

MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS – APMA

PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA GOMES

PRODUÇÃO DE ÁGUA NO FLOATEL AQUARIUS BRASIL

RIO DE JANEIRO

2016

PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA GOMES

PRODUÇÃO DE ÁGUA NO FLOATEL AQUARIUS BRASIL

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

RIO DE JANEIRO

2016

PAULO ROBERTO DE OLIVEIRA GOMES

PRODUÇÃO DE ÁGUA NO FLOATEL AQUARIUS BRASIL

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

Data da Aprovação: 02/05/2016

Orientador:

-----  
Assinatura do Orientador

NOTA FINAL:

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, esposa e filhos.

## RESUMO

O principal objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar o processo de produção de água doce a bordo do navio Aquarius Brasil da empresa OSM Offshore, principalmente a produção de água no equipamento de Osmose Reversa, navio que esteve embarcado até fevereiro de 2016.

O navio quando da sua construção foi projetado para servir de Ferry-boat no Mar do Norte, vindo a ser jumborizado e passou a servir como Floatel na Bacia de Campos, os processos de dessalinização são Osmose Reversa e produção de água a vácuo.

A metodologia empregada no estudo orienta-se na forma de pesquisa a sites da internet e leitura de manuais dos equipamentos.

## Abstract

The main objective of this work Completion of course is to present the fresh water production process on the ship Aquarius Brazil in the company OSM Offshore. The ship when its construction was designed to serve as a ferry-boat in the North Sea, been enlargedf and went on to serve as Floatel in the Campos Basin, the desalination processes are reverse osmosis and vacuum water production.

The methodology used in the study is guided in the form of literature and reading manuals of the equipment.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DA ÁGUA.....	9
2.1.1 Usos da água a bordo do NAVIO AQUARIUS BRASIL.....	9
2.2 TIPOS DE PROCESSOS UTILIZADOS.....	9
2.2.1 Destilação .....	10
2.2.2 Osmose Reversa .....	10
2.2.2.1 Termos Mencionados no Trabalho.....	11
2.2.2.2 Osmose .....	11
2.2.2.3 Osmose Reversa .....	12
2.2.2.4 Considerações básicas do processo.....	13
2.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE OSMOSE REVERSA EM USO NO NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL .....	13
2.3.1 Operação.....	17
2.3.2 Pré filtração.....	18
2.3.3 Filtração.....	18
2.3.4 Bombas de Alta Pressão.....	19
2.3.5 Membrana de Osmose Reversa.....	19
2.3.6 Filtração Secundária.....	20
2.3.7. Pós Tratamento.....	20
2.4 VANTAGENS OSMOSE REVERSA EM DETRIMENTO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO .....	24
2.4.1 Vantagens .....	24
2.4.2 Desvantagens .....	24
3. CONCLUSÃO .....	25
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26





## 1. INTRODUÇÃO

A obtenção de água doce a bordo dos navios, embarcações e plataformas de petróleo pode ser feita de duas formas:

- 1- Através de bombeio de barcos de suprimento
- 2- Através de processo de dessalinização a bordo destes meios flutuantes

Além da necessidade natural de água potável das pessoas que habitam, operando e mantendo os meios flutuantes para asseio pessoal, alguns processos utilizados num navio ou plataforma exigem para um bom funcionamento que se utilize água com um teor muito baixo ou sem teores de sais dissolvidos.

Para obtenção de água nestas condições são utilizados processos de dessalinização da água do mar. A dessalinização é o processo de transformar água salgada em água potável.

A produção de água a bordo de embarcações é obtida geralmente através de processos de destilação ou osmose reversa.

Com a tecnologia de osmose reversa obtém-se água desmineralizada para utilização em equipamentos e uso para higiene pessoal e ingestão. O tratamento de água por osmose reversa remove todos os agentes contaminantes nocivos à saúde, tais como bactérias, vírus, odores, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e matéria orgânica.

Devido à sua importância em embarcações, este trabalho objetiva descrever as formas de produzir água à bordo do NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL, descrevendo o sistema e modo de operação do mesmo.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Características físicas, químicas e biológicas da água**

As principais características da água são: temperatura, odor, sabor, turbidez e cor.

Odor: Característica causada pela existência de matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais e gases dissolvidos. Esta característica também está ligada ao sabor já que muitas vezes a sensação do sabor ocorre da combinação de gosto mais odor.

Turbidez: Característica oriunda da presença de substâncias em suspensão.

As características químicas são devidas à presença de substâncias dissolvidas. As principais são:

Salinidade: Característica referente ao conjunto de sais dissolvidos na água formado pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos, etc.

Alcalinidade: Característica referente ao conjunto de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre alcalino ou alcalino terroso.

Dureza: Característica referente à presença do conjunto de alguns metais e sais alcalinos terrosos.

As características biológicas da água referem-se à presença de organismos, tais como algas, bactérias, protozoários, vermes, crustáceos e larvas de insetos presentes que também constituem impurezas.

#### **2.1.1 Usos da água a bordo do NAVIO AQUARIUS BRASIL**

A água é utilizada para diversos fins, tais como: utilização para os diversos equipamentos de bordo, higiene pessoal dos tripulantes e cerca de 500 técnicos mantenedores de unidades do sistema Petrobras, limpeza e lavagem do navio, para alimentação da caldeira, sistema de resfriamento dos motores e equipamentos auxiliares, uso nas acomodações e consumo dos banheiros.

## **2.2 TIPOS DE PROCESSOS UTILIZADOS**

Abaixo serão apresentados alguns dos tipos de processos de dessalinização mais utilizados a bordo das embarcações.

### **2.2.1 Destilação**

Destilação é um método ou processo físico de separação de uma mistura de líquidos ou de sólidos dissolvidos em seus componentes. Esse processo é caracterizado pelo fato de o vapor formado possuir uma composição diferente do líquido residual.

Nesse processo, é importante que a substância a ser destilada seja volátil na temperatura utilizada.

A destilação consiste em ferver a água, coletar o vapor e transformá-lo novamente em água, desta vez água potável. O fato de fervê-la, retira a maior parte das impurezas da água, inclusive os sais, que são deixados para trás à medida que o vapor é liberado.

Alguns países árabes simplesmente “queimam” petróleo para a obtenção de água doce através da destilação, uma vez que o recurso mais escasso, para eles, é a água.

A destilação é uma operação unitária que se caracteriza pela evaporação e posterior condensação de um líquido. Tem como objetivo separar, por ação da energia calorífica, substâncias voláteis de outras que não o são, ou são menos voláteis, e visa a separação de uma mistura de líquidos com pontos de ebulição diferentes.

Nos típicos sistemas modernos de destilação, a água salgada é aquecida ao passar dentro de tubos no interior de uma câmara que contém sobras de vapor provenientes de uma usina de energia – uma espécie de radiador ao contrário. A água salgada quente entra então numa câmara de vácuo que reduz a temperatura de ebulição da água. A água, então, evapora. O vapor que se forma é condensado e retirado como água pura.

### **2.2.2 Osmose Reversa**

Para compreender a osmose reversa antes precisamos compreender a osmose convencional e também ter conhecimento de alguns termos que serão muito mencionados neste trabalho.

### 2.2.2.1 Termos Mencionados no Trabalho

Solução, a qual definimos por, “mistura de duas ou mais substâncias que apresentam aspecto uniforme”. Os componentes de uma solução são o soluto e o solvente.

O soluto são os componentes cuja fração molar é muito pequena, ou muito menor que a de outro componente, ou seja, é o componente presente em menor quantidade.

O solvente é a substância cuja fração molar é maior, ou seja, é o componente presente em maior quantidade e que dissolve o soluto.

Solução hipotônica é a solução em que a quantidade de solvente é maior que a quantidade de soluto.

Solução hipertônica é a solução em que o solvente já dissolveu toda a quantidade possível de soluto e toda a quantidade agora adicionada não será dissolvida e ficará no fundo do recipiente.

### 2.2.2.4 Osmose

**Osmose** é “o movimento de um solvente através de uma membrana semipermeável (como a de uma célula viva) para uma solução com maior concentração de soluto. Este movimento tem como objetivo balancear a concentração de soluto nos dois lados da membrana”.

A osmose ocorre quando duas soluções salinas com concentrações diferentes estão dispostas num meio que contenha uma membrana semipermeável, (ou seja, uma membrana que retém a passagem de soluto deixando livre a passagem de solvente, essa retenção de partículas de soluto acontecem devido ao diâmetro dos poros da membrana. Nenhuma partícula em suspensão ou contaminantes dissolvidos pode fluir através da membrana.), ocorre a movimentação de partículas de solvente da solução hipotônica para a solução hipertônica. Como acontece a migração das moléculas de água através da membrana semipermeável os valores das concentrações das soluções tornam-se desiguais resultando em diferença das pressões e o processo cessa.

No esquema abaixo, pode-se verificar um sistema de osmose contendo dois compartimentos separados por membranas semipermeáveis, onde se encontra uma solução hipotônica em um dos compartimentos e água salobra no outro. Imediatamente, observa-se, um fluxo preferencial da solução hipotônica difundindo-se através da

membrana, reduzindo a concentração salina da água, encontrada no outro compartimento.

A passagem da água pura, através da membrana semipermeável, provoca um aumento no volume da água salobra, com a formação de uma coluna de água. Este efeito físico é decorrente da pressão exercida sobre a membrana, no lado da água salobra. A pressão corresponde à altura da coluna, que em situação de equilíbrio interrompe a difusão da água pura para água salobra, entrando então os sistemas em equilíbrio. As diferenças de pressões são chamadas de Pressão Osmótica que por definição é a pressão hidrostática necessária para impedir a osmose, ou seja, a pressão que deve ser exercida sobre a solução para impedir a passagem de solvente de uma solução para a outra.

#### 2.2.2.4 Osmose Reversa

O sistema de osmose reversa é um processo que tem a capacidade de remover sólidos dissolvidos na água com alta eficiência. É possível obter de forma simples e contínua, água pura com salinidade próxima à água destilada. A osmose reversa é um processo que transforma uma fonte de água inutilizável em um recurso útil. Considerando-se que o uso a que se destina é o de aumentar o volume da água pura (dessalinização), deve-se aplicar uma pressão extra, superior à pressão osmótica (relativamente pressões da ordem de 65 bar) capaz de suplantar o potencial osmótico da solução hipertônica, fazendo com que suas partículas de água pura se movimentem em direção à solução hipotônica. Na osmose reversa, o fluxo de água no sistema é invertido. O solvente move-se da solução hipertônica, neste caso água do mar, para a solução hipotônica, água comum. A água salobra é pressurizada além da pressão osmótica natural e bombeada através da membrana semipermeável. A membrana comporta-se como uma peneira molecular, ou seja, o diâmetro dos poros da membrana permitem a passagem de partículas muito pequenas, neste caso partículas de solvente.

2.2.2.4 Considerações básicas do processo

De acordo com o Log sheet do equipamento de Osmose Reversa, temos as principais variáveis de processo:

Pressão de alimentação = 3,0 bar

RO membranes discharge = 55,0 bar

Temperatura da agua na descarga = 26°C

Produção de agua diária = 22,0 ton

LOG SHEET								
PROJECT: 462712		Delivery date ex works: July 2012			TYPE: SW/004013 BWC4max			
Gembawang		<b>HATENBOERWATER</b> Hatenboer - Water bv Hatenboerweg 8 3513 AR Schiedam Nederland phone : + 31 (0) 10 498 1240 fax : + 31 (0) 10 409 1250						
RO System :								
Date (day/month/year)		21/07/12	22/07/12	23/07/12	24/07/12	05/08/12	16/08/12	
Running hours (total:sec)		2132	2138	2149	2207	2207	2243	
Pressure in bars								
Pre-pressure feed pump	PI 0110-01	-0.3	-0.7	-0.4	-0.7	-0.7	-0.8	
Feed pump pressure	PI 0110-02	4.0	4.0	3.8	3.9	4.0	4.1	
Feed pressure	PI 0110-03	3.0	3.0	2.8	2.9	3.0	3.1	
Pressure inlet MM filter	PI 0110-04	3.3	3.3	3.2	3.2	3.3	3.4	
Pressure outlet MM filter	PI 0110-05	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.5	
Pre-pressure Cartridge filter	PI 0221-01	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	
Pressure after Cartridge filter	PI 0221-02	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	
Pressure hot ERT	PI 0230-01	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
RO membranes feed	PI 0250-02	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
RO membranes discharge	PI 0250-01	5.5	5.5	5.4	5.5	5.4	5.4	
Back pressure ERT	PI 0250-02	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
RO product water outlet	PI 0255-01	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Feed pressure Neutralizing filter	PI 0420-01	0.6	0.7	0.8	0.5	0.4	0.5	
Flow in litres/hour								
Feed Multi media filter	PI 0110-01	22.5	22.5	20	21	22	20	
Product	PI 0255-01	2.5	2.5	2.25	2.5	2.5	2.25	
Reject	PI 0230-01	18	18	17.5	18	18	17	
WATER DATA								
EC feedwater to RO	manual							
EC product water (uS/cm)	CHA 0255-01	225	220	220	212	218	211	
Temperature (°C)	QA 0255-01	26.5	26.9	26.5	26	27	26.6	
Volume produced	WMS 0410-01	2237	2253	21624	22952	22953	23154	
DOSING PUMP DATA								
Art: Solenoid pump P3 0103-01								
Stroke length	%	70	70	70	70	70	70	
Stroke rate	%	20	20	20	20	20	20	
Model: eeg, Pump P-J 0410-01								
Stroke length	%	70	70	70	70	70	70	
Remarks:								

2.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE OSMOSE REVERSA EM USO NO NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL

Para a aplicação a bordo do NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL, a planta de osmose reversa é composta por três seções separadas.



Unidade de Pré Filtragem

A primeira seção é a seção de pré-tratamento em que a água de alimentação é tratada e passa por uma filtração inicial para remover sólidos em suspensão e correções de Ph para evitar danos aos elementos da planta de osmose reversa e aumentar a vida útil das membranas do equipamento de modo a satisfazer os requisitos do sistema.

Após o pré-tratamento, a água de alimentação é introduzida na osmose reversa. Nesta seção a água de alimentação é pressurizada e encaminhada para os elementos de osmose reversa que estão em vasos de pressão. A água de alimentação flui através da superfície da membrana onde a água do produto permeia através da membrana e um determinado montante fica para trás como rejeito. Os rejeitos são encaminhados para descarte enquanto a água do produto é encaminhada para a seção de pós-tratamento.

O pós-tratamento é a seção que trata a água oriunda do processo. Esta seção remove o dióxido de carbono e acrescenta produtos químicos e/ou biológicos, necessários para o uso industrial da água do produto. Nesta seção também é realizada a remoção de microorganismos como bactérias e salmonelas através do sistema de tratamento por raios ultravioleta.

O equipamento de osmose reversa é composto por vasos de pressão tubulares arranjados em série, que asseguram o suporte e a proteção mecânica dos elementos de membranas que estão contidas em seu interior.

As membranas são formadas por um conjunto de filtros semipermeáveis, geralmente de poliamida com polisulfona, enroladas em forma de espiral.

Além destes vasos tubulares, o sistema de osmose reversa também é constituído de uma bomba de alta pressão para pressurizar a água para dentro dos vasos com energia suficiente para suplantarmos a pressão osmótica, válvulas e instrumentação necessários para ajuste do equipamento.

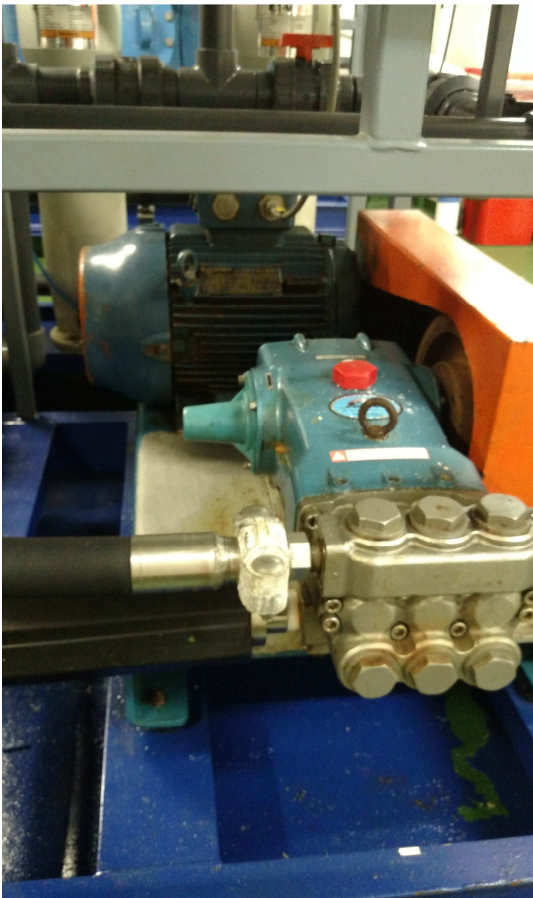


Vasos Tubulares





Back-flushing



Bomba de Alta Pressão



Unidade de Filtragem

### 2.3.1 Operação

O processo de Osmose Reversa separa a água de uma solução de sais dissolvidos pelo bombeamento da água através de uma membrana semipermeável. Como a pressão é aplicada na solução, por bomba, a água e outras moléculas com baixo peso molecular (menores que 200 gramas por mol aprox.) passam através dos microporos na membrana.

Maiores moléculas são retidas pela membrana. A bordo se utiliza do sistema “Cross Flow”.

Esse sistema é definido como um “Método de filtração onde o escoamento do produto é paralelo à superfície do filtro para minimizar entupimentos e maximizar a eficiência” permitindo assim a utilização contínua das membranas autolimpantes. Como parte do fluido atravessa as membranas e o restante permanece do lado da alimentação, os sais rejeitados são varridos para fora da membrana.

Nos sistemas de Osmose Reversa do NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL, a pressão de operação é de 675 psig.

O sistema de osmose reversa do navio é projetado para operação automatizada.

Serão apresentados agora, as sequências do processo para a obtenção de água nos sistemas de Osmose Reversa.



Unidade de Operação

### 2.3.2 Pré-filtragem

Nesta seção do tratamento ocorre a retirada de sedimentos em suspensão, ou seja, sólidos pesados da água de alimentação com dimensões maiores que 5 micras.

Os filtros dessa seção são constituídos de polipropileno.

### 2.3.3 Filtragem

Esta seção tem como função remover os sedimentos e sólidos suspensos de tamanho mediano. A água vinda do pré-tratamento passa por filtros constituídos de carbono ativado e areia.

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

satramento das membranas, os filtros de carbono retiram os microorganismos existentes.

#### 2.3.4 Bombas de Alta Pressão

Nesta seção utiliza-se uma bomba de alta pressão que eleva potencialmente a pressão da água, de aproximadamente 3.0 bar, para uma pressão em geral da ordem de 45 bar.

#### 2.3.5 Membrana de Osmose Reversa

O conjunto de membranas é composto por um invólucro de material inoxidável e com membranas poliméricas no seu interior, geralmente apresenta formato cilíndrico e duplo. As membranas devem apresentar uma boa resistência para suportar a pressão da água sem que haja ruptura, e seus orifícios devem ter o menor tamanho possível para bloquear a passagem das impurezas permitindo assim somente a passagem da água.

Tais membranas consistem-se em folhas planas seladas em forma de envelope e enroladas em espiral. O arranjo em espiral oferece a vantagem de permitir agregar uma grande área de membranas em um pequeno volume e simplicidade de construção e instalação.

No arranjo em espiral, duas folhas de membranas são unidas com uma tela em seu interior e suas laterais coladas. A partir daí são enroladas ao redor de um tubo e separadas externamente por mais uma tela. Uma das telas forma o canal de coleta de permeado, a outra, o canal de alimentação. O arranjo em espiral torna o sistema mais compacto e facilita a operação a altas pressões em virtude do formato cilíndrico dos módulos.

As membranas de osmose reversa têm o diâmetro de 4”.

As membranas estão compactadas em série no interior de um vaso pressurizado, o número de elementos de membranas a bordo do navio é de 8 por vaso pressurizado. As membranas da Osmose Reversa são operadas através de um fluxo tangencial. Neste sistema, a solução circula paralelamente à membrana. Parte da água é permeada (atravessa as membranas) e o restante, incluindo os sólidos remanescentes são

arrastados e levados para fora dos filtros criando uma segunda saída conhecida como concentrado ou rejeito.



Membrana de Osmose Reversa

### 2.3.6 Filtragem Secundária

Nessa seção é realizada uma filtragem final. Após a filtragem são realizados os ajustes de pH e reposição de sais minerais através de um filtro mineralizador. Produtos químicos são adicionados com o objetivo de combater a corrosão. Esses tipos de produtos possuem dentre outros componentes, o dióxido de carbono.

### 2.3.7 Pós Tratamento

Nesta seção a água é estabilizada e preparada para a distribuição. É realizada uma desinfecção para garantir um suprimento seguro de água. A desinfecção germicida ou bactericida é um processo importante utilizado para garantir que nenhum vírus, bactéria ou protozoário contamine a água, nesta etapa a água é clorificada (Hadex) e depois água é submetida as lâmpadas de radiação ultravioleta (UV) diretamente na água que eliminam 99% das bactérias que ainda possam estar presentes.

Após a lâmpada UV é instalado um filtro para reter as carcaças de bactérias mortas, melhorando ainda mais a qualidade da água final.

A fim de mineralizar a água, após a água passar pela estação de UV, a água vai ao filtro mineralizador.



Unidade de Clorinação (Hadex)



## Unidade Mineralizadora

Para assegurar a mineralização da água após o filtro mineralizador é adicionado  $\text{CO}_2$  através de um sistema de dosagem a fim de homogeneizar os minerais



Painel do Sistema de Dosagem de CO2





Garrafas do Sistema de CO2

## 2.4 VANTAGENS DA OSMOSE REVERSA EM DETRIMENTO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO

Neste item analisaremos as principais vantagens e desvantagens do sistema de osmose reversa.

### 2.4.1 Vantagens

- \* Utilização de água destilada de ótima qualidade isenta de impurezas
- \* O processo de dessalinização da osmose reversa elimina cerca de 99% de vírus e bactérias presentes na água. Com isso asseguramos qualidade superior da água usada pela tripulação e passageiros da embarcação
- \* Melhor relação volume e peso por produção
- \* Manutenções reduzidas, se levada a contento a operação pela tripulação.

### 2.4.2 Desvantagens

- \* Alto custo das membranas
- \* Alto custo da bomba de alta pressão

### **3. CONCLUSÃO**

A dessalinização por osmose reversa é a melhor alternativa para atender a demanda de água em instalações floateis, tanto pela qualidade da água produzida, com 99% de pureza, quanto a relação volume ocupado pelo equipamento e peso por produção.

Tendo em vista todas as observações abordadas neste trabalho, a inserção da unidade de osmose reversa foi uma idéia bastante eficaz, que trouxe resultados efetivamente positivos para a operação e funcionamento do NAVIO FLOATEL AQUARIUS BRASIL.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

HATENBOER-WATER BV – OPERATORS MANUAL & WARRANTY

MANUTENÇÃO OFFSHORE . OSMOSE REVERSA

Disponível em :

<<http://manutencaooffshore.com>

Acesso em: 29 mai.2016