

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS – APMA**

**PAULO SERGIO FERNANDES GONÇALVES**

**DESSALINIZADORES: A IMPORTÂNCIA DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO  
MAR EM EMBARCAÇÕES**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**PAULO SERGIO FERNANDES GONÇALVES**

**DESSALINIZADORES: A IMPORTÂNCIA DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO  
MAR EM EMBARCAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Msc. Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**PAULO SERGIO FERNANDES GONÇALVES**

**DESSALINIZADORES: A IMPORTÂNCIA DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO  
MAR EM EMBARCAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

Titulação: Professor CIAGA

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha esposa, Ana Sueli e aos meus filhos Giovanne e Giovanna, que sempre me apoiaram na profissão e sempre estiveram do meu lado em todos os momentos.

Dedico também ao meu pai e a minha mãe, pessoas que me ajudaram a crescer e me ensinaram os valores e caráter de um ser humano.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, minha querida metrópole da Amazônia Belém, meu refúgio e Fortaleza onde resido.

À minha digníssima esposa, Ana Sueli, por ser meu grande apoio e ter se mostrado compreensiva nos momentos dedicados à realização deste curso, sou eternamente grato.

Aos Profs. Raquel Apolaro e Luiz Otavio pelo incentivo a este trabalho e apoio para realização do mesmo.

Aos colegas do curso APMA pelo companheirismo e troca de experiências

Ao meu amigo comandante Amâncio Cintra que sempre me incentivou na realização do curso.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este estudo tem por objetivo ressaltar a importância do uso de dessalinizadores da água do mar a bordo das embarcações (navios, rebocadores offshore e plataformas) como forma de outra fonte de água para uso secundário, utilizada em sistemas de máquinas e pela tripulação, no uso de suas necessidades básicas, evitando o desperdício da água potável e tornando a embarcação auto-suficiente na produção de água destilada de forma que ela possa ter maior autonomia para navegar e cumprir suas tarefas. Também será feita uma análise comparativa entre os sistemas de geração de água destilada utilizados a bordo: o de osmose reversa e o destilador. Será ressaltado o princípio de funcionamento e o custo / benefício de cada sistema.

**Palavras-chave:** Dessalinizadores. Água destilada. Desperdício. Embarcação. Tripulação.

## **ABSTRACT**

This paper aims at emphasizing the importance of the usage of fresh water generators on vessels (ships, platform supply vessels and oil platforms) as an alternative to the water secondary use, when it comes to machinery cooling systems and also the water used by the crew when dealing with their basic hygienic needs, either avoiding the waste of potable water and making a vessel self sustained in terms of producing distilled water. As a result, vessels are intended to acquire more autonomy to sail and carry out their duties. A comparative analysis is also presented, among the two fresh water generating devices: fresh water generator and reverse osmosis plant. The working principles and cost – benefit relations are also emphasized in this paper.

**Keywords:** Fresh water generators. Distilled water. Waste. Vessel. Crew.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição das águas na terra em um dado instante	12
Figura 2 -	Ciclo da água no planeta terra	15
Figura 3 -	Ilustração do sistema de osmose natural	17
Figura 4 -	Sistema típico de osmose reversa horizontal	18
Figura 5 -	Outro típico sistema de osmose reversa usada a bordo	19
Figura 6 -	Disposição interna dos elementos de um cilindro de osmose	21
Figura 7 -	Membrana de osmose reversa	21
Figura 8 -	Diagrama básico de um sistema de osmose reversa	22
Figura 9 -	Exemplo de destilador de um estágio	24
Figura 10 -	Exemplo de destilador de dois estágios	24
Figura 11 -	Destilador Alfa Laval JWP 26 C80B	25

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>A ÁGUA NO PLANETA</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Fontes de água doce</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Soluções salinas</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO USADOS A BORDO</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Dessalinizadores por osmose reversa</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Componentes de um sistema de osmose reversa</b>	<b>19</b>
4.2.1	<i>Filtro Primário (multimedla filter)</i>	19
4.2.2	<i>Pré-filtro</i>	19
4.2.3	<i>Bomba de recalque (Booster pump)</i>	20
4.2.4	<i>Bomba de alta pressão</i>	20
4.2.5	<i>Membrana de osmose reversa, montadas em vasos de pressão</i>	20
4.2.6	<i>Painel de Controle</i>	22
4.2.7	<i>Dispositivos para limpeza das membranas</i>	22
4.2.8	<i>Sistemas destilatórios</i>	23
<b>5</b>	<b>COMPARAÇÃO ENTRE OSMOSE REVERSA E SISTEMA DESTILATORIO</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por maior que seja a importância da água, as pessoas continuam poluindo os rios e suas nascentes, desperdiçando água, não se preocupando com o que é fundamental para o mundo. A água doce utilizada pelo homem vem das represas, rios, lagos, açudes, reservas subterrâneas e em certos casos do mar, processo chamado de dessalinização, que é o objeto desse estudo.

É de fundamental importância que todas as embarcações (navios, rebocadores offshore e plataformas) mantenham operacionais e eficientes seus dessalinizadores dada ao consumo elevado em sistemas de máquinas e do consumo básico da tripulação (banho, sanitário, limpeza de pisos e convés), reduzindo o desperdício de água potável a bordo.

Os dois principais tipos de sistemas encontrados a bordo são os de osmose reversa e o destilador. Será feita uma análise comparativa entre ambos, considerando os prós e contras, levando em consideração que a embarcação é uma instalação diferenciada em relação a uma planta industrial, ou qualquer outra instalação em terra.

## 2 A ÁGUA NO PLANETA

Água é fonte de vida. Não importa quem somos o que fazemos, onde vivemos nós dependemos dela para viver. No entanto, por maior que seja a importância da água, as pessoas continuam poluindo os rios e suas nascentes, desperdiçando água, não se preocupando com o que é fundamental para o mundo.

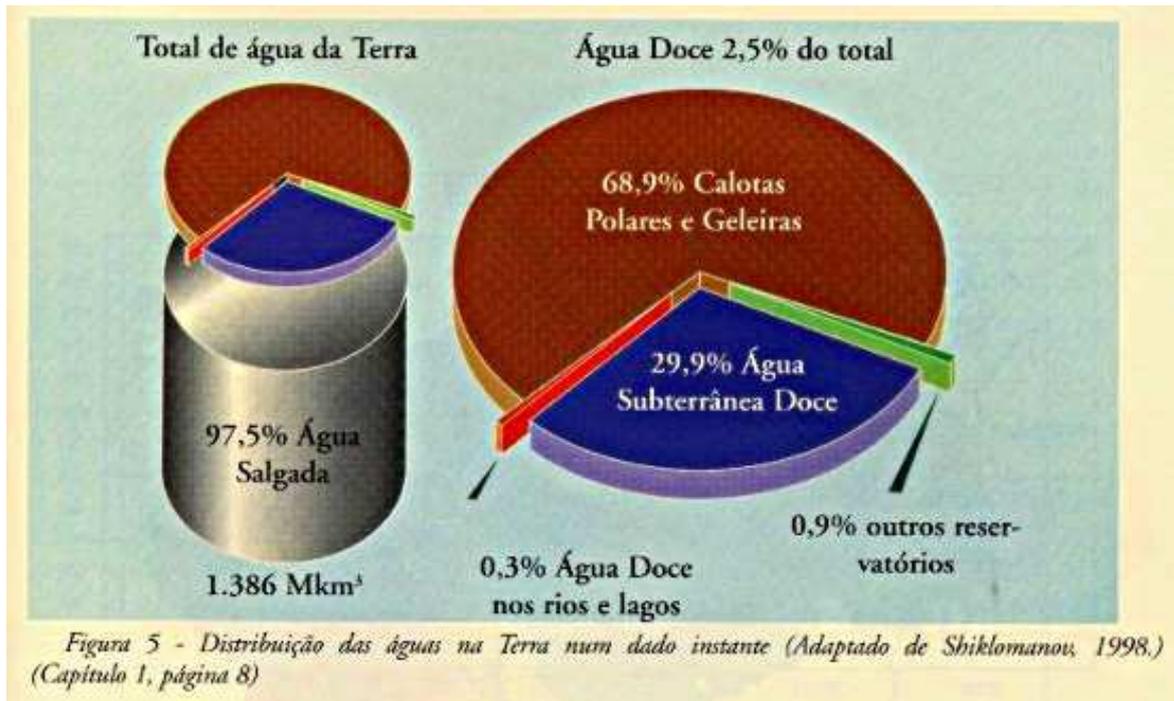
A água potável é um recurso finito, que se espalha em partes desiguais pela superfície terrestre. Se, por um lado, seu ciclo natural se responsabiliza pela sua manutenção tornando-a um recurso renovável, por outro, suas reservas são limitadas.

A quantidade de água doce produzida pelo seu ciclo natural é hoje basicamente a mesma que em 1950 e que deverá permanecer inalterada até 2050. Essencial para a vida, a água doce tornou-se um problema em todos os continentes, levando a ONU (Organização das Nações Unidas) a criar em 2004 o Dia Mundial da Água - 22 de março.

Preocupar-se com a escassez de água em um planeta que tem 75% de sua superfície coberta por água parece absurdo. No entanto, a maior parte desse volume encontra-se nos mares e oceanos - água salgada, imprópria para o consumo humano e para a produção de alimentos.

Apesar de 75% da superfície do planeta ser recoberta por massas líquidas, a água doce não representa mais do que 3% desse total. Apenas um terço da água doce - presente nos rios, lagos, lençóis freáticos superficiais e atmosfera - é acessível. O restante está concentrado em geleiras, calotas polares e lençóis freáticos profundos, conforme mostra a representação a seguir:

Figura1 – Distribuição das águas na terra em um dado instante



Fonte: Departamento de Recursos Minerais ([www.drm.rj.gov](http://www.drm.rj.gov)).

Isto quer dizer que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima e perto da quantidade total de água existente na nossa terra.

Nas sociedades modernas, a busca do conforto implica necessariamente em um aumento considerável das necessidades diárias de água. Precisamos começar a utilizar a água de forma prudente e racional, evitando o desperdício e a poluição, pois:

- a) um sexto da população mundial, mais de um bilhão de pessoas, não tem acesso a água potável;
- b) 40% dos habitantes do planeta não tem acesso a serviços de saneamento básico;
- c) cerca de 6 mil crianças morrem diariamente devido a doenças ligadas à água insalubre; e
- d) segundo a ONU, até 2025, se os atuais padrões de consumo se mantiverem, duas em cada três pessoas no mundo vão sofrer escassez moderada ou grave de água.

## 2.1 Fontes de água doce

A água doce utilizada pelo homem vem das represas, rios, lagos, açudes, reservas subterrâneas e em certos casos do MAR (após o processo chamado de dessalinização), que é o que trataremos no nosso estudo. Viabilização da produção e consumo de água destilada em embarcações e terminais.

Buscar alternativas para melhor utilização do recurso de produção e utilização da água destilada produzida por dessalinizadores a partir da dessalinização da água do mar, que é uma necessidade para os navios e embarcações, a fim de torná-los independentes de fontes externas de água doce, de modo que possam manter-se durante longos períodos no mar.

Além disso, mostrar que esse modelo serve para todas as regiões que sofrem com a escassez de água doce. Para torná-las potáveis, ou seja, apropriada ao consumo humano.

Da mesma forma como é imprescindível para os seres vivos, a água também é vital para as embarcações, seja de pequeno porte, um rebocador, um navio de guerra, um navio mercante, uma plataforma ou um transatlântico.

Essa necessidade à primeira vista, pode parecer um grande paradoxo, pois um navio opera em um ambiente cercado de água por todos os lados, ou seja, tal dependência não deveria ser tão significativa.

Entretanto, há de se considerar que essa água (denominada de água não tratada), que é presente nos mares e rios, apesar de ser utilizada em diversas aplicações a bordo, não é adequada a uma série de outras necessidades de sistemas e equipamentos existentes em um navio, sendo a mais óbvia delas a água para consumo da tripulação. Portanto, é de fundamental importância dispor-se a bordo de meios para o tratamento e armazenamento dessa água.

A água é assim denominada “in natura” nos oceanos, mares e rios. A quantidade e a natureza dos constituintes presentes nessas águas variam, principalmente em função da natureza do solo do qual são originárias, das condições climáticas e do seu grau de poluição, causado especialmente pelos despejos de esgotos sanitários e oleosos, além de detritos.

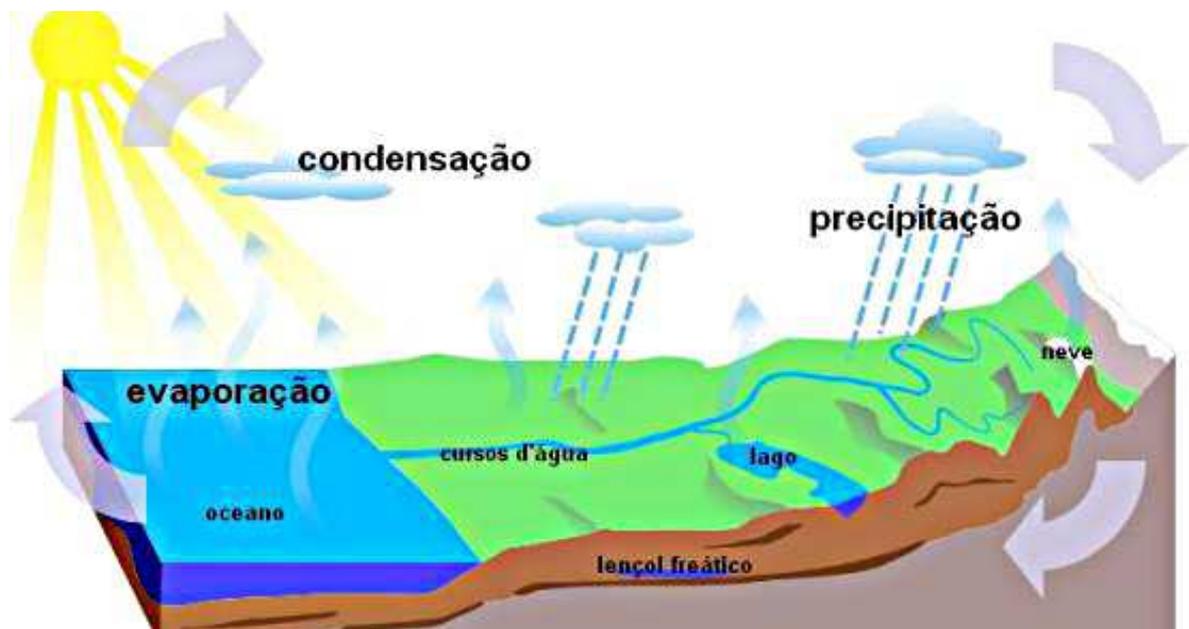
Nos navios e embarcações em geral, essa água é comumente denominada de água salgada (considerando que a maioria desses navios atua em ambiente marinho), podendo ser também denominada de água do rio para os navios fluviais.

A água tratada sofre algum tipo de tratamento (dessalinização, filtração, etc.) para torná-la aplicável a alguns sistemas a bordo e para uso geral. Dependendo do grau de tratamento e da utilização, a água doce (e potável) possui menos de 500 ppm (partes por milhão) de TDS (total de sólidos dissolvidos) e a água desmineralizada, até 20 ppm de TDS.

### 3 DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA

A dessalinização de água salgada ou salobra ocorre naturalmente, quando a água do mar aquece, evapora separando-se do sal e desta forma elevando-se a grandes altitudes, onde ocorre a condensação devido à queda de temperatura, precipitando-se, de novo, no oceano ou à terra, nesta última, permanecendo na condição de uso para as necessidades humanas e essenciais.

Figura 2 – Ciclo da água no planeta terra



Fonte: [www.educacional.com.br](http://www.educacional.com.br).

Obviamente este ciclo não ocorre de maneira igualitária em nosso planeta, havendo regiões com abundância de água doce, em oposição às regiões onde ela é extremamente escassa. Por necessidade de sobrevivência, o homem copiou a natureza e desenvolveu métodos e técnica de dessalinização de água com elevado conteúdo salina para obter água doce.

#### 3.1 Soluções salinas

Chama-se de solução salina a dissolução de um sal (soluto) em um líquido (solvente), sendo este líquido normalmente a água. Se dissolvermos uma colher de sal de cozinha (cloreto de sódio) em um copo d'água pura, teremos uma solução

salina de cloreto de sódio. Se pusermos mais colheres de sal no mesmo copo, a solução ficará mais "salgada", isto é, a concentração do sal ficará maior.

Os diferentes sais existentes na natureza apresentam diferentes capacidades de se dissolver na água. Existem os que se dissolvem muito pouco ou nada (insolúveis) até os que se dissolvem em grandes quantidades e com facilidade (cloreto de potássio).

Existem ainda substâncias que se dissolvem em água com facilidade, como a sacarose (açúcar), mas resultam em soluções um pouco diferentes das soluções salinas, pois não são soluções eletrolíticas, isto é, não conduzem a corrente elétrica.

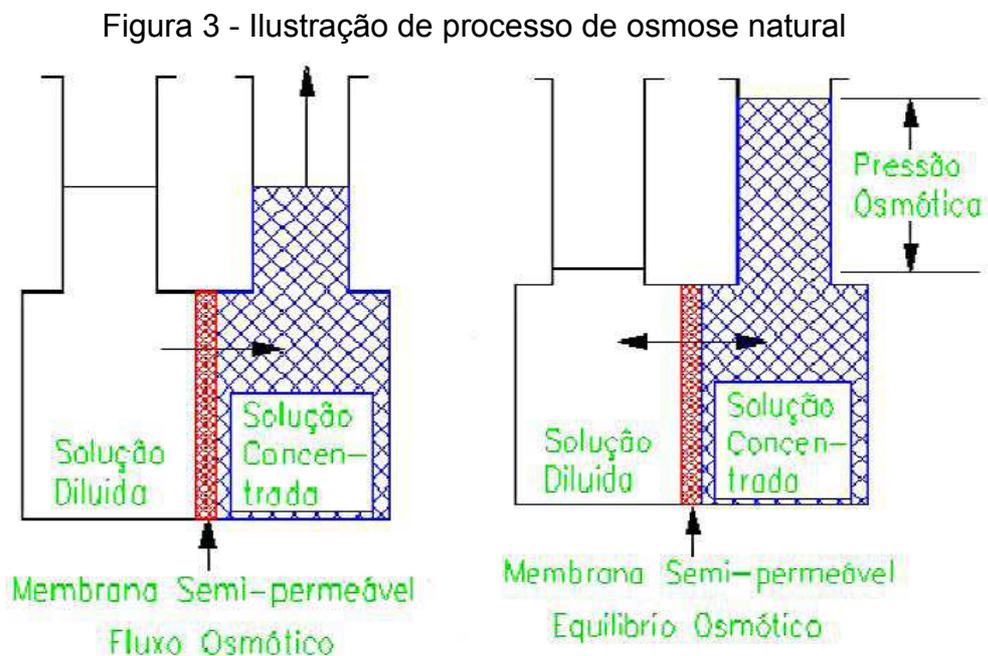
As águas salgadas encontradas na natureza têm inúmeros sais nela dissolvidos. A água doce, potável, apresenta pequena quantidade de sal dissolvida, o que possibilita o consumo.

## 4 PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO USADOS A BORDO

### 4.1 Dessalinizadores por osmose reversa

Este fenômeno, conhecido dos cientistas desde o fim do século XIX, passou a ser aplicado em processos industriais na década de 1960. Desde a década de 1980, o emprego de membranas semipermeáveis sintética em aplicações industriais passou a se difundir, ampliando o campo de aplicações deste processo. Isto resulta em contínuas reduções de custo não só pela maior escala de produção permitida, como também, pelo crescente conhecimento tecnológico adquirido. Assim, o processo de dessalinização por osmose reversa tem se difundido, seus custos vêm decrescendo, viabilizando projetos antes impensáveis.

Para compreender a osmose reversa, é melhor começar entendendo a osmose normal. Usando-se uma membrana semipermeável no meio das soluções com concentrações diferentes de solutos, a água irá, normalmente, passar do lado com menor concentração para o lado com maior concentração, igualando as soluções.



Fonte: [www.lenntech.com](http://www.lenntech.com).

Na figura, podemos verificar um sistema de osmose direta, com dois compartimentos separados por uma membrana semipermeável, onde se encontra uma solução diluída em um dos compartimentos e água salina no outro. Observa-se, então, um fluxo preferencial da solução diluída difundindo-se através da membrana, reduzindo a concentração salina da água, encontrada no outro compartimento.

A passagem da água pura, através da membrana semipermeável, provoca um aumento no volume da água salinizada, com a formação de uma coluna de água. Este efeito físico é decorrente da pressão exercida sobre a membrana, no lado da água salinizada, estando, então, os sistemas em equilíbrio. Esta pressão hidrostática de equilíbrio é denominada pressão osmótica da solução salina em questão.

Na osmose reversa, ou inversa, como preferem alguns autores, o fluxo de água no sistema é invertido. A água salina é pressurizada além da pressão osmótica natural e bombeada através da membrana semipermeável. A membrana comporta-se como uma peneira (ou filtro/molecular, rejeitando, seletivamente, quase todas as moléculas diluídas e permitindo somente a passagem de água pura.

A osmose reversa tem a capacidade de separar a água de seus contaminantes, tais como sólidos dissolvidos, colóides, sólidos suspensos, bactérias, vírus e matéria orgânica.

Portanto, para dessalinizar ou purificar água através da membrana de osmose reversa, o efeito natural da osmose deve ser revertido. Com o objetivo de forçar o fluxo de água salgada através do fluxo de água doce, a água deve ser pressurizada a uma pressão de operação maior do que a pressão osmótica. Como resultado, o lado de água salgada ficará mais concentrado, formando salmoura, que será descartada.

Figura 4 - Sistema típico de Osmose Reversa horizontal



Fonte: [www.desware.net](http://www.desware.net).

Figura 5 - Outro típico sistema de osmose reversa usada a bordo



Fonte: [www.desware.net](http://www.desware.net).

## 4.2 Componentes de um sistema de osmose reversa

Para purificar a água pelo sistema de osmose reversa, o efeito natural da osmose deve ser revertido. Para que isto aconteça, uma instalação de dessalinização apresenta a seguinte configuração típica:

### 4.2.1 *Filtro primário (multimedia filter)*

Pré-filtro, geralmente montado em tanque plástico, com válvula para retro lavagem (manual ou automática, para remoção de partículas até 25 micron.

### 4.2.2 *Pré-filtro*

Entendendo-se todo o processo de dessalinização por osmose reversa como sendo, basicamente, uma filtragem do sal existente na água do mar, daí esta etapa ser chamada de pré-filtragem.

Cartuchos descartáveis, com capacidade para retenção de partículas de 8 a 20 microns, podendo ser encontrado para partículas a partir de um microns, com fácil posicionamento para fazer trocas.

, de poliamida ou semelhante, em finos filmes, que é o mais importante elemento do sistema.

#### *4.2.3 Bomba de recalque (Booster pump)*

Bomba centrífuga, geralmente em aço INOX; com a finalidade de manter uma pressão positiva para a unidade acoplada a motor elétrico resistente ao ambiente salino.

#### *4.2.4 Bomba de alta pressão*

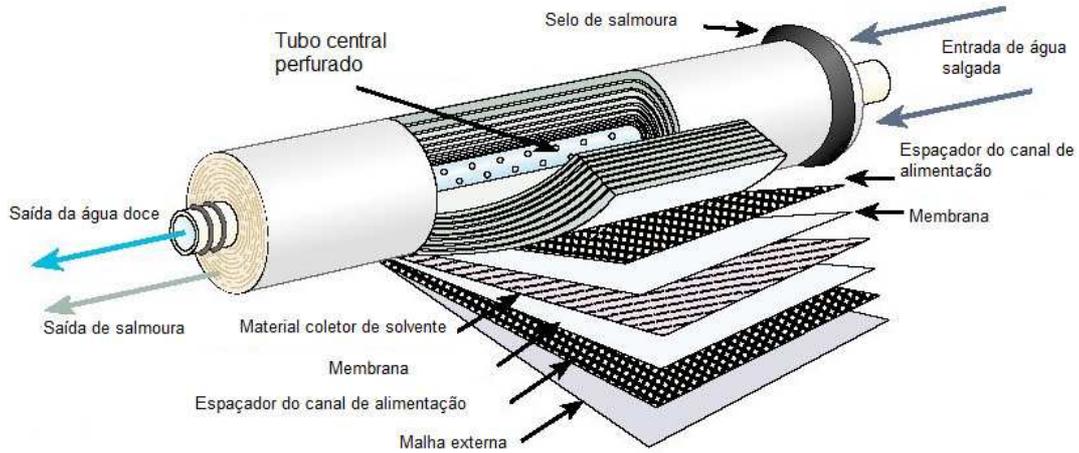
Bomba alternativa, acionada por motor elétrico, com acoplamento através de correia, e vaso de redução de vibração e ruído acoplado. Alcança pressões de 800 a 1180 psi (55 a 81.5 bar).

#### *4.2.5 Membrana de osmose reversa, montadas em vasos de pressão*

Novelos em espiral a, o qual o torna possível, com retenção em torno de 99,6% de partículas, sendo desenhada para longa vida útil, com fácil limpeza. São capazes de reter substâncias com até 0.1 nanômetro (nm). As membranas são posicionadas no interior de vasos de pressão (Cilindros), de fibra de vidro especial ou aço inoxidável, com pressão de trabalho ao redor de 1000 psi, sendo os componentes dos cilindros feitos para suportar, pelo menos, duas vezes a pressão máxima de operação, por segurança. Podem ter dispositivo para isolamento de cada cilindro, para recolhimento de amostras.

Figura 6 - Disposição interna dos elementos de um cilindro de osmose reversa

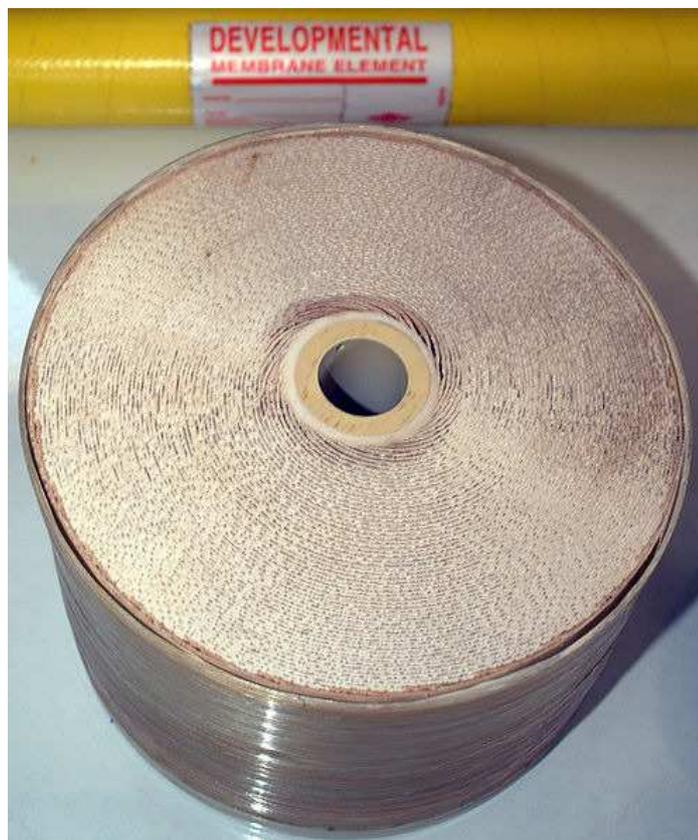
O cilindro de membrana é constituído por um ou mais envelopes de membrana enrolados em torno de um tubo central perfurado. A água separada passa através das membranas para dentro do tubo central, onde é coletada.



A ilustração representa a simplificação de um elemento de membrana. A filtragem pode ser de até 90% e pode ser feita limpeza química no local.

Fonte: [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com).

Figura 7 – Membrana de osmose reversa



Fonte: [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com).

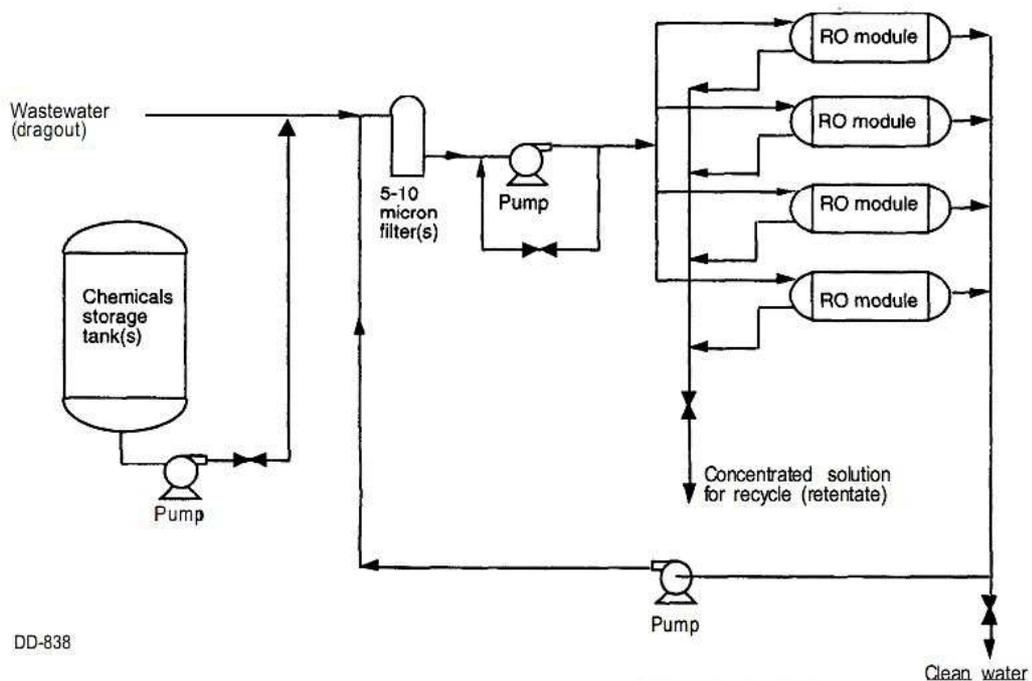
#### 4.2.6 Painel de controle

Geralmente possuem: salinômetro, com indicação de salinidade e temperatura da água na saída dos cilindros; medidores de vazão (hidrômetro) do produto; manômetros de baixa e alta pressão, chave liga e desliga, horímetros, válvula reguladora de alta pressão, válvula de três vias, para descarte do produto para o porão, quando o controlador de salinidade acusar elevação do PPM, luzes indicadoras da quantidade de água.

#### 4.2.7 Dispositivos para limpeza das membranas

Pode haver dispositivo automático de retro lavagem das membranas após o desarme do equipamento, sistema de válvulas e controles para facilitar limpeza química das membranas.

Figura 8 - Diagrama básico de um sistema de osmose reversa



Fonte: [www.lenntech.com](http://www.lenntech.com).

#### 4.2.8 Sistemas Destilatórios

O conceito de um gerador de água doce, ou destilador, é simples: água doce ou do mar é evaporada usando-se uma fonte de aquecimento, separando água pura do sal, sedimentos e outros elementos. Para isso, usa-se, normalmente, água de circulação das camisas dos motores diesel como fonte de calor, embora o vapor possa também ser usado. Como destiladores geralmente usam uma fonte de calor já existente, o custo da operação é baixo, não havendo necessidade de construção de um sistema para fornecer o calor necessário.

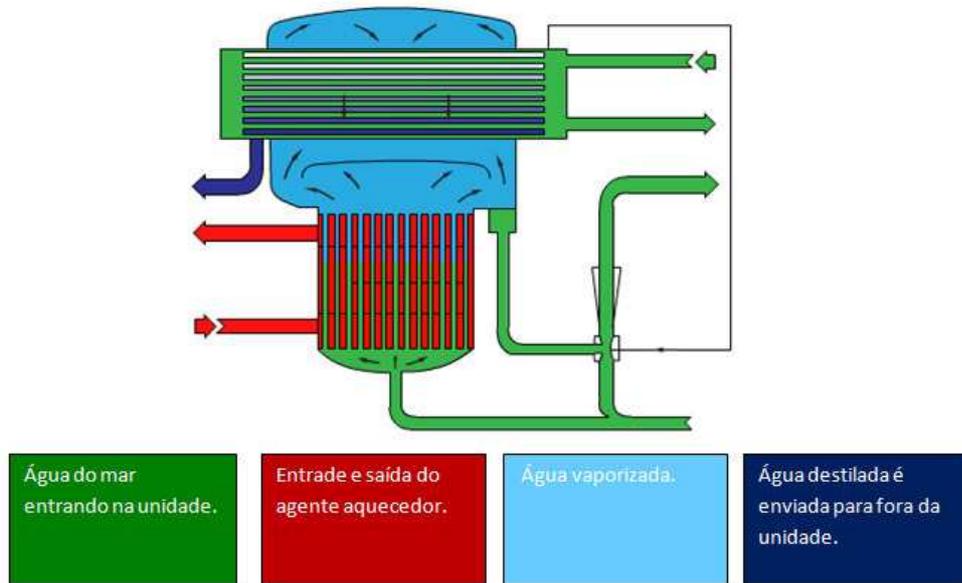
Há dois elementos principais em um destilador: um aquecedor (evaporador), que aquece e evapora a água do mar, e outro que condensa este vapor (condensador), após ele passar pelo separador de gotículas (demister), retendo gotas de água salgada que possam ter sido arrastadas e produzindo água potável. No condensador, a condensação acontece devido ao resfriamento, usando-se a água fria do mar.

Além destes elementos principais, há também a bomba ejetora (centrífuga), que fornece a água do mar que será evaporada a uma temperatura abaixo dos 100°C (a partir de 32°C) devido à baixa pressão (750 mmhg), produz o vácuo necessário (em torno de 98%) para que esta água evapore e retire a salmoura que, então, é descartada.

O vácuo necessário para que a evaporação ocorra é produzido pelo ejetor, onde a passagem da água do mar vinda da descarga da bomba ejetora arrasta o ar do interior da câmara do destilador.

Completando o sistema, há uma bomba de retirada da água condensada, que será enviada para os tanques de armazenamento, se estiver com a concentração de sal em nível aceitável, geralmente entre um e 10 partes por milhão (PPM), que será analisado por equipamento posicionado na descarga desta bomba (salinômetro), e que, em caso de elevação deste PPM, acionará um alarme e desviará a água produzida para o porão da praça de máquinas.

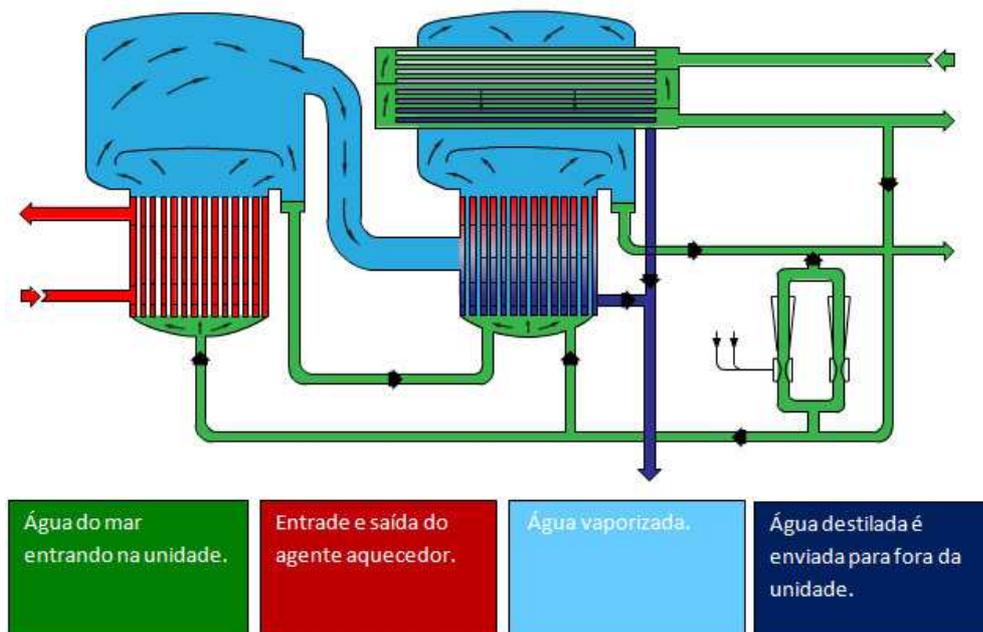
Figura 9 - Exemplo de destilador de um estágio



Fonte: [www.atlas-danmark.com](http://www.atlas-danmark.com).

As diferenças quanto ao tipo de trocador de calor usado pelos equipamentos, são pelo uso de placas ou tubos, e quanto ao número de estágios de evaporação, sendo encontrados a bordo, principalmente, os de um ou dois estágios, embora haja também, os de múltiplos estágios, que são empregados em navios de passageiros.

Figura 10 - Exemplo de destilador de dois estágios



Fonte: [www.atlas-danmark.com](http://www.atlas-danmark.com).

Há diferentes tipos de destiladores, mas basicamente todos usam o mesmo princípio e tem os mesmos elementos, variando, principalmente, no tamanho e consequentemente, na capacidade de produção.

O modelo apropriado dependerá do espaço disponível em uma praça de máquinas, da capacidade de fornecimento de fonte de calor para o sistema, do volume de água salgada para o condensador, da capacidade de água produzida, etc. Existem vários modelos, de diferentes fabricantes, com capacidade de produção que variam de 0.25 m<sup>3</sup>/hr a 1.8 m<sup>3</sup>/hr ou mais, para cada equipamento de estágio único, que são os mais usados a bordo, devido ao pouco espaço disponível em uma praça de máquinas. Geralmente, os destiladores de bordo têm sua produção máxima ao redor de 0.8 m<sup>3</sup>/h.

Figura 11 - Destilador Alfa-Laval JWP 26 C80B



Fonte: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com).

## 5 COMPARAÇÃO ENTRE OSMOSE REVERSA E SISTEMA DESTILATÓRIO

A energia requerida para a produção de um litro de água potável em relação ao custo da energia cria ou elimina a necessidade de um dessalinizador e auxilia a definir a escolha do melhor processo.

Osmose reversa tem melhor rendimento, se comparado com o sistema destilatório. Isto significa que, para mesma quantidade na saída, o volume na entrada de um equipamento de osmose reversa é um terço da água do mar necessária em um grupo destilatório. Isto proporciona decréscimo de consumo de energia e outros custos requeridos para o bombeio da água do mar para o sistema e o descarte da salmoura remanescente.

Sistemas de osmose reversa exigem considerável consumo de energia para pressurizar a água do mar nas membranas filtrantes, entretanto, o sistema destilatório necessita de muita energia para o aquecimento da água que será vaporizada.

A tecnologia das membranas de filtragem do sistema de osmose reversa conseguiu um grande avanço na última década, havendo novos tipos de membranas que conseguem o efeito de separação do soluto em pressões de trabalho bem inferiores, resultando em diminuição do consumo de energia. Mas, em geral, o sistema destilatório requer algo em torno de 17 kWh/m<sup>3</sup> de água (para aquecimento e bombeio), contra 5 kWh/m<sup>3</sup> no sistema de osmose reversa.

Atualmente, o sistema destilatório só será viável onde houver disponibilidade de calor em sistemas paralelos.

Quanto à qualidade da água produzida o sistema destilatório produz água com menos de 100 mg/l de sal dissolvido, contra 400 mg/l no sistema de osmose reversa. E este necessita de vários conjuntos de membranas para obtenção de água com melhor qualidade. Nos sistemas de osmose reversa, a água produzida depende da qualidade da água do mar de alimentação. Como o sistema destilatório usa a vaporização, o desempenho não depende da qualidade da alimentação.

Um ponto negativo do sistema de osmose reversa é a necessidade de pré-tratamento da água para o processo. São necessários dispositivos e uso de produtos químicos para remover organismos biológicos, sólidos em suspensão e outras impurezas. Também o PH e outras variáveis químicas da água de

alimentação devem ser controlados, algo que o sistema destilatório, usando vaporização, não requer.

Sistemas destilatórios são consideravelmente maiores do que sistemas de osmose reversa. Conseqüentemente os custos de construção e de espaço requeridos são maiores, desde que o sistema de produção de calor, redes específicas para condução deste calor, caldeiras e condensadores, sejam necessários. Como, a bordo das embarcações mercantes, há disponibilidade de fonte de calor, seja a água proveniente do resfriamento dos cilindros dos motores principais ou vapor (em navios de maior porte), os custos de instalação são equivalentes, cabendo, então, a decisão de escolha do melhor sistema, ser baseada na manutenção requerida em cada sistema e o custo de energia necessária para o funcionamento de um deles.

Sob o aspecto da energia requerida, como já visto, será maior no grupo destilatório, se comparado ao sistema de osmose reversa, se em sistemas instalados fora de embarcações. A bordo, o custo energético do sistema destilatório será consideravelmente reduzido, por usar o calor de outras fontes já existentes.

O espaço necessário para o sistema destilatório também não será um item fundamental de decisão já que modernos destiladores, de dimensões reduzidas, ocupam o mesmo espaço de um sistema de osmose reversa, embora não tenha a mesma eficiência de produção deste, como, também já foi visto.

A escolha acontecerá, principalmente, baseada nos aspectos de manutenção e da existência ou não de um equipamento dessalinizador originalmente instalado na construção da embarcação, quando terá sido feita toda a interligação apropriada do sistema de dessalinização, qualquer que seja ele, com os sistemas principais, dos quais ele dependerá.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo a comparação dos dois principais tipos de dessalinizadores usados a bordo de embarcações mercantes, e o questionamento sobre as vantagens, ou não, em vários aspectos, do sistema de osmose reversa, de uso relativamente novo a bordo.

Como visto, em face da grande necessidade de água doce a bordo, e considerando-se que a tripulação de máquinas é encarregada de volume cada vez maior de atividades, ao mesmo tempo em que é em número reduzido ao mínimo para a execução de tais atividades, chega-se à conclusão que ainda é vantajosa a utilização de grupos destilatórios tradicionais, até porque houve melhorias e aperfeiçoamentos do sistema, as quais os tornaram mais eficientes e com maior vida útil. Ressalte-se que a tecnologia dos sistemas de osmose reversa também não para de evoluir, e que, provavelmente, este ainda alcançará o nível dos destiladores, em todos os aspectos.

Mas, atualmente, de todas as vantagens relativas dos grupos destilatórios, a principal é, com certeza, a confiabilidade do equipamento, requerendo manutenção mínima e, quando necessária, mais simples e de rápida execução, não sobrecarregando a tripulação e cumprindo, de forma totalmente satisfatória, a sua função.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFGU Double Effect. **Working principle**. Disponível em: <http://www.atlas-danmark.com>. Acesso em: 27 set. 2014.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS. **Águas subterrâneas**: o ciclo hidrológico. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/projetos-e-atividades/subterraneas>. Acesso em: 28 set. 2014.

DESWARE, **Desalination and water resources**: membrane processes. Disponível em: <http://www.desware.net/>. Acesso em: 02 out. 2014.

GEA, **FILTRATION**: cross-flow membrane filtration systems and replacement membranes. Disponível em: <http://www.geafiltration.com/index.asp>. Acesso em: 02 out. 2014.

MESSIAS, Arminda Saconi; COSTA, Marcos Roberto Nunes (Org.). **Água subterrânea e dessalinização**. RECIFE: UNICAP, 2006. 200 p. (Série Encontro das Águas, n. 2). ISBN 85-7084-083-7.

OLIVEIRA, Tatiana. R. P. CARVALHO, Antônio. Osmose Reversa. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/>. Acesso em: 06 out. 2014.

RAMALHO, Renata. Dessalinização da água. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/>. Acesso em: 10 out. 2014.

RIOS, Jorge. **Meio ambiente**: dessalinização da água. Disponível em: <http://ecoviagem.uol.com.br/fique-por-dentro/artigos/meio-ambiente/dessalinizacao-da-agua-682.asp>. Acesso em: 12 out. 2014.

TITANIUM PLATE TYPE FRESH WATER GENERATOR. **Desalt JWP-26-C Series**. Disponível em: <http://www.alfalaval.com/>. Acesso em: 14 out. 2014.

UOL EDUCAÇÃO. **Água potável**: apenas 3% das águas são doces. Disponível em <http://educacao.uol.com.br/geografia/agua-potavel-apenas-3-das-aguas-sao-doces>. Acesso em: 21 out. 2014.

WATER TREATMENT AND PURIFICATION. **Desalination**: reverse osmosis modules. Disponível em: <http://www.lenntech.com/>. Acesso em: 07 out. 2014.