

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS DA MARINHA**  
**MERCANTE APMA- 02-2017**

**MARCELO CARLOS ROSA**

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA**  
**E**  
**PRODUÇÃO DE N<sub>2</sub> PARA INERTIZAÇÃO DE TANQUES**

**RIO DE JANEIRO**  
**2017**

**MARCELO CARLOS ROSA**

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA  
E  
PRODUÇÃO DE NITROGÊNIO (N<sub>2</sub>), PARA INERTIZAÇÃO DE TANQUES**

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

**RIO DE JANEIRO  
2017**

**MARCELO CARLOS ROSA**

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA  
E  
PRODUÇÃO DE N<sub>2</sub> PARA INERTIZAÇÃO DE TANQUES**

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

DATA DA APROVAÇÃO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Herman Regazzi Gerck

Engenheiro Químico com Especialização em Mecânica dos Flúidos

---

Assinatura do Orientador

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

---

Assinatura do Aluno

Dedico este trabalho aos meus pais, que apesar de não estarem mais entre nós, de onde estiverem certamente estarão orgulhosos de mim, assim como eu sempre tive muito orgulho deles, à minha esposa Simone de Moraes Calil, que é e sempre será uma grande incentivadora das minhas escolhas sempre resiliente, dando força e encorajando-me e esse é, sem sombra de dúvidas um dos motivos pelo qual, até aqui ter obtido êxito em minha caminhada, aos meus filhos, companheiros de curso, mestres e orientador.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a todos os que Ele colocou no meu caminho para apoiar-me, dar força, incentivar e fazer parte desse processo, que até então não tem sido nada fácil, poderia ficar aqui citando nomes mas com certeza não caberiam neste espaço, tantas foram as pessoas que passaram pela minha vida, em especial minha família, amigos, mestres, colegas de curso, amigos com os quais tive o imenso prazer de trabalhar, em especial os chefes de máquinas Otávio Lucena e Luiz Amorim, não poderia deixar de lembrar aqui, todos os funcionários do CIAGA, em especial aos funcionários do EAD, e os da Fase Presencial do APMA, sempre solícitos e prontos para nos ajudar, todo corpo docente, em especial aos professores Swami Novaes Chamarelli e Ramessés Cesar da Silva Ramos, aos militares que, direta ou indiretamente contribuem para que tenhamos êxito em nossos propósitos. E um agradecimento mais que especial ao Professor Herman Regazzi Gerk, que se prontificou e disponibilizou um pouco do seu precioso tempo para ser meu orientador nesta Monografia e assim fazer parte de mais esta etapa tão importante na minha vida.

## RESUMO

Este estudo faz uma abordagem sobre o assunto “Dessalinização por Osmose Reversa: A Inovação Tecnológica da Geração de Água “Doce” Inicialmente, serão definidos todos os processos de dessalinização, ressaltando a destilação em multiestágios e a dessalinização por osmose reversa, os mais empregados a bordo das embarcações. Em seguida, foram estabelecidas as principais características da água do mar e alguns termos técnicos como; densidade, temperatura, pressão osmótica, equilíbrio osmótico, TSD e osmose reversa, entre outros para que se chegue ao mais esperado processo de alta tecnologia, analisando e comparando o mesmo com os destiladores em relação a custo, consumo de energia, quantidade e qualidade da água produzida, através de manuais de fabricação, pesquisas de sites e, principalmente, experiência de bordo e também abordar o método de produção e as características de uma planta de produção de nitrogênio ( $N_2$ ), para a aplicação na inertização usada nos navios tanque.

Palavras chave: Dessalinização. Osmose Reversa. Destilação. Pressão Osmótica Gás Inerte.

## **ABSTRACT**

This study takes an approach on the subject "Reverse Osmosis Desalination: The Technological Innovation of Freshwater Generation". Initially, we will define all desalination processes, emphasizing multistage distillation and reverse osmosis desalination, the most used on board vessels. Next, the main characteristics of sea water and some technical terms such as; density, temperature, osmotic pressure, osmotic equilibrium, TSD and reverse osmosis, among others to reach the most anticipated high-tech process, analyzing and comparing the same with the distillers in relation to cost, energy consumption, quantity and quality of water produced , through manufacturing manuals, site surveys and, especially, on-board experience and also address the production method and characteristics of a nitrogen production plant ( $N_2$ ), for the application in inertization used in vessels tankers.

Keywords: Desalination. Reverse Osmosis. Distillation. Osmotic Pressure. Inert Gas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Destilador de um Estágio	pág. 14
<b>Figura 2:</b> Destilador de dois Estágios	pág. 15
<b>Figura 3:</b> Osmose Natural, Pressão Osmótica e Osmose reversa	pág. 20
<b>Figura 4:</b> Sistema de Osmose Reversa Vertical	pág. 21
<b>Figura 5:</b> Planta de Dessalinização por Osmose Reversa Horizontal	pág. 22
<b>Figura 6:</b> Membranas da Osmose Reversa	pág. 23
<b>Figura 7:</b> Sistema de Dessalinização por Osmose Reversa	pág. 24
<b>Figura 8:</b> Planta de Produção de Nitrogênio	pág. 29
<b>Figura 9:</b> Esquema de Obtenção de N <sub>2</sub> , por Membranas Semipermeáveis	pág. 35
<b>Figura 10:</b> Gerador de N <sub>2</sub> , Usando Tecnologia de Membranas	pág. 36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>HISTÓRICO</b> .....	10
<b>3</b>	<b>SISTEMA DESTILATÓRIO</b> .....	11
3.1	Grupo Destilatório.....	11
3.2	Manutenção de uma Planta Destilatória.....	11
3.3	Operando uma Planta Destilatória.....	15
<b>4</b>	<b>DESSALINIZAÇÃO</b> .....	16
4.1	Processos de Dessalinização.....	17
4.2	Dessalinização da Água do Mar.....	18
4.3	Soluções Salinas.....	19
4.4	Características da Água do Mar.....	20
<b>5</b>	<b>SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA</b> .....	21
5.1	Dessalinizadores por Osmose Reversa .....	22
5.2	Componentes de um Sistema de Osmose Reversa.....	23
5.3	Operação do Sistema de Osmose Reversa.....	24
5.4	Manutenção de um Sistema de Osmose Reversa.....	25
5.5	Comparação entre Osmose Reversa e Destiladores.....	27
<b>6</b>	<b>PRODUÇÃO DE NITROGÊNIO PARA INERTIZAÇÃO DE TANQUES</b> ..	28
6.1	Métodos e meios para Produção de Nitrogênio.....	29
6.2	Procedimentos para operação de uma planta de N <sub>2</sub> usado como gás inerte.....	30
6.3	Uso e Aplicabilidade do Gás Inerte.....	34
<b>7</b>	<b>BENEFÍCIOS DA OBTENÇÃO DE N<sub>2</sub> COM MEMBRANAS DE FIBRA</b> .	35
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	37
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O assunto deste trabalho diz respeito a Dessalinização da água do Mar por Osmose Reversa Melhor Geração e Produção de água Doce da atualidade.

O objetivo dessa pesquisa exploratória, juntamente com meu orientador, é o de mostrar maior e melhor familiaridade em relação ao fato estudado, buscando sempre conhecer a importância dos processos apresentados e procurando responder a seguinte pergunta: Como produzir água doce a bordo das embarcações com a qualidade na qual os equipamentos geradores de vapor e motores que necessitam de resfriamento/arrefecimento, possam funcionar sem correr o risco de serem avariados, pelo uso de um fluido que não esteja dentro das especificações a que se deseja, ou seja: sais em suspensão acima do permitido, dureza, dentre outras. E ainda levantar discussão acerca dos conceitos que dizem respeito a dessalinização, com ênfase em osmose reversa, possibilitando uma reflexão sobre o assunto apresentado.

O estudo sobre a dessalinização por osmose reversa, suas principais características e vantagens podem contribuir para o meio acadêmico marítimo com uma melhor compreensão dos conceitos, definições, comparações e atribuições a curto e longo prazo que as novas descobertas podem trazer. A partir dos dados e resultados desta pesquisa podemos sugerir ao meio acadêmico marítimo repensar as práticas tradicionais, assim como aperfeiçoar novas práticas para a utilização desta máquina.

Atualmente, a maior parte das embarcações modernas vêm substituindo os destiladores, os quais produzem água doce através da evaporação da água salgada, pelos dessalinizadores por osmose reversa, os quais produzem água doce por diferencial de pressão osmótica entre duas correntes de água de salinidades diferentes, economizando energia, aumentando a produção, minimizando custos, melhorando a qualidade da água produzida e reduzindo com isso, o abastecimento externo oriundo de Terminais Portuários, Portos, “Barcaças” e Barcos de apoio marítimo, para o abastecimento de água potável.

Além disso discorre também, por um outro tema bastante importante e complexo encontrado a bordo dos navios, na sua maioria Mercantes, que é a produção, a distribuição e a utilização do Gás Inerte, que nesse caso específico será o N<sub>2</sub>, (Nitrogênio).

## 2 HISTÓRICO

Na antiguidade, as pessoas não se preocupavam com a qualidade da água e sim com a quantidade, desde 2000 anos antes de Cristo, antigos egípcios já usavam algumas práticas para manter a água pura e livre de bactérias, própria para o consumo humano e para uso na agricultura como: Evaporação, Aquecimento Solar, Filtragem, etc.

Com o aparecimento das embarcações movidas a Turbina, aumentou a necessidade de obter água destilada para ser usada como fluido de produção de vapor nas caldeiras de bordo, levando ao aparecimento dos destiladores por evaporação da água do mar.

Como o processo de dessalinização tradicional da água do mar, consome muita energia, surgiu a partir de 1949 uma tecnologia alternativa conhecida por Osmose Reversa, desenvolvida por pesquisadores Norte Americanos da universidade da Califórnia em Los Angeles. Como a produção de água por esse processo, era muito oneroso e a demanda ainda baixa, a viabilidade econômica, só teve sua consolidação a partir do ano de 1980.

As grandes reservas de energias existentes em muitos países do Oriente Médio juntamente com sua escassez de água levou a construção de grandes plantas de dessalinização nesta região. Nos meados de 2007, o Oriente Médio produzia cerca de  $\frac{3}{4}$  de toda água dessalinizada produzida no mundo, no mundo inteiro, há cerca 13.800 plantas de dessalinização que produzem, mais de 45,5 bilhões de litros de água potável por dia de acordo com a *International Dessalination Association*.

A maior planta de dessalinização do Mundo está montada em Hadera, norte de Israel, seguida pela de Jebel Ali - nos Emirados Árabes Unidos, e utiliza o processo de destilação em multi-estágios para produzir 300 milhões de m<sup>3</sup> (metros cúbicos) de água por ano, cerca de 9.460 litros por segundo, em Israel 15% da água de consumo doméstico provém da dessalinização de água do mar, as maiores usinas estão em Ashkelon e Palmach, ao sul de Tel Aviv, em Eilat, toda a água consumida é dessalinizada, nos Estados Unidos, País esse que detém a patente Mundial da produção de água “doce” pelo processo da osmose reversa, tem a maior planta de desalinização que fica na Flórida, e começou produzindo 95.000 m<sup>3</sup> de água por dia em dezembro de 2007.

## 3 SISTEMA DESTILATÓRIO

### 3.3 3.1 Do Grupo Destilatório

A definição de um gerador de água doce, ou destilador, é basicamente a água do mar é evaporada através de uma fonte de aquecimento, separando a água do sal, sedimentos e outras substâncias, para ocorrer este fenômeno, utiliza-se água de circulação das camisas dos motores diesel ou água quente dos aquecedores como fonte de calor, embora o vapor também possa ser usado. Como os destiladores geralmente usam uma fonte de calor já existente, o custo da produção é relativamente menor, haja vista que não será necessário montar um sistema apenas para o fornecimento do calor que será usado na planta de produção de água doce.

Existem três componentes principais em um destilador, um aquecedor (evaporador), o qual aquece e vaporiza a água do mar elevando sua temperatura, um separador de gotículas (deminster), o qual separa o vapor e o sal retendo as gotas de água salgada que possam ter sido arrastadas e outro que condensa este vapor (condensador) produzindo água doce. No condensador, a condensação acontece por resfriamento devido a troca de calor com a água fria do mar.

Há também a bomba ejetora (tipo centrífuga), a qual faz parte do sistema e fornece a água do mar que será evaporada a uma temperatura abaixo dos 100°C (a partir de 50°C) através da baixa pressão (750 mm Hg), produzindo vácuo necessário pela própria bomba ejetora (em torno de 98%) para que esta água evapore e extraia a salmoura, descartando-a.

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

Ao completar o sistema e se a concentração de sais estiver em níveis aceitáveis, geralmente entre 1 e 10 partes por milhão (ppm), analisado por equipamento denominado salinômetro uma bomba de extração de destilado, enviará para os tanques de armazenamento (tanques destilados BB e BE. Em caso de emergência, ou seja, elevação da salinidade, acionará um alarme bloqueando a passagem de água para os tanques de armazenamento e retornando a mesma para o porão da praça de máquinas ou um tanque de esgoto.

Quanto a diferenciação dos tipos de trocadores de calor, pode se citar o uso de placas (tipo espinha de peixe) ou tubos (tipo feixe tubulares), quanto ao número de estágios de evaporação, são encontrados a bordo das embarcações, os destiladores de um ou dois estágios,



apesar da existência dos destiladores de múltiplos estágios, os quais são empregados em navios passageiros, onde a demanda de água doce é maior.

Existem diversos tipos de destiladores, mas basicamente todos usam o mesmo princípio de funcionamento e tem os mesmos elementos, variando, principalmente no tamanho, e conseqüentemente, na capacidade de produção.

O modelo apropriado dependerá do espaço disponível em uma praça de máquinas, da capacidade de fornecimento da fonte de calor para o sistema, do volume de água salgada para o condensador, da capacidade de água produzida e de acordo com suas necessidades. Há vários modelos, de diferentes fabricantes, com capacidade de produção que variam de 0,25 m<sup>3</sup>/h a 1,8 m<sup>3</sup>/h ou mais, para cada máquina de estágio único, que são os mais usados a bordo, devido espaço restrito na praça de máquinas. A maioria dos destiladores de bordo têm sua produção máxima de aproximadamente de 0,8 m<sup>3</sup>/h.

Figura 1 – Exemplo de destilador de um estágio



Fonte: Arquivo pessoal. Registrada no laboratório de máquinas do CIAGA em: 28/09/2017.

**Figura 2 – Exemplo de destilador de dois estágios Alfa-Laval**



Fonte: Sonda SS-57 Enso do Brasil

### **3.2 Da manutenção de uma planta Destilatória**

Na década de 80, os destiladores eram feitos de aço carbono com revestimento interno em epóxi, para proteção contra corrosão. Tal revestimento, com o tempo de uso, apresentava fissuras que originavam pontos de ferrugem, que rapidamente se expandiam para áreas de corrosão maiores. Atualmente, ainda é necessário o revestimento, embora a qualidade do aço dos equipamentos tenha avançado muito, sendo usado, principalmente, aço inoxidável, seja na carcaça do destilador ou nas tubulações consignadas, fato que apesar de gerar maior custo de aquisição do equipamento, é totalmente vantajoso pelo aumento da vida útil e redução de custo com a manutenção. As placas dos evaporadores e condensadores são anti-corrosivas, em geral, feitas de titânio ou tubos de liga cobre-níquel.

Considerando os destiladores de placas, seu acesso é bastante fácil agilizando a limpeza e diminuindo o tempo para reparo, resultando em maior eficiência de produção. Neste ponto, os destiladores de feixes tubulares são ainda mais fáceis para acesso e limpeza.

Pelo uso da vaporização para produzir água doce, utiliza-se apenas ralos para impedir a passagem de partículas de tamanhos maiores na linha de aspiração da bomba injetora, aumentando a confiabilidade da operação do sistema destilatório.



### **3.3 Da Operação de uma planta Destilatória**

**O começo da operação do sistema destilatório não varia em função do tempo que ele estava sem funcionar, mas pela condição da água do mar, a qual deve ser limpa, ou seja, o uso do destilador deve ser somente em mar aberto.**

**Primeiro, fechar as válvulas de quebra-vácuo e drenos e, em seguida, abrir as válvulas de água salgada para o evaporador e o condensador. Estando todas as suas válvulas abertas, colocar a bomba ejetora em funcionamento e aguardar a produção de vácuo pelo ejetor do sistema, que deve ser o melhor possível, o que levará alguns minutos. Ao chegar na condição ideal de vácuo, abrir as válvulas de água doce do evaporador, onde poderá ser admitido vapor ou água quente, o que deve ser feito lentamente para permitir um equilíbrio total das temperaturas do equipamento. Após iniciar a produção de água doce e, desde que a mesma esteja com menor teor de cloreto possível, o que será indicado pelo salinômetro, fazer a manobra para o tanque de armazenamento e partir a bomba de extração de destilado. Em condições normais de operação, todo o processo de funcionamento de um sistema destilatório leva em torno de 30 minutos.**

**Para realizar a parada do equipamento, faz a manobra inversa desligando a bomba de extração de destilado. Em seguida, by-passa a troca de calor da água doce de circulação das camisas dos motores diesel ou água quente dos aquecedores ou ainda vapor dependendo da instalação com a água salgada do evaporador. Logo após, para se a bomba ejetora e fecha suas válvulas de aspiração e descarga. Finalmente, abre a válvula de quebra vácuo e os drenos.**

## 4 DESSALINIZAÇÃO

### 4.1 Processos de Dessalinização

Há cinco processos diferentes para dessalinizar a água seguindo a descrição dos seus procedimentos:

Destilação por forno solar – O forno solar tem como função concentrar os raios solares numa zona específica, graças a um espelho parabólico. Dessa forma, o recipiente que contém a água a destilar pode chegar a temperaturas maiores que normalmente.

Dessalinização térmica – Quando a água salgada é evaporada artificialmente e depois condensada. Esse processo separa a água e o sal, pois este não é carregado no processo de evaporação. Isto ocorre na natureza, pois sempre que a água do mar evapora, os sais permanecem e a água das nuvens não é salgada.

Congelamento – Outro processo envolve o congelamento da água, pois somente a água pode ser congelada (os sais não congelam junto). O processo é basicamente a extração de sais mineirais da água através do congelamento. São repetidos inúmeras vezes tal processo para que se consiga água destilada. O processo pode ser feito em grande escala, mas é muito caro, portanto é testado e melhorado apenas em laboratórios, para assim ser barateado. O que se pode fazer é descongelar a água das calotas polares, mas esta não é ainda uma boa solução, pois há o alto custo do descongelamento a se levar em conta.

Destilação multiestágios – Utiliza-se vapor a alta temperatura para fazer a água do mar entrar em ebulição. São multiestágios pois a água passa por diversas células de ebulição-condensação, garantindo um elevado grau de pureza. Neste processo, a própria água do mar é usada como condensador da água que é evaporada.

Osmose Reversa – Quando há pressão sobre a solução, a água e o sal são separados através de uma membrana semi-permeável.

## 4.2 Dessalinização da Água do mar

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

A dessalinização da água é muito utilizada em regiões onde a água doce é escassa ou de difícil acesso, como no Oriente Médio, na Austrália e no Caribe, em embarcações a água doce obtida é utilizada para consumo humano e necessidades essenciais.

Há vários métodos conhecidos para se fazer a conversão de água salgada em água doce, mas apenas dois deles representam 88% da dessalinização global. A osmose reversa e a destilação multiestágios (sistema destilatório).

## 4.3 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 de 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 dissolverem na água, existem os que se dissolvem muito pouco ou nada (insolúveis) até os que se dissolvem em grandes quantidades e com facilidade como por exemplo o 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.

#### 4.4 Características da Água do Mar

Como padrão para a água do mar temos:

- ✓ TSD (total de sólidos dissolvidos)= 35.000 ppm.
- ✓ Temperatura= 25°C.

**Água do mar**, é a água encontrada em mares e oceanos. A água do mar em todo mundo tem uma salinidade próxima de 35 (3,5 em massa se considerarmos apenas os sais dissolvidos mas salinidade não tem unidade, o que significa que, para cada litro de água do mar, existem 35 gramas de sais dissolvidos, cuja maior parte é cloreto de sódio, (sua fórmula é NaCl)

A água do mar não tem salinidade uniforme ao redor do globo, a água menos salina do planeta é a do golfo da Finlândia, no mar Báltico e o mar com maior salinidade é o mar morto no Oriente Médio, onde o calor aumenta a taxa de evaporação na superfície e quase não existe descarga fluvial.

## 5 SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

### 5.1 Dessalinizadores por Osmose Reversa

Em 1960, o sistema de dessalinização por osmose reversa passou a ser aplicado em processos industriais. Desde a década de 80, o emprego das membranas semipermeáveis sintéticas começou a se expandir, ampliando o campo de aplicações deste processo. Assim o processo de dessalinização por osmose reversa vem se difundindo, diminuindo seus custos devido ao crescente conhecimento tecnológico adquirido.

Antes de entrar no processo propriamente dito, é importante a compreensão do termo osmose normal, o qual ocorre quando duas soluções salinas de concentrações diferentes encontram-se separadas por uma membrana semipermeável. Neste caso, a água (solvente) da solução menos concentrada tenderá a passar para o lado da solução de maior salinidade (soluto). Com isto, esta solução mais concentrada, ao receber mais solvente, se dilui, num processo impulsionado por uma grandeza chamada de pressão osmótica, até que as duas soluções atinjam concentrações iguais (equilíbrio osmótico).

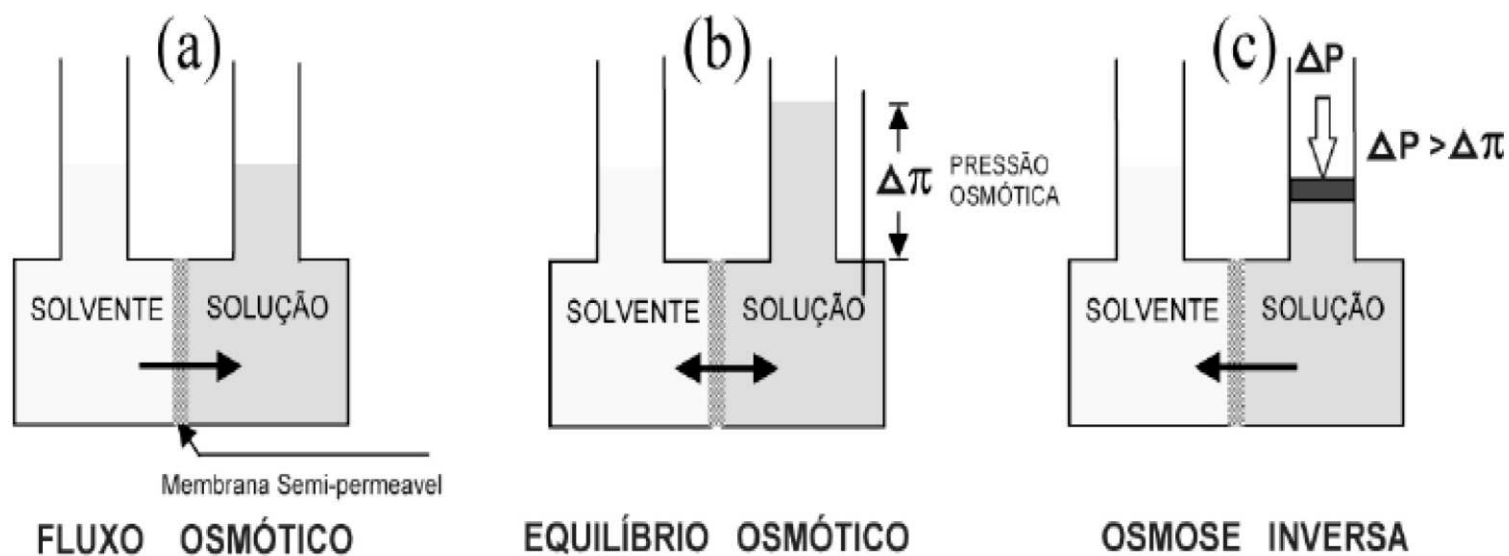
A osmose reversa ocorre quando se aplica uma pressão maior do que a pressão osmótica característica da solução no lado da solução mais salina ou concentrada, revertendo-se à tendência natural. Neste caso, a água da solução salina passa através da membrana semipermeável, a qual comporta-se como uma peneira (ou filtro molecular) para o lado da água pura, ficando retidos os íons dos sais dissolvidos na mesma.

Na figura, podemos analisar o acontecimento dos fenômenos de osmose normal, pressão osmótica e osmose reversa, respectivamente:



Figura 3– Ilustração dos fenômenos de osmose natural, pressão osmótica e osmose reversa

## OSMOSE E OSMOSE INVERSA



Fonte: [www.kurita.com.br](http://www.kurita.com.br), acesso em: 29/09/2017

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

Figura 4 – Sistema típico de osmose reversa vertical



Fonte: [www.searecovery.com](http://www.searecovery.com), acesso em: 28/09/2017

Figura 5 – Equipamento de dessalinização por osmose reversa horizontal



Fonte: [cls water.com/osmose inverse- chimique.desmineralization- ractifs](http://cls.water.com/osmose-inverse-chimique-desmineralization-ractifs) - acesso em: 28/09/2017

## 5.2 Componentes do Sistema de Osmose Reversa

Para dessalinizar ou purificar a água pelo sistema de osmose reversa, faz a inversão do processo da osmose natural. Para a ocorrência deste fenômeno, é essencial que a água percorra diversos componentes de uma planta de dessalinização:

**Filtro primário** – Geralmente montado em tanque de plástico, com válvula para limpeza (manual ou automática) para retirada de partículas até 25 micron.

**Pré-filtro** – Esta etapa pode ser chamada de pré-filtragem, pois representa uma filtragem do sal presente na água do mar. Este pré-filtro é um cartucho descartável com capacidade para retenção de partículas de 8 a 20 micron, podendo ser encontrado para partículas a partir de 1 micron, de fácil acesso para realizar troca.



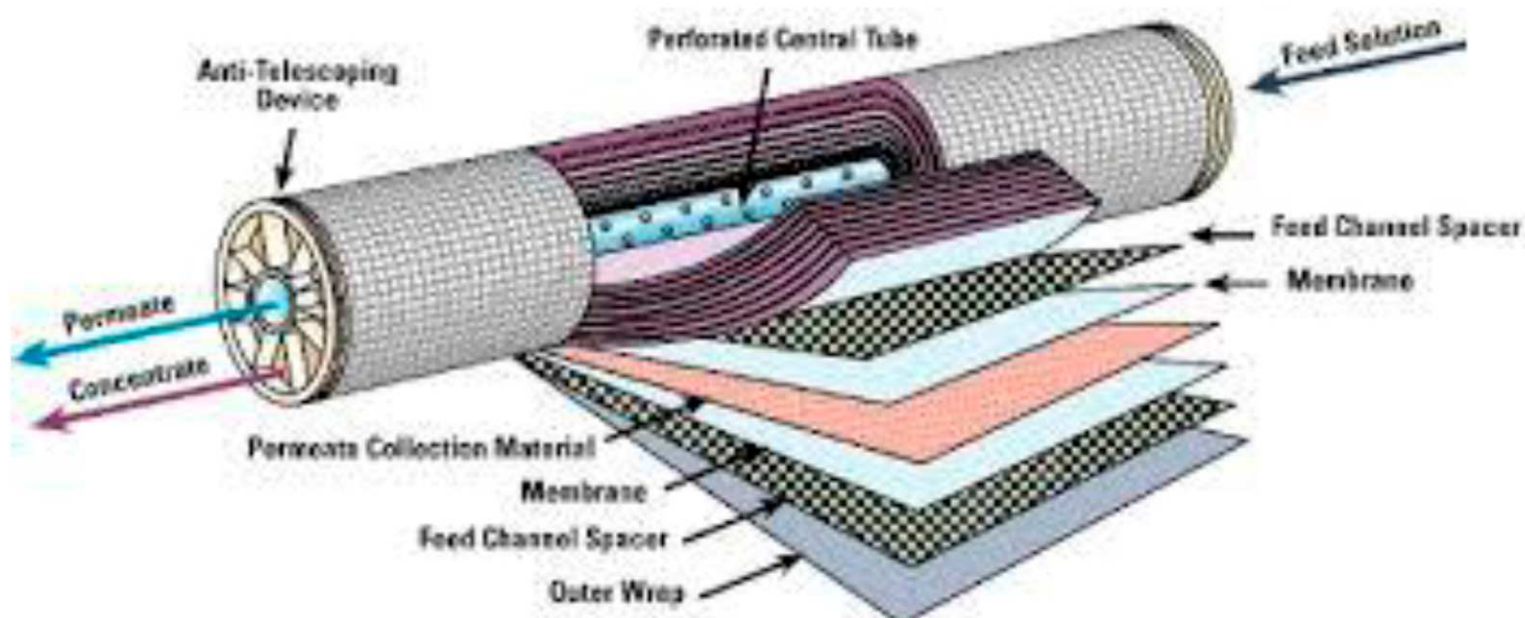
**Bomba de recalque ou auxiliar – É do tipo centrífuga, geralmente em aço inox, com finalidade de manter uma pressão positiva para a unidade acoplada ao motor elétrico resistente a salinidade.**

**Bomba de alta pressão – É do tipo alternativa (pistão), acionada por motor elétrico, com acoplamento através de correia, ruído acoplado e vaso de redução de vibração e serve para pressurizar a água salgada antes dela entrar no sistema de membranas. Trabalha na faixa de pressões entre 800 a 1180 psi (55 a 85 bar), dependendo da temperatura e da salinidade que a água se encontra.**

**Membranas de osmose reversa – Novelos em espiral montados em vaso pressão, de poliamida ou semelhante, em finos filmes, que é o mais importante elemento do sistema, o qual o torna possível, com retenção em aproximadamente de 99,6% de partículas, sendo confeccionada para longa vida útil, com fácil limpeza. São capazes de reter substâncias com até 0.1 nanometro (nm). As membranas são posicionadas no interior dos vasos de pressão (cilindros), de fibra de vidro especial ou aço inoxidável, com pressão de trabalho em torno de 1000 psi, sendo os componentes dos cilindros feitos para suportar, pelo menos, duas vezes a pressão máxima de operação, por segurança. Podem ter isolamento para cada cilindro facilitando o recolhimento de amostras. O número de elementos da membrana podem variar de 1 a 8 por vaso pressurizado.**

#### Elemento de uma membrana de osmose reversa

Figura 6 – Ilustração de um elemento da membrana de osmose reversa. A filtragem pode ser de até 90% e também pode ser feita a limpeza química no local

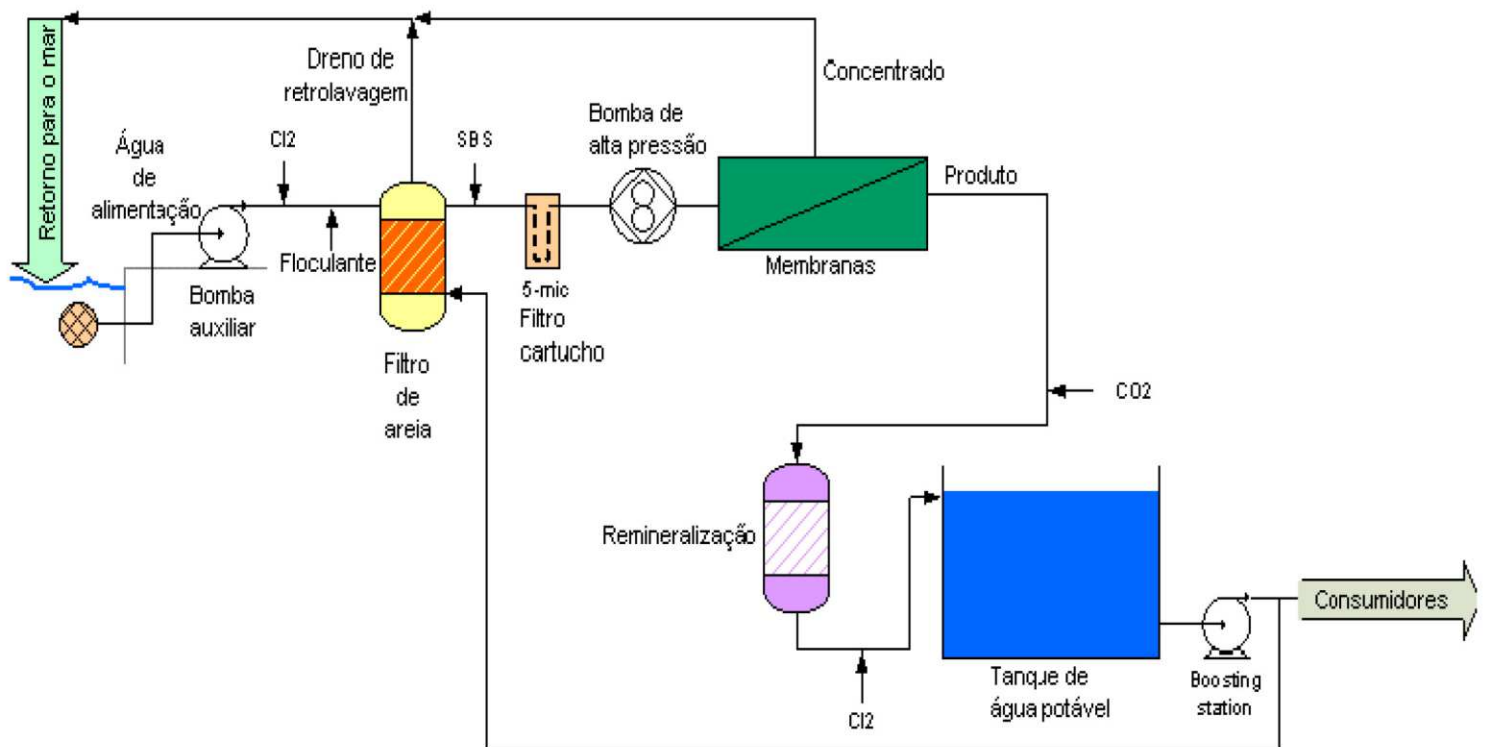


Fonte: [cls.water.com/osmose inverse- chimique desmineralization- ractifs](http://cls.water.com/osmose-inverse-chimique-desmineralization-ractifs) acesso em: 28/09/2017

Dispositivos para limpeza de membranas – Geralmente, há um dispositivo automático de retrolavagem das membranas após o desarme do equipamento, sistema de válvulas e controles para facilitar a limpeza química das membranas.

Painel de Controle – Possuem salinômetro com indicação de salinidade e temperatura da água na saída dos cilindros, medidores de vazão do produto (hidrômetro), manômetros de baixa e alta pressão, chaves de partida e parada, válvula de três vias para extração do produto no porão quando o salinômetro acusar elevação do ppm, válvula reguladora de alta pressão, horímetro e luzes indicadoras da quantidade de água.

**Figura 7 – Sistema de dessalinização por osmose reversa**



Fonte: [www.ideiasambientais.com](http://www.ideiasambientais.com), acesso em: 30/09/2017

### 5.3 Operação do Sistema de Osmose Reversa

Para iniciar o funcionamento do equipamento é necessário, se este estiver parado por longo tempo ou após o desarme, lavar o sistema aproximadamente por 30 minutos para retirada de resíduos de produtos químicos que são utilizados para preservação das membranas.

Só deverá ocorrer a passagem da água para os tanques de água doce quando os íons cloretos satisfizerem as condições requeridas pelo sistema. Primeiramente, enche o sistema com as válvulas de purga de ar abertas, através da bomba de alimentação de baixa pressão. Esta partida suave previne o sistema contra avarias de vários tipos. Se for usado algum tratamento químico na água, este deverá ser realizado ao mesmo tempo, inspecionando para que não aconteça adição de produto em excesso logo após, acionar a bomba de alta pressão e o sistema vai operando lentamente até o fluxo de produção desejado pela válvula reguladora de alta pressão utiliza-se uma bomba de alta pressão que eleva potencialmente a pressão da água, de aproximadamente 2.5 bar, para uma pressão em geral da ordem de 50 bar.

O desempenho da máquina e a qualidade da água tratada dependem da configuração adequada do número de membranas, arranjos de vasos e da pressão fornecida pela bomba. O sistema de Osmose Reversa pode ser projetado para operação totalmente manual ou automatizada.

No momento da parada do sistema, é importante lavar o sistema com água doce para remover colóides (sistemas com moléculas grandes e partículas pequenas e bactérias das membranas) e bactérias num tempo de 15 minutos. Para intervalos longos de inoperância do equipamento, utilizar produtos químicos para remoção de bactérias, principalmente nas membranas. A remoção das substâncias contaminantes é realizada através de um processo determinado “backflushing”, que consiste em “ aplicar-se uma contrapressão no sistema, retirando as impurezas retidas pelos filtros. Geralmente essa operação é feita por um sistema automático, com um temporizador acoplado ao mesmo”. Para evitar o saturamento (entupimento) das membranas, os filtros de carbono retiram os microorganismos existentes.

#### **5.4 Manutenção do Sistema de Osmose Reversa**

No sistema de dessalinização por osmose reversa, as redes de alimentação de água salgada até a bomba de recalque são construídas de material resistente a corrosão para evitar ao máximo a chegada de impurezas nas membranas filtrantes e, assim prolongar vida útil do equipamento, ou pelo menos, evitar excessivo número de paradas do equipamento para realizar retrolavagem do sistema. Após esta bomba, as redes 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 são feitas de aço inoxidável.

Com relação às válvulas de admissão e descarga da bomba de alta pressão são pontos que podem necessitar de reparos consecutivos, pois em uso contínuo, podem aparecer fadiga



nas molas de acionamento causando perda de rendimento ou até quebra das mesmas, o que pode resultar avarias maiores nas bomba. Para um bom funcionamento da bomba, é necessário seu acionamento por um motor de alta potência, para que seja alcançada a pressão necessária à filtragem e rotação específica conseguida por meio de polias de diâmetros distintos entre o motor e a bomba, reduzindo a rotação da bomba para exercer um papel melhor. O acoplamento entre a bomba e o motor elétrico, geralmente é feito por correia dentada para evitar que o sistema entre em ressonância devido as vibrações e evitar excesso de aquecimento se perder a aspiração devido alta pressão.

Os filtros de aspiração da bomba de recalque devem permanecer sempre limpos para evitar diminuição do fluxo de água salgada na aspiração da bomba de alta pressão causando desarme do sistema.

Os anéis de vedação dos cilindros das membranas, essenciais na separação entre a água produzida e a salmoura a ser extraída, devido à elevada pressão de trabalho, podem se deslocar ou até romper causando contaminação da água produzida e parada do sistema para a substituição dos mesmos.

Durante operação normal, por um período prolongado de tempo, membranas de osmose reversa 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 reconhecer quando as membranas estão tornando-se incrustadas.

A eliminação de incrustações é efetuada pela limpeza e lavagem rápida e, preventivamente, pela mudança das condições de operação. Como uma orientação geral, a eliminação de incrustações é exigida quando a vazão do permeado tem diminuído de 10 a 15% abaixo da vazão normal ou também quando a pressão da água de alimentação tem aumentado de 10 a 15% para manter a vazão da água do permeado. Outra possibilidade é quando a qualidade da água do permeado tem diminuído de 10 a 15% ou a passagem de sal tem aumentado 10 a 15%. Ou ainda o diferencial de pressão através de um estágio de osmose reversa tem aumentado.

## **5.5 Comparação entre Osmose Reversa e Destiladores**

Este é um fator decisivo na escolha entre os dois sistemas utilizados a bordo das embarcações, levando em consideração o tipo de material da confecção dos componentes,

princípio de funcionamento, manutenção, operação, consome de energia, quantidade e qualidade da água doce produzida em cada um deles.

Analisando o sistema de dessalinização por osmose reversa, observa-se um melhor rendimento quando comparado ao grupo destilatório. Isto é explicado pelo volume de água salgada na entrada de um equipamento de osmose reversa é um terço do volume de água salgada na entrada de um destilador, para produzir a mesma quantidade de água doce.

Um sistema de osmose reversa exige um menor consumo de energia para pressurizar a água salgada nas membranas filtrantes, enquanto que um sistema de destilação necessita de mais energia para vaporizar a água salgada. Em geral, o sistema de osmose reversa necessita de 5 kWh/m<sup>3</sup> de água. Já o grupo destilatório, requer 17 kWh/m<sup>3</sup> de água.

Quanto à qualidade da água produzida, o sistema de osmose reversa produz água com menos de 400 mg/l de sal dissolvido. Já o grupo destilatório, produz água com menos de 100 mg/l de sal dissolvido.

Quanto à limpeza, o sistema de Osmose Reversa, possuem membranas que podem ser usadas por até um ano sem que seja necessário uma intervenção para limpeza. Já os destiladores convencionais, (placas e feixes tubulares) necessitam ser abertos para inspeção e limpeza com uma frequência muito maior, devido ao acúmulo de (NaCl) cloreto de sódio, que deve ser retirado das placas e tubos, pois se essa manutenção não for feita periodicamente, a produção do destilador e a qualidade da água caem de tal forma que chegará um momento que não será mais feita a troca de calor necessária no interior do destilador, para que haja condensação e conseqüentemente a produção de água destilada.

Apesar de alguns aspectos negativos, os destiladores ainda são privilegiados no meio marítimo, pois não dependem da qualidade da água salgada de alimentação devido ao uso da vaporização, não havendo necessidade de pré-tratamento da água para o processo como o sistema de osmose reversa. Também são de fácil manutenção comparados com os dessalinizadores por osmose reversa e de operação mais confiável, por depender de acessórios mais simples e acessíveis, como ejetores, bombas centrífugas e válvulas, salinômetros etc...



## **6 PRODUÇÃO DE NITROGÊNIO PARA INERTIZAÇÃO DE TANQUES E AFINS**

### **6.1 Métodos e meios para Produção de Nitrogênio**

#### Nitrogênio - Natureza e Composição

##### **Descrição geral e propriedades químicas**

O nitrogênio é um gás incolor, inodoro e insípido, não é inflamável nem combustível, o ar atmosférico contém cerca de 78,09% de nitrogênio (volume).

Este gás é ligeiramente mais leve que o ar e ligeiramente solúvel na água. É inerte, exceto sob altas temperaturas, História Nitrogênio, nome dado por Jean-Antoine - Claude Chaptal em 1790, quando se percebeu que o nitrogênio era um constituinte do ácido nítrico e dos nitratos (do grego, genio, formador de, nitron, de nitratos).

##### **Ciclo do Nitrogênio**

O nitrogênio resultante da decomposição dos organismos vivos vai para a atmosfera.

Ele é absorvido por bactérias de vida livre que vivem no solo e por outras que vivem em simbiose nos nódulos de raízes de plantas leguminosas.

O nitrogênio molecular é transformado em nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e em nitrito ( $\text{NO}_2$ ).

Depois disso, ele é incorporado ao solo, constitui a fonte desse elemento para os vegetais superiores.

É através da atividade metabólica da planta que os nitratos se convertem em proteínas e outros compostos complexos que são consumidos em parte como alimento pelos animais.

Outra parte do nitrogênio volta a terra como produto e excreção ou em forma de compostos de tecidos de animais mortos.

Uma vez transformados em compostos nitrogenados por atividade bacteriana, o nitrogênio se torna novamente aproveitável pelas plantas fechando-se o seu ciclo bioquímico.

Figura 8: Planta de Gás Inerte ( $N_2$ ) de um navio petroleiro



Fonte: internet em 31-10-2017

## Geração e Fabricação $N_2$

Nitrogênio – Produção: da mesma forma que o oxigênio, o nitrogênio é obtido por meio da destilação do ar.

O processo retira o ar da atmosfera, que é então filtrado, comprimido e resfriado. por meio destas etapas são extraídos os teores de água, gases indesejados e impurezas. o ar purificado passa então por uma coluna através da qual são separados nitrogênio, oxigênio e argônio, no estado líquido.

Manuseio e medidas técnicas (controle das variáveis):  
Volume, Vazão, Pressão, Temperatura, Produtos.

Os gases tem múltiplas aplicações.

São utilizados para acelerar ou interromper processos, aquecer, resfriar, alterar e preservar produtos.

São “trabalhadores invisíveis” que levam benefícios imensuráveis para a humanidade e para o meio ambiente: mantêm os alimentos frescos, ajudam as pessoas a respirar e são utilizados para limpar e melhorar a qualidade da água e dos seres que nela vivem.

Os gases estão envolvidos com a manutenção da saúde e a melhoria da qualidade de vida.

## **6.2 Procedimentos para o Funcionamento da PGI, dos Navios, Forte de São Marcos e Forte de Copacabana da Empresa de Navegação Elcano**

### **1ª etapa**

#### **24 horas antes da operação;**

Selecionar chave seletora no passadiço de, Bow Truster para Planta de Gás Inerte (PGI), para operação em modo remoto, no passadiço ligar Planta de Gás Inerte, para operação local, virar a chave do passadiço de remoto para local, já no compartimento da PGI, acionar a botoeira de comando CB 02 no quadro principal, colocar em operação a bomba de água salgada para planta, na praça de máquinas,

### **2ª etapa**

#### **Regulagem dos parâmetros da unidade secadora;**

Regulagem das válvulas K- 120, K- 121, K- 123 e K- 124, com a regulagem dessas válvulas, teremos como resultado, o ponto 01- (T 40161), ficará com 1 grau positivo, o ponto 02 (T 40361), ficará com 2 graus positivo, a temperatura de saída no ponto (T40261), do ar ficará com 15 graus positivo, o compressor de ar seco, estará com 50% de sua capacidade, a pressão de entrada no ponto (P40141), ficará com 7,6 bar, a pressão de saída no ponto (P40142), ficará com 7,4 bar, abrindo se as válvulas K-121 e K-123, a temperatura de saída do ar tende a subir e vice-versa.

Obs. Todos esses parâmetros já estão ajustados, portanto não deverão ser alterados sem conhecimento, por parte do operador.

### **3ª etapa**

#### **Iniciando a operação;**

Solicitar ao Oficial de Máquinas de serviço, que coloque em operação a bomba de água salgada para Planta de Gás Inerte, que está localizada na praça de máquinas.

Ligar ventilação do compartimento em alta rotação.

Selecionar no painel da unidade secadora, a chave para posição I e aguardar a partida automática, deixando em funcionamento por 5 minutos e em seguida passar para a posição II.

O flange ocular HCV 101, deverá estar na posição fechado.

No painel da PSA, colocar o interruptor da purga de ar na posição desligado off. Ainda no mesmo painel, colocar o interruptor de alarme de O<sub>2</sub>, na posição desligado e também virar a chave do compressor de ar para on (DELAY).

Resetar no painel do compressor de ar, o alarme se o mesmo estiver ativado e acionar o botão verde de partida do equipamento.

Resetar no painel da PSA, (ACK), os alarmes existentes liberando com esta ação, a partida\ do compressor de ar e a unidade secadora.

As válvulas HCV, 101, 303 e 320, no início deverão permanecer fechadas, enquanto que a válvula azul HV 104, ficará aberta, pois ela fará com que as válvulas amarelas do sistema, funcionem em automático, modulando e operando todo o sistema.

#### **4ª etapa**

##### **dar partida na PSA;**

A válvula HCV 101, deverá ser ajustada para a pressão de trabalho de 7,3 bar, correspondentes a 30 % de abertura da escala do fabricante.

A válvula HCV 320, deverá ser ajustada até a capacidade desejada de N<sub>2</sub>, assim o analizador de O<sub>2</sub> começará a modular, então o produto obtido é descarregado através da HCV 320, para a atmosfera ou para os tanques de carga.

Quando a produção de N<sub>2</sub>, atingir a faixa desejada que gira em torno de 1%, volta se a chave de alarme de O<sub>2</sub>, para posição ON, a partir desse momento então passaremos a regular as válvulas HCV 303 com HCV 320 observando o medidor de fluxo, a distribuição de gás inerte para os tanques de carga, se dão através das válvulas HCV 303 manual e XV 303 automática.

Obs. se aumentarmos a vazão (fluxo), na linha de produção, diminui se a pureza do Nitrogênio e vice versa e isso é controlado pela HCV 303.

Obs. Final; durante um longo período de não funcionamento da Planta de Nitrogênio devemos verificar se a pressão mínima está em 0,5 bar nas garrafas A e B, não estando com essa pressão, devemos então comunicar a garrafa localizada no convés principal, através da válvula HV 330, para que as mesmas atinjam novamente a pressão mínima de 0,5 bar.



### 6.3 Uso e Aplicabilidade do Gás Inerte

Procedimentos para limpeza dos tanques de carga de um navio Gaseiro.

Drenar a rede e cross over, da linha a ser usada, purgar com N<sub>2</sub> o tanque através da planta de nitrogênio até a pressão atingir 1,2 bar no computador, iniciar a drenagem dos tanques pela rede de stripping, após esse procedimento deve se purgar com N<sub>2</sub>, até expulsar todo vapor de Isopreno existente no tanque e através de medições com explosímetro verifica se o LIE (limite inferior de explosividade), quando o mesmo for igual a zero Por cento (0%), para se a purga com N<sub>2</sub> e inicia se a purga com ar seco O<sub>2</sub>, toda essa manobra com N<sub>2</sub> e ar seco, sendo admtida pela rede de vapor e saindo pela rede de líquido e assim quando a atmosfera do tanque for igual a 20,9 % de O<sub>2</sub>, o tanque estará pronto para abertura e limpeza, para inspeção visual do (SGS), após a limpeza e fechamento, fazemos a purga novamente com N<sub>2</sub> para inertizar o tanque.

Os tanques devem ser carregados já inertizados.

O Nitrogênio, é um gás industrial, amplamente utilizado na indústria de óleo e gás.

A característica de ser inerte aliada ao perfil ambientalmente correto conferem ao N<sub>2</sub>, grande versatilidade e adequação a um ampla gama de aplicações, como ele não reage à maioria dos materiais, é um excelente gás de purga e de proteção que pode ser usado para manter dentro de padrões pré estabelecidos, produtos valiosos contra vários contaminantes nocivos.

Um de seus usos mais importantes e conhecidos em Navios , Plataformas e Instalações de terra, é o de eliminar os riscos de inflamabilidade em Vasos, Reatores, Tanques de Armazenamento e transporte de petróleo e seus derivados. No caspo de gases industriais e de monômeros dos processos de polimerização, utiliza se um colchão de N<sub>2</sub>, a fim de assegurar inércia química, com pressão mínima de 0,07 bar e pressão máxima abaixo da pressão de abertura da válvula de segurança. Tais processos se aplicam a gases como: Propeno, Butadieno, Óxido de Propieno, VCM, Etileno dentre outros.

#### **Propeno**

O propeno é um gás incolor, inflamável e mais pesado que o ar. Seus pontos de fusão ebulição são, respectivamente, -185,26°C e -47,7 °C. Sua solubilidade em água é de 384 mg/L

a uma temperatura de 20 °C, e a densidade é de 1,71 kg/m<sup>3</sup>. É composto por 3 átomos de carbono e 6 de hidrogênio e, portanto, sua fórmula química é C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>. É conhecido também por propileno, seu nome comercial.

Para que serve?

É uma das maiores matérias-primas da indústria petroquímica. Produzido durante o craqueamento do petróleo e na gaseificação do carvão, o propeno pode ser usado como combustível em processos industriais ou para a produção de polipropileno, um plástico reciclável.

### **Butadieno**

É um simples dieno conjugado. É um importante produto químico industrial usado como um monômero na produção de borracha sintética.

Observação: Quando a palavra **butadieno** é usada, na maioria das vezes refere-se ao isômero 1,3-butadieno.

O nome butadieno pode também se referir ao isômero 1,2- butadieno, o qual é um dieno “cumulado”. Entretanto, este aleno é difícil de preparar e não tem significância industrial.

### **Óxido de propileno**

O Óxido de Propileno é um líquido incolor muito volátil e com um ligeiro odor ao éter que se apresenta extremamente inflamável, com um ponto de ignição de -37 °C e um amplo range de explosividade, entre 1,7-37 % de volume no ar.

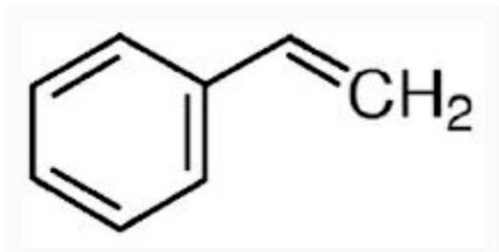
O vapor é mais pesado que o ar e se a nível do solo, com os seguintes risco de ignição a maior distância e de retorno da chama.

**O Óxido de Propileno Tem uma energia de ignição de 0,13 micro joules.**

### **Estireno**

Descoberto pelo farmacêutico Alemão Jhoann Eduard Simon em 1839, que descobriu acidentalmente o Estireno quando extraiu uma substância oleosa da árvore de estoraque e ao deixar a resina extraída em repouso por alguns dias, verificou se que a mesma se polimerizava.

O estireno é um hidrocarboneto aromático, não saturado, monômero precursor do poliestireno, um importante material sintético, rígido e transparente muito utilizado comercialmente. Sua fórmula molecular é  $C_8H_8$ , tendo massa molecular igual a 104,15g/mol. Tem aparência de líquido oleoso incolor e densidade de 0,909g/cm<sup>3</sup>, seu ponto de fusão é de -30°C, aproximadamente (243,15 K) e ponto de ebulição de 145°C aproximadamente (418,15 K). A solubilidade em água é abaixo de 1%.



### Fórmula Química do Estireno

A nomenclatura oficial utilizada pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) é estireno, no entanto podem-se encontrar outros sinônimos, tais quais: vinilbenzeno, estírol, etenilbenzeno, fenetíleno, fenileteno.

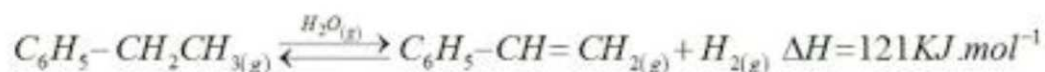
Ao contrário do que pensam, o estireno também está presente em plantas, frutos, vegetais, nozes, bebidas e carnes, porém, sua concentração no estado natural é muito baixa.

### Processos de obtenção e uso do Estireno

Um dos processos mais utilizados para a obtenção de estireno é a desidrogenação catalítica do etilbenzeno em presença de vapor d'água. Os processos de desidrogenação são utilizados, em geral, na conversão de hidrocarbonetos saturados em compostos aromáticos (produtos de segunda geração) através de plantas com reatores em série do tipo leito catalítico que operam na faixa de 430-530°C de temperatura e pressões que podem atingir 3,5 MPa.

Em geral, a desidrogenação é um processo endotérmico que necessita de alta temperatura para a obtenção de boas conversões. São restritos aos processos em que reagentes e produtos possuam estabilidade térmica.

No processo de desidrogenação do etilbenzeno tem-se como reação principal:



## 7 Benefícios da Obtenção de N<sub>2</sub> com Membrana de Fibra Oca.

Considerando, as propriedades de inertização com N<sub>2</sub>, a fabricação de membranas envolvendo nanotecnologia, permite que se obtenha N<sub>2</sub> com mais pureza e por um processo mais eficiente tanto do ponto de vista técnico, quanto do econômico.

Em muitas aplicações industriais e analíticas, o uso de um **Gerador para a produção de N<sub>2</sub>**, apresenta diversas vantagens quando comparado ao recebimento de gás em cilindros. As principais são:

- **Fornecimento contínuo**

Um sistema de geração pode produzir N<sub>2</sub> nas condições que a aplicação exigir, com purezas que variam de 95% a 99,999%.

- **Baixo custo**

Um gerador de N<sub>2</sub> consome bem menos energia para fornecer um metro cúbico de nitrogênio se comparado ao custo do nitrogênio adquirido, além disso, os gastos administrativos e de logística são menores.

- **Menos desperdício**

O gerador produz nitrogênio sob demanda, de acordo com a pressão e vazão exigidas para a aplicação – de forma que não há desperdício de gás.

- **Segurança reforçada**

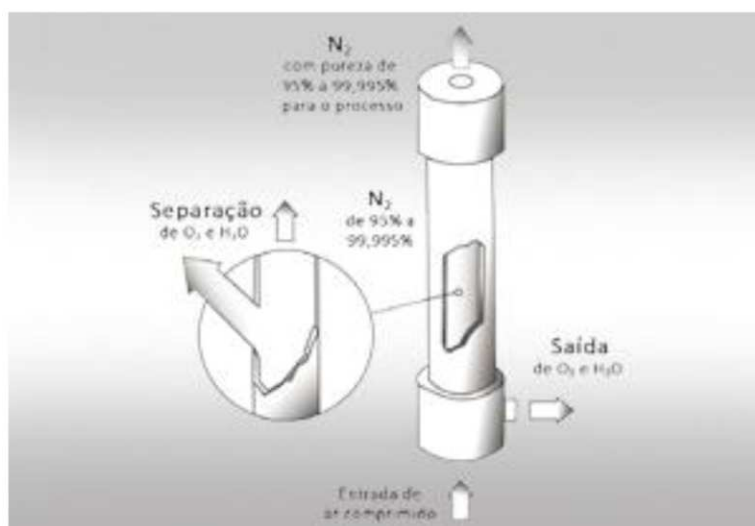
O risco do manuseio de cilindros de alta pressão é eliminado.

- **Confiabilidade no fornecimento**

Elimina - se também a dependência do serviço de fornecedores externos, evitando atrasos na entrega, contratos de longo prazo e aumentos de preço.

### Troca valiosa

Figura 9 esquema de obtenção do N<sub>2</sub> por membrana de fibra oca





Apesar das diferentes condições de trabalho das várias aplicações, ao trocar o nitrogênio adquirido em cilindros pelo gerador de nitrogênio a maioria dos usuários obtém retorno de capital investido (**pay-back**) em menos de um ano. Isso supondo que uma fábrica utilize 1 m<sup>3</sup>/h de N<sub>2</sub> durante quatro horas por dia. No período de um ano (250 dias), 1.000.000 m<sup>3</sup> de N<sub>2</sub> serão consumidos, volume equivalente a 125 cilindros-padrão. Se o consumo for maior, o tempo de retorno do investimento será ainda menor.

Além dos benefícios diretos, é importante considerar também os benefícios relacionados ao ambiente. A destilação de gás é um processo de consumo energético intenso, enquanto o sistema com membranas de fibra oca usa uma quantidade significativamente menor de energia para a geração de nitrogênio. O processo de destilação não apenas consome uma quantidade maior de energia, mas também requer o transporte dos cilindros de gás do local em que o N<sub>2</sub> é produzido até onde será empregado, assim como o transporte dos cilindros vazios de volta à fábrica.

### **Mais energia e segurança**

Para muitos usos, o gerador de N<sub>2</sub> com membrana de fibra oca é a solução mais conveniente, econômica e confiável para o fornecimento contínuo de nitrogênio puro. Isso tudo além de ser um sistema que apresenta maior eficiência energética e contribui para a preservação do meio ambiente.

### **Como funciona o gerador de nitrogênio?**

Figura10 Gerador de Nitrogênio, Usando a Tecnologia de Membranas



Fonte: Postado por Parker Brazil Team op 2017, 09 11

Ao invés de destilar o N<sub>2</sub> do ar (processo que exige resfriamento), a geração com membrana de fibra oca separa o oxigênio e outros gases do nitrogênio em temperatura ambiente. Primeiramente, o ar comprimido flui através de um filtro coalescente altamente eficaz para que o vapor d'água e as partículas em suspensão sejam removidos; a seguir, o ar passa através de um purificador de carvão ativado para remover os hidrocarbonetos.

As membranas de fibra oca permitem, preferencialmente, que o oxigênio e outros gases permeiem, enquanto o N<sub>2</sub> continua passando pelo tubo. A partir deste ponto, o nitrogênio passa por um filtro final que contém mídia filtrante de nitrogênio esterilizada e ativada. Finalmente, o nitrogênio purificado é direcionado diretamente para a aplicação através da porta de saída do sistema.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, foi verificado a grande importância da necessidade de água doce a bordo das embarcações tanto para suprir a tripulação em diversas aplicações, inclusive seu próprio uso e também para o funcionamento de determinados equipamentos. Podemos observar que as desvantagens da utilização da dessalinização é superada em muito pelas vantagens oferecidas por tais sistemas. Assim como seus custos que são reduzidos com a utilização ao longo dos anos.

Foram abordados diversos pontos, como por exemplo: Dessalinização, operação, manutenção e diferenças entre grupo destilatório e osmose reversa. Durante a construção da embarcação, será feito um estudo para saber qual melhor solução da geração de água para bordo. Porém, nada impede que após a operação da embarcação, seja feita a mudança de um equipamento por outro. Basta descomissionar o equipamento em uso e comissionar o equipamento a ser usado. Outro fator determinante para a utilização de tais sistemas deve-se à qualidade da água produzida. Alguns sistemas de dessalinização apresentam águas com 99,9% de pureza, inclusive garantem a eliminação de vírus, bactérias e fungos.

Desta forma, conclui-se que para agilizar esta geração de água doce, é indispensável a utilização dos destiladores tradicionais, uma das máquinas responsáveis em produzir esta água doce e ,atualmente com o avanço tecnológico, os dessalinizadores por osmose reversa, os quais fazem o mesmo papel no mercado, apesar de apresentarem melhor qualidade da água produzida, menor consumo de energia e maior intervalo de tempo de funcionamento sem efetuar limpeza, não superam os pioneiros, os quais operam e executam manutenções de maneira mais simples não sobrecarregando a tripulação de máquinas e cumprindo adequadamente a sua função.

Tendo em vista todos os motivos observados neste trabalho a dessalinização por osmose reversa é uma alternativa econômica, eficaz e eficiente para produzir água em navios e plataformas.

## 9 REFERÊNCIAS

DESSALINIZAÇÃO. In: Enciclopédia Wikipédia. Disponível em: <<http://www.pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 14 outubro. 2017.

TEORIA sobre dessalinizadores por osmose reversa. Vicel Serviços Técnicos dessalinização disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 14 outubro 2017.

REVERSE Osmosis and Destilation Compared. Disponível em: <<http://www.reverse-osmosis.bafree.net>>. Acesso em: 14 outubro. 2017.

FILTRAÇÃO por membranas. Disponível em: <<http://www.geafiltration.com>>. Acesso em: 16 outubro 2017.

FILTRAÇÃO por Membranas. Disponível em: <<http://www.local.alfalaval.com>>. Acesso em: 18 outubro. 2017.

OLIVEIRA, Tatiana. R. P. CARVALHO, Antônio. Osmose Reversa Disponível em: <<http://www.kurita.com.br>>. Acesso em: 18 outubro 2017.

Encyclopedia of Desalination and Water Resources. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

Membranas - Perenne. Tratamento de Água e Efluentes. Disponível em: <<http://www.perenne.com.br>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

Site do Fabricante de dessalinizadores de osmose reversa para o uso de bordo. Disponível em: <<http://www.searecovery.com>>. Acesso em: 21 outubro 2017.

Reverse Osmosis Chemicals. Disponível em: <<http://www.rochemical.net>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

Planta de Dessalinização e Método para Dessalinizar a Água por Osmose Reversa. disponível em: <<http://www.patentesonline.com.br>>. Acesso em: 20 outubro 2017.

Manutenção de Equipamentos Navais e Offshore. Disponível <<http://www.manutencaoooffshore.com.br>>. Acesso em: 20 outubro 2017.