

Dessalinização da água do mar através de osmose reversa

Ariane Almeida Oliveira , Déborah Rodrigues Siqueira, Erika Helena Fernandes Lisboa, Nathalia Sisley Marques Pereira, Roberta Robert Santos

arianealmeida96@gmail.com, deborahrsiqueira@gmail.com, erikaspindola01@gmail.com, natsisley4@gmail.com, roberta05csantos@gmail.com

Professora orientadora: Vanessa Mota Vieira

Coordenação de curso de Engenharia Química

Resumo

A água é essencial para a vida, mas muitas partes do mundo estão enfrentando uma crise hídrica. Segundo as Nações Unidas, até 2025, metade da população mundial viverá em áreas com escassez de água. Isso significa que há uma necessidade urgente de soluções sustentáveis no tratamento de água.

A dessalinização, o processo de remoção de sal e outros minerais da água do mar, é uma dessas soluções. Tem o potencial de fornecer a milhões de pessoas acesso à água potável, especialmente em regiões onde os recursos de água doce são escassos.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma visão geral do sistema de dessalinização por osmose reversa, destacando a importância desse equipamento tanto em ambientes marítimos como em terrestres e explorar brevemente a atual situação da água potável na sociedade contemporânea. O texto discute o princípio do processo, manutenção, bem como as vantagens e desvantagens desse sistema.

Para embasar este artigo, foram realizadas pesquisas em artigos científicos, websites de empresas especializadas e organizações envolvidas com a dessalinização por osmose reversa, bem como trabalhos de conclusão de curso previamente elaborados sobre o assunto. Essas fontes contribuíram para a análise dos principais aspectos desse sistema e para a compreensão de seu papel na mitigação da escassez de água potável.

Palavras-chaves: Dessalinização, Osmose Reversa, Água potável, Água Salgada.

1. INTRODUÇÃO

O nosso Planeta Terra é conhecido como Planeta Azul por ter 70% de sua superfície coberta de água. Esta água está distribuída em água salgada, congelada nas regiões polares, chuvas, água salobra e subterrânea, riachos, rios e lagos.

Segundo o World Wildlife Fund (WWF) do total de água disponível no planeta, 97% estão nos mares e oceanos (água salgada) e apenas 3% são água doce. Dessa pequena porcentagem, pouco mais de 2% estão nas geleiras (em estado sólido) e, portanto, menos de 1% está disponível para consumo.

Sabe-se também que esta água potável não é bem distribuída geograficamente, sendo que o Brasil possui 12% de toda a água doce do planeta, sendo cerca de 113 mil Km³ de água em seu subsolo, nos aquíferos e lençóis freáticos. (KHANACADEMY,2020).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, são necessários de 50 a 100 litros de água doce por pessoa por dia. Cerca de 3 em cada 10 pessoas em todo mundo, ou 2,1 bilhões de

pessoas, não têm acesso a água potável, e 6 em cada 10 pessoas, ou 4,4 bilhões de pessoas não têm água potável segura para garantir que as necessidades humanas mais básicas sejam atendidas e para minimizar os efeitos nocivos à saúde (UNICEF, 2017).

Levando em consideração o crescimento populacional, a maior demanda de água para uso industrial e agrícola, as constantes mudanças climáticas, juntamente com a contaminação crescente e o desperdício de água potável existente, torna-se compreensível porque várias regiões do Brasil e do mundo enfrentam grandes dificuldades em obter água limpa e adequada para consumo. É claro que esse problema está se agravando cada vez mais, o que tem gerado uma grande preocupação com a preservação ambiental. Diante disso, são necessários processos que envolvam a reciclagem e o tratamento da água, bem como a busca por alternativas para obter água pura. (AUGUSTO, et.al,2010).

Tendo em vista a abundância de água salgada na natureza, que contém quase todos os elementos químicos, do hidrogênio ao urânio, está se tornando cada vez mais importante considerar formas mais eficientes de transformá-la em água doce, um dos processos que vamos abordar é a de dessalinização, entre as várias técnicas disponíveis a que mais se destaca é a osmose reversa devido à sua capacidade de remover partículas minúsculas. Esse processo relativamente simples envolve a aplicação de uma pressão externa maior do que a pressão osmótica, fazendo com que a água atravesse uma membrana semipermeável, passando de uma solução com alta concentração de sal para uma solução com baixa ou nenhuma concentração desse composto. (CAETANO et. al., 2018).

Dessa forma, o propósito deste trabalho é fornecer uma visão geral do sistema de dessalinização por osmose reversa, destacando a sua relevância em diferenciados ambientes e em várias aplicações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dessalinização

Segundo Pereira e Quirino a dessalinização refere-se a vários processos físico-químicos de retirada de sal e outros minerais da água, transformando-a em água doce.

Processos de dessalinização conhecidos:

- Dessalinização térmica: a água salgada é evaporada artificialmente e depois condensada. O sal não é carregado no processo de evaporação.
- Destilação por forno solar: através de um espelho parabólico o forno solar concentra os raios solares numa zona específica, a fim de que um recipiente com a água a destilar chegue a temperaturas maiores que o normal.
- Destilação multiestágios: Utiliza-se vapor a alta temperatura para fazer a água salgada entrar em ebulição. São multiestágios pois a água passa por diversas células de ebulição e condensação, garantindo um elevado grau de pureza.
- Congelamento: Envolve o congelamento da água, pois somente a água pode ser congelada, os sais não congelam. Esse processo é repetido, inúmeras vezes para que consiga água destilada. Em grande escala, esse processo é muito caro, portanto, é testado e melhorado apenas em laboratórios.
- Eletrodiálise: também é conhecida como pilha de membranas, na qual através de um sistema de cátodo e ânodo, separa-se os sais da água, obtendo água pura.
- Osmose reversa: que será abordado neste trabalho. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Como ilustrado na Figura 1, os processos mais utilizados atualmente dividem-se em térmicos e tecnologia de membranas, porém apenas dois deles, a destilação multi-estágios e a osmose reversa representam 88% da dessalinização global. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Figura 1 – Processos de Dessalinização



Fonte: Betaeq & Carrijo, 2019

2.2 Osmose Reversa

A osmose é um fenômeno natural e científico que ocorre quando dois líquidos, com diferentes concentrações, são separados por uma membrana semipermeável dentro de um recipiente. Nesse sistema, como a água salgada de um lado e a água pura do outro, os líquidos procuram atingir o equilíbrio entre suas concentrações. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

O fenômeno da osmose tem importância fundamental na natureza, já que o transporte seletivo através de membranas é essencial à vida, esse sistema envolve a ação da água quando duas soluções de concentrações diferentes são separadas por uma membrana semipermeável. A água fluirá da solução menos concentrada para a mais concentrada, até que se atinja um equilíbrio. (GAIO, 2016).

Este sistema é utilizado há vários anos, considerando a qualidade da água de partida e a qualidade da água que se deseja produzir, consiste na utilização de uma pressão externa superior à pressão osmótica, forçando a água a atravessar uma membrana semipermeável, passando de uma solução de alta concentração de sal para uma de baixa ou com nenhum teor deste composto, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Processo de Osmose Reversa



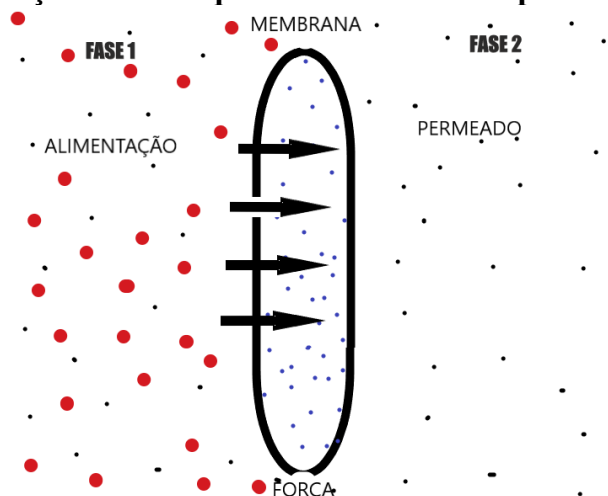
Fonte: Página da Vexer.¹

A osmose reversa pode ser aplicada em um único estágio ou em vários estágios. No sistema de um estágio, a água de alimentação é fornecida e passa por membranas em série, resultando em duas correntes: permeado e concentrado salino. Já no sistema de múltiplos estágios, o concentrado salino é reintroduzido na membrana para produzir mais permeado, removendo ainda mais contaminantes. Esse processo torna a água ultrapura e melhora a eficiência do sistema como um todo.(WILF, 2004).

2.3 Membrana

A membrana é definida como uma barreira permeável que limita a transferência de massa entre duas fases. A eficiência e o desempenho da membrana dependem da sua seletividade e do fluxo. Existem dois tipos principais de membranas: biológicas e sintéticas. Quanto à estrutura, as membranas podem ser simétricas, com uma espessura de 100 a 200 μm , ou assimétricas, consistindo de uma camada fina (com espessura entre 0,1 e 0,5 μm) e uma camada porosa (com espessura entre 50 e 150 μm). (BAKER, 2004).

Figura 3 - Representação de um esquema de duas fases separadas por membrana



Fonte: Ingrid Ferreira Tamasco.

A primeira membrana sintética foi produzida por Moritz Traube em 1867. Posteriormente, em 1953, Reid e Breton aperfeiçoaram a ideia desenvolvendo membranas de acetato de celulose que tinham bom desempenho, mas apresentavam baixa taxa de rejeição de sais e baixo fluxo de permeado. Então, surgiram as membranas de poliamida aromática com melhor taxa de rejeição e que não sofrem biodegradação.

Atualmente, com o crescimento da demanda por purificação de água, vêm surgindo membranas cada vez mais eficientes e que oferecem água com maior grau de potabilidade.

As membranas semipermeáveis são capazes de reter os sais dissolvidos, permitindo que a água passe por elas. Podem ser de vários tipos:

- Membranas Assimétricas: compostas por uma película fina de alta densidade, que é capaz de rejeitar os sais dissolvidos na água, e um interior poroso com o objetivo de dar firmeza à membrana. A membrana de acetato de celulose é um exemplo, com baixo custo e resistência ao cloro, porém, requer elevada pressão para a operação e tem baixa resistência à filtração;
- Membranas Simétricas: têm poros regulares e consistem em um filme de alta espessura, e por isso apresentam fluxo de água baixo. As membranas aromáticas de poliamida são um exemplo;
- Membranas de Compósito de Filme Fino: são de poliamida, em formato espiral. Têm rejeição de sais de mais de 99% e alto fluxo de água.

2.4 Aplicações de sistema de dessalinização

Esse processo de dessalinização já vem sendo implementado em vários países, e também no Brasil, tendo como base o estado de Fernando de Noronha.

Para que pudesse garantir o abastecimento de água do Arquipélago de Fernando de Noronha, foi assinado um novo projeto para instalação de um novo sistema de dessalinização da água do mar. O processo é feito com a técnica de osmose reversa, o resultado desse novo projeto na cidade é que vai garantir o aumento quase cinco vezes na oferta de água potável para população (NORONHA, 2023).

Em Fernando de Noronha, são utilizados os dessalinizadores marinhos, para o abastecimento público..

Segundo Tavares, o sistema de dessalinização alcança a água do mar na Praia do Boldoró, a uma distância de 300m. Essa operação, entretanto, só é possível quando a altura da maré é superior a 0,70m. Para evitar a paralisação do sistema, foi construído um reservatório de regularização de vazão. (TAVARES, 2015)

O estado de Pernambuco também se destaca nessa tecnologia, pois realiza a dessalinização desde 1988 e possui cerca de 185 estações de tratamento de água. Em 2004, a dessalinização se tornou parte das políticas públicas nacionais com o Programa Água Doce (PAD). O PAD abrange todo o Nordeste e o norte de Minas Gerais, regiões com baixa disponibilidade de água e alta salinidade nas águas subterrâneas. Iniciado em 1997 para desenvolver técnicas de dessalinização, o programa agora se concentra na manutenção e aproveitamento das estruturas de dessalinizadores instalados na década de 90.

Outro país reconhecido como um dos principais países nessa área é Israel, pois aproximadamente 80% da água potável consumida pela sua população é obtida a partir da água do mar. (LOPES, 2017).

3. METODOLOGIA

Realizou-se um estudo de caso sobre a dessalinização da água do mar, rica em cloreto de sódio, para produção de água potável. Técnica bastante utilizada em regiões com poucos recursos hídricos, garantindo o abastecimento de água de boa qualidade, mesmo em condições pouco favoráveis. Também é uma forma de tratamento para a reutilização dos efluentes para indústrias, por meio do uso de um sistema de polimento final dos efluentes descartados no meio ambiente. (SIMÃO, 2011).

Para isto, foi pesquisado o método osmose reversa que apresentou-se como o mais eficaz e utilizado atualmente, apresentando maior eficiência na redução dos contaminantes, como Cromo, DBO5, sólidos suspensos, cloreto de sódio, microrganismos, zooplâncton e larvas que vivem nos oceanos, além de reter substâncias com tamanhos de até 0,1 nanômetro e eliminar sais, partículas e outros componentes com um peso molecular de aproximadamente 150-250 daltons, conforme podemos observar no Quadro 1. (SANTOS, 2015) (DE FRANÇA, 2004)

Quadro 1 - Rejeição de impurezas

% Rejeição / Íon	%Rejeição / Íon	%Rejeição / Íon	%Rejeição / Íon
97/99% Ferro	95/99% Cálcio	98/99% Pesticidas	96/99% Estrôncio
97/99% Cádmio	92/97% Nitrato	97/99% Sílica	96/99% Bário
97/99% Alumínio	94/99% Sódio	95/99% Prata	97/98% Cromo
97/99% Cloreto	85/97% Amônia	96/99% Fluoreto	95/99% Bicarbonato
97/99% Cobre	95/99% Magnésio	97/99% Fosfato	87/94% Brometo
95/99% Cromato	100% Bactérias	97/99% Zinco	98/99% Ferrocianeto
96/99% Mercúrio	94/99% Chumbo	97/99% Sulfato	85/90% Silicato
97/99% Níquel	61/92% Borato	98/100% Orgânicos	97/99% Arsênio
95/99% Radioatividade	97/99% Manganês	95/99% Dureza Ca & Mg	
92/97% Cianureto	67/95% Boro	87/94% Potássio	

Fonte: Ferran (2020)

3.1 Funcionamento

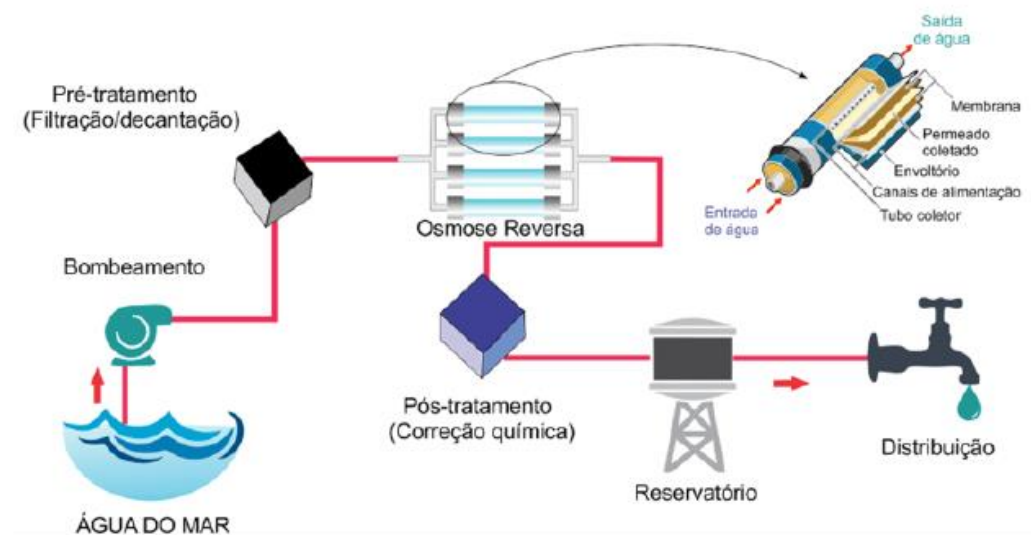
Esse processo exige a aplicação de uma pressão externa que supere a pressão osmótica, criando uma força direcionada para impulsionar o líquido através da membrana. A forma mais comum de gerar essa força é por meio de uma bomba de alta pressão instalada imediatamente antes da membrana. Quanto maior a pressão aplicada, maior será a força direcionada. À medida que a concentração do líquido aumenta devido à retenção dos rejeitos pela membrana, será necessária uma força direcionada ainda maior para continuar concentrando o líquido. (FULLY, 2014).

É essencial realizar um pré-tratamento na água de alimentação antes de passá-la pelo sistema. O objetivo do pré-tratamento é diminuir a presença de partículas e contaminantes que poderiam prejudicar a membrana ou causar danos à bomba de alta pressão, que está instalada imediatamente antes da membrana. A escolha dos elementos de filtragem utilizados no projeto pode variar de acordo com a qualidade da água a ser tratada. (FRISCHKORN, 2016).

É requerida uma pressão inicial para permitir a filtração dessa água. Para obter a pressão necessária, é utilizada uma bomba conhecida como bomba de alimentação de água, que aumenta a pressão da água de entrada, permitindo que ela passe pelos filtros e alcance a bomba de alta pressão.

Conforme mostrado na Figura 4, a água doce produzida, antes de alcançar o seu destino final, também passará por componentes auxiliares usados para o tratamento mineral e químico dessa água, de acordo com a sua finalidade.

Figura 4 - Configuração Básica



Fonte: Betaeq & Barbosa (2019).

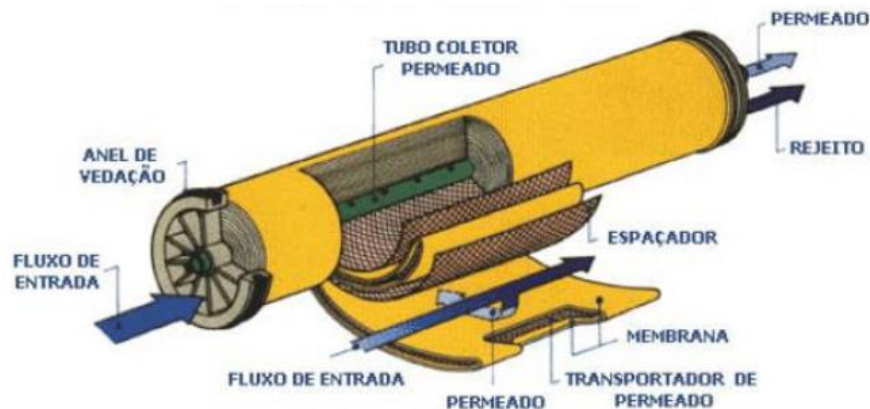
3.2 Componentes típicos do sistema de dessalinização

Uma instalação de dessalinização por osmose reversa normalmente é composta pelos seguintes elementos:

- **Bomba de alimentação:** uma bomba centrífuga, com motor elétrico feito de aço inoxidável para resistir ao ambiente salino. Sua função é manter uma pressão positiva na unidade.

- Filtro primário: um filtro de areia equipado com válvula para retrolavagem manual ou automática. Sua finalidade é reter a maior parte das partículas sólidas maiores, removendo partículas de até 25 microns.
- Pré-filtros: responsáveis por reter partículas sólidas menores. Geralmente, são cartuchos descartáveis em sequência, capazes de reter partículas de 25 a 8 microns, podendo ser encontrados para partículas a partir de 1 micron. São instalados em posição acessível para trocas frequentes.
- Bomba de alta pressão: normalmente, é uma bomba de deslocamento positivo, alternativa, acionada por motor elétrico e protegida por aço inoxidável ou material resistente ao ambiente salino. Possui alta potência e atinge pressões entre 40 e 80 bar.
- Membrana de osmose reversa: destacada na Figura 5, é o elemento mais crucial do sistema, pois permite a retenção de aproximadamente 99% das partículas. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Figura 5 - Membrana



Fonte: Betaeq & Lazzarotto (2019).

Os materiais principais usados na fabricação dessas membranas são um delicado filme de poliamida e polissulfonato, que, sem um suporte adequado, não conseguiriam resistir às tensões.

A dificuldade de combinar os requisitos de uma grande área superficial com resistência suficiente foi resolvida através da produção de membranas em formato de cartuchos em espiral, que são instalados em um invólucro resistente a alta pressão.

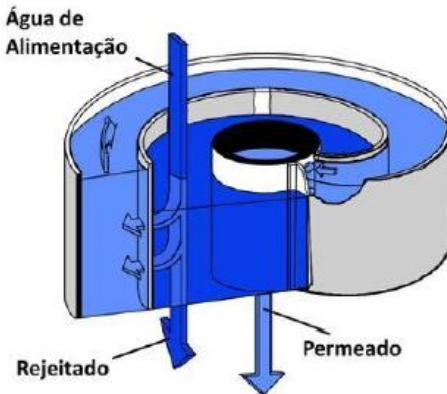
No centro dos cartuchos, há um tubo com poros, conectado às extremidades abertas de vários envelopes, cada um feito de duas camadas de material da membrana. Os envelopes são separados por camadas de um tecido grosso. Em seguida, os envelopes e separadores são alojados dentro de cilindros.

Os cilindros são organizados em paralelo, mas, com o objetivo de aprimorar a qualidade do produto final, são dispostos em série. Esses cilindros são recipientes de pressão com formato cilíndrico, fabricados em fibra de vidro especial ou aço inoxidável, sendo seus componentes projetados para suportar, pelo menos, o dobro da pressão máxima de operação, por razões de segurança, em torno de 1000 psi. Pode haver dispositivos de isolamento para cada cilindro.

As membranas possuem anéis de vedação que são essenciais para separar a água produzida, a água de alimentação e a salmoura a ser descartada.

Conforme mostra a figura 6, as membranas são projetadas para facilitar a limpeza e ter uma vida útil prolongada. A maioria das tecnologias de osmose reversa utiliza um processo conhecido como “crossflow” (fluxo cruzado) para permitir que a membrana seja limpa continuamente. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Figura 6 - Fluxo de água na membrana



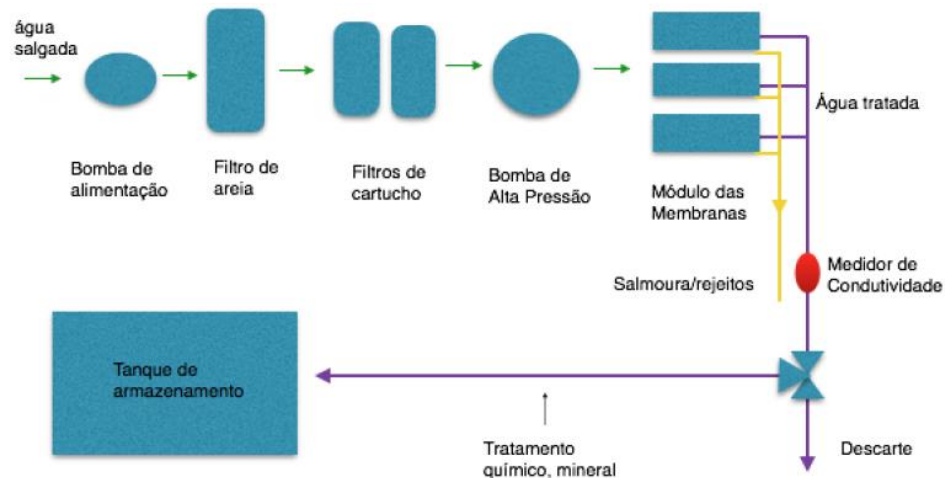
Fonte: Clean Services (2020).

As membranas são dispostas de forma que uma parte da água salgada de alimentação atravesse a membrana e outra parte da água de alimentação seja descartada. Isso cria um fluxo contínuo de água passando sobre as superfícies das membranas, o que ajuda na limpeza, removendo os rejeitos e mantendo a superfície livre de depósitos. No entanto, ainda são necessárias lavagens periódicas e limpezas com produtos químicos para remover acúmulos e incrustações.

- **Sensor de condutividade:** Após a água passar pelo módulo de osmose reversa, são produzidos dois fluxos. Um é de água dessalinizada e o outro é de água com alta concentração de sal, conhecida como salmoura. A salmoura é continuamente descartada. A água tratada passa por uma célula de condutividade que mede a condutividade da água. Se a condutividade estiver alta, significa que a água ainda contém uma salinidade acima do desejado, e ela é automaticamente descartada e retorna para o ponto de captação por meio de uma válvula automática de 3 vias. Se a condutividade estiver dentro do limite desejado, a água dessalinizada é direcionada para um tanque de armazenamento por meio da válvula.
- **Filtro rehardening:** Esse filtro tem a função de aumentar a dureza da água doce produzida. Ele possui válvulas para limpeza por retrolavagem química, a fim de evitar a formação de lodo no fundo e uma película de sujeira na superfície do material. Também possui uma válvula bypass para inspeção interna do equipamento sem a necessidade de parar completamente a planta de osmose reversa.
- **Bomba dosadora:** Além da adição de sais minerais à água doce produzida, também é necessário adicionar uma certa concentração de cloro para esterilizar a água e evitar a formação de microrganismos prejudiciais à saúde humana. Isso é feito através de uma bomba dosadora que dosa hipoclorito de sódio na água.
- **Tanque de armazenamento:** Geralmente, a água nos tanques de armazenamento é monitorada em relação ao cloro, pH e cloreto. Amostras periódicas são coletadas para análise em laboratório, e os resultados são arquivados para inspeções e um melhor controle. Dependendo do uso final da água produzida, após sair do tanque, ela pode passar por filtros

de carvão ativado, sistemas de ultravioleta ou outros tratamentos adicionais. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Figura 7 - Componentes típicos do sistema



Fonte: Adaptada de Clean Services (2020).

- Sistemas de limpeza das membranas: Também é possível contar com um mecanismo automático de retrolavagem das membranas, ativado após o desligamento do equipamento, e um sistema fixo composto por bomba, reservatório, válvulas e controles para facilitar a limpeza química das membranas.
- Painel de controle e instrumentação do sistema: Geralmente, os módulos de osmose reversa são equipados com um salinômetro que indica a salinidade no painel de controle. Há uma válvula reguladora de alta pressão nas membranas, manômetros para medir a pressão baixa e alta, termômetros para medir a temperatura da água na saída dos cilindros, medidores de vazão (hidrômetro/rotâmetro), uma válvula de três vias controlada pelo sensor de condutividade, luzes indicadoras, dispositivos de segurança, alarmes, um horímetro, um amperímetro e interruptores liga/desliga. Na Figura 8, é apresentado um módulo de osmose reversa e pode-se observar que os modelos mais modernos e automatizados possuem um monitor para interação com o operador. (PEREIRA & QUIRINO, 2020).

Figura 8 - Módulo de osmose reversa



Fonte: Orion (2020).

No sistema de dessalinização por osmose reversa, é importante utilizar redes de alimentação de água salgada feitas de materiais resistentes à corrosão. Isso é feito para minimizar a presença de impurezas nas membranas de filtragem, prolongando a vida útil do equipamento e evitando a necessidade frequente de retrolavagem. Geralmente, as redes são construídas com materiais como PVC ou mangueiras desde a bomba de alimentação até a aspiração da bomba de alta pressão. A partir da descarga da bomba de alta pressão até os cilindros das membranas, as redes podem ser feitas de aço inoxidável. Isso é feito para garantir a integridade do sistema e evitar a contaminação da água tratada.(PEREIRA & QUIRINO, 2020)

3.3 Manutenção

Segundo Moreira, existem vários itens adicionais necessários para a manutenção preventiva do dessalinizador por osmose reversa. Esses itens incluem produtos químicos para limpeza, um filtro de carvão ativado, elementos de filtragem que devem ser substituídos com base na qualidade da água a ser dessalinizada, óleo lubrificante para a bomba de alta pressão e as membranas, que são o componente principal do sistema de osmose reversa. As membranas têm uma vida útil longa, geralmente de 3 a 5 anos, dependendo do fabricante.

Além disso, também são necessários alguns itens básicos para manutenções corretivas emergenciais ou planejadas, como manômetros, termômetros, mangueiras e conexões de PVC. O uso de PVC ou mangueiras nas redes facilita a rápida correção de vazamentos nas redes ou conexões.

Alguns componentes podem exigir reparos frequentes, como as válvulas de admissão e descarga da bomba de alta pressão, que podem apresentar fadiga nas molas de acionamento devido ao uso contínuo. Os anéis de vedação dos cilindros das membranas também podem se deslocar ou romper devido à alta pressão de trabalho, o que pode contaminar a água produzida e exigir a substituição dos mesmos.

Para evitar a redução do fluxo de água salgada na aspiração da bomba de alta pressão, o que pode levar ao desarme do sistema, é necessário manter os filtros instalados antes dessa bomba e o ralo de aspiração da bomba centrífuga de alimentação sempre limpos e monitorar as diferenças de pressão.

Com o tempo, as membranas podem sofrer incrustações devido a materiais suspensos ou solúveis presentes na água de alimentação. Exemplos comuns de incrustações incluem carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, óxidos de metais, sílica e depósitos orgânicos ou biológicos. É

importante monitorar regularmente o desempenho do dessalinizador para identificar quando as membranas estão ficando incrustadas.

A remoção das incrustações pode ser feita por meio de lavagem rápida, retrolavagem ou limpezas químicas, e também pode ser prevenida através de mudanças nas condições de operação. Limpezas químicas periódicas com substâncias como hexametáfosfato de sódio ou ácido sulfâmico são realizadas para garantir a durabilidade das membranas e a otimização do sistema. É igualmente importante destacar a necessidade de manutenções preventivas adequadas para as bombas do sistema. (MOREIRA, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Vantagens do sistema de osmose reversa

A osmose reversa apresenta diversas vantagens como: é um método simples, com projeto, manutenção e operação fáceis. Além disso, possui alta eficiência na remoção de salinidade. Uma das principais vantagens é a capacidade de separar a água de uma ampla gama de contaminantes, como produtos químicos, sólidos dissolvidos, partículas microscópicas, coloides, sólidos suspensos, bactérias, vírus e matéria orgânica.

Outro ponto positivo é que a instalação do sistema de osmose reversa não requer muito espaço físico. O processo é natural, não sendo necessário adicionar produtos químicos para a dessalinização da água. Ele opera de forma autônoma, não dependendo da operação de outros equipamentos principais ou auxiliares para seu funcionamento.

Essas vantagens tornam a osmose reversa uma opção atraente para a dessalinização da água, permitindo a obtenção de água potável de alta qualidade em diversas aplicações, como abastecimento doméstico, agricultura, indústria e outros setores que demandam água purificada.

4.2 Desvantagem do sistema de osmose reversa

Embora o sistema de osmose reversa ofereça várias vantagens, também há algumas desvantagens importantes a serem consideradas. Uma delas é que a água tratada por esse método pode se tornar mais ácida devido à remoção de minerais alcalinos benéficos junto com minerais prejudiciais. Isso pode levar à absorção de cálcio e outros minerais essenciais do corpo quando consumimos água potável com baixa concentração alcalina. Além disso, a acidez da água resultante também pode corroer os equipamentos dos sistemas industriais.

Outra desvantagem significativa é o alto custo de manutenção devido ao valor comercial das membranas utilizadas no processo. A composição dessas membranas, geralmente feitas de poliéster, polisulfona e poliamida, eleva os custos de substituição e reparo.

A osmose reversa gera um subproduto: água salina concentrada, conhecida como salmoura. A destinação adequada e ambientalmente correta desse resíduo é um desafio que precisa ser cuidadosamente considerado. O descarte inadequado da salmoura pode causar contaminação ambiental, afetando ecossistemas aquáticos.

Portanto, é importante avaliar tanto as vantagens quanto às desvantagens do sistema de osmose reversa ao considerar sua implementação, garantindo um equilíbrio entre a obtenção de água purificada e os impactos ambientais e de saúde associados ao processo.

CONCLUSÃO

Nosso trabalho teve como objetivo detalhar o processo de funcionamento, vantagens, desvantagens, componentes e manutenção do dessalinizador por osmose reversa.

O processo de funcionamento deste equipamento consiste em utilizar membranas semipermeáveis para separar a água salgada em duas correntes: uma corrente de água dessalinizada e outra corrente de salmoura concentrada. Esse método oferece uma alta eficiência e confiabilidade, mesmo com um projeto relativamente simples. Além disso, o dessalinizador por osmose reversa ocupa um espaço físico reduzido, o que é uma vantagem importante, especialmente em áreas com restrições de espaço.

Embora a manutenção desse equipamento possa envolver custos mais elevados, principalmente devido à substituição periódica das membranas, o avanço tecnológico tem tornado sua utilização cada vez mais viável. Portanto, o dessalinizador por osmose reversa tem se estabelecido como uma solução de grande relevância no setor hídrico, tanto no presente quanto no futuro.

É importante ressaltar que essa tecnologia desempenha um papel crucial na garantia do abastecimento de água potável em regiões costeiras, onde a água do mar é uma fonte abundante. Além disso, o processo de dessalinização por osmose reversa também tem sido utilizado em locais onde a disponibilidade de água doce é limitada, como regiões áridas e semiáridas.

No entanto, é fundamental considerar as questões ambientais associadas à dessalinização da água do mar por osmose reversa. O descarte adequado da salmoura concentrada, resultante do processo, é essencial para evitar impactos negativos nos ecossistemas marinhos. Além disso, é preciso avaliar o consumo energético necessário para operar esses sistemas, buscando soluções sustentáveis que minimizem o uso de recursos naturais.

Diante desse contexto, o dessalinizador por osmose reversa se consolida como uma tecnologia promissora e necessária para enfrentar os desafios relacionados à escassez de água potável, contribuindo para a sustentabilidade hídrica e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades afetadas pela falta desse recurso vital.

AGRADECIMENTO

Desejamos expressar nosso sincero agradecimento a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho durante nossa trajetória no curso de Engenharia Química.

Sentimos uma profunda gratidão, em primeiro lugar, a Deus, por nos conceder oportunidades de aprendizado e por nos guiar ao longo de todo o processo.

Também gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão às nossas famílias, por nos apoiarem nos momentos desafiadores e por compartilharem nossa alegria nas conquistas alcançadas.

Não podemos deixar de agradecer nossa professora e orientadora, Vanessa Mota Vieira, que generosamente compartilhou seus conhecimentos e experiências conosco, nos incentivando a buscar a excelência de forma constante.

É importante ressaltar que nenhum sucesso é alcançado individualmente, e este trabalho é o resultado conjunto de todo o apoio e orientação que recebemos ao longo de nossa jornada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WWF Brasil. **Dia Mundial da Água**. Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/dia_da_agua/#:~:text=D%20total%20de%20%C3%A1gua%20dispon%C3%ADvel,1%25%20est%C3%A1%20dispon%C3%ADvel%20para%20consumo.> Acesso em 15 de Maio 2023.

KHANACADEMY. **Distribuição de água na Terra**. Disponível em:

<<https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-a-gua-na-terra/a-agua-na-terra/a/distribuicao-da-agua-na-terra>> Acesso em 13 de Maio 2023.

UNICEF. **Estimativas globais de água, saneamento e higiene para os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em : < <https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/21-bilh%C3%B5es-de-pessoas-n%C3%A3o-t%C3%A3m-acesso-%C3%A1gua-pot%C3%A1vel-em-casa-e-mais-do-dobro> > Acesso em 13 de Maio 2023.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva et al. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. Ciência & saúde coletiva, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

CAETANO, Elvio et al. **Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais**. Águas Subterrâneas, v. 32, n. 3, p. 372-379, 2018.

GRASSI, Marco Tadeu. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. **Águas no planeta Terra**. Disponível em < <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf> > Acesso em 13 de Maio 2023.

Figura 1. **PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO**. BETAEQ; CARRIJO, Tayná de Souza. O processo de dessalinização da água. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/index.php/2019/05/06/o-processo-de-dessalinizacao-da-agua/>>. Acesso em 13 de Maio de 2023.

PEREIRA DA SILVA, Flavia e QUIRINO, Jonatas Motta. **DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA**. Disponível em < <http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/1453>> Acesso em 13 de Maio 2023.

BETAEQ; CARRIJO, Tayná de Souza. **O processo de dessalinização da água**. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/index.php/2019/05/06/o-processo-de-dessalinizacao-da-agua/>>. 2019. Acesso em 08 jun 2020.

Figura 2. **Processo de Osmose Reversa**. Disponível em: <<https://www.vexer.com.br/osmose-reversa-o-que-e-esse-processo/>>. Acesso em 13 de Abril de 2023.

GAIO, M, 2016 **Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade econômica**. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/26066/1/ulfc120740_tm_Susana_Gaio.pdf>.

BAKER, R.W., **Membrane Technology and Applications**, John Wiley & Sons, 2004

WILF, M. **Fundamentals of RO-NF technology. Proc. International Conference on Desalination Costing**, Middle East Desalination Research Center, Limassol, Cyprus, 2004.

LOPES, Maniza Sofia Monteiro Fernandes et al. **Potencial de microalgas na redução da salinidade de águas salobras visando à produção de biomassa como fonte de energia**. 2017.

SIMIÃO, J.; CARLOS, S. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o enfoque da Produção mais Limpa**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13072011-100539/publico/simiao>> Acesso em 22 de Maio 2023.

SANTOS, FRANCILE. **Trabalho de Conclusão de Curso Processos de nanofiltração e osmose inversa para pós tratamento de efluente de biorreator à membrana**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/160213/TCC%202015-2%20Franciele%20dos%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 22 de Maio 2023.

DE FRANÇA, **Andressa Bezerra**. **Estudo da viabilidade técnica para o aproveitamento da água associada à produção de petróleo utilizando a osmose reversa**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso - UFRN, Natal/RN, 2004

FERRAN. **O que é osmose**. Disponível em: <<https://www.ferran.com.br/o-que-e-osmose/>>. Acesso em 08 jun 2020.

FULY, Pierre de Mattos. **Dessalinização por osmose reversa e sua comparação com o destilador**. 2014. Trabalho de Conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2014.

FRISCHKORN, Horst. **Osmose reversa: limpeza química em membranas de dessalinizadores do Ceará**. Revista Tecnologia, v. 30, n. 1, p. 61-76, 2016.

Figura 4. Configuração básica. BETAEQ; BARBOSA, Gabriela Maria Pereira. **A potabilização da água do mar é uma realidade?**. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/index.php/2019/09/04/a-potabilizacao-da-agua-do-mar-e-uma-realidade/>>. 2019. Acesso em: 08 jun 2020.

Figura 5. Membrana. BETAEQ; LAZZAROTTO, Jaqueline. **Tratamento de água por osmose reversa**. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/index.php/2019/12/15/tratamento-de-agua-por-osmose-reversa/>>. 2019. Acesso em 08 jun 2020.

Figura 6. Fluxo de água na membrana. CLEAN SERVICES, **Limpezas Técnicas. Osmose Reversa** (OR) WTC. Disponível em: <<http://www.cleanserviceswtc.com.br/site/osmose-reversa-or-wtc/>>. Acesso em 08 jun 2020.

Figura 7. Componentes típicos do sistema. CLEAN SERVICES, **Limpezas Técnicas. Osmose Reversa** (OR) WTC. Disponível em: <<http://www.cleanserviceswtc.com.br/site/osmose-reversa-or-wtc/>>. Acesso em 08 jun 2020.

Figura 8. Modulo de osmose reversa. ORION, **Água e Energia. O que é Osmose Reversa/Inversa**. Disponível em: <<https://orionaguaenergia.com.br/osmose-reversa/>>. Acesso em 08 jun 2020.

MOREIRA, José Luís Gomes. Osmose reversa. 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas** - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2016.