

---

## A PRESSÃO OSMÓTICA NO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA

### *OSMOTIC PRESSURE IN THE WATER DESSALINIZATION PROCESS*

Arlan da Silva Gonçalves<sup>\*1,2,3</sup>, Fernanda Zanetti Becalli<sup>1,4</sup>, Cleverton Oliveira Cavalcanti da Silveira<sup>1,3</sup>, Barbara Doroti da Silva<sup>1</sup>, Bárbara Lyra Firme<sup>1</sup>, Isabela Moreira Soares Diogenis<sup>1</sup>, Jorge Welton de Souza Pina<sup>1,3</sup>, Larissa Silva de Souza<sup>1,3</sup>, Samira Gomes Brandão<sup>1,3</sup>, Sthefany dos Santos Sena<sup>1</sup>, Tatielle Rocha de Jesus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo Campus Vila Velha; Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha - ES, 29106-210

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis - PPGTECS, Campus Vitória; Avenida Vitoria, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, 29040-780

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo – Programa de Pós-graduação em Química – PPGQUI, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória – ES, 29075-910.

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Programa de Pós-graduação de Ensino em Humanidades - PPGEH, Campus Vitória; Avenida Vitoria, 1729, Jucutuquara, Vitória – ES, 29040-780

Resumo. O desafio representado pela crise hídrica, vivenciado em diferentes cidades brasileiras devido à elevada demanda de água potável, deu origem à seguinte questão: quais alternativas sustentáveis podem ser encontradas para a produção de água adequada ao consumo humano? Quando relacionamos os problemas nacionais e regionais com o conteúdo de propriedades coligativas abordado na disciplina Físico-Química II do Curso de Licenciatura em Química do Ifes campus Vila Velha, abordamos a dessalinização da água por osmose reversa, discutindo a definição de pressão osmótica, as membranas inicialmente utilizadas e as propriedades coligativas envolvidas neste processo. Consideramos que, no meio da crise da água, o processo de dessalinização é de suma importância, pois pode ser considerado uma fonte alternativa sustentável para obter água tratada e potável, principalmente, em locais onde a seca é crítica.

Palavras-chave: Crise hídrica. Dessalinização da água. Pressão osmótica.

*Abstract. The challenge represented by the water crisis experienced in different Brazilian cities due to the high demand of drinking water has given rise to the following question: what sustainable alternatives can be found for the production of water suitable for human consumption? When we relate the national and regional problems to the colligative properties content aborded on the Physical-Chemical II discipline, offered at IFES campus Vila Velha, we approach water desalination by reverse osmosis, discussing the definition of osmotic pressure, the membranes initially used and the colligative properties involved in this process. We consider that in the midst of the water crisis the desalination process is of paramount importance, since it can be considered a sustainable alternative source to obtain treated and potable water, mainly in places where drought is critical.*

*Keywords: Water crisis. Water desalination. Osmotic pressure.*

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nosso planeta é conhecido por sua imensa biodiversidade e pela grande quantidade de água disponível, sendo que 97,5% encontram-se nos oceanos e mares, restando 2,5% de água doce para o consumo humano. Não obstante a pequena porcentagem de água doce disponível para captação, sua distribuição não é homogênea. Como nos chama a atenção Marengo (2008), fundamentado em dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), ao assinalar que 1,8 bilhão de pessoas poderão encontrar dificuldades para ter acesso à água potável

no ano de 2025, pois as mudanças climáticas, associadas ao crescimento das populações urbanas e à indevida utilização dos recursos naturais (tanto pelas empresas como pela população), concorrem para a redução da oferta de água.

Apesar de 12% dos recursos hídricos mundiais estarem em terras brasileiras, no ano de 2015 o país atravessou uma crise de água em diferentes regiões. De acordo com Prazeres (2015), 16,8% dos municípios brasileiros decretaram situação de emergência e/ou calamidade pública, estando à maioria localizada na região nordeste (90%), seguida da região sudeste.

O desafio erigido pela crescente crise hídrica vivenciada em diferentes cidades brasileiras, por conseguinte, pela elevada demanda de água potável, suscita a inevitável questão: quais alternativas sustentáveis podem ser encontradas para a produção de água adequada ao consumo humano? Tal questionamento também foi tema da palestra proferida pelo Prof. Dr. Kepler Borges França, da Universidade Federal de Campina Grande (UFPB), no Plenário Dirceu Cardoso da Assembleia Legislativa do Espírito Santo, em 14/05/2015. Na ocasião, discutiu-se acerca da adoção de alternativas sustentáveis em relação à crise hídrica que atingiu grande parte dos agricultores capixabas naquele ano e o processo de dessalinização da água foi apontado como uma das possibilidades viáveis.

Os alunos, ao participarem da referida palestra, observaram que as problemáticas nacional e estadual podiam ser interligadas ao conteúdo de “Propriedades coligativas” apresentado na disciplina Físico-Química II, ofertada nos Cursos de Licenciatura em Química e Bacharelado em Química Industrial do Ifes campus Vila Velha, e, após essa constatação, foi elaborada uma revisão bibliográfica a respeito do processo de dessalinização da água. Deste modo, a dessalinização da água foi abordada por meio de osmose reversa, discorrendo sobre a definição de pressão osmótica, as membranas inicialmente utilizadas e as propriedades coligativas envolvidas no processo, tendo como objetivo não só o aprendizado em nível do formalismo matemático, como também compreender que este tema pode ser aplicado nas mais diversas áreas, expostas por meio de diferentes referenciais bibliográficos, levantados na literatura ao longo da pesquisa.

## **1 PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA**

O processo de dessalinização da água foi utilizado pela primeira vez pelos gregos e romanos, por meio de métodos primitivos. Desde as primeiras navegações, quando havia a escassez de recursos hídricos, começou-se a pensar em métodos para obtenção de água potável através da água do mar. Conforme pontua Souza (2006), a partir do século XVI a dessalinização da água do mar já se tornava importante nas embarcações. Esse processo desempenhou um papel fundamental, no final dos anos de 1940 e início de 1950, em regiões onde a água potável é escassa, como nos países do Golfo Árabe, Estados Unidos, Ilhas do Caribe e algumas áreas da América do Norte.

Foi na segunda metade do século XX que os processos de separação de membranas (PSM) saíram do meio laboratorial para o comercial, deixando de ser uma curiosidade científica. Concorreram para isso a disponibilidade de novos materiais (como polímeros), a descoberta da técnica de fabricação de membrana anisotrópica e a conscientização do problema energético. Naquela época, segundo Habert (2006), os Estados Unidos decidiram investir em projetos de pesquisa que tinham por objetivo elementar a dessalinização da água. De acordo com Scapini (2007), a dessalinização é definida como um processo de retirada de sais dissolvidos em água, ou seja, na produção de água com escasso

---

conteúdo salino, obtida por meio de troca iônica ou por osmose reversa, podendo esta ser utilizada tanto para o consumo humano como para as diferentes atividades industriais.

### **1.1 O uso de membranas para o processo de dessalinização da água**

Para promover a dessalinização da água é imprescindível o uso de membranas pelas quais é realizada a separação dos sais, visto que elas possuem a capacidade de reter componentes sólidos, funcionando como uma barreira permeável e seletiva entre duas fases. As membranas constituem, atualmente, a principal inovação tecnológica nos processos de tratamento de água, sendo a primeira grande inovação desde o desenvolvimento das tecnologias convencionais de tratamento de água no início do século passado (MOURA, 2001).

As membranas semipermeáveis podem ser classificadas como ideal e não ideal. Para uma membrana não ideal, a direção do movimento da água pode ser a mesma que para uma membrana ideal, porém o sal também se move de um compartimento para o outro, e isso pois o fluxo do sal é, geralmente, a partir do concentrado para a solução diluída. Já uma membrana ideal apresenta as seguintes características: alta taxa de fluxo de água, alta rejeição de sais, resistência ao ataque biológico, resistência à formação de incrustações coloidais e materiais em suspensão, baixo custo, mecanicamente resistente, quimicamente estável e resistente a altas temperaturas.

Quando se aborda o processo de dessalinização da água por meio da pressão osmótica está sendo tratado o assunto “Osmose reversa”, que consiste numa tecnologia amplamente utilizada devido à simplicidade do equipamento, ao baixo custo de instalação e de operação (em relação a outros processos térmicos), à capacidade de tratar volumes baixos a moderados de água bruta e à possibilidade de elevar a taxa de recuperação e a qualidade da água tratada (AMORIM, 2004).

A fim de dimensionar o tratamento realizado por osmose reversa, faz-se necessária a observação de alguns parâmetros, tais como vazão da água, período de operação diária, procedência da água bruta, utilização da água tratada, análise da água bruta, produtos químicos disponíveis, área disponível, utilidades (água, vapor e energia) e mão de obra qualificada.

O processo de dessalinização da água pode ter grande impacto socioeconômico ao proporcionar o acesso à água potável para as diferentes localidades afetadas por crises hídricas. Entretanto, Soares (2006) alerta que esse processo também implica a geração de um concentrado (uma água salobra) com grande risco de contaminação ambiental. Desse modo, faz-se necessário estudar a consequência do método para, então, ponderar se a sua utilização traz (ou não) benefícios para a sociedade.

### **1.2 Tipos de membranas**

As membranas podem ser separadas em duas classes: a) quanto à sua composição química, podendo ser subdividida em orgânica e inorgânica; b) quanto à sua morfologia, podendo ser subdividida em simétrica e assimétrica, também denominadas isotrópica e anisotrópica.

As orgânicas são constituídas de polímeros orgânicos (acetato de celulose, poliamida, polissulfonas, entre outras) e as inorgânicas são basicamente compostas de óxidos como sílica, titânia, zircônia, alumina, etc. Membranas ditas

---

compósitas combinam dois ou mais materiais em sua composição, como é o caso da Membrana de Compósito de Filme Fino. Comercialmente, as mais utilizadas são as orgânicas, no entanto, as inorgânicas podem, futuramente, solucionar certas desvantagens das poliméricas em relação ao uso de altas temperaturas ou variações de pH e de pressão no processo de separação.

### **1.2.1 Membrana aramida (aromática poliamida)**

As membranas de poliamida aromática são compostas de películas fina e simétricas, poros regulares, quase cilíndricos, que atravessam toda a espessura da membrana, podendo ser porosa, não porosa ou densa. Possuem uma espessura entre 10 e 200  $\mu\text{m}$ . A produtividade e a porosidade são reduzidas pela necessidade de limitar o volume ocupado pelos poros para evitar o colapso da membrana quando pressurizada (MOURA, 2008; PORTO, 2014). Este tipo de membrana é largamente utilizado pela ampla faixa de pH e temperatura em que consegue operar. Também apresenta a vantagem de possuir excelente estabilidade química, ser resistente a ataques biológicos, embora seja sensível a agentes oxidantes como o Cloro livre.

### **1.2.2 Membrana de acetato de celulose (CA)**

Conforme destaca Porto (2014), as membranas de Acetato de Celulose são exemplos de membranas assimétricas, também chamadas de anisotrópicas ou membranas de segunda geração. São constituídas de um único tipo de polímero e caracterizadas por um “[...] gradiente de porosidade interno, gerado pelo controle das condições de polimerização da membrana, onde estas são constituídas por uma camada densa homogênea, muito fina (camada ativa ou “pele”), cuja espessura pode variar entre 0,1 a 0,5  $\mu\text{m}$ , suportada por uma camada porosa com uma espessura entre 50 a 150  $\mu\text{m}$ ” (PORTO, 2014, p. 16). A reduzida espessura da película filtrante diminui consideravelmente a resistência à filtração, que é proporcional à espessura da membrana.

Esse tipo de membrana possui custos de fabricação mais baixos por ser produzida em apenas uma etapa. Todavia, torna-se difícil a obtenção de um produto de elevada qualidade devido à existência de pequenos poros formados na superfície da membrana. Esse problema pode ser resolvido com a utilização de práticas que acabam por determinar o aumento da espessura da película fina, reduzindo, conseqüentemente, o fluxo de água permeado.

Outro problema que ocorre durante a utilização de tal tipo de membrana é a sua tendência a compactar-se em uma estrutura mais concentrada sob a aplicação de elevadas pressões de modo contínuo durante o regime de operação. Este fenômeno é conhecido como “compactação da membrana” e seus efeitos, durante a vida útil da mesma, devem ser levados em conta na fase do projeto do sistema.

Apesar de esse tipo de membrana apresentar uma resistência superior que a de poliamida e alta estabilidade química, sua faixa de pH é pequena, variando de 5 a 7, além de possuir uma retenção salina menor, fazendo com que não seja utilizada quando se requer alta pureza. Outro ponto negativo, salientado por Mulder (1996 apud NOGUEIRA, 2012) e por Silva (2013), é o fato de ter uma baixa estabilidade contra temperatura e bactérias, podendo sofrer degradação biológica, e uma baixa seletividade no sentido de pequenas moléculas orgânicas, além de carboidratos.

---

### **1.2.3 Membrana de polissulfona (psf)**

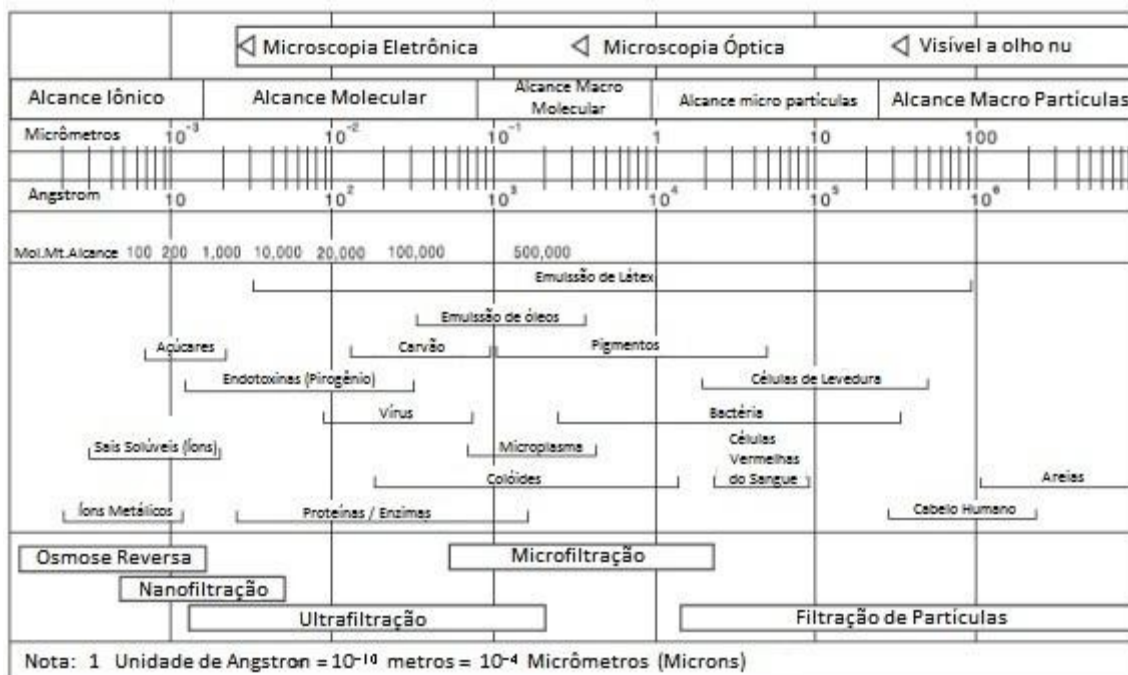
As membranas de polissulfona são constituídas de monômeros de arila e dióxido de enxofre. São mais utilizadas na micro e ultrafiltração por possuírem grandes vantagens em relação à alta temperatura (75º C), à variação de pH (1-13), à porosidade (1-20nm) e resistência mecânica a hidrocarbonetos alifáticos, ácidos, alcoóis e hidrocarbonetos halogenados. Suas principais desvantagens estão no seu comportamento hidrofóbico e sua intolerância a altas pressões, por essa razão a membrana de polissulfona não é utilizada diretamente nos processos de osmose reversa, mas, como salienta Nogueira (2012), ela entra na composição da membrana de Compósito de Filme Fino que poderá ser empregada na osmose reversa.

### **1.2.4 Membrana de compósito de filme fino (tfc)**

As membranas compostas surgiram com a modificação do processo de construção das membranas assimétricas e são conhecidas também como membranas da terceira geração. Os cartuchos de membranas espirais são os mais utilizados em aplicações de osmose inversa; normalmente são do tipo TFC, fabricados em poliamida, com rejeição de sais superior a 99%. As membranas de poliamida TFC (Thin Film Composite) são membranas manufaturadas semi-permeáveis, constituídas de um filme de duas ou mais camadas, usadas no processo de dessalinização da água além de baterias e células combustíveis. A membrana de TFC, segundo Porto (2014, p. 13), “[...] é caracterizada pela grande vazão específica de água e maior rejeição de sais que as membranas de acetato de celulose”.

Os processos de separação por membranas com transporte de uma dada espécie ocorrem devido à existência de uma força motriz, podendo ser por gradiente de pressão, de campo elétrico ou ainda potencial químico. De acordo com Oristanio, Peig e Lopes (2006), estes processos estão divididos em cinco grupos: Microfiltração (MF), Ultrafiltração (UF), Nanofiltração (NF), Osmose Reversa (OR) e Eletrodialise (ED). Cada grupo possui suas limitações, por exemplo: a intensidade da força motriz utilizada para separação dos contaminantes como também diâmetro, a capacidade de remoção de determinados fatores, suas eficiências, como pode ser observado na Figura 1:

Figura 1: Tamanho de partículas removidas em diferentes sistemas de filtração (ORISTANIO *et al.*, 2006).



Fonte: Autor

Na Osmose Reversa, a força motriz é o gradiente de pressão. Assim sendo, o processo de separação ocorre entre 10 a 100 bar, utilizando membranas com diâmetros de poros menores que 2 nm, pois a permeabilidade da osmose é de 0,05-1,4 L.m<sup>2</sup>.h-1. Bar-1 (MULDER, 1996 apud NOGUEIRA, 2012). Em suma, as principais membranas utilizadas são a de acetato de celulose, poliamida aromática e de filme fino.

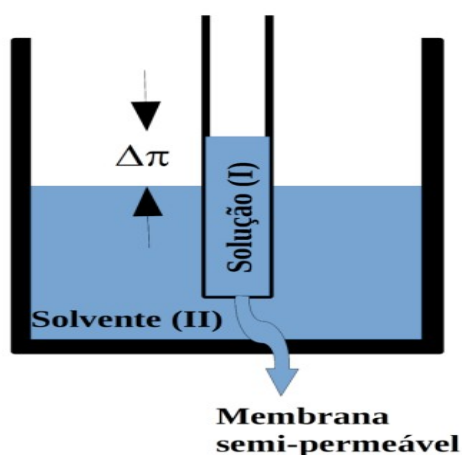
## 2 APLICAÇÃO DA PRESSÃO OSMÓTICA NA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA

Todos esses sistemas de filtração têm a capacidade de remover sólidos dissolvidos na água com uma considerável eficiência. A dessalinização, dentre todos os processos citados, ocorre, basicamente, a partir da Osmose Reversa que se fundamenta na própria definição de pressão osmótica.

No entanto, para entender a pressão osmótica faz-se necessária a compreensão do fenômeno osmótico, que se configura como a passagem, de maneira espontânea, de um solvente puro para uma solução que está separada dele por uma membrana semipermeável. Em outras palavras, na osmose há a passagem do solvente do meio hipotônico para o ambiente hipertônico através de uma membrana semipermeável até que haja o estabelecimento da isotonia, ou seja, a passagem do líquido ocorre do meio de menor concentração para o meio de maior concentração através desta membrana até o estabelecimento da igualdade entre as concentrações. Assim, a pressão osmótica está relacionada à pressão exercida para ocorrer o inverso da osmose, isto é, a pressão que deve ser aplicada à solução a fim de impedir a passagem do solvente (ATKINS, 2013).

É importante informar ao leitor que o assunto Pressão Osmótica é estudado na parte de Propriedades Coligativas, geralmente, na disciplina de Físico-Química, lecionada nos Cursos de Graduação em Ciências Exatas, da Terra, da Natureza e afins em que, esquemática e matematicamente, resume-se por meio das considerações analisando-se, de início, o esquema exposto na Figura 2, na qual se tem basicamente uma solução salina mergulhada em um solvente e separada deste por uma membrana semipermeável.

**Figura 2:** Representação de uma solução salina mergulhada em um solvente e separada deste por uma membrana semipermeável, onde  $D_p$  é a própria definição de pressão osmótica.



Fonte: Autor

Aplicando a definição da energia de Gibbs em função da fração molar (CASTELLAN, 2011), em que o produto após a igualdade é uma função da temperatura, pressão e, conseqüentemente, da pressão osmótica, tem-se que,

$$\Delta G = n \cdot R \cdot T \cdot \ln x_1(T, P + \pi) \quad (1)$$

Desmembrando-se  $\Delta G$ , teremos,

$$G = G^0 + n \cdot R \cdot T \cdot \ln x_1 \quad (2)$$

Considerando (I) para a solução e (II) para o solvente e aplicando-se a definição de energia de Gibbs molar, ou seja, dividindo-se cada termo da equação (2) pelo número de mols, trará a própria definição de potencial químico, representado por  $\mu$ . Deste modo,

$$\mu_I = \mu_I^0 + R \cdot T \cdot \ln x_1(T, P + \pi) \quad (3)$$

$$\mu_{II} \rightarrow \mu_{II}^0(T, P) \quad (4)$$

Escrevendo a variação de  $\mu$ , em relação a pressão à temperatura constante, se tem a própria definição de volume molar, que é expressa por:

$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial P}\right)_T = V_m \quad (5)$$

Na condição de equilíbrio, os potenciais químicos se igualam e, deste modo,

$$\mu_I = \mu_{II} \quad (6)$$

Assim,

$$\mu_I^0(T, P + \pi) + R \cdot T \cdot \ln x_1 = \mu_I^0(T, P) \quad (7)$$

E, deste modo, a equação (7) pode ser reescrita na forma:

$$\mu_I^0(T, P + \pi) - \mu_I^0(T, P) = -R \cdot T \cdot \ln x_1 \quad (8)$$

Considerando uma quantidade infinitesimal, a diferença do lado esquerdo da equação (8) pode ser escrita na forma diferencial que, integrando-a, ficará expressa como:

$$\int_{\mu^0(P)}^{\mu^0(P+\pi)} d\mu = \int_P^{P+\pi} V_m \cdot dp \quad (9)$$

Daí, a equação (9) assume a forma:

$$V_m \cdot \pi = -R \cdot T \cdot \ln x_1 \quad (10)$$

Mas, da condição de equilíbrio,

$$-R \cdot T \cdot \ln x_1 = R \cdot T \cdot \ln x_2 \quad (11)$$

Deste modo,

$$V_m \cdot \pi = R \cdot T \cdot \ln x_2 \quad (12)$$

e, pela definição de volume molar total,

$$V_m = n_1 \cdot V_{1m} + n_2 \cdot V_{2m} = n_1 \cdot V_{1m} \quad (13)$$

Agregando a definição de fração molar, que é dada por,

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad (14)$$

Com a equação (13), chega-se a,

$$x_2 = \frac{V_{1m} \cdot \pi}{R \cdot T} \quad (15)$$

Assim, igualando-se as equações (13), (14) e (15),

$$\frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{V \cdot \pi}{R \cdot T \cdot n_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (16),$$



Chega-se à equação de *van't Hoff*, que é a própria definição de pressão osmótica, dada por:

$$\pi = C \cdot R \cdot T \quad (17),$$

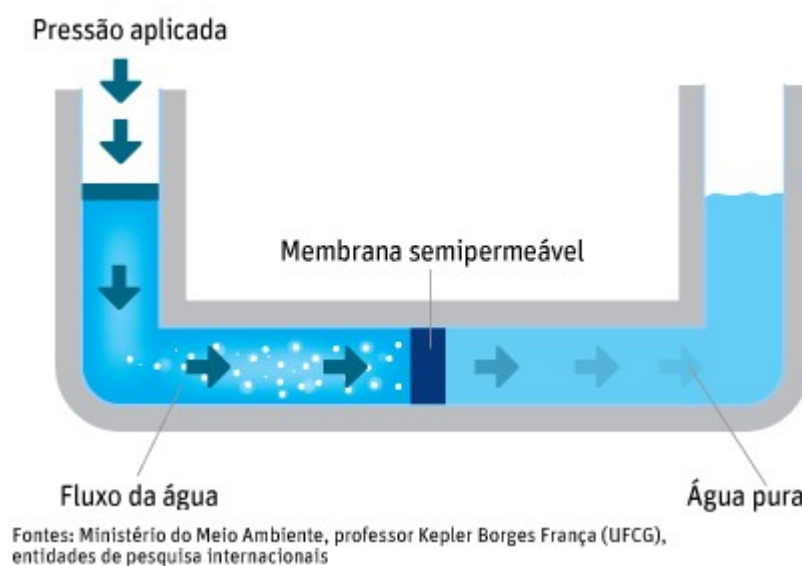
onde  $C = \frac{n_2}{V}$

A pressão osmótica também é útil para a determinação das massas molares de substâncias pouco solúveis no solvente ou que possuam massas molares elevadas, por exemplo, proteínas e polímeros de vários tipos e coloides, permitindo medidas convenientes devido à grande pressão obtida (CASTELLAN, 2011).

A 25°C, o produto R.T é, aproximadamente, 2480 J/mol. Assim, para 1 mol/L de solução, se tem, =2.480.000 Pa = 24,5 atm, que corresponde a uma coluna hidrostática da ordem de 240 m. A experiência é facilmente realizável no laboratório e as soluções devem ter concentrações menores que 0,01 molar, preferivelmente da ordem de 0,001 molar. Isto é válido quando usamos um aparelho, já mostrado na Figura 2 (CASTELLAN, 2011).

Em termos práticos, pode-se compreender o processo de dessalinização por meio do esquema representado na Figura 3:

**Figura 3:** Processo de dessalinização de águas em macroescala



**Fonte:** Autor

Nesse contexto, a água salgada dos mares e/ou poços é captada por meio de bombas e direcionada para uma máquina de dessalinização. No dessalinizador é aplicada uma pressão sob a água, que em seguida passa por uma membrana semipermeável. Na membrana, os sais e impurezas ficam retidos. Por fim, a água dessalinizada é retirada da máquina e armazenada em um reservatório para ser distribuído à população e/ou indústrias.

Ainda, a osmose reversa pode implicar a geração de outro tipo de água, mais salgada do que a própria água do mar, com grande risco de contaminação ambiental quando o rejeito é descartado nos solos, ou seja, 30 a 70% do total da água que passa pelo equipamento se transforma em descarte (SOARES, 2006).

Estudos sobre a reutilização do descarte, realizados em 79 comunidades do Ceará, mostraram que esta água é muito usada para lavar automóveis e roupas e, além disso, em alguns projetos de exploração de tilápia vermelha e do camarão (PINHEIRO; CALLADO, 2004). Porém, em alguns locais do Brasil observa-se pouco tratamento para o descarte proveniente da dessalinização, que sendo depositado no solo proporciona alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno (PORTO, 2001).

Para contornar este problema, sugere-se o cultivo de plantas halófitas como melhor opção para dispor o rejeito proveniente da dessalinização (RILEY, 1997). Neste contexto, pode ser citada como exemplo a halófito *Atriplex nummularia*, que tem atributos desejáveis de uma cultura cicladora de rejeito (GLENN, 1998), ou seja, com alto uso consuntivo da água para maximizar a absorção, alta tolerância aos sais para minimizar a fração de lixiviação requerida e elevada produtividade de biomassa, a qual tem utilidade forrageira e, além disso, água hipersalina, com concentração superior a 40.000 mg/L, pode ser utilizada para irrigar, com sucesso, plantas halófitas (GLENN, 1998a).

A título de exemplo, as plantas do gênero *Atriplex* têm se destacado sob a perspectiva de desenvolver espécies apropriadas para irrigação com água do mar. Segundo Porto (2001), estima-se que 50 milhões de hectares podem ser trazidos para a produção agrícola, que seriam das espécies halófitas, em especial a *Atriplex nummularia*.

Outra opção simples e financeiramente viável para o tratamento do descarte salino é a obtenção de cristais de cloreto de sódio, por evaporação ao ar livre, através da radiação solar, que traz uma alternativa sustentável, após sua purificação (COSTA & ANDRADE, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apontado, a dessalinização da água por osmose reversa configura-se como uma alternativa sustentável que pode ser realizada para a produção de água tratada e potável, principalmente em lugares onde a estiagem é crítica. Além de proporcionar uma nova solução a esse problema nacional, também habilita pesquisadores e graduandos a se interessarem pelo tema e desenvolverem futuros estudos para o uso membranas de purificação, ou seja, temas como a pressão osmótica e novos tipos de membranas para que futuramente se possa usufruir dessa nova tecnologia com consciência.

Cabe clarificar que, como pontos negativos, a salinidade prejudica o desenvolvimento e desempenho das plantas e, em alguns casos, pode acarretar a perda total da cultura. Também pode danificar a estrutura do solo, porque absorção de sódio pelo solo, resultante de águas que possuem altas concentrações desse elemento, será capaz de causar a disseminação das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo. Estes rejeitos são vistos, por muitos pesquisadores, como potenciais contaminantes de mananciais, solos, fauna e flora.

---

De forma geral, “Pressão Osmótica” é um tema não só de importância industrial, quando se trata de dessalinização da água. É importante ressaltar que, na biologia, a osmose é um fenômeno intrínseco das células.

Experimental e didaticamente, a pressão osmótica e a osmose reversa podem ser apreciadas em forma de um experimento simples, sem a necessidade de reagentes, vidrarias e equipamentos caros, bastando apenas seccionar equatorialmente uma batata em fatias, colocá-la em um recipiente de plástico ou de vidro e depositar sobre a mesma uma pequena quantidade de sal de cozinha (NaCl). No decorrer de algumas horas, a água presente na batata emergirá, misturando-se ao NaCl, contextualizando-se uma prática pedagógica em que estes temas poderiam ser utilizados. Tal experimento mostra que assuntos complexos, em nível de formalismo matemático, quando abordados em turmas de graduação, podem ser confrontados com experimentos caseiros, além de industriais, alcançando-se o principal objetivo deste trabalho, que foi o de expor o assunto em forma de uma revisão bibliográfica, como um critério avaliativo aplicado à turma.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao IFES Vila Velha pela disponibilização dos computadores necessários para a redação e execução deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

- ATKINS, P.; P., J. de. **Físico-Química**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- COSTA, I. S.; ANDRADE, F. R. D. Experimentos didáticos de cristalização. *TERRÆ DIDÁTICA*, 10-2:91-104, 2014.
- FRANÇA, I. C. F. **Avaliação da redução de sílica em pré-tratamento de águas para sistemas de pequeno porte por osmose inversa**. Tese de doutorado em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- GLENN, E. P.; BROWN, J.; O'LEARY, J. **Irrigating crops with seawater**. *Scientific American*, New York, v.279, n. 2, p.76-81, 1998a.
- GLENN, E. P.; THOMPSON, T. L.; MIYAMOTO, S. **Halophyte crops and a sand-bed solar concentrator to reduce and recycle industrial, desalination and agricultural brines**. Tucson: United States Department of the Interior. 78p. 1998. Desalination Research and Development Program Report N. 35.
- HABERT, A. C. BORGES, C. P. NOBREGA, R. **Processos de separação com membranas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.
- MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. *Estudos Avançados*, 22 (63), 2008.
- ORISTANIO, B. S. PEIG, D. B. LOPES, M. A. S. **Desenvolvimento de um sistema de pré-tratamento para Osmose Reversa**. Projeto de Formatura- Engenharia Ambiental. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA JÚNIOR, L. G. A. **Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*)**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.1, p.111-114, 2001.

- 
- PORTO, K. F. **Estudo da remoção da sílica dissolvida para fins de pré-tratamento de sistemas com membranas.** Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2014.
- PRAZERES, L. **Estiagem leva 16,8% dos municípios brasileiros a decretar desastre.** Reportagem site UOL. Brasília, fevereiro, 2015.
- RILEY, J. J.; FITZSIMMONS, K. M.; GLENN, E. P. **Halophyte irrigation: an overlooked strategy for management of membrane fraction concentrate.** Desalination, Amsterdam, v.110, n.3, p.197-211. 1997.
- SCAPINI, L. **Avaliação do Desempenho da Osmose Reversa e da Troca Iônica para Tratamento de Efluente de Curtume (Aimoré Couros Ltda–Encantado) Visando a Reutilização da Água.** 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade de Santa Cruz do Sul.
- SILVA, M. T. **Estudo da influência do residual do Dióxido de Cloro sobre Membranas de Poliamida de Osmose Inversa.** Trabalho de diplomação em Engenharia Química. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- SOARES, Tales M. et al. **Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 730-737, Sept. 2006. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662006000300028&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000300028&lng=en&nrm=iso)>. access on 11 Aug. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300028>.
- SOUZA, L. F. **Dessalinização como fonte alternativa de água potável.** Norte Científico, v.1, n.1. UFPB, dezembro de 2006.