

## A busca por água potável

Em relação às ações antrópicas, é sabido que o meio ambiente vem sofrendo diversos impactos negativos em seus ecossistemas, que afetam excessivamente o globo. Em virtude dessas práticas, é notável que a fauna e flora marinha, sobretudo, são extremamente prejudicadas com os efeitos provocados pelo descarte dos múltiplos resíduos nos oceanos. Diante deste quadro, é necessário destacar a importância dos pântanos (águas marítimas e oceânicas) como uma grande reserva natural de gás oxigênio ( $O_2$ ). De acordo com o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), em média 54% do oxigênio do mundo é produzido nesse ambiente através das algas, fato que evidencia a importância dos oceanos para a manutenção da vida de diversas espécies animais e vegetais e para a busca por mecanismos para diminuir os níveis indicativos da poluição. A ONU (Organização das Nações Unidas) declarou que de 2021 até 2030 será a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável” e, neste período, a partir dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável propostos na Agenda 2030, serão discutidas medidas efetivas para melhoria da saúde dos oceanos, estimulação de parcerias com a iniciativa pública e privada, angariação de recursos, incentivo à pesquisa e envolvimento dos governos a fim de estabelecer legislações que prezem a proteção e o uso sustentável do pulmão global.

A água é um recurso natural essencial à vida, entretanto apenas 3% corresponde à água doce (os outros 97% referem-se às águas salinas disponíveis em mares e oceanos) e dessa porcentagem apenas 0,002% é potável, sendo inversamente proporcional ao tamanho da população mundial. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), aproximadamente 768 milhões de pessoas sofrem pela falta de acesso ao recurso e perspectivas apresentadas pela ONU apontam que até 2050, 5 bilhões de pessoas serão atingidas pela escassez de água. Sendo assim, para minimizar o problema, os cientistas buscam por métodos como a dessalinização das águas salgadas por osmose reversa.

A osmose reversa, usada na dessalinização, é um processo físico-químico no qual o solvente de uma solução concentrada migra através de uma membrana semipermeável para o solvente puro quando aplicada uma pressão externa superior à pressão osmótica que, em relação à água do mar é de aproximadamente 30 atm, para torná-la, junto a outros mecanismos de padronização e eliminação de microrganismos e rejeitos, potável. Nesse procedimento, descrito na Figura 1, a água do mar é bombeada e encaminhada ao pré-tratamento (1) para a remoção de impurezas. Em seguida, realiza-se o processo de osmose reversa (2). Por fim, o pH (potencial hidrogeniônico) da água é ajustado (3) e esta, já potável, segue para o reservatório e fica disponível para distribuição (4).

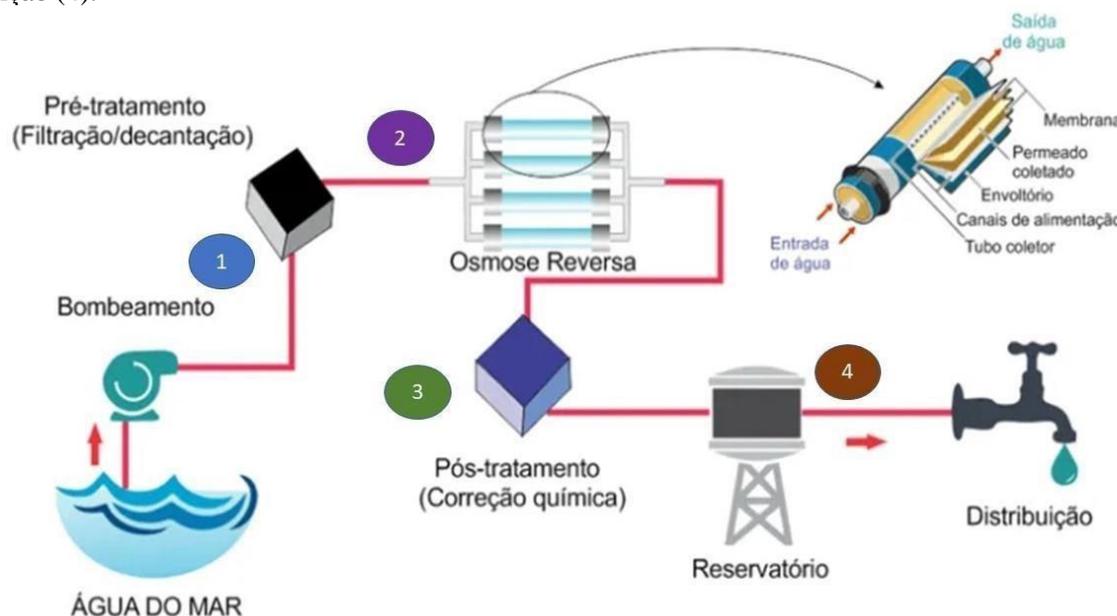


Figura 1 - Esquema do sistema de dessalinização por osmose reversa

Fonte: <https://betaeq.com.br/index.php/2019/09/04/a-potabilizacao-da-agua-do-mar-e-uma-realidade/>

Segundo o IDA (Associação Internacional de Dessalinização), cerca de 150 países, entre eles o Brasil, já usufruem desse processo, e mais de 300 milhões de pessoas são beneficiadas pela dessalinização. Com isso, inúmeras usinas vêm sendo construídas em prol dessa metodologia, como a Yuma, localizada no estado do Arizona, nos Estados Unidos, que produz cerca de 72 milhões de galões de água potável diários. Outro exemplo é a de Israel, inaugurada em 2013, em Sorek, classificada na época como a maior usina de dessalinização do mundo, capaz de dessalinizar e potabilizar 227 bilhões de litros de água anualmente. No mundo, são dessalinizados 1 bilhão de litros de água por dia.

O Brasil, assim como supracitado, também tem como uma das fontes de geração de água potável a dessalinização por osmose reversa, cujos investimentos provêm do Programa Água Doce (PAD) administrado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), com a finalidade de abastecer as populações de baixa renda da região Nordeste e do norte de Minas Gerais, nas quais os recursos hídricos são mais escassos e a quantidade de sal na água subterrânea é elevada. Vale ressaltar que este processo de dessalinização também pode ser aplicado para o tratamento da água retirada de poços salobros, bastante comuns no nordeste brasileiro. O tratamento da água por essa via custa apenas R\$ 1 para dessalinizar 1000 litros de água salobra e entre R\$ 1,50 e R\$ 2 para o mesmo volume de água do mar.

Em 2020 os EUA iniciaram estudos mais aprofundados em um método diferenciado e mais sustentável de dessalinização, que demanda 25% da energia usada em métodos tradicionais e que, em contrapartida da osmose reversa, pode ser usado em salmouras hipersalinas ( $\text{NaCl}$  em concentrações de aproximadamente 4 mol/L). O método, chamado TSSE (Temperature Swing Solvent Extraction) [1], consiste na mistura de um solvente de baixa polaridade à salmoura de concentração salina elevada (formando um sistema bifásico) à temperatura ambiente local ( $15^{\circ}\text{C}$ ) para que o solvente, que pode ser diisopropilamina (DIPA), N-etil-cicloexilamina (ECHA) ou N,N-dimetilcicloexilamina (DMCHA), consiga extrair somente a água da salmoura através de interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio. A mistura é separada do sal e em seguida a mistura contendo o solvente com água é aquecida em temperaturas próximas à  $68^{\circ}\text{C}$  para diminuir a solubilidade da  $\text{H}_2\text{O}$  e possibilitar a retirada da massa aquosa da solução. O solvente orgânico residual pode ser utilizado para um próximo ciclo de tratamento. Os resultados obtidos mostraram que o ECHA foi capaz de remover até 98,4% do sal existente na água.

No Brasil, foi estudado pelo Latea (Laboratório de Tecnologias Ambientais), localizado no DEQ (Departamento de Engenharia Química) da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) outro método alternativo de dessalinização, com baixo custo e baixo gasto energético, denominado deionização capacitiva, representado na Figura 2:

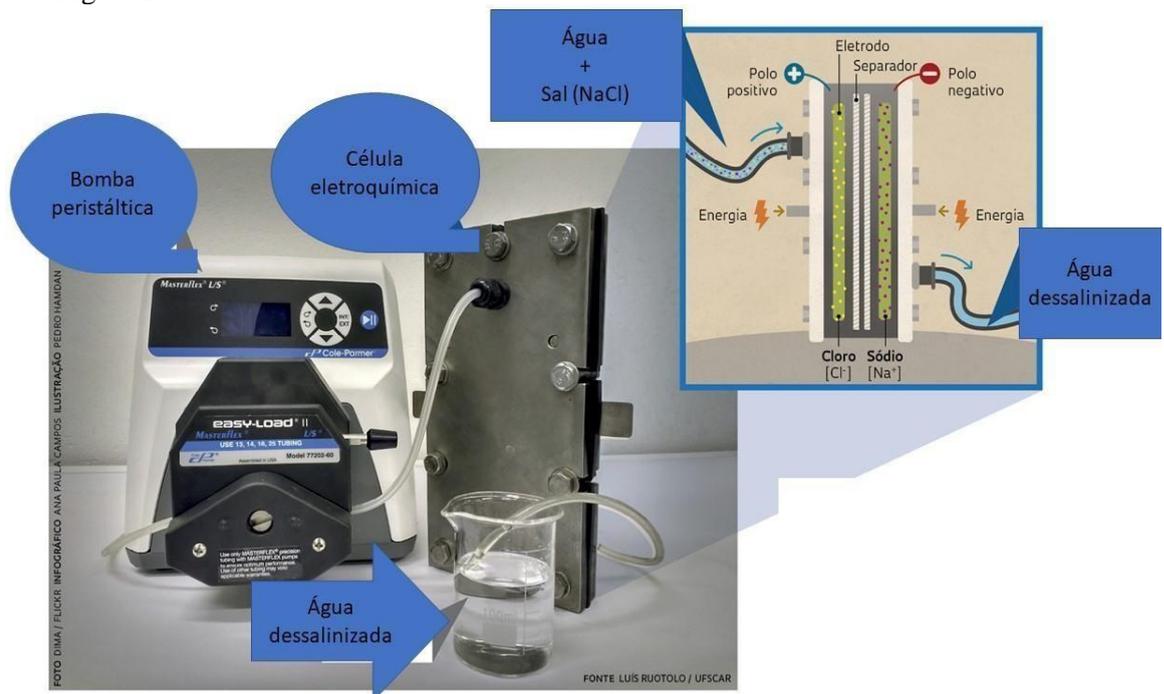


Figura 2 - Exemplificação do processo de deionização capacitiva

Fonte: Luis Ruotolo / UFSCAR

No procedimento é aplicada uma voltagem de 1,2 V sobre dois eletrodos de carbono com porosidade nanométrica ( $1 \text{ nm} = 1.10^{-9} \text{ m}$ ) especialmente produzidos para esta finalidade, tornando um polarizado positivamente e o outro negativamente, de forma que a água salina passará entre eles fazendo com que o  $\text{Na}^+$  seja atraído pelo pólo negativo e o  $\text{Cl}^-$  pelo positivo. Ao final disso, temos como produto a água dessalinizada.

A dessalinização, apesar de ser um caminho alternativo para o fornecimento de água potável, não deve ser vista como resolução de problemas, pois com esse processo há a produção de rejeitos salinos em alta concentração que podem causar danos ao meio ambiente. Algumas alternativas vêm sendo propostas, ao longo dos anos, para o reaproveitamento desses resíduos, como o cultivo de plantas halófitas, que são capazes de sobreviver em condições de alta salinidade. Devido à capacidade de absorção de diversos sais, entre eles o cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), que se acumula nas folhas das plantas, enquanto retira os íons tóxicos presentes no solo e aumenta a concentração de cálcio. A *Sarcocornia ambigua*, um gênero de halófitas, natural da costa brasileira, pode ser utilizada como biofiltradora no tratamento de efluentes da aquicultura, além de servir como alimento para gado, galinhas, caprinos e para tilápias do gênero *Oreochromis*. As macrófitas aquáticas, como o aguapé, são halófitas empregadas em fitorremediação para descontaminar ambientes poluídos com metais ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Se}$ ), elementos radioativos ( $\text{U}$ ,  $\text{Cs}$ ,  $\text{Sr}$ ), hidrocarbonetos derivados de petróleo, pesticidas e herbicidas, explosivos como o trinitrotolueno ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ ), dentre outros.

O Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) desenvolveu uma técnica capaz de tornar a dessalinização mais eficiente, convertendo a salmoura residual em produtos químicos úteis para o próprio processo, como o hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), popularmente conhecido como soda cáustica, usado no pré-tratamento da água do mar, que evita o *fouling* (incrustação) das membranas semipermeáveis utilizadas na osmose reversa. A técnica utiliza processos químicos, já bem conhecidos e padronizados como a nanofiltração para remoção de compostos indesejáveis, e eletrodialise (separação de íons por membrana de troca iônica) para produzir o produto final desejado.

Diante dos fatos observados, é inegável que a escassez de água para consumo, práticas agrícolas e industriais, entre outras necessidades, é um dos maiores dilemas que a população mundial enfrenta e, por isso, diversas vezes, são as causas de conflitos entre países. Uma das soluções para esses embates é a dessalinização, todavia, esse processo precisa de aperfeiçoamento e investimentos para que os rejeitos produzidos não gerem problemas ambientais maiores do que aqueles pelos quais o planeta já passa (aquecimento global, por exemplo). Independente das metodologias de dessalinização, é preciso lembrar que para minimizar o problema da falta de água é necessário não só a criação de caminhos para potabilização, mas também para a promoção de campanhas de educação ambiental em prol da proteção de nascentes, estimulação do consumo consciente, conservação e manutenção de ambientes marinhos e descarte correto do lixo, para que, assim, todos tenham o direito ao acesso e consumo de água potável.

## Referências:

- [1] site: <https://www.youtube.com/watch?v=P8VPVdZm0r8&t=4s>
- [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662006000300028&script=sci\\_arttext&](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662006000300028&script=sci_arttext&)
- <https://tratamentodeagua.com.br/osmose-reversa-dessalinizacao/>
- <http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/escassez-de-agua/materia.html?materia=dessalinizar-a-agua-e-cada-vez-mais-viavel.html#:~:text=%22Entre%20os%20outros%20processos%20t%C3%A9micos,do%20mar%22%2C%20exp%C3%B5e%20Fran%C3%A7a.>
- <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196041/1/Aproveitamento-dos-Rejeitos-da-Dessalinizacao.pdf>
- <https://nuntiare.sites.uepg.br/2018/08/29/ dessalinizacao-e-necessidade-permanente-de-conseguir-agua-potavel-para-o-mundo/>
- [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/tecnologia/2020/07/06/interna\\_tecnologia,869657/novo-metodo-americano-promove-dessalinizacao-mais-sustentavel-da-agua.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/tecnologia/2020/07/06/interna_tecnologia,869657/novo-metodo-americano-promove-dessalinizacao-mais-sustentavel-da-agua.shtml)
- <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127799>
- <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015a/simposio%20agroecologia/Dessanilizador.pdf>
- <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/26066>

- <https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/2036/1/Aristides%20Ant%C3%B3nio%20Monteiro%20Santos.pdf>
- <https://sites.google.com/site/dessalinizacaosensores/procedimento-da-dessalinizacao-por-osmose-reversa>
- <https://ciclovivo.com.br/planeta/crise-climatica/oceanos-pulmoes-do-planeta/>
- <https://betaeq.com.br/index.php/2019/09/04/a-potabilizacao-da-agua-do-mar-e-uma-realidade/>
- <https://namidia.fapesp.br/index.php/pesquisa-da-ufscar-busca-dessalinizacao-da-agua-mais-barata-e-eficiente/188760>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894717315668>
- <https://www.zapingnews.com/2020/06/novo-metodo-de-dessalinizacao-promete.html>
- <http://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/decada-global/>
- <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.estlett.9b00182>
- <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/aquafero-alter-do-chapso-a-c-o-maior-reservata3rio.2019-03-15.3692202018>
- <https://cnpem.br/agua-sem-sal/>
- <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/05/Cristiano1011.pdf>
- <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/06/3392-11833-1-PB.pdf>