

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
PROPULSÃO NAVAL

1º TEN GABRIEL DOS SANTOS PORTO

PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM NAVIOS, UMA ANÁLISE  
SOBRE OS EQUIPAMENTOS QUE PRODUZEM ÁGUA POTÁVEL A BORDO

Rio de Janeiro  
2020

1º TEN GABRIEL DOS SANTOS PORTO

PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM NAVIOS, UMA ANÁLISE  
SOBRE OS EQUIPAMENTOS QUE PRODUZEM ÁGUA POTÁVEL A BORDO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução  
Almirante Wandenkolk como requisito parcial à  
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em  
Propulsão Naval

Orientadores:

CMG (EN) Carlos Rodrigues Pereira Belchior

1T (EN) Matheus Lima de Deus

CIAW  
Rio de Janeiro  
2020

1º TEN GABRIEL DOS SANTOS PORTO

PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM NAVIOS, UMA ANÁLISE  
SOBRE OS EQUIPAMENTOS QUE PRODUZEM ÁGUA POTÁVEL A BORDO

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial  
à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Propulsão Naval.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

CMG (RM1 - EN) Carlos Rodrigues Pereira Belchior - UFRJ \_\_\_\_\_

CC (RM1 – EN) Carlos Alfredo Orfão Martins - CIAW \_\_\_\_\_

1ºTen (EN) Matheus Lima de Deus – DEN \_\_\_\_\_

Dedico esse trabalho àqueles que trabalham diuturnamente nas praças de máquinas dos diversos navios da Marinha do Brasil através de seu trabalho silencioso no mar ou atracado contribuem sobremaneira para fazer o navio a completar sua missão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me abençoou com perseverança, discernimento, fidalguia, saúde, aos meus pais Neusa e Murilo pelo apoio e preocupação e educação a mim prestados por toda minha vida.

A minha digníssima esposa Maria Yohana, companheira de todos os momentos e ao meu filho João Miguel que apesar de ainda estar no ventre da minha esposa já é motivo de todo meu esforço e tudo que posso fazer em toda minha vida.

*“Quando o dia mal chegar  
Não vai desanimar e nem esmorecer  
O choro dura uma noite  
Mas, a alegria vem no amanhecer.”*  
*Leandro Sapucahy*

## PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM NAVIOS, UMA ANÁLISE SOBRE OS EQUIPAMENTOS QUE PRODUZEM ÁGUA POTÁVEL A BORDO

### Resumo

Sabido é que a economia mundial tem sua mobilidade regida pelo mar. Diariamente milhares de embarcações se fazem ao mar transportando os mais variados tipos de produtos por todo o mundo e neste contexto surge em na mente como que homens e mulheres passam tanto tempo no mar sabendo que há uma quantidade limitada de água que se poderia utilizar para suprimento sem contar que esta água tem que ser dividida com equipamentos como motores, por exemplo. Diante da necessidade de se aumentar a autonomia do navio ou plataforma no mar, com relação ao uso da água pelo pessoal de bordo é que surgiram os equipamentos capazes de “produzir” água a bordo. O leitor deve se perguntar o motivo das aspas, foi colocado porque na realidade a água não é produzida a bordo ela é transformada, pelos grupos destilatórios, em água doce tal qual na natureza quando a água do mar evapora e cai em forma de chuva (já dessalgada) sobre o solo ou sobre o próprio mar. Outra visão que se pode ter é que ela é “forçada” a se tornar doce, contra a lei natural, através de um aumento de pressão acima da pressão osmótica para que ao invés de seguir o caminho natural de ir do meio menos concentrado de sai para o meio mais concentrado de sais (também conhecido como osmose) perfazendo o caminho contrário indo do meio mais concentrado para o menos concentrado de sais, processo chamado de osmose reversa provocado pelo grupo de osmose reversa.

**Palavras- chave:** Dessalinização, grupo destilatório, grupo de osmose reversa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama do Grupo Destilatório de baixa pressão.....	19
Figura 2 – Processo de destilação.....	21
Figura 3 – Grupo Destilatório .....	23
Figura 4 – Ciclo do GD .....	24
Figura 5 – Circuito de água de circulação .....	26
Figura 6 – Circuito de alimentação .....	27
Figura 7 – Circuito de destilado .....	30
Figura 8 – Processo de Osmose e Processo de Osmose Reversa .....	34
Figura 9 – Diagrama do sistema do GOR .....	36

**LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

GD	Grupo Destilatório
GOR	Grupo de Osmose Reversa
MB	Marinha do Brasil
PPM	Partes Por Milhão

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1 Apresentação do Problema</b> .....	13
<b>1.2 Justificativa</b> .....	13
<b>1.3 Objetivos</b> .....	14
1.3.1 Objetivo Geral .....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	14
<b>1.4 Etapas do Trabalho</b> .....	14
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	15
<b>3 HITÓRICO</b> .....	16
<b>4 SISTEMA DE AGUADA</b> .....	16
<b>5 TROCADORES DE CALOR</b> .....	17
5.1 Classificação dos trocadores de calor .....	18
<b>6 PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR</b> .....	18
6.1 Evaporação .....	18
6.2 Por membrana .....	20
<b>7 GRUPO DESTILATÓRIO</b> .....	20
<b>7.1 Grupo destilatório de tubos submersos</b> .....	25
7.1.1 Circuito de água de circulação .....	25
7.1.2 Circuito de alimentação .....	26
7.1.3 Circuito de desarejamento .....	27
7.1.4 Circuito de vapor de aquecimento .....	27
7.1.5 Circuito de vapor produzido na câmara de vaporização .....	28
7.1.6 Circuito de vapor produzido na câmara de vaporização do 1º efeito .....	28
7.1.7 Circuito de vapor produzido na câmara do 2º efeito .....	28
7.1.8 Circuito de extração de salmoura .....	28
7.1.9 Circuito de destilado .....	29
7.1.10 Circuito de drenagens .....	30
<b>7.2 Outros tipos de GD da Marinha do Brasil</b> .....	31

7.2.1 Grupos destilatórios por compressão de vapor .....	31
7.2.2 GD de gases quentes de descarga (compressão de vapor .....	31
7.2.3 Grupos Destilatórios de baixa pressão de tubos submersos .....	31
7.2.4 GD de baixa pressão tipo autovaporização de dois estágios .....	31
7.2.5 Grupos destilatórios de circulação forçada com termocompressor .....	32
<b>7.3 Mau Funcionamento GD .....</b>	<b>32</b>
<b>8 GRUPO DE OSMOSE REVERSA .....</b>	<b>33</b>
<b>8.1 Princípio de Funcionamento .....</b>	<b>33</b>
<b>8.2 Funcionamento do GOR .....</b>	<b>34</b>
<b>8.3 Outros componentes do GOR .....</b>	<b>36</b>
<b>8.4 Rotinas de Manutenção .....</b>	<b>36</b>
<b>9 COMPARAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>37</b>
<b>9.1 Grupo de Osmose Reversa .....</b>	<b>38</b>
<b>9.2 Grupo Destilatório .....</b>	<b>38</b>
<b>10 CONCLUSÃO</b>	
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>xx</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Água, um dos recursos de maior importância para a vida do planeta, também vem sofrendo as consequências da irresponsabilidade ao longo dos tempos (Rebouças, 2006).

Em sua história o homem adotou diferentes posturas, políticas de crescimento e tecnologias pouco comprometidas com a conservação do meio ambiente (Capra, 1990).

Sabe-se que três quartos da superfície terrestre é recoberta de água. Pode parecer muito e realmente é. No entanto, sabe-se também que 97,5% do volume total de água do planeta encontra-se nos oceanos, ou seja, trata-se de água com elevada salinidade e imprópria para o consumo direto. Dos 2,5% de água doce existentes, 68,9 % estão congeladas nas calotas polares e geleiras, 29,9% permanecem retidas em lençóis subterrâneos, e 0,9%, em outros reservatórios, e apenas 0,3% está prontamente disponível como manancial superficial nos rios e lagos (Shiklomanov, 1990).

Segundo o site Rios Voadores, a água é, provavelmente o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

A bordo de navios e plataformas a água tem importância não só para uso humano seja nas necessidades básicas mas também para processos industriais que tem como pré-requisito que a água tenha um teor nulo ou muito próximo de zero de sais dissolvidos.

Quanto aos seus graus de pureza, salinidade e potabilidade, devido às necessidades inerentes aos seres humanos, tem sido motivo de preocupação dos projetistas navais, um vez que, por maior que seja a capacidade total dos tanques de armazenamento de água doce das embarcações, esta quantidade é finita, além de estar sujeita a contaminações que pode ter efeitos maléficos à saúde da tripulação e/ou passageiros (Selbome, 2011).

Diante deste cenário faz-se necessário que as embarcações tenham autonomia produzindo a água, em quantidade suficiente para que a tanto os equipamentos como a tripulação possam utilizá-la. E para isso os navios podem utilizar tanto o grupo de osmose reversa quanto o grupo destilatório e em alguns casos os dois equipamentos podem ser utilizados juntos sendo que um produzirá água que será utilizada, após receber tratamento

adequado, pela tripulação e outro produzirá água destilada para ser utilizada no arrefecimento de motores e outros equipamentos.

Sendo assim, esta água produzida é obtida por meio da destilação da água ou através da osmose reversa sendo esta última a mais utilizada a bordo é através dela que se consegue água desmineralizada que é utilizada em vários equipamentos existentes a bordo.

Cabe ressaltar, no Brasil, a utilização de dessalinização pelo processo de osmose reversa teve início com a Petrobrás, em 1987, para atender às suas plataformas marítimas. Desde então vem sendo utilizada por ser uma tecnologia moderna e muito eficiente em termos de custo para um sistema de purificação de água. (Monteiro, 2011)

Os navios são compostos de vários sistemas, como por exemplo, sistema de aguada, de óleo combustível, ar comprimido, sistema de refrigeração entre outros. Todo esse conjunto contribui para que o navio possa cumprir a missão a que foi construído. Falando diretamente do sistema que é alvo desta pesquisa, que é o sistema de aguada é normal venha a mente a seguinte pergunta: Como que funciona isto? Como navios e plataformas ficam tanto tempo longe de terra já que a água doce, que é primordial para vida humana, é finita?

Este trabalho terá como função esclarecer tais eventuais dúvidas e mostrar como que funciona a “produção” de água a bordo. O leitor deve estar se perguntando o porquê da palavra produção estar entre aspas. O motivo é bem simples, não se produz água a bordo. Na realidade, o que ocorre é o processo de dessalinização da água do mar que pode ocorrer de duas formas ou através de equipamentos de troca de calor, num processo de destilação da água do mar ou através do procedimento chamado osmose reversa. Estes processos serão abordados com maior riqueza de detalhe durante o trabalho.

## **1.1 Apresentação do Problema**

Em uma embarcação o sistema de distribuição de água também chamado de sistema de aguada, como denotado a bordo dos navios, não possui a somente a funcionalidade de garantir à tripulação a condição mínima para sobrevivência seja chegando até a cozinha, aos banheiros e consumo direto. O sistema de aguada também é responsável por fornecer água doce para diversos equipamentos e sistemas, tornando-se vital para o funcionamento dos mesmos dos quais destacam-se plantas de ar condicionado, o qual utiliza água doce em um circuito fechado, motores que estão ligados a geradores de energia elétrica e motores propulsivos, em ambos os casos a água atua como líquido de arrefecimento.

Sendo assim fica evidenciado a grande importância do sistema de aguada logo o navio ao fazer-se ao mar numa viagem deve ser capaz de ser autossuficiente quando o assunto é água doce a bordo e os equipamentos que os navios possuem para alcançar essa necessidade são os grupos destilatórios e o grupo de osmose reversa.

Conhecer esses equipamentos é de suma importância para os tripulantes pois são eles os grandes responsáveis pela produção de água a bordo. Com a finalidade de proporcionar o conhecimento de como que ocorre o processo de dessalinização da água do mar, quanto um equipamento como os citados anteriormente é capaz de produzir.

## **1.2 Justificativa e Relevância**

A água é um elemento indispensável para vida humana, pois já é de conhecimento da ciência que é possível um ser humano passar um tempo considerável sem se alimentar entretanto, isto não é uma verdade quando se trata da ausência da água.

Faz-se mister saber que já existem países que tem sérios problemas na captação de água para a populações que é caso de Israel e a solução encontrada pelo governo deste país está no mar e para poder fornecer a sua população, o país aperfeiçoou a técnica de dessalinização da água e hoje é referência no mundo no que tange a esta técnica pois já era de conhecimento geral que os navios já utilizavam desta técnica para fazer viagens longas e passar quanto tempo fosse necessário no mar.

Sendo assim faz-se necessário que o tripulante tenha em mente como que funciona o processo de dessalinização da água, quais equipamentos são capazes de fazê-la.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral ampliar o conhecimento sobre os equipamentos capazes de produzir água doce a partir da água do mar.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Este trabalho tem como objetivo geral ampliar o conhecimento sobre os equipamentos capazes de produzir água doce, grupo de osmose reversa ou grupo destilatório para que se possa concluir quando utilizar um ou outro equipamento.

## **1.4 Etapas do Trabalho**

Este trabalho possui 10 capítulos a iniciar com uma introdução que busca contextualizar o leitor sobre o assunto a ser desenvolvido.

No capítulo 3 é apresentado um breve histórico sobre a dessalinização de água e início do referencial teórico.

No Capítulo 4 é introduzida e explicado a linguagem usada a bordo sobre do que se trata o sistema de aguada.

No capítulo 5 é feita uma breve explanação sobre trocadores de calor com a finalidade de introduzir o capítulo 6 que versará sobre os grupos destilatórios.

Após a análise sobre os GD que eram encontrados na MB é falado sobre os Grupo de osmose reversa, no capítulo 7.

No capítulo 8 é feita análise sobre o grupo de osmose reversa

No capítulo 9 é feita comparação entre os dois e provado qual é mais vantajoso, economicamente falando.

O capítulo 10 conclusão o é feita uma breve conclusão sobre a análise dos dois equipamentos que são alvo deste trabalho.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia a ser utilizada neste trabalho formar-se-á de pesquisa documental, levando em consideração os manuais técnicos dos equipamentos, monografias e um livro que serviram como base para entendimento do assunto. Sendo assim, a pesquisa realizar-se-á de forma qualitativa. Com a finalidade de verificar especificações técnicas dos equipamentos para análise de qual equipamento utilizar em navio mercante ou de guerra.

### **3. HISTÓRICO**

De acordo com Ribeiro, 2014, na antiguidade, as pessoas não se preocupavam com a qualidade da água e sim com quantidade dela. Desde 2000 anos antes de Cristo, antigos egípcios mostravam as práticas para manter a água pura e livre de bactérias, própria para sobrevivência, para beber e para uso na agricultura, como: Fervura, aquecimento solar, filtração etc.

Com o aparecimento das embarcações movidas a turbinas a vapor, aumentou a necessidade de obter água pura para suprir as caldeiras de bordo, levando a fabricação dos destiladores.

Recentemente, como crescimento da tecnologia, surgiram os dessalinizadores por osmose reversa através das membranas semipermeáveis, desenvolvidas por pesquisadores norte-americanos da Universidade de Califórnia, de Los Angeles, a partir de 1949. Como a vazão da produção de água era escassa, então o sistema só começou a ser implantado em 1980.

As grandes reservas de energias existentes em muitos países do Oriente Médio juntamente com a sua escassez de água levaram a construção de plantas de dessalinização nesta região. Nos meados de 2007, o Oriente Médio produzia cerca de três quartos de toda água dessalinizada do mundo. No mundo inteiro, há 13.800 plantas de dessalinização que produzem no total mais de 45,5 bilhões de litros de água por dia, de acordo com a International Desalination Association. O sal retirado do Brasil em média é de 3%.

### **4. SISTEMA DE AGUADA**

Em um navio, o sistema de aguada é responsável por transportar água doce a todos os compartimentos que são contemplados por ele. Este sistema deverá ter ramificações ( derivações) pois nem toda água doce produzida a bordo, seja pelo grupo destilatório ou pelo grupo de osmose reversa, é considerada potável pois, esta água, também chamada de “bruta” (que é a água produzida pelo equipamento e que recebe apenas uma filtração grossa) é normalmente utilizada para as seguintes finalidades segundo Apolaro, 2014:

- a) Lastro e esgotamento de tanques através de ejetores;
- b) Resfriamento de plantas propulsoras (resfriadores)
- c) Condensadores (plantas frigoríficas ou geração de vapor);
- d) Esgoto Sanitário (plantas de tratamento de esgoto sanitário e privadas); e

e) Baldeação de Convés.

Há, porém, embarcações que já utilizam a água salgada para algumas das situações acima citadas como é o caso da rede de combate a incêndios e esgotos sanitários tais adaptações fazem com que o consumo de água doce em navios diminua substancialmente e aumente o tempo de vida útil dos dessalinizadores.

A água salgada, que será dessalinizada, é admitida a bordo por meio das caixas de mar, que são as aspirações das bombas de água salgada, localizadas na parte submersa do casco da embarcação e normalmente possuem grades para evitar a admissão de corpos estranhos e grande proporção que possam obstruir e entupir a rede de aspiração da bomba. Após a admissão água é bombeada para os equipamentos dessalinizadores (Grupo Destilatório ou Grupo de Osmose Reversa) de onde sai água doce ou destilada.

A água “bruta” também pode receber uma filtragem mais refinada e tratada ( passando por filtros de areia, cloração, fluoretação entre outros ) para ser utilizada para fins mais nobres como por exemplo:

- a) Consumo diário humano;
- b) Serviços de limpeza;
- c) Lavagem de turbinas e filtros de ar;
- d) Geração de vapor em caldeiras;
- e) Resfriamento de água das camisas dos motores de combustão interna;

As águas de chuva mesmo seno consideradas naturalmente dessalinizadas não são mantidas a bordo em virtude da possibilidade de presença de algum contaminante atmosférico, sendo diretamente descartas por meio de calhas e dutos.

## **5. TROCADORES DE CALOR**

São componentes / equipamentos que facilitam a transferência de calor entre dois ou mais fluidos ( líquido ou gás) em temperaturas diferentes.

No projeto de um trocador de calor tem que se levar em consideração 3 critérios que farão com que o trocador seja empregado de acordo com a necessidade do usuário e oferecendo melhor desempenho possível que são:

- Critério Térmico: Que consiste em uma análise do desempenho térmico, as condições de operação ( temperatura, pressão vazões, transiente, permanente), as taxas de transferência de calor e considerações de peso e de dimensões.

- Critério Mecânico: Este critério deve levar em consideração a resistência dos materiais do trocador de calor, a corrosão química (propriedade dos fluidos), a carga mecânica e a integridade estrutural (termomecânica).
- Critério Econômico: Custos iniciais e custos de manutenção.

### **5.1 Classificação dos Trocadores de Calor:**

- De acordo com o processo de transferência podemos classificá-los como:
  - Contato Direto; e
  - Contato Indireto
- De acordo com o tipo construtivo:
  - Tubulares;
  - Placas; e
  - Regeneradores.
- Disposição do escoamento:
  - Concorrente;
  - Contracorrente;
  - Corrente Cruzada;
  - Duplo passe; e
  - Múltiplos passe.

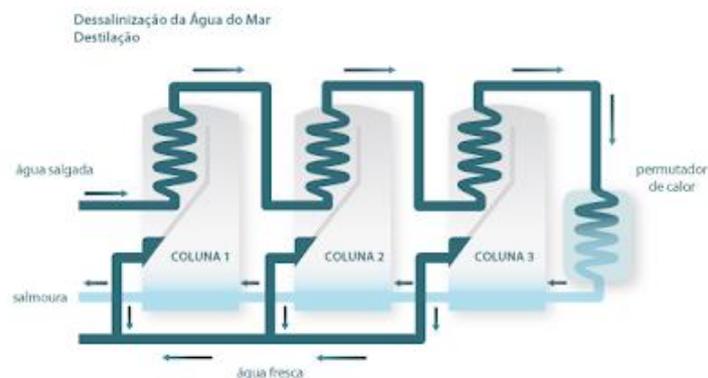


podia imaginar. Mas como se consegue o fluido quente? O fluido quente é proveniente da água que sai dos motores ou então através do vapor. Isso mesmo pelo vapor seja vindo de uma caldeira ou de um reator para navios que possuem a propulsão nuclear.

A destilação é um processo de separação de misturas que pode ser classificado como simples ou fracionada. A destilação da água do mar é do tipo simples pois a água do mar é uma mistura homogênea e apresenta sólido dissolvido no líquido que são, por definição, os critérios que devem-se utilizar para classificar o tipo de destilação a ser feita.

Este processo de separação de substâncias é o que nos oferece a água mais pura, uma vez que os pontos de ebulição da água e do cloreto de sódio, sal, são muito diferentes, isto é, a água evapora antes do cloreto de sódio. Ao se fornecer calor à água salgada propicia-se o líquido entre em ebulição e como esse calor não é suficiente para que o cloreto de sódio entre em ebulição, então ele permanecerá no estado sólido ficando armazenado no fundo do recipiente, ou seja, ele passou de solúvel em água para o estado cristalizado. Os vapores da água serão canalizados para um condensador, que possui em seu interior tubulões por onde passa água salgada, em circulação, a uma temperatura menor, do que a do vapor, que passa por fora dos destes tubos, entrando em contato direto com os mesmos perdendo calor e mudando de estado físico, isto é, ocorre o processo chamado de condensação quando a água volta para o estado líquido sendo recolhida no fundo do condensador e escorrendo para um reservatório só que agora sem a presença do sal, NaCl. A figura 1 demonstra o esquema do processo de dessalinização explanado anteriormente que ocorre e multiestágios, processo que fornecerá água mais pura possível pois a água é vaporizada e condensada em várias células

Figura 2: Processo de Destilação



Fonte: <https://sites.google.com/site/dessalinizacaosensores/tipos-de-dessalinizacao>, acessado em 11/11/2019.

## 6.2 Por Membrana

As membranas têm função essencial no processo natural de separação de sais, seja no processo de diálise ou no de osmose que ocorrem nos seres vivos. Usadas comercialmente em dois processos de dessalinização – eletro diálise e osmose reversa – os dois processos usam as membranas que possuem a característica de separar e diferenciar seletivamente sais e água porém, os dois processos são diferentes. Neste trabalho será abordado em detalhes somente o processo de osmose reversa porém, faz-se mister saber que no processo de eletro diálise o processo é elétrico, ou seja, usa um potencial elétrico para mover, seletivamente, sais através da membrana e deixando os sais para presos nela.

## 7. GRUPO DESTILATÓRIO

Este nome é dado aos destiladores que se encontram a bordo das embarcações, tem como princípio de funcionamento o aquecimento da água e posterior resfriamento do vapor gerado porém se este processo tivesse que ocorrer à temperatura ambiente seria muito demorado e então para torná-lo mais rápido e economicamente viável, ocorre a redução da temperatura de ebulição através da redução da pressão interna do grupo destilatório. A fonte de calor a bordo pode ser fornecida de várias formas porém utiliza-se, usualmente o calor despendido pela água de resfriamento dos motores de combustão interna, ou através de vapor vindo de uma caldeira. Ambos os processos utilizam a forma de redução de pressão interna para reduzir a temperatura de ebulição da água.

No processo de destilação por compressão de vapor, a destilação que ocorre em navios é de multi-efeitos. Neste processo, é fornecido calor à água do mar em um compartimento chamado de aquecedor de salmoura por onde passa uma rede de vapor provindo diretamente de uma caldeira ou do vapor descarregado pelas máquinas auxiliares.

Geralmente um estágio consiste em um invólucro, um trocador de calor e acessórios para transportar os fluidos entre os estágios. O trocador de calor mais comum é o de tubos submersos com borrião de salmoura. (SINHORI, 2014).

Porém quando se faz comparação destes dois tipos de grupo destilatório, ver-se-á que o mais vantajoso é o que reutiliza o calor dissipado pela água de resfriamento dos motores pois ocorre uma economia no consumo de energia de para evaporação da água do mar, ocupa menos espaço pois a destilação, ocorre em apenas um efeito, é de fácil manuseio e manutenção

e pode ser de dois tipos ou tubular e placas. De importância relevante nas instalações de máquinas de um navio, principalmente nas instalações a vapor. É por meio destes equipamentos que se destila água do mar a ser utilizada no sistema de alimentação das caldeiras e nos serviços domésticos de bordo.

De forma geral, O grupo destilatório utilizado em embarcações são constituídos de:

**Evaporador:** É o local onde a água salgada é armazenada e aquecida até a temperatura de ebulição (100° C), a fonte de calor do evaporador pode ser o vapor ou água quente que sai dos motores, que chegam até o evaporador por meio de feixe tubular ou placas sendo neste último somente água. Um aspecto importante que deve ser mencionado quando se trata do evaporador é que ele pode trabalhar sob a condição de vácuo. Caso isto ocorra, a água evaporará quando atingir a temperatura de 52° C, que é bem menor a temperatura que se deve alcançar na condição normal de temperatura e pressão (CNTP).

O líquido ao se tornar vapor é conduzido por tubos até o condensador, que será abordado em seguida. O sal que ficou concentrado no fundo do evaporador se mistura com água residual, que sempre fica alojada no fundo do evaporador e forma a salmoura que pode ser retirada, drenada e limpa durante a manutenção do equipamento. A real necessidade de se sacar a salmoura, é em virtude do material que compõe alguns dos componentes internos serem de polietileno, um polímero (um tipo de plástico) que em contato com temperaturas altas pode ser danificado.

**Condensador:** Como dito anteriormente, o vapor chegará ao condensador via tubulações (redes de vapor) que devem ser compostas de material que tenha boa condutibilidade de calor como por exemplo aço inox ou cobre. Dentro do condensador ocorre uma nova troca de calor pois no interior dele há água do mar, a temperatura ambiente, que ao entrar com contato com a superfície da rede de vapor, provoca a condensação imediata, a água torna-se água novamente, desta vez com pequena ou nenhuma quantidade de sais e cai nos defletores de condensado.

**Defletores de Condensado:** Têm a função principal de conduzir o condensado até a bomba de extração de condensado que encaminhará este condensado para fora do GD.

Na descarga da bomba de extração de condensado há a célula analisadora de salinidade do condensado que possui um filamento.

Na figura 3, mostra-se a imagem do grupo destilatório, que é o equipamento encontrado a bordo dos navios.

Figura 3: Grupo Destilatório



Fonte: <https://www.portamaritimo.com/2016/11/04/grupos-destilatorios-os-equipamentos-mais-usados-a-bordo-para-obtermos-agua-potavel/>

Neste trabalho será explorado grupo destilatório de baixa pressão de tubos submersos pois estes são os utilizados nas embarcações da Marinha do Brasil que possui o seguinte funcionamento:

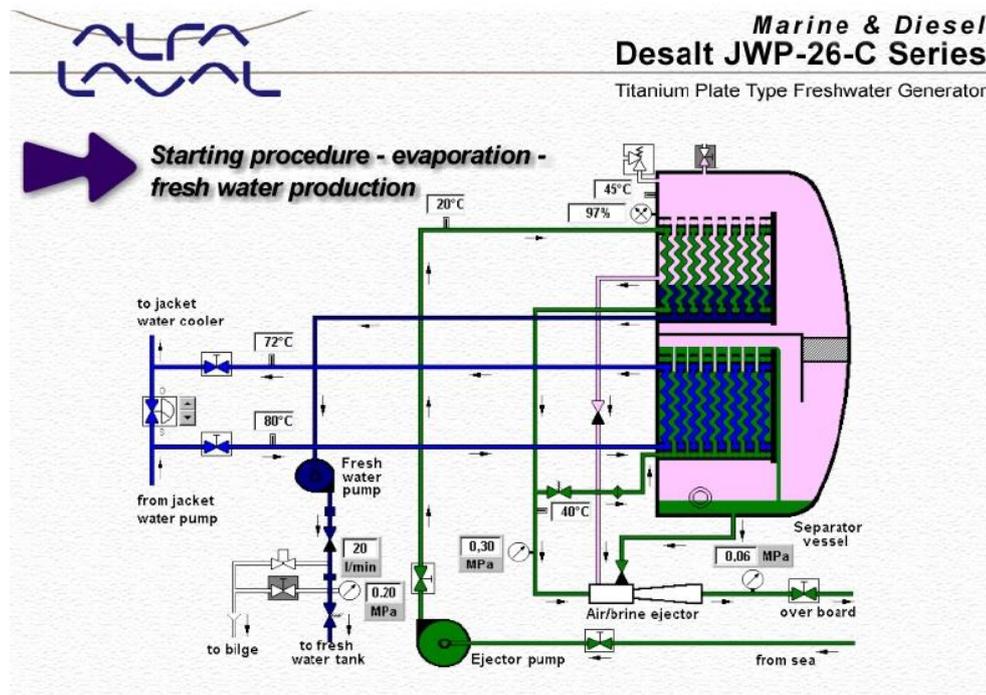
A água do mar é admitida no sistema por meio da bomba ejetora (ejector pump), e é transportada para o resfriador do destilado, local onde ocorre troca de calor com o vapor produzido condensando o destilado e pré-aquecendo a água. Em seguida a água salgada poderá ir para dois compartimentos uma parte irá para o evaporador e a maior parte irá para o ejetor de ar/salmoura (air brine ejector) cuja função será:

- Fazer com que a pressão interna fique abaixo da pressão ambiente( e isto ocorre através de arrasto, tendo como efeito desejado a redução da temperatura do ponto de ebulição); e
- Retirar o excesso de salmoura ( a salgada que não foi evaporada com alta concentração de sal).

O vapor gerado no evaporador passa através do separador de gotículas (demister), que fica situado entre o evaporador e condensador, para reter gotículas de água salgada que possam estar em suspensão. Em seguida o vapor vai para pelas placas do condensador local onde ocorre troca de calor com água salgada de alimentação, que está a temperatura mais baixa, e condensa água destilada. O destilado é extraído do GD pela bomba de extração de destilado (fresh water pump), passando por um salinômetro, que é um sensor que mede a condutividade eletrolítica. Caso a salinidade da água destilada esteja maior que a ajustada no sensor, essa água é descartada até que seu valor abaixe. Quando a salinidade estiver dentro do valor desejado, a

água é então bombeada para o um tanque de água destilada, onde pode ser tratada e em seguida utilizada pela tripulação.

Figura 4 Ciclo do GD



Fonte: Alfa Laval

## 7.1 Grupo destilatório de tubos submersos de duplo efeito

O GD em pauta é constituído de sete circuitos principais:

- Circuito de água de circulação;
- Circuito de água de alimentação;
- Circuito de desarejamento (vácuo);
- Circuito de aquecimento;
- Circuito de vapor produzido (no 1º e no 2º efeito);
- Circuito de salmoura; e
- Circuito de destilado.

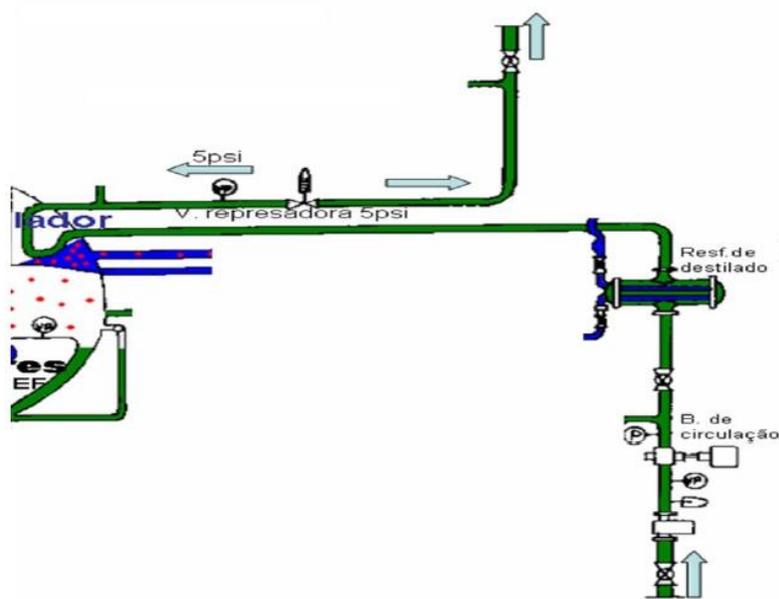
### 7.1.1 Circuito de água de Circulação:

Com início na caixa de mar, a água é aspirada passa pela bomba de circulação e direcionada para o resfriador de destilado e, ao sair do resfriador é direcionada para parte de baixa do destilador (seção de aquecimento) em seguida passa pela válvula represadora ou de contrapressão de 5 psi e é enviado para saída para o mar. Se a temperatura da água que passa pela seção de condensador do destilador for maior que 20°F (aproximadamente -7°C), o fluxo de água de circulação é considerado insuficiente. A figura 3 ilustra o circuito de água de circulação.

O GD em pauta é constituído de sete circuitos principais:

- Circuito de água de circulação;
- Circuito de água de alimentação;
- Circuito de desarejamento (vácuo);
- Circuito de aquecimento;
- Circuito de vapor produzido (no 1º e no 2º efeito);
- Circuito de salmoura; e
- Circuito de destilado.

Figura 5: Circuito de água de Circulação



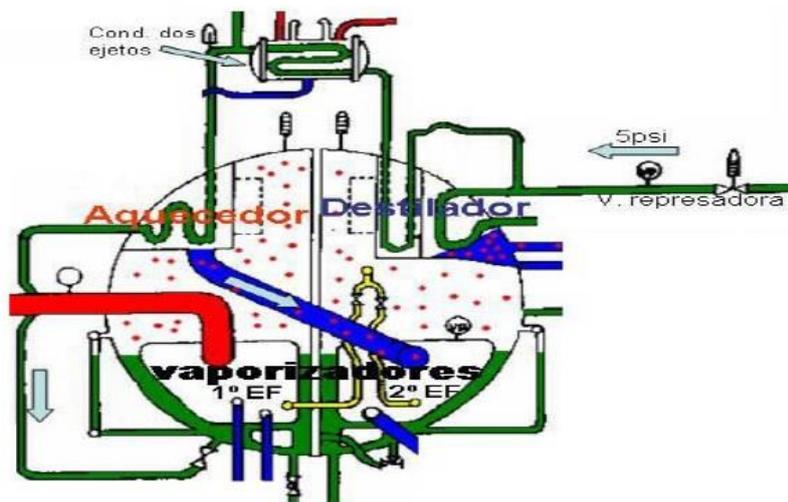
Fonte: SANTOS, 2014

### 7.1.2 Circuito de Alimentação:

Com início entre a seção de condensação do destilador ou antes da válvula de contrapressão ou represadora de 5psi a água percorre em seguida entra na seção de condensação do destilador, pelo condensador dos ejetores de ar, aquecedor de água de alimentação, câmara de vaporização do 1º efeito, câmara de vaporização do 2º efeito local onde termina este circuito.

Cabe ressaltar que junto com circuito de circulação, o circuito de alimentação é um dos primeiros a entrar em circulação por ocasião da preparação para o funcionamento do GD. A figura 6 elucida o circuito de alimentação.

Figura 6: Circuito de Alimentação



Fonte: SANTOS, 2014

### 7.1.3 Circuito de Desarejamento

Este circuito de início na seção de condensação do destilador passa pelo grupo de ejetores de ar e termina no condensador dos ejetores de ar. Uma precaução que deve ser tomada com este circuito é que as válvulas de alimentação do 1º efeito e entre efeitos devem ser isoladas à medida que o vácuo for sendo obtido, para se evitar que a água seja sifonada para o último efeito.

### **7.1.4 Circuito de Vapor de Aquecimento**

O início deste circuito é na válvula reguladora de pressão de vapor operada por pesos, que opera com pressões de 0 a 5 psi. Em seguida o vapor é direcionado para a placa de orifício, onde a pressão é igual à que é observada no feixe tubular da câmara de vaporização do primeiro efeito. Após passar por outros acessórios e termina no feixe tubular da câmara de vaporização do 1º efeito.

Um fator indesejável que pode ocorrer é a formação de incrustações no circuito em virtude do seguinte fator. Ao se diminuir a pressão de vapor de aquecimento, um efeito imediato é que o vapor se torna superaquecido e este vapor não aumenta substancialmente a troca de calor mas, a temperatura mais alta na câmara de vaporização, o fator indesejável mencionado. A solução para esse problema foi a instalação, na rede de suprimento de vapor de aquecimento, entre a placa de orifício e o feixe tubular da câmara de vaporização do 1º efeito um borrifo para resfriar o vapor superaquecido que faz parte de uma derivação da descarga da bomba de dreno do 1º efeito.

### **7.1.5 Circuito de vapor produzido na câmara de vaporização**

Este circuito existe apenas para diferenciar o vapor gerado pelo próprio GD, através do aquecimento da água de alimentação em torno dos feixes tubulares do vapor de aquecimento vindo das auxiliares.

### **7.1.6 Circuito de vapor produzido na câmara de vaporização do 1º efeito**

Este circuito de vapor passa pelo aquecedor da água de alimentação onde ocorre uma troca de calor com este fluido. Obviamente ocorre dentro desta rede formação de condensado que é levado junto com o vapor restante existente para a câmara de vaporização do 2º efeito do GD onde é responsável por ceder calor latente à água de alimentação desta câmara de vaporização.

Cabe ressaltar que fazem parte deste circuito um diafragma e separadores de vapor que ficam no caminho para o feixe tubular da câmara de vaporização

### **7.1.7 Circuito de vapor produzido na câmara de vaporização do 2º efeito**

O caminho do vapor produzido no segundo efeito contempla um diafragma e separadores de vapor deste efeito e vai para o destilador, onde se condensa e passa a ser chamado destilado.

### **7.1.8 Circuito de Extração de Salmoura**

Com início no fundo da câmara de vaporização do último efeito a água aspirada pela bomba de extração de salmoura e conduzida por meio de redes para a descarga para o mar. Nesta rede há ainda válvula de retenção e válvula de descarga no costado.

Após parte da água de alimentação ser vaporizada na câmara de vaporização do primeiro efeito, a água que ainda resta no fundo do vaporizador tem sua salinidade aumentada, pois a quantidade de solvente foi diminuída em relação a quantidade de soluto e é esta água que vai para a câmara de vaporização do segundo efeito, agora é chamado de salmoura a fim de diferenciá-la da água do mar.

Faz parte desse circuito uma rede denominada de diluição da salmoura que tem o papel de admitir água do mar, fria, na rede de salmoura antes da bomba de extração de salmoura. e com isso evitar a vaporização no corpo da bomba e a diminuição da formação de incrustações no impelidor da bomba.

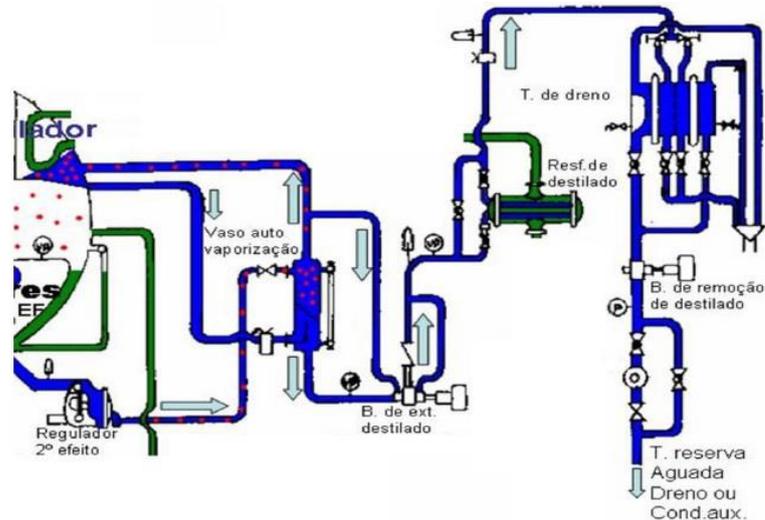
Dois cuidados devem ser tomados continuamente um é a temperatura da salmoura que deve estar entre 110°F e 125°F pois, a temperatura da salmoura indica que a densidade da água, que deverá se mantida em 1,5/32 ( 32 libras de água do mar contém 1,5 libra de sal) está correta, o outro é o controle do fluxo de água através da válvula da rede de diluição da salmoura instalada nesta rede a fim de se ter a garantia de que a combinação dos fluxos de salmoura com a da diluição não chegue a exceder a capacidade da bomba de extração de salmoura. Esta válvula, deve ter uma ajustagem que garanta uma queda de temperatura da salmoura de cerca de 20° F.

### **7.1.9 Circuito de destilado**

Com início no vaso de vaporização, este circuito que tem como parte integrante a câmara de vaporização, onde o vapor se torna água novamente (agora chamada destilado), a

bomba de extração de destilado, o resfriador do destilado, as válvulas de três vias e o hidrômetro. A figura 7 demonstra o diagrama do circuito de destilado.

Figura 7: Circuito de Destilado



Fonte: SANTOS, 2014

### 7.1.10 Circuitos de drenagens

- Drenagens do 1º efeito

Com início na saída do feixe tubular da câmara de vaporização do 1º efeito, este circuito contempla a bomba de dreno do 1º efeito ( e seus acessórios), o regulador de dreno do 1º efeito e termina na saída deste regulador.

Esta drenagem do 1º efeito pode ser enviada para os seguintes locais – não necessariamente ao mesmo tempo- :

- Tanque de água destilada (preferencialmente);
- Condensador principal;
- Condensador auxiliar;
- Tanque de dreno; e
- Porão ( caso esteja contaminada).

- Drenagem do 2º efeito

O condensado do feixe tubular da câmara de vaporização do 2º efeito, passa através do regulador de dreno do 2º efeito, mantendo um selo líquido de aproximadamente 12” (12

polegadas) de altura no vaso ou câmara de autovaporização juntamente com o vapor produzido e condensado do destilador.

Ao passar pelo regulador de dreno, a pressão de drenagem do feixe tubular do segundo efeito é reduzida. Uma certa quantidade de vapor que passa junto com a drenagem, vaporiza-se instantaneamente, devido a redução de pressão. Este vapor é separado da água no vaso de autovaporização e conduzido para o destilador do grupo destilatório, onde é misturado com o vapor produzido no 2º efeito, retornando posteriormente para o vaso de autovaporização

## **7.2 Outros Tipos de GD da Marinha do Brasil:**

### **7.2.1 Grupos destilatórios por compressão de vapor:**

Possuem como fonte de fornecimento de calor para seu funcionamento a energia elétrica sendo muito empregados em submarinos - pelo motivo simples da ausência de suprimento de vapor- e em embarcações que não utilizam mais de 4000 galões de água por dia – em torno de 15.150 litros de água por dia.

### **7.2.2 GD de gases quentes de descarga (compressão de vapor)**

São os GD que são instalados na descarga dos motores diesel. Sua aplicabilidade é observada em navios de superfícies e submarinos que utilizam um motor diesel na propulsão.

### **7.2.3 Grupos destilatórios de baixa pressão de tubos submersos:**

Com a capacidade de produzir 20.000 galões de água destilada ou potável por dia, este GD é utilizado em navios que possuem plantas a vapor utilizados na propulsão , e em máquinas auxiliares sendo estas as responsáveis por fornecer o vapor utilizado a 150 psi para o equipamento. Outra característica é que eles podem ser de simples ou múltiplos estágios sendo utilizado em Navios de Transporte de Docas da MB.

### **7.2.4 GD de baixa pressão tipo autovaporização de dois estágios:**

São utilizados em larga escala na “Us Navy” e na Marinha do Brasil era utilizados nos Contratorpedeiros Classe Pará. Tinham como fonte de aquecimento o vapor provindo da descarga das máquinas auxiliares, quando navio se fazia ao mar, ou o vapor vindo da caldeira auxiliar, reduzido de 135 psi para 15 psi quando o navio estava “apagado” no porto.

### **7.2.5 Grupos destilatórios de circulação forçada com termocompressor**

Também utilizando vapor da descarga das auxiliares como fonte de aquecimento, estes GD foram utilizados pelo Porta Avião São Paulo.

Com a capacidade de produzir 160 toneladas de água destilada ou potável por dia ou aproximadamente 6.666 litros por hora, este GD foi projetado para funcionar com um termocompressor com vapor superaquecido, à temperatura de 430 °C (superaquecido) e esporadicamente com vapor saturado a 27 bar de pressão e temperatura de 229°C.

## **7.3 Mau Funcionamento do GD**

Em consonância com Santos, 2014, basicamente o mau funcionamento do grupo destilatório está relacionado a queda de vácuo, baixa produção de água, arrastamento nos GD, inversão no sentido de rotação das bombas e projeção. Cabe ressaltar que estas principais situações podem ser diagnosticadas e sanadas pela própria tripulação da embarcação.

- Causas da queda de vácuo
  - Penetração de ar: O ar pode estar entrando no sistema em razão de defeito em juntas e engaxetamentos; selagem e respiro de bombas; e vapor e água de alimentação.
  - Deficiência de água de circulação: Pode estar ocorrendo a formação de colchão de ar no interior dos espelhos e dos feixes tubulares; entupimento das canalizações; e avarias na bomba de circulação.
  - Ejetores de ar defeituosos: As principais causas de defeito nos ejtores de ar podem ser garganta dos expansores e difusores com abertura ou desgaste excessivo ou

exagerado o que não permite pressão e velocidades necessárias à mistura do ar com o vapor.

- Pressão de vapor deficiente: Uma avaria nas válvulas redutoras de 600 psi para 150 psi poderá causar uma maior ou menor pressão e conseqüentemente mau funcionamento dos ejetores de ar. Se a pressão estiver acima da desejada a conseqüência será má condensação e queda de vácuo. Caso a pressão esteja abaixo da desejada a conseqüência será arrasto insuficiente dos gases e provocará queda de vácuo.
- Causas de baixa produção dos GD
  - Normalmente são causas simples tais como água de alimentação muito fria, alimentação instável, vácuo elevado no destilador, níveis de alimentação instáveis, diafragmas e separadores defeituosos e densidade de salmoura baixa ou elevada.
- Causas de arrastamento nos grupos destilatórios
  - Alto nível das duas câmaras de vaporização, alimentação instável, vácuo elevado no destilador e diafragma e separadores defeituosos.
- Causas de inversão no sentido de rotação das bombas:
  - Cabos elétricos trocados e impelidores invertidos.
- Causas de projeção:
  - Nível alto nas câmaras de vaporização, alimentação irregular ou imprópria, instabilidade na pressão de vapor de aquecimento e densidade da salmoura elevada.

## **8. Grupo Osmose Reversa**

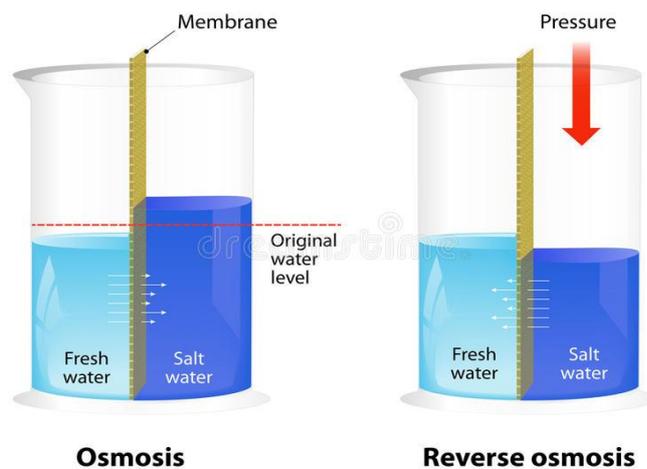
### **8.1 Princípio de Funcionamento:**

Define-se osmose como o movimento de líquido através de uma membrana semipermeável de uma área onde ele é relativamente puro para uma área adjacente onde ele possui impurezas diluídas. Este processo é considerado passivo por não requerer emprego de energia.

A membrana permite a passagem de certas moléculas e como água tem possui moléculas que passam com facilidade pela membrana, a quantidade das duas soluções torna-se desiguais resultando numa diferença de pressão, chamada de pressão osmótica, tendendo a parar o processo. Ao ser aplicada uma pressão no sentido oposto e superior a pressão osmótica,

observar-se-á que a água pode ser forçada a fluir, através da membrana, no sentido contrário ao gradiente de concentração, ou seja, ao invés do líquido ir do meio menos concentrado para o meio mais concentrado ocorrerá que o líquido irá do meio mais concentrado para o meio menos concentrado. Este processo é então chamado de osmose reversa no qual se faz necessário aplicar uma pressão de 65 bar para conseguir ter efetividade no processo.

Figura 8: Processo de Osmose e Processo de Osmose Reversa



Fonte: br123rf.com

## 8.2 Funcionamento do GOR

De acordo com o Manual RO 30 reverse Osmosis Plant, Caird & Rayner Clark, 1999; para a obtenção da osmose reversa no navio faz-se necessário uma pressão relativamente alta, na faixa de 65 bar. Cada grupo é projetado para operar em dois modos Normal e “Demim”.

No Modo Normal, a água é bombeada por uma série de filtros com o objetivo de extrair qualquer partícula que possa entupir o sistema. Com relação à pressão da água salgada, é mantida devido à ação de uma válvula reguladora de pressão.

Esta água que transpassa pela membrana é chamada de produzida, sua salinidade é medida por meio do salinômetro, que tal qual o encontrado nos grupos destiladores água potável a partir de uma diferença de potencial elétrico e, então a água produzida é bombeada para os tanques de aguada (caso esteja dentro dos critérios de salinidade) ou então é rejeitada e descarregada para o mar.

No Modo “Demim”, a água produzida é utilizada como água de alimentação que passa por um filtro de carbono para remoção de cloro, o qual é adicionado à água produzida no seu

tratamento para torna-se potável, em seguida passa pelo salinômetro e, caso esteja dentro dos parâmetros para serem utilizadas como água de alimentação, é enviada para o sistema de água desmineralizada (sistema de água de reserva) ou é rejeitada e conduzida de volta para os tanques de aguada.

Como a água dessalinizada é muito corrosiva, misturas alcalinas são utilizadas para evitar a corrosão dos componentes do sistema. Uma nova filtragem e remineralização, já que sais minerais são essências para o consumo humano da água, através de filtro de areia sílica e quartzo.

Conforme o manual técnico, o GOR foi projetado para produzir 30 m<sup>3</sup> de água potável por dia para suprir as necessidades do Navio, com menos de 500 ppm de sólidos totalmente dissolvidos para uma temperatura da água do mar torno de 15° C, ou 30 m<sup>3</sup> de água desmineralizada por dia, com menos de 20 ppm de sólidos totalmente dissolvidos quando utilizando água de admissão com menos de 500 ppm.

Primeiramente a bomba de alimentação de baixa pressão encaminha a água à pressão de 3 bar garantindo uma pressão positiva para a bomba de alta pressão. Porém, antes de ir para a bomba de alta pressão ocorre o pré-tratamento da água no qual ocorre uma filtragem para eliminar sólidos que possuam tamanho maior ou igual a 5 micron evitando assim a formação de incrustações nos elementos de osmose reversa.

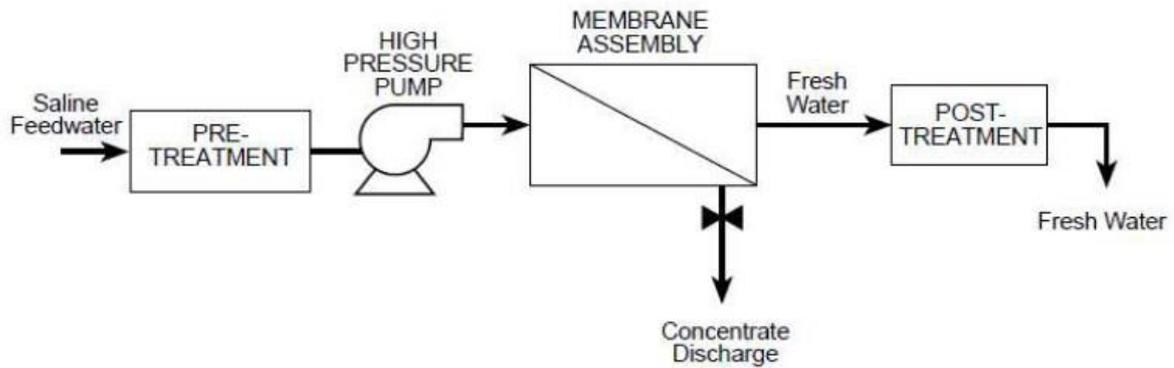
Esta filtragem inicial ocorre devido a passagem da água de alimentação por um filtro de areia que é projetado com um conjunto de redes (tubulações) o que facilita a sua passagem no sentido contrário ao de sua utilização, permitindo a retirada de impurezas acumuladas para o porão e o seu reaproveitamento.

Após o filtro de areia a água passa por um dosador proporcional de anti-incrustante onde é adicionado uma quantidade de inibidor de incrustações diretamente proporcional ao fluxo de água. Em seguida a água de alimentação passa por um filtro de cartucho com elemento filtrante descartável com capacidade de filtrar partículas com tamanho superior a 5 micron e então é enviada para a bomba de alta pressão.

A bomba de alta pressão é de deslocamento positivo, alternativa e de três êmbolos e juntamente com a válvula reguladora de pressão, a pressão de 65 bar ao sistema. Possui uma chave de pressão na admissão que tem a função de pará-la automaticamente caso a pressão chegue a 1 bar e outra chave na descarga para parada do motor elétrico quando a pressão atingir 68 bar. Além da chave, na descarga da bomba existe um acumulador de nitrogênio que possui a função de amortecer a pulsação que ocorre entre 10 e 70 bar, reduzindo assim o ruído e a vibração do sistema. Há também no sistema de alta pressão uma válvula de alívio para o caso

de a pressão atingir a pressão de 69 bar. Em sequência ocorre um bombeamento do líquido à alta pressão para o módulo de membranas, através de conexões flexíveis para isolá-los de qualquer vibração.

Figura 9: Diagrama do sistema do GOR



Fonte: USAID

A quantidade de água a ser produzida pelo GOR depende de alguns fatores como temperatura, salinidade, pressão de admissão pois, quanto maior a temperatura da água do mar, menor será a pressão requerida para produção de água potável, quanto menores forem a salinidade e a pressão de admissão menores serão a pressão requerida e a quantidade de água produzida.

Após as membranas ocorre o pós-tratamento onde a água é estabilizada e preparada para distribuição removendo gases. Ocorre uma desinfecção que visa garantir que a água fornecida esteja livre de vírus, bactérias ou protozoários

### 8.3 Outros componentes do GOR

Além dos já citados filtro de carbono e dosador proporcional de inibição de incrustações, fazem parte do Grupo de osmose reversa o dosador de cloro que também é um proporcional e fica na linha de descarga de água produzida e tem a função de injetar quantidades de cloro proporcionalmente ao fluxo de água produzida

## 8.4 Rotinas de manutenção

As rotinas que serão citadas são aquelas em que o pessoal da tripulação do navio é capaz de realizar e são as seguintes:

Unidade de osmose reversa: A quantidade de fluxo e as pressões diferenciais nas primeiras 25 a 48 horas devem ser registradas e utilizadas como parâmetros para o julgamento da necessidade de limpeza das membranas;

Filtro de areia: Dever ser feita limpeza do filtro de areia sempre que for observado que a pressão diferencial aumentar de 0,35 bar. Caso a limpeza não seja eficiente o filtro deverá ser trocado;

Filtro de Cartucho: O elemento filtrante deve ser trocado quando a pressão diferencial aumentar de 0,35 bar;

Medição da condutividade das células do salinômetro: Deve ser feita a limpeza da superfície do eletrodo se houver variações na leitura dele. A solução a ser utilizada é de 50% de detergente e não abrasiva;

Há também rotinas de manutenção que devem ser realizadas após horas de operação do GOR, e rotineiramente, independentemente da sua utilização.

Bomba de alta pressão: Deve ser feita a troca de todo óleo da bomba após 50 horas de operação trocas subsequentes devem ser realizadas mensalmente após ter completado 500 horas de funcionamento;

Filtro Carvão: Deve ser feita lavagem, em sentido contrário ao de funcionamento. semanalmente;

Bomba de baixa pressão: Mensalmente devem ser realizados o complemento da graxeira da bomba, checagem de operação provendo uma quantidade de água suficiente a pressão na linha de descarga para verificar se não está caindo com o tempo, verificação de vazamentos principalmente pelo selo do eixo, checagem do tempo de desarme pela unidade de sobrecarga do motor elétrico e checagem da operação dos controles do motor;

Válvula de alívio de alta pressão: A cada seis meses deve ser desmontada e checado o estado de conservação interna da área da mola, o'ring, e sede; e

Válvula de controle de fluxo de salmoura: A cada seis meses deve ser desmontada e checado o estado de conservação interna da área da mola, o'ring, e sede.

## **9. COMPARAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Neste capítulo será feita comparação dos dois equipamentos, seus pontos positivos e negativos.

### **9.1 Grupo de Osmose Reversa:**

Os pontos positivos do GOR são: A produção de água independe de outros sistemas do navio, não há limitação da quantidade de rejeitos dos outros sistemas sendo mensurado de acordo com a requisição, as membranas do sistema são extremamente eficientes conseguindo reter protozoários, bactérias e vírus, em virtude dos componentes serem instalados de forma modular é de fácil arranjo a bordo, as peças sobressalentes do sistema, apesar de serem ainda importados, são encontrados com facilidade no mercado.

Com relação aos pontos negativos, deve-se citar que diferentemente das peças, ocorre dificuldade de adquirir as membranas sobressalentes devido ao número reduzido de fabricantes desse material em especial, por produzir água com 500 ppm estas partes podem estar associados a organismos indesejáveis assim, antes de a água ser entregue para os tanques de armazenamento de água faz-se necessário pós-tratamento da água.

### **9.2 Grupo Destilatório**

Os pontos positivos do GD são estão ligados a qualidade da água produzida, baixo demanda de energia elétrica das bombas de admissão e extração de condensado pois são bombas que não necessitam de grandes potências o que no fundo indica economia do óleo combustível pelos geradores de energia elétrica, a água produzida é totalmente livre de microrganismos, simplicidade de manutenção, pouca emissão de ruídos e pouca vibração.

Os pontos negativos deste equipamento estão no fato de necessitar de fonte de calor constante, de a produção de água depender da demanda de vapor, em virtude do pouco emprego deste equipamento a bordo dos navios existem hoje em dia poucos fabricantes e fornecimento destes equipamentos.

## 10. CONCLUSÃO

A dificuldade na escolha entre um do equipamento ou outro não está apenas no custo envolvido mas também em vários outros fatores tais como qualidade da água do mar admitida em ambos os sistemas, o tipo de embarcação que será empregado, dificuldade de manutenção. Assim ao se levar em consideração todos os principais aspectos pode-se chegar a gasto de recursos com o equipamento que pode variar de 15% a 20% mais baixo para o grupo destilatório.

Através do presente trabalho foi possível verificar como que nos navios e plataformas conseguem ficar tanto tempo sem precisar atracar em virtude da existência de água potável a bordo além do mais pode-se verificar que a comparação entre qual é o melhor e qual é o pior não é cabida pois ambos são capazes de produzir a mesma quantidade de água, ambos tem a limitação de só poderem operar a uma distância de pelo menos 20 milhas da costa, em virtude da qualidade da água do mar próximo as cidades. E apesar de o GD ter a seu favor a produção de água mais limpa e os custos serem menores para o grupo destilatório, o GOR tem a seu favor a alta tecnologia que pode ser empregada neste equipamento de forma que sua otimização seja algo próximo, seus custos reduzidos podendo até serem menores que os custos do GD.

## REFERÊNCIAS

CINTRA, Rodrigo. **Osmose Reversa – Conheça este processo que purifica nossa água a bordo.** 21 de outubro, 2016.

CINTRA, Rodrigo. **Grupos Destilatórios – Os equipamentos mais usados a bordo para obtermos Água Potável.** 04 de novembro, 2016.

DA SILVEIRA, Ana Paula P.; NUVOLARI, Ariovaldo; DEGASPERI, Francisco T.; FIRSOFF, Wladimir et al. **Dessalinização águas**, São Paulo, Oficina de Textos, 2015.

DE FREITAS, Tayná D. N. **Produção de Água em Navios e Plataformas.** 2011.

FERREIRA, Adeildo O., **Grupo Destilatório das Fragatas**, 1 ed. Rio de Janeiro, CIAA, 2010

VANNIER, Célio M. **Processos de Dessalinização da Água do Mar Utilizados a Bordo de Navios.** 2011. Monografia

RIBEIRO, Rafael Carvalho C. C. **Inovação Tecnológica da Geração de Água Doce.** 2014.

SANTOS, Carlos H C, **Aparelho de troca de calor para aperfeiçoamento em MA**, 3 ver, Rio de Janeiro, CIAA, 2014.

SINHORI, Naomia G. C. **Produção de água doce em alto mar: as principais tecnologias usadas a bordo** , Rio de Janeiro, 2014 . Mongrafia.

<<https://sites.google.com/site/dessalinizacaosensores/tipos-de-dessalinizacao>>, acessado em 11/11/2019.

<<https://www.portamaritimo.com/2016/11/04/grupos-destilatorios-os-equipamentos-mais-usados-a-bordo-para-obtermos-agua-potavel/>> , acessado em 11/11/2019.

< [br123rf.com](http://br123rf.com)> acessado em 12/01/2020.