

DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

REVERSE OSMOSIS DESALINATION

PEREIRA DA SILVA, Flavia I¹

QUIRINO, Jonatas Motta²

Resumo: Este artigo apresenta o sistema de dessalinização por osmose reversa, aponta de forma sucinta a atual situação da água potável na sociedade atual, com o objetivo de destacar a importância do uso desse equipamento tanto no meio marítimo como em diversos campos em terra. Disserta sobre o princípio de funcionamento, a manutenção, as vantagens e desvantagens desse sistema. Para tal, foram utilizadas pesquisas em artigos e em *websites* de empresas e organizações envolvidos no tema, bem como trabalhos de conclusão de curso anteriormente elaborados sobre o assunto.

Palavras-chave: água; dessalinização; osmose.

Abstract: This article presents the desalination system by reverse osmosis. It briefly points out the current situation of the potable water in the actual society, in order to highlight the importance of this equipment use not only in the maritime environment but also in various fields on shore. Talks about the principle of operation, maintenance, the advantages and disadvantages of this system. To this end were used searches in articles and websites of companies and organizations involved in the theme, as well as graduation works previously prepared about the subject.

Keywords: water; desalination; osmosis.

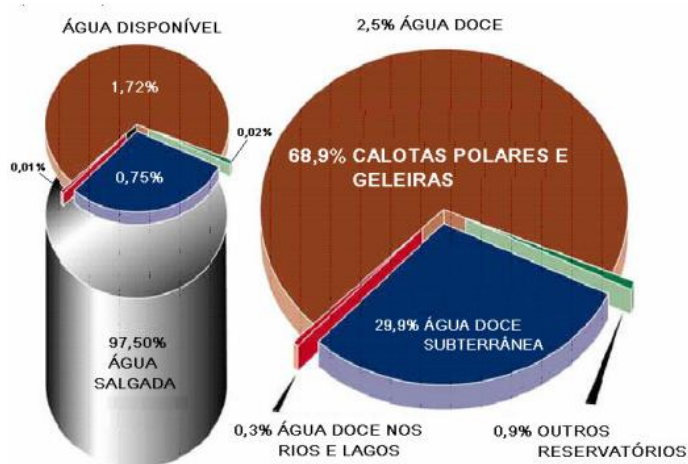
¹ Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula – fla.pds@hotmail.com

² Doutorando Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula - jonatas.quirino@usu.edu.br

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de águas, estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao consumo direto. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (68,9%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 29,9% são águas subterrâneas e 0,3% encontra-se nos rios e lagos, como pode ser visto na Fig 1. (TUNDISI, 2003)

Figura 1: Distribuição da água



Fonte: Barros e Amin (2008)

Sabe-se também que esta água potável não é bem distribuída geograficamente, considerando ainda o aumento da população, da demanda de água para o uso industrial e agrícola, as constantes mudanças climáticas, além da crescente contaminação e do desperdício da água limpa existente, pode-se entender porque várias áreas do Brasil e do mundo possuem grande dificuldade para obter água limpa e adequada para o consumo. Fica evidente, ainda, que esse problema só tende aumentar e por essa razão existe uma grande preocupação com a preservação do meio ambiente, com processos que envolvem a reciclagem e o tratamento da água, além de formas alternativas para a obtenção de água pura. (AUGUSTO *et. al.*, 2012)

Como na natureza encontra-se água salgada em abundância, está se tornando cada vez mais necessário se raciocinar sobre melhores maneiras de transformar esta água em água doce.

Dentre as técnicas existentes de dessalinização hoje destaca-se a osmose reversa devido à sua capacidade de remover partículas extremamente pequenas, através de um processo

relativamente simples que 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. (CAETANO *et. al.*, 2018)

2. DESSALINIZAÇÃO

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

Existem alguns 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 multi-estágios: Utiliza-se vapor a alta temperatura para fazer a água salgada entrar em ebulição. São multi-estágios 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.
- Eletrodíálise: 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.

Como ilustrado na Fig. 2, os processos 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.

Figura 2: Processos de Dessalinização



Fonte: Betaeq & Carrijo (2019)

3. OSMOSE REVERSA

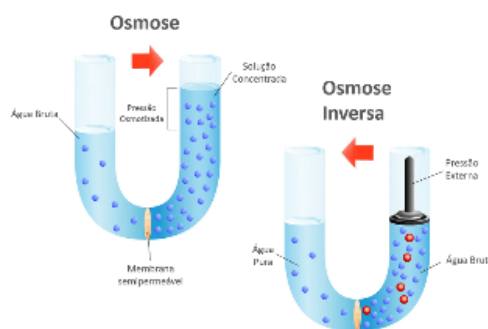
Osmose é um fenômeno científico natural que ocorre quando coloca-se, por exemplo, água salgada de um lado de um recipiente e água pura do outro lado de um recipiente, separados por uma membrana semipermeável, os dois líquidos em concentrações diferentes dentro do mesmo sistema tentarão alcançar o equilíbrio, ou seja, a mesma concentração de contaminantes em ambos os lados da membrana.

Naturalmente, a água pura passará através da membrana para o lado da água salgada em uma tentativa de diluir a solução de sal. Esta tentativa de alcançar o equilíbrio é chamada osmose

A osmose reversa por sua vez é a reversão desse fluxo natural.

A água da solução de sal é forçada através da membrana no sentido oposto pela aplicação de uma pressão externa acima da pressão osmótica, conforme ilustrado na Fig. 3

Figura 3: Osmose reversa



Fonte: Petrochem (2020)

Daí o termo osmose reversa. Nesse caso a solução de sal não será diluída, e sim a água pura será separada do sal e de outros contaminantes. Este processo também é conhecido como a hiperfiltração e seu uso mais comum está na purificação da água, a fim de melhorar as propriedades do líquido. Ele permite a remoção de partículas tão pequenas quanto íons de uma

solução. É capaz de reter substâncias com até 0,1 nanômetro, e de rejeitar sais, partículas, e outros constituintes que têm um peso molecular de aproximadamente 150-250 daltons.

A redução da salinidade com o processo é de 95 até 99%.

No quadro 1 vê-se as impurezas que um sistema de osmose reversa é capaz de eliminar da água e os percentuais de remoção de cada uma:

Quadro 1: Rejeição às impurezas

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

Fonte: Ferran (2020)

A separação dos íons através da osmose reversa é mais eficiente para partículas carregadas. Isto significa que os íons dissolvidos que possuem uma carga, tal como sais, são mais prováveis de serem rejeitados pela membrana. Quanto maior a carga e maior a partícula, mais provavelmente será rejeitada. (DE FRANÇA, 2004)

3.1. Funcionamento

Como visto anteriormente, a dessalinização por osmose reversa usa uma membrana semipermeável, permitindo o líquido purificado passar por ela, enquanto rejeita os seus contaminadores.

O processo requer uma pressão externa, que ultrapasse a pressão osmótica, uma força direcional para empurrar o líquido através da membrana, e a força mais comum é obtida através

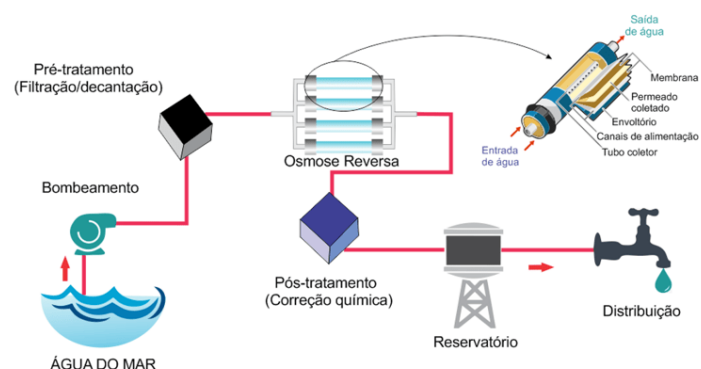
da pressão fornecida por uma bomba de alta pressão instalada logo antes da membrana. Quanto mais elevada a pressão, maior a força direcional. Como a concentração do líquido aumenta à medida que os rejeitos vão sendo detidos pela membrana, ainda maior será a força direcional requerida para continuar concentrando o líquido. (FULLY, 2014).

É indispensável que a água de alimentação seja pré-tratada antes da sua passagem através do sistema. O pré-tratamento se destina a reduzir as partículas e contaminantes que prejudicariam a membrana ou danificariam a bomba de alta pressão, instalada logo antes da membrana. Os elementos filtrantes escolhidos no projeto podem variar de acordo com a qualidade da água a ser tratada. (FRISCHKORN, 2016).

É necessária uma certa pressão inicial para que seja possível filtrar esta água. Para conseguir a pressão necessária, uma bomba, conhecido como bomba de água de alimentação, é usada para aumentar a pressão da água de entrada, a fim de que esta seja capaz de passar pelos filtros e atingir a bomba de alta pressão.

Como pode ser visto na Fig. 4 a água doce produzida, antes de seu destino final, também passará por elementos auxiliares utilizados para tratamento mineral e químico desta água, de acordo com o fim a que se destina.

Figura 4: Configuração Básica



Fonte: Betaeq & Barbosa (2019)

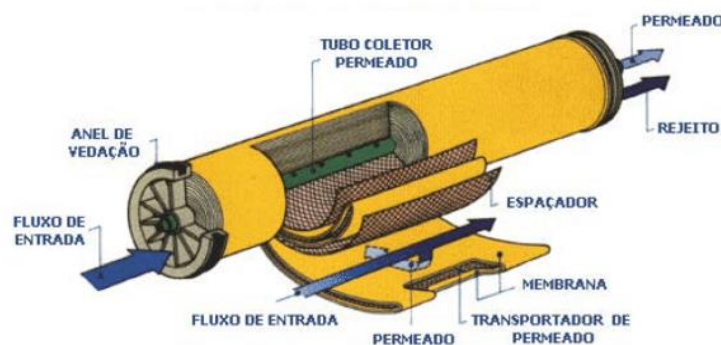
3.2. Componentes Típicos do Sistema

Uma planta de dessalinização por osmose reversa geralmente apresenta os seguintes componentes:

- **Bomba de alimentação:** bomba centrífuga, acoplada a um motor elétrico geralmente em aço inox, para resistir ao ambiente salino, tem a função de manter uma pressão positiva para a unidade.

- Filtro primário: filtro de areia com válvula para retrolavagem manual ou automática, cuja finalidade é a de reter a maioria das partículas sólidas de maiores dimensões, remoção de partículas de até 25 micron.
- Pré-filtros: tem como função reter partículas sólidas de menores dimensões. São geralmente uma sequência de cartuchos descartáveis, com capacidade para retenção de partículas de 25 a 8 micron, podendo ser encontrado para partículas a partir de 1 micron, instalados em posição acessível visando frequentes trocas.
- Bomba de alta pressão: geralmente é uma bomba de deslocamento positivo, alternativa, acionada por motor elétrico, geralmente protegida por aço inox ou material resistente ao ambiente salino.
De alta potência, alcança pressões em torno de 40 a 80 bar.
- Membrana de osmose reversa: ilustrada na Fig. 5, é o elemento mais importante do sistema, ela torna possível a retenção de torno de 99% das partículas.

Figura 5: Membrana



Fonte: Betaeq & Lazzarotto (2019)

Os principais materiais empregados em sua fabricação são constituídos de frágil filme de poliamida e polissulfonato, que sem um revestimento para dar apoio não resistiriam aos esforços. A dificuldade de combinar os requisitos, grande área superficial e reforço suficiente, foi solucionada fabricando membranas em formato de cartucho em espiral, instalada em um alojamento resistente a alta pressão.

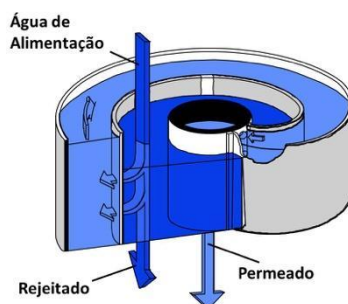
O centro dos cartuchos é constituído de um tubo com poros, que é ligado nas extremidades abertas de um grande número de envelopes, cada um deles feito de duas folhas de matérias da membrana. Os envelopes são separados por folhas de gaze grossas. Os envelopes e separadores são alojados então dentro de cilindros.

Os cilindros são dispostos em paralelo, porém, de acordo com a finalidade de aumentar a qualidade do produto final, são posicionados em série. São vasos de pressão cilíndricos, de fibra de vidro especial ou aço inoxidável, sendo seus componentes feitos para suportar, pelo menos, duas vezes a pressão máxima de operação, por segurança, ao redor de 1000 psi. Pode haver dispositivo para isolamento de cada cilindro.

As membranas possuem anéis de vedação, essenciais para a separação da água produzida, da água de alimentação e da salmoura a ser descartada.

As membranas são desenhadas para uma fácil limpeza, a fim de que tenham uma longa vida útil. A maioria da tecnologia da osmose reversa usa um processo conhecido como o *crossflow* para permitir que a membrana se limpe continuamente conforme verifica-se na Fig. 6.

Figura 6: Fluxo de água na membrana



Fonte: Clean Services (2020)

As membranas são arranjadas de maneira que parte da água salgada de alimentação atravesse a membrana e parte da água de alimentação seja descartada, existindo assim um fluxo de água passando continuamente sobre as superfícies das membranas causando uma ação de limpeza, descartando assim os rejeitos a fim de manter a superfície livre de depósitos. Contudo lavagens e limpezas periódicas com produtos químicos para retirada do acúmulo e incrustações ainda precisam ser efetuadas.

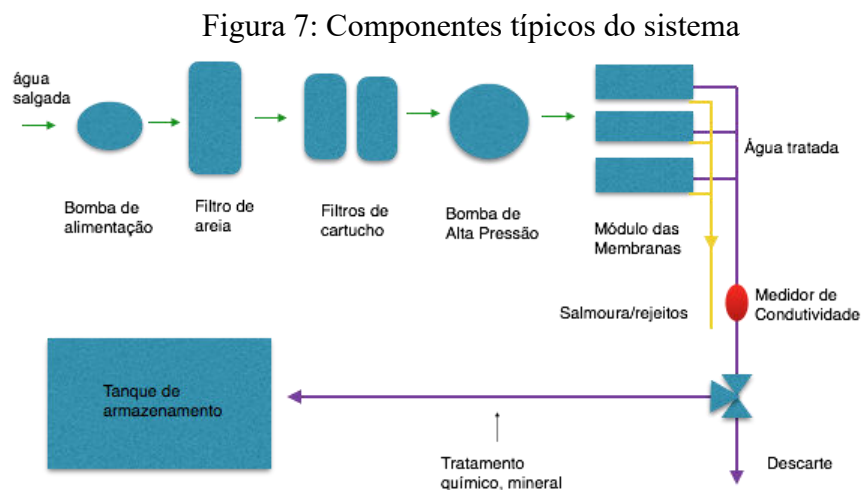
- Sensor de condutividade: Depois de a água passar no módulo de osmose reversa, dois fluxos são produzidos. Um é de água dessalinizada e o outro é de água alta com grande concentração de sal, conhecida como salmoura. A salmoura é continuamente descartada. A água tratada passa através de uma célula de condutividade que mede a condutividade da água. Se a condutividade estiver alta, a água com salinidade ainda acima da desejada é automaticamente descartada, retornando para o ponto de captação através de uma válvula automática de 3 vias. Se a condutividade estiver dentro do valor limite, a água

produzida dessalinizada é direcionada através da válvula para um tanque de armazenamento.

- Filtro *rehardening*: tem a função de aumentar a dureza desta água doce produzida. Este filtro possui manobra de válvulas para limpeza por retrolavagem química, para evitar a formação de lama no fundo e uma película de lodo na superfície do material, bem como válvula *by-pass* para inspeção interna do equipamento sem necessidade de parada total da planta de osmose reversa.
- Bomba Dosadora: Além da adição de sais minerais a água doce produzida, também necessita de certa concentração de cloro, dosado na forma de hipoclorito de sódio através de uma bomba dosadora, a fim de esterilizar a água e evitar formação de microrganismo danosos à saúde humana.
- Tanque de armazenamento: Geralmente a água dentro dos tanques de armazenamento é monitorada em relação a cloro, Ph e cloreto. São coletadas amostras periódicas para análise em laboratório, cujos resultados são arquivados para inspeções e um melhor controle.

Dependendo do destino final da água produzida, após o tanque esta também pode passar por filtros de carvão ativado, por um sistema de ultravioleta, entre outros.

Na Fig.7 pode se ver um fluxograma dos componentes principais.



Fonte: Adaptada de Clean Services (2020)

- Dispositivos para limpeza das membranas: também pode haver dispositivo automático de retrolavagem das membranas após o desarme do equipamento e um sistema fixo de bomba, reservatório, válvulas e controles para facilitar limpeza química das membranas.

- Painel de controle e instrumentação do sistema: geralmente os módulos de osmose reversa, possuem um salinômetro, com a indicação de salinidade no painel, válvula reguladora da alta pressão nas membranas, manômetros de baixa e alta pressão, termômetros para a indicação da temperatura da água na saída dos cilindros, medidores de vazão (hidrômetro/rotâmetro), válvula de três vias controlada pelo sensor de condutividade, luzes indicadoras, dispositivos de segurança, alarmes, horímetro, amperímetro, chave/botões liga e desliga. Na Fig. 8 é apresentado um módulo de osmose reversa, pode-se ver que os mais modernos, e mais automáticos, possuem um monitor para interface com o operador.

Figura 8: Módulo de osmose reversa



Fonte: Orion (2020)

No sistema de dessalinização por osmose reversa, as redes de alimentação de água salgada até a bomba de alimentação são construídas de material resistente a corrosão para evitar ao máximo a chegada de impurezas nas membranas filtrantes e, assim prolongar a vida útil do equipamento, ou pelo menos, evitar excessivo número de paradas do equipamento para realizar retrolavagem do sistema. Após esta bomba, as redes geralmente são feitas de PVC ou mangueiras até a aspiração da bomba de alta pressão e a partir da descarga desta até os cilindros das membranas, as redes podem ser feitas de aço inoxidável.

3.3. Manutenção

Dentre os sobressalentes requeridos para a manutenção preventiva no dessalinizador por osmose reversa pode-se citar: produtos químicos para realização da limpeza; filtro de carvão ativo se projetado; elementos filtrantes de linha, trocados em função da qualidade da água a ser dessalinizada; óleo lubrificante da bomba de alta pressão, a quantidade de óleo varia conforme a bomba porém são necessários poucos litros mesmo em bombas de alta capacidade; e o

principal item do sistema de osmose reversa, as membranas, que possuem um tempo de vida útil longo, dependendo do fabricante em torno de 3 a 5 anos.

Sobressalentes básicos são também necessários para manutenções corretivas emergenciais ou planejadas, como manômetros, termômetros, mangueiras, conexões de PVC.

O fato de parte das redes serem feitas de PVC ou com mangueiras facilita uma rápida manutenção corretiva ou troca das mesmas caso ocorra um vazamento, nas redes ou nas conexões.

Há também pontos que podem necessitar de reparos consecutivos, tais como as válvulas de admissão e descarga da bomba de alta pressão, pois em uso contínuo, pode aparecer fadiga nas molas de acionamento causando perda de rendimento ou até quebra das mesmas, o que pode resultar em avarias maiores nas bombas.

Os anéis de vedação dos cilindros das membranas, essenciais na separação entre água produzida e salmoura a ser extraída, podem se deslocar ou até romper devido à elevada pressão de trabalho. Isto pode contaminar a água produzida. Nesse caso é realizada a parada do sistema para substituição dos mesmos.

A fim de evitar a diminuição do fluxo de água salgada na aspiração da bomba de alta pressão o que pode causar o desarme no sistema, os filtros instalados antes desta bomba, além do ralo de aspiração da bomba centrífuga de alimentação devem permanecer sempre limpos e suas diferenças de pressão monitoradas.

Por um período de prolongado de tempo, as membranas são sujeitas à incrustação por material suspenso ou solúvel presente na água de alimentação. Exemplos comuns de incrustações são: carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, óxidos de metais, sílica, e depósitos orgânicos ou biológicos.

Monitorar o desempenho do dessalinizador em um padrão regular é um passo importante para saber quando as membranas estão tornando-se incrustadas.

A eliminação de incrustações pode ser efetuada por lavagem rápida, retrolavagem ou por limpezas com produtos químicos e, preventivamente pela mudança das condições de operação.

Limpezas com produtos químicos como hexametáfosfato de sódio ou ácido sulfâmico, são efetuadas periodicamente, os mesmos são bombeados geralmente em fluxo reverso ao usual, para melhor durabilidade das membranas e otimização do sistema. (MOREIRA, 2016).

É importante destacar também a necessidade das manutenções preventivas típicas às bombas do sistema.

3.4. Instalações

No meio marítimo, por causa da limitação de carregamento de água doce, a dessalinização da água sempre foi um recurso indispensável, hoje nas embarcações, o processo de dessalinização por osmose reversa é o processo amplamente utilizado.

Em terra, em países com pouca disponibilidade de água potável, como no Oriente Médio, Norte da África e em algumas ilhas do Caribe, a dessalinização é a maior fonte de água potável para consumo humano e irrigação, segundo a Agência Internacional de Energia Renovável (Irena). Mas o seu uso não está restrito a esses locais e já está bastante difundido no mundo. De acordo com Associação Internacional de Dessalinização (IDA) estima que mais de 300 milhões de pessoas são abastecidas diariamente por meio da dessalinização no mundo, e pelo menos 150 países já utilizam o processo, como por exemplo: Austrália, Estados Unidos, Espanha e Japão.

Israel é um dos líderes nessa tecnologia, cerca de 80% da água potável consumida pela população do país é proveniente da água mar.

Pernambuco, é o estado brasileiro com maior destaque nessa tecnologia, dessaliniza desde 1988, e possui cerca de 185 estações de tratamento de água. A dessalinização se tornou política pública nacional em 2004, com o Programa Água Doce (PAD). O PAD atende todo o Nordeste e o norte de Minas Gerais, onde a disponibilidade hídrica é baixa e a salinidade das águas subterrâneas é alta. Iniciado em 1997, para desenvolver técnicas de dessalinização, atualmente o PAD concentra-se na manutenção e no aproveitamento da estrutura de dessalinizadores instalados na década de 90.

Vale destacar que a tecnologia de dessalinização também pode ser aplicada para tratar à água retirada de poços salobros, muito comuns no nordeste brasileiro.

A maior dificuldade encontrada para a utilização da tecnologia de dessalinização é o custo do produto final.

O custo elevado de produção em larga escala se da pela demanda de energia do processo de dessalinização, e do seu bombeamento, sendo assim, a região geográfica da instalação tem influência de modo significativo na viabilidade da instalação do processo.

O custo dos equipamentos também impacta no preço final do produto uma vez que a grande maioria dos equipamentos mais eficientes e com maior volume e produtividade são importados e tem custos de manutenção elevados. Boa parte dos sistemas de dessalinização do Brasil está parado por falta de manutenção.

Um outro problema associado ao processo é o impacto que a água residual da produção, que possui concentração de sais muito elevada pode causar nos ecossistemas onde forem descartados. Geralmente, esse rejeito é devolvido ao mar, solo ou até aos cursos d'água. Considerando o meio marinho, essa água pode ainda apresentar resíduos que são tóxicos aos seres aquáticos como aditivos químicos quando estes são incorporados ao sistema ou resíduos resultantes de processos corrosivos que podem ocorrer dentro de tubulações se não forem construídas em material resistente a salinidade.

A Embrapa encontrou como alternativa para a água residual da dessalinização a sua utilização em plantações de halófilas, como os coqueiros, e na pecuária em criações de tilápias e camarões, por exemplo. Ainda assim, a destinação ambientalmente correta dos rejeitos do processo de dessalinização continua sendo um dos desafios a ser enfrentado.

Ainda que os custos estejam caindo, tornar potável a água do mar ainda é caro. Porém, na falta de fontes disponíveis o processo não só compensa como pode ser a melhor opção.

Investimentos em pesquisas e o no desenvolvimento de novas tecnologias estão sendo feitos a fim de otimizar o processo, diminuir o consumo de energia e de diminuir os impactos ambientais gerados. A intenção é tornar a dessalinização uma alternativa economicamente cada vez mais viável no combate à escassez de água.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na Paraíba, tem trabalhado com o Ministério do Meio Ambiente em sistemas de dessalinização. A técnica utilizada pelo Laboratório de Referência em Dessalinização (Labdes), do Departamento de Engenharia Química da instituição, é a osmose inversa. O processo é responsável, por exemplo, pelo abastecimento de água no Arquipélago de Fernando de Noronha.

O professor Kepler Borges França, coordenador do Labdes, esteve à frente do programa do ministério desde o início e ressalta a viabilidade econômica da técnica utilizada no Brasil. O professor explica que entre os outros processos térmicos de dessalinização, a destilação tem um custo de 10 a 15 vezes superior ao de técnicas com membranas, que com a osmose inversa, é possível gastar apenas R\$ 1 para dessalinizar mil litros de água salobra e entre R\$ 1,50 e R\$ 2 de água do mar. (LOPES, 2017).

Pesquisas nacionais, como as que estão sendo realizadas pela Universidade Federal de Campo Grande (UFCG) colaboram para o desenvolvimento de membranas filtrantes e a obtenção de novos equipamentos mais acessíveis, e que ajudam a baratear o processo no Brasil.

Segundo o professor Kepler Borges França, coordenador do Labdes, a dessalinização é viável para evitar situações de desabastecimento e tem um custo menor do que a construção de canais para levar água aos grandes centros urbanos.

O especialista afirma que atualmente o esforço do Labdes é levar a dessalinização para todas as capitais do litoral brasileiro.

Na fig. 9 encontra se o modelo mais comum de dessalinizador utilizado no nordeste brasileiro

Figura 9: Dessalinizador utilizado no nordeste brasileiro



Fonte: Betaeq & Barbosa (2019)

3.5. Vantagens e desvantagens do sistema de osmose reversa

3.5.1. Vantagens

Processo simples, de fácil projeto, manutenção e operação;

Alta rejeição de salinidade.

Tem capacidade de separar a água de outros contaminantes como produtos químicos, sólidos dissolvidos, partículas microscópicas, coloides, sólidos suspensos, bactérias, vírus e matéria orgânica.

Não necessita de muito espaço físico para sua instalação;

Processo natural, não necessita de adição de químicos para a dessalinização;

Não depende da operação de outro equipamento principal ou auxiliar para seu funcionamento;

3.5.2. Desvantagens

A água pode se tornar mais ácida, pois alguns minerais alcalinos benéficos também são removidos juntamente com outros minerais nocivos. E a água potável que possui zero ou baixa concentração alcalina absorve o cálcio e outros minerais do corpo. A água muito ácida também pode corroer os aparelhos dos sistemas industriais;

A membrana é de alto valor comercial devido ao material que a compõe (poliéster + polisulfone + poliamida) elevando o custo da manutenção;

A osmose reversa gera outro tipo de água, muito salina, com risco de contaminação ambiental. A destinação ambientalmente correta dos rejeitos do processo de dessalinização é um dos desafios enfrentados e deve ser ponderada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apontando a necessidade cada vez maior de obtenção de água potável por fontes alternativas, este artigo teve como objetivo apresentar um importante equipamentos de dessalinização da água do mar, o dessalinizador por osmose reversa, que vem se mostrando uma solução amplamente utilizada para atenuar as crescentes questões de escassez de água potável, tanto no meio marítimo como em terra, no Brasil e no mundo.

Foi discutido seu processo de funcionamento, componentes, manutenção, além das vantagens e desvantagens de sua utilização.

Este equipamento possui grande eficiência, e um grande grau de confiabilidade, apesar da simplicidade de seu projeto, além de não ocupar muito espaço físico. Sua manutenção preventiva, ou corretiva, mais custosa é a troca de membranas, e com avanço da tecnologia tem ficado cada vez mais viável sua utilização. Mostrou-se um equipamento de enorme relevância no setor hídrico atual e futuro.

REFERÊNCIAS

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.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 4, n. 1, 2008.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

PETROCHEM. O que faz e como funciona uma osmose inversa. Disponível em: <<https://www.petrochem.pt/pt/area-de-negocio/tratamento-de-aguas/equipamentos/filtracao/o-que-faz-e-como-funciona-uma-osmose-inversa.html>> Acesso em: 08 jun. 2020.

PEIXOTO, Isa Maria Dias Bastos; QUARTAROLI, Larissa. Monitoramento da Qualidade da Água no Córrego Silvestre: Influência Da Univiçosa. ANAIS SIMPAC, v. 8, n. 1, 2018.

RODRIGUES, Kilmara Ramos Da Cruz. Relatório contendo o levantamento das relações entres informações técnicas identificadas, e os banco de dados existente e resultados/produtos das ações do programa água doce-PAD nas áreas suscetíveis a desertificação–ASD. IICA, Brasília, DF (Brasil), 2017.

SENADO FEDERAL. Dessalinizar a água é cada vez mais viável. 2014 Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/escassez-de-agua/leis-e-propostas-quem-cuida-das-aguas/dessalinizar-a-agua-e-cada-vez-mais-viavel>> Acesso em: 06 jun. 2020

TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: enfrentando a escassez. [S.l: s.n.], 2003.

VILLES, Valesca Schardong et al. Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. Multitemas, v. 24, n. 57, p. 217-231, 2019.