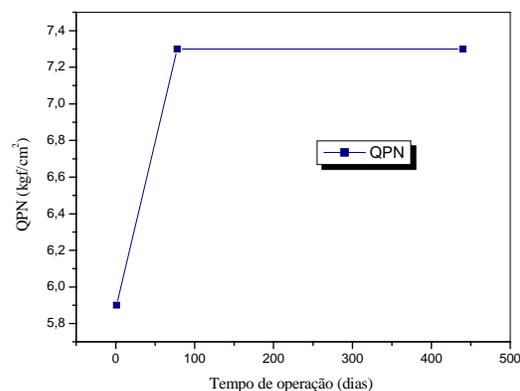


Figura 4.5 – Queda de pressão normalizada, sistema 1

## 5. Conclusões

O monitoramento do desempenho do sistema de OI demonstrou ser uma ferramenta forte para descobrir possíveis problemas de formação de incrustações nas membranas. A normalização dos dados operacionais nos deu condições de prever a formação de incrustações e através dos cálculos identificar a sua natureza, sem a necessidade de interromper a operação do sistema. Com a normalização podem-se otimizar as condições de operação, os procedimentos e a frequência de limpeza química.

## 6. Simbologia

A: Área da membrana ( $m^2$ )  
 QN: Vazão de permeado normalizada ( $m^3/h$ )  
 QP: Queda de pressão ( $kg/cm^2$ )  
 QPN: Queda de pressão normalizada ( $kg/cm^2$ )  
 FCT: Fator de correção de temperatura  
 TF: Taxa de fluxo do permeado ( $cm^3/cm^2 \cdot min$ )  
 SFCT: Fator de correção de temperatura para o transporte de sal.  
 C: Concentração do permeado (mg/L)  
 P: Pressão de alimentação ( $kg/cm^2$ )  
 $\pi$ : Pressão osmótica ( $kg/cm^2$ )  
 PS: Passagem de sal (%)  
 PS<sub>N</sub>: Passagem de sal normalizada (%)  
 FC<sub>lm</sub>: Fator de concentração média logarítmica (adimensional)

### Subscrito

t: condição atual, ou seja, condição de operação.

r: condição de referência, ou seja, condição de projeto.

a: alimentação

p: permeado

c: concentrado

### 7. Referências bibliográficas

[1] H. HUITING; J. W. N. M. KAPPELHOF & Th.G. J. BOSKLOPPER, *Operation of NF/RO plant: from reactive to proactive*. Desalination, 139 (2001) 183-189.

[2] DOW LATIM AMERICAN, *A Tecnologia de Membrana de Osmose Inversa*, boletim técnico, 1996

[3] C. A. C. van de LISDONK; J.A.M van PAASSEN & J.C. SHIPPERS, *Monitoring*

*scaling in nanofiltration and reverse osmosis membrane systems*. Desalination, 132 (2000) 101-108.

[4] J.P. TAYLOR & E.P. JACOBS, *Reverse osmosis and nanofiltration*, In Joel Mallevalle et al (eds), water Treatment membrane process, Mc Graw-Hill, New York, 1996

[5] HYDRANAUTICS, *Technical Service Bulletin*, 2002.

### Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro.