

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS ( APMA)**

**A IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO DE OSMOSE REVERSA PARA A**  
**PRODUÇÃO DE ÁGUA DOCE NA EMBARCAÇÃO “SS-X”**

**TELÊMACO BEZERRA TOCACHELO**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**TELÊMACO BEZERRA TOCACHELO**

**A IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO DE OSMOSE REVERSA PARA PRODUÇÃO  
DE ÁGUA DOCE NA EMBARCAÇÃO “SS-X”.**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha como condição prévia para  
a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para  
Oficiais de Máquina (APMA).

Orientador: MSc. Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**TELÊMACO BEZERRA TOCACHELO**

**A IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO DE OSMOSE REVERSA PARA PRODUÇÃO  
DE ÁGUA DOCE NA EMBARCAÇÃO “SS-X”.**

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquina (APMA).

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Orientador: MSc. Luiz Otavio Ribeiro Carneiro.

---

Assinatura do Orientador

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

A minha família, pilar de sustentação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por disponibilizar ao meu organismo saúde e energia para caminhar na linha da vida.

A minha esposa, Sra. Lúcia Flávia Furtado Salgado Tocachelo, pelo apoio e paciência oferecidos em todos os momentos.

Aos meus pais, Sr. Adilson Tocachelo e Sra. Myroslawa Cabral Bezerra Tocachelo, por se esforçarem e se dedicarem em prol de minha formação.

Ao professor orientador Mestre Luiz Otavio, pelo apoio ininterrupto no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos mestres e colegas de classe, que fizeram deste período denominado “APMA”, um evento muito significativo na minha vida.

*“Quanto mais aumenta nosso conhecimento,  
mais evidente fica nossa ignorância”. (John F. Kennedy)*

## RESUMO

O principal objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar os processos de produção de água doce a bordo da plataforma de perfuração “SS-X”. Com sua leitura, é possível conhecer de maneira simples e objetiva os processos de dessalinização da água do mar e a utilização desta água doce produzida nesta unidade offshore, bem como as tecnologias empregadas nos processos de osmose reversa, enfatizando seus equipamentos auxiliares e uma visão da planta de distribuição a bordo.

As conclusões obtidas ressaltam a importância da utilização de tais processos, bem como o crescimento da utilização da dessalinização no segmento marítimo e como uma solução para os problemas de escassez de recursos hídricos que hoje assolam vários países e que certamente deverá espalhar-se por muitos outros países em um futuro não muito distante.

**Palavras-chave:** dessalinização, produção de água doce, osmose reversa, destilação.

## **ABSTRACT**

*The aim of this work Completion of course is to present the freshwater production processes on board of the drilling rig named "SS-X". With your reading, you can meet a simple and objective way of the desalination process of seawater and use of this fresh water produced in this offshore unit as well as the technologies used in reverse osmosis processes, emphasizing its auxiliary equipment and the distribution plant on board.*

*The conclusions highlight the importance of using such processes as well as the growing use of desalination in the maritime segment and as a solution to the problems of water shortages that plague many countries today and that certainly will spread to many other countries in the future.*

*Keywords: desalination, fresh water production, reverse osmosis, distillation.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equilíbrio Osmótico.....	16
Figura 2 – Osmose Reversa.....	16
Figura 3- Esquema Básico de um Sistema de Osmose Reversa.....	17
Figura 4 – Membrana de Osmose Reversa.....	18
Figura 5 – Detalhe de Membrana de Osmose Reversa.....	19
Figura 6 – Modelo MT 75T SRH.....	20
Figura 7 – Filtro de Areia.....	20
Figura 8 – Modos de Operação do Filtro de Areia.....	21
Figura 9 – Detalhe do Filtro de Água de Alimentação.....	22
Figura 10 – Filtro <i>Rehardening</i> e esquema de válvulas.....	23
Figura 11 – Bomba Dosadora e Tanque.....	24
Figura 12 – Detalhe do Tanque de Limpeza e Bomba.....	25
Figura 13 – Detalhe do Sistema de distribuição de água do equipamento de Osmose reversa.....	33
Figura 14 – Detalhe do Sistema de Água Doce Industrial da “SS-X”.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Operacionais do Modelo MT 75T SRH.....	26
Tabela 2 – Detalhe para o fluxo de água doce produzida.....	26
Tabela 3 – Capacidade dos Tanques de Água Doce da “SS-X”.....	27
Tabela 4 – Consumo de água da “SS-X”.....	28
Tabela 5 – Sondagem dos Tanques de Água doce da “SS-X” em 1º de Junho de 2015.....	29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. METODOLOGIA: A OSMOSE REVERSA.....</b>	<b>14</b>
2.1. Funcionamento Básico.....	15
2.2. Equipamentos auxiliares.....	17
2.3. Produção de água diária.....	26
2.4. Finalidade da água produzida.....	32
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da indústria naval e devido às recentes descobertas de grandes jazidas de petróleo do Pré-Sal, o cenário *Offshore* está atualmente em seu melhor momento nos últimos 20 anos, devido ao aprimoramento das tecnologias de extração de petróleo e gás subaquáticas, as plataformas de perfuração têm cada vez mais aumentado suas proporções e versatilidade dos equipamentos, bem como o número de tripulantes entre funcionários fixos ou não das unidades também crescem significativamente. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e *Offshore* – SINAVAL (2011), estima-se que a demanda por plataformas de produção de diversos tipos é estimada em cerca de 150 unidades até 2020. Devido a essa realidade, há a necessidade de um alto consumo de água doce a bordo; fazendo com que se torne dispendioso em demasia para a empresa a compra e a logística desta água de facilidades terrestres. Para tanto, o contínuo uso de equipamentos de osmose reversa está cada vez mais em evidência, pois permite a obtenção de água desmineralizada ultrapura, com o destino final para utilização em diversos tipos de equipamentos existentes nestas unidades. O tratamento de água por Osmose Reversa remove todos os agentes contaminantes nocivos à saúde, tais como bactérias, vírus, odores, sólidos dissolvidos, coloides, sólidos suspensos, e matéria orgânica. Segundo a Revista Técnica de Águas e Efluentes “TAE” (2015), a Joint Venture denominada Aqua-Chem do Brasil; oferece equipamentos e peças sobressalentes de geração de água potável para navios e plataformas de petróleo *offshore*, pelo processo de osmose reversa, que atualmente geram em torno de 300 mil litros de água potável por dia.

A presente pesquisa enfatiza a importância do uso de equipamentos de produção de água doce, doravante denominados “Osmose Reversa” em sondas de perfuração. Serão utilizados dados de controle interno e manuais técnicos oriundos de uma unidade semi-submersível de perfuração; denominada “SS-X”, da Empresa “Y”, no período de 2000 a 2015; bem como material bibliográfico de pesquisa do mesmo período de tempo.

O estudo é classificado de acordo com Vergara (2000) quanto aos meios como Bibliográfica, pois o material de estudo advém de fontes literárias reais e eletrônicas; Documental, haja vista o autor irá citar o uso de um equipamento de osmose reversa baseado nos dados de projeto da “SS-X”; e de Estudo de caso, posto que a pesquisa está diretamente relacionada à unidade semi-submersível “SS-X” e participante, pois o equipamento em estudo faz parte da realidade de trabalho do autor.

Quanto aos fins, conforme Vegara (2000), a referida pesquisa se encaixa nos termos de exploratória, pois serão citados o proceso de funcionamento básico de um equipamento de osmose reversa, bem como de seus equipamentos auxiliares de tratamento da água produzida; Descritiva, haja vista o autor exporá as principais características deste equipamento e seus auxiliares e Explicativa, porque será demonstrado o funcionamento do referido equipamento em conjunto com seus auxiliares, finalizando no destino final desta água produzida.

A presente pesquisa tem por finalidade demonstrar a importância deste equipamento a bordo, enfatizando a embarcação “SS-X”, descrevendo a sua importância ao suprir água doce potável, com uma produção diária considerável, atendendo as necessidades da unidade mesmo em situação de lotação de tripulação quase máxima, bem como suas particularidades, o que irá contribuir como material de estudo e pesquisa para futuras gerações acadêmicas, auxiliando o pouco que seja na ampliação dos conhecimentos técnicos de tão importante equipamento.

## **2. METODOLOGIA: A OSMOSE REVERSA**

Para iniciar a descrição, será tomado como modelo um grupo osmose reversa real, do fabricante ENWA Water Treatment®, modelo MT 75T SRH, instalado na unidade de perfuração ora denominada “SS-X”, da empresa “Y”; e através de suas características será demonstrado sua importância a bordo devido ao alto consumo diário de água doce, seja pela tripulação, seja pelo maquinário disponibilizado.

## 2.1. FUNCIONAMENTO BÁSICO

Para compreender a osmose reversa antes precisamos compreender a osmose convencional e também ter conhecimento de alguns termos que serão muito mencionados neste trabalho. Conforme o Dicionário Online de Português (2015), temos que:

Solução é descrita como “mistura líquida e homogênea de dois ou mais corpos”. Os componentes de uma solução são o soluto e o solvente.

O soluto é definido como “O que se dissolve, se desfaz em meio líquido, quando está em contato com outra substância de maior quantidade, o solvente”, ou seja, é o componente presente em menor quantidade.

O solvente é a “substância líquida que tem a propriedade de solver ou dissolver outras; o mesmo que dissolvente”, em outros termos, é o componente presente em maior quantidade e que dissolve o soluto.

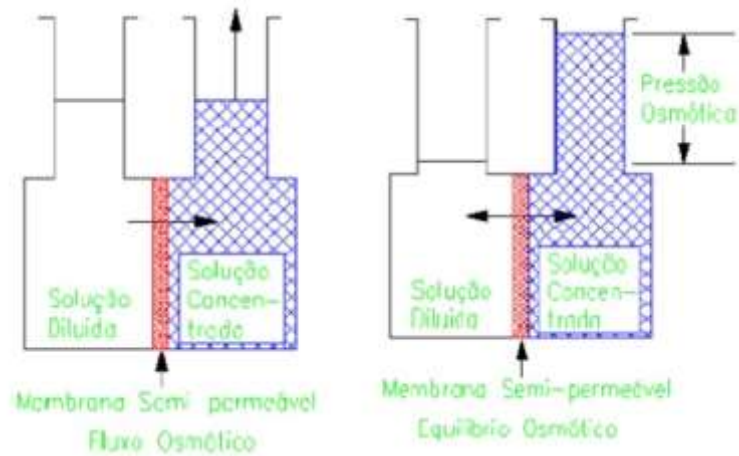
Solução hipotônica é a solução em que a quantidade de solvente é maior que a quantidade de soluto.

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.

A osmose é um processo físico-químico em que ocorre a migração natural de um solvente, como exemplo a água, de um meio hipotônico (menos concentrado em soluto) para um meio hipertônico (mais concentrado em soluto) através de uma membrana semipermeável (Figura 1). Isso ocorre porque a membrana permite a passagem das moléculas de água, mas impede a passagem de outras moléculas.

Este processo está presente no funcionamento de diversos seres vivos incluindo os seres humanos. O sangue humano, por exemplo, contém diversas substâncias dissolvidas o que lhe confere uma pressão osmótica da ordem de 7,8 atm (essa não é a pressão arterial medida em consultórios médicos). Assim, se for possível um desequilíbrio no organismo de maneira que a concentração sanguínea seja alterada provavelmente ocorrerá o falecimento dos órgãos. Isso porque se os glóbulos vermelhos fossem colocados em água pura iriam inchar até explodir devido à penetração de água para seu interior. Se fossem imersos em solução com alta concentração de sais iriam murchar devido à migração de água do seu interior. Por isso, os soros fisiológicos ao serem injetados na corrente sanguínea devem ser isotônicos, ou seja, concentração semelhante à sanguínea e que lhe confira a mesma pressão osmótica.

Figura 1 - Equilíbrio Osmótico

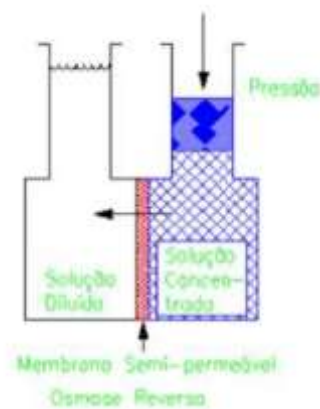


Fonte: ENWA®

A osmose reversa, como o nome já sugere, é o processo contrário ao osmótico. Ela efetua a completa filtração da água através de membranas semipermeáveis sintéticas. Com o aumento da pressão da água dita “impura”, o fluido é forçado a passar pelas membranas, separando-se as menores partículas (sal, impurezas granulosas, etc), moléculas e íons; permitindo apenas a passagem de água pura (Figura 2).

São diversas as aplicações desse tipo de processo. Pode ser utilizado para a dessalinização da água, desmineralização para consumo, produção de água de alimentação para caldeiras e recuperação de água residual industrial. Para o escopo da presente pesquisa iremos utilizar esta água para consumo e uso industrial.

Figura 2 – Osmose Reversa



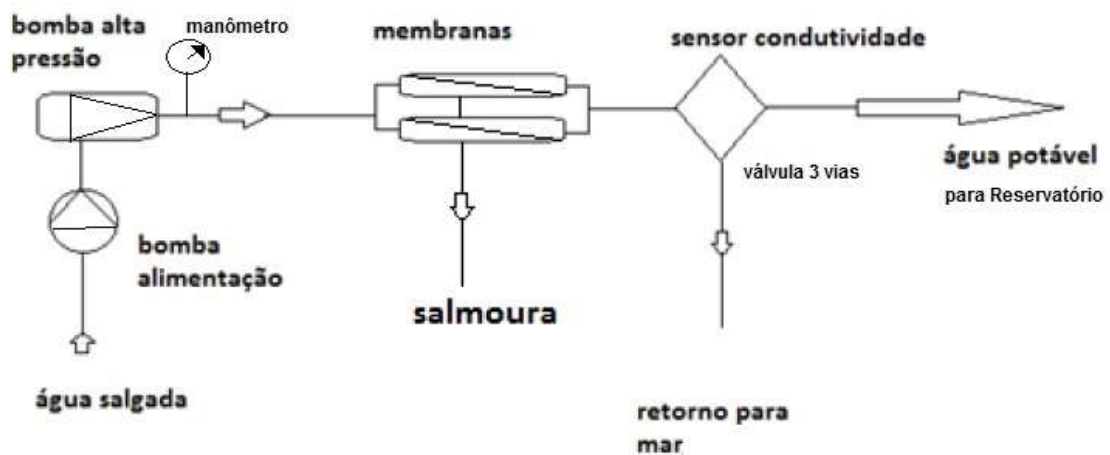
Fonte: ENWA®



## 2.2. EQUIPAMENTOS AUXILIARES

De acordo com David McGeorge (2009), com o objetivo de produzir água potável, uma unidade de osmose reversa é constituída basicamente de uma bomba de alimentação de água salgada, uma bomba de alta pressão, membranas, válvulas, manômetros e sensor de condutividade (Figura 3). A água é captada no mar ou de um reservatório através de uma bomba centrífuga e esta alimentará a unidade. Uma bomba de alta pressão coleta essa água e a pressuriza sobre as membranas com pressões em torno de 60bar. Após passar pelas membranas dois fluxos são gerados. Uma parcela da água, com os sais retidos (salmoura), é descartada e retorna para o mar e outra é purificada indo para um tanque de água potável, por exemplo. Um sensor de condutividade controla o teor de sais na água produzida. Se forem atingidos valores acima do tolerado toda a produção retorna para o ponto de captação através de uma válvula 3-vias, controlada pelo sensor. Se estiver nos limites aceitáveis, a válvula libera o fluxo de água doce para o destino desejado, no caso, um reservatório de água potável.

Figura 3- Esquema Básico de um Sistema de Osmose Reversa

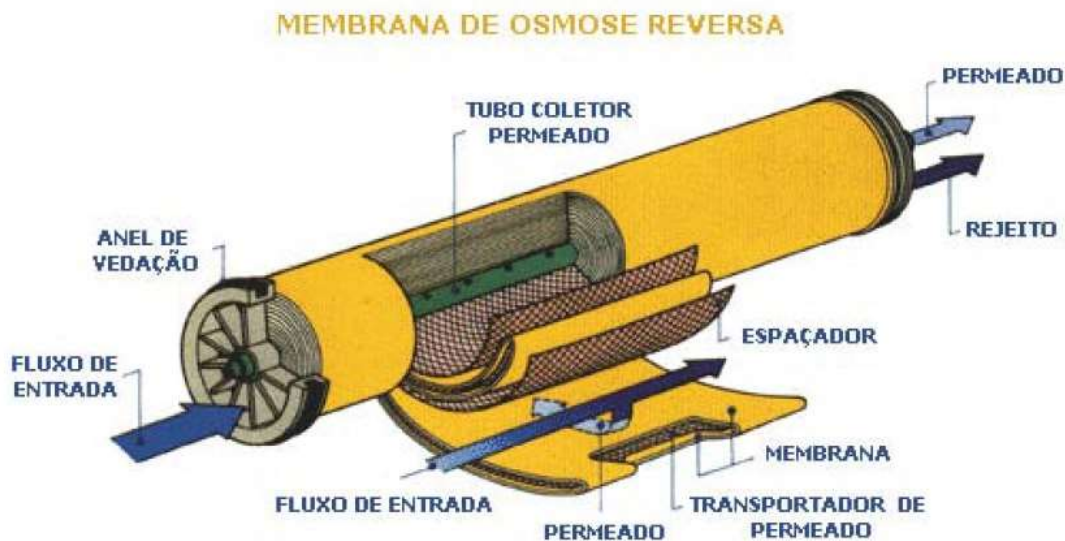


Fonte: Autor

As membranas são os principais elementos constituintes da unidade de osmose reversa. Elas devem ter diâmetro apropriado e ser arranjadas de maneira que suportem as altas pressões fornecidas pela bomba de alta pressão. Os principais materiais empregados em sua

fabricação são constituídos de um frágil filme de poliamida ou camadas de polissulfonato que sem um revestimento para dar apoio não resistiriam aos esforços. A dificuldade de combinar os requisitos, grande área superficial com reforço suficiente, foi solucionada fabricando membranas em formato de cartuchos em espiral, usualmente instaladas em um alojamento resistente a altas pressões (Figura 4).

Figura 4 – Membrana de Osmose Reversa



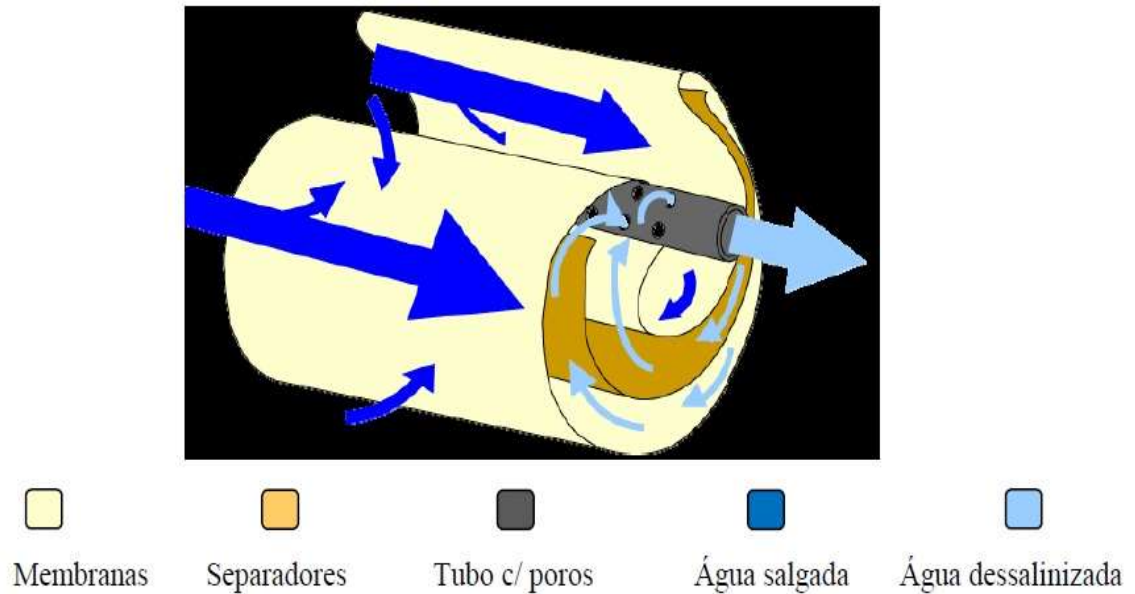
Fonte: Majop Campinas Ltda.

O centro dos cartuchos é constituído de um tubo com poros, que é ligado as extremidades abertas de um grande número de envelopes, cada um deles feito de duas folhas de material da membrana. Os envelopes contêm uma folha de substâncias porosas que atuam como um caminho direcionando a água para o tubo central. Os envelopes são separados por folhas de gaze grossas. Os envelopes e separadores inicialmente tem a aparência de um livro quando abertos, entretanto, estão em volta de um tubo formando o cartucho. Estes são alojados dentro de cilindros normalmente de aço inoxidável que são dispostos em paralelo, porém, de acordo com a finalidade de aumentar a qualidade do produto final, são posicionados em série.

Um dos principais problemas do processo, comum a qualquer método de filtração, é a formação de resíduos de alta particularidade que se acumulam e gradualmente bloqueiam os filtros. Assim, os cartuchos de membranas são arranjados de maneira que a água salgada passe pelo rolamento em espiral e sobre as membranas causando uma ação de limpeza (Figura

5), auxiliando a manter a superfície isenta de depósitos. Isto não impede que sejam efetuadas limpezas periódicas com produtos químicos, como hexametáfosfato de sódio ou ácido sulfâmico, bombeado geralmente em fluxo reverso ao usual, para melhor aproveitamento das membranas e otimização do sistema.

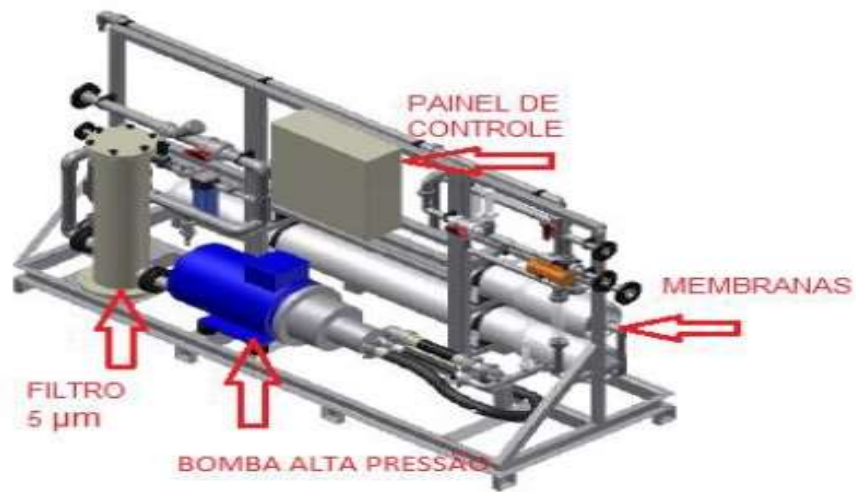
Figura 5 – Detalhe de Membrana de Osmose Reversa



Fonte: ENWA®

Em seguida, apresentar-se-ão os elementos auxiliares utilizados na planta industrial instalada na unidade semi-submersível “SS-X”, aos quais são baseados no modelo de equipamento de Osmose Reversa do fabricante ENWA Water Treatment®, modelo MT 75T SRH (Figura 6).

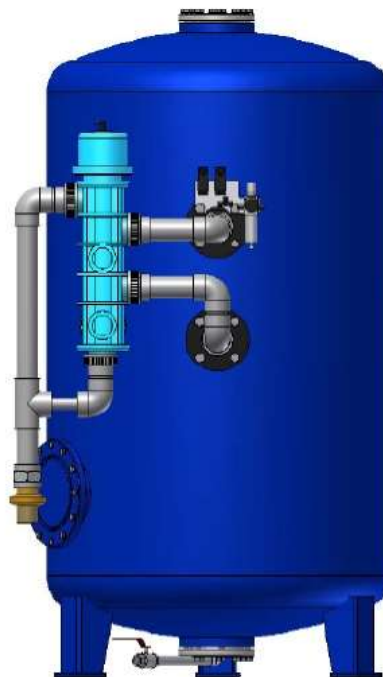
Figura 6 – Modelo MT 75T SRH



Fonte: ENWA®

Iniciando a descrição pela bomba de alimentação de água salgada, logo após a descarga da bomba, teremos um Filtro de Areia, modelo SA - 1000 cuja finalidade é a de reter a maioria das partículas sólidas de maiores dimensões (Figura 7).

Figura 7 – Filtro de Areia



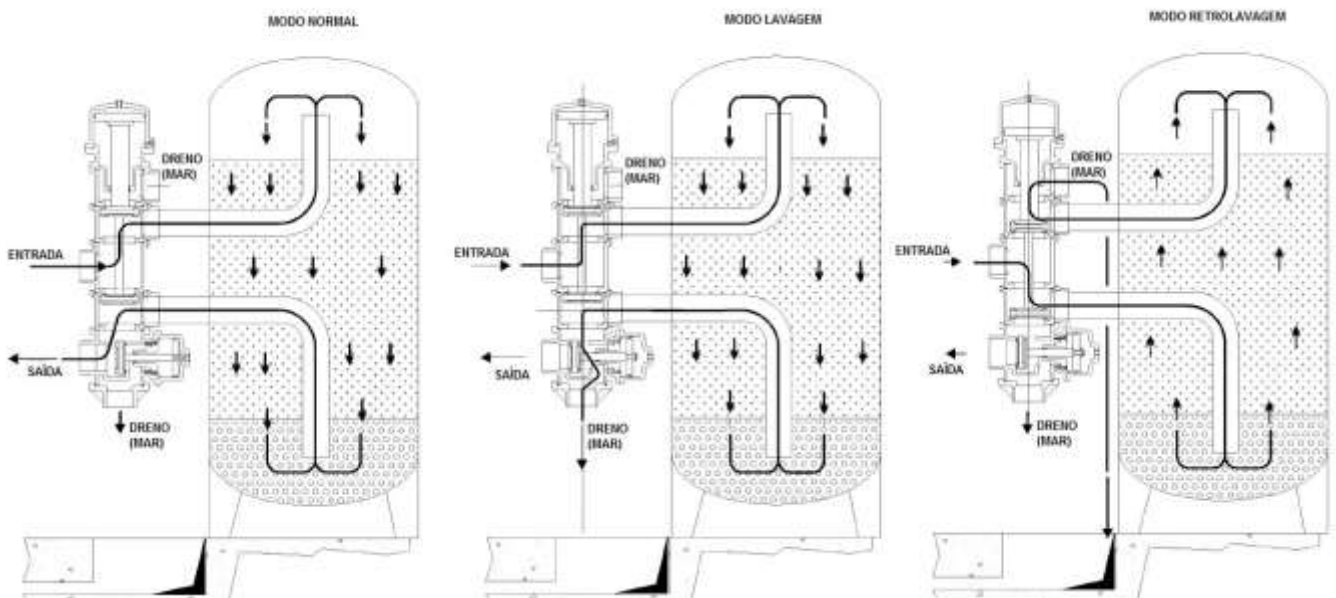
Fonte: ENWA®

Este filtro possui uma válvula de três vias operada pneumaticamente, aonde opera em dois modos distintos automaticamente: Normal e Regenerativo (Figura 8).

No ciclo normal, o fluxo da água salgada de alimentação passa pelo material interno do filtro, aonde as partículas são retidas e o fluxo segue pré-filtrado para a planta.

No ciclo regenerativo, dependendo do comando emitido a válvula, temos a lavagem; aonde o fluxo de água segue seu curso normal, mas a saída é direcionada para o dreno (no caso, a saída para o mar) e a retrolavagem; aonde o fluxo de água é invertido, executando uma limpeza do material filtrante e a saída também é direcionada para a linha de dreno (mar).

Figura 8 – Modos de Operação do Filtro de Areia



Fonte: ENWA®

Após o Filtro de Areia, o fluxo de água salgada passa por um Filtro de Água de Alimentação, instalado na própria fundação do equipamento, feito de microfibras de polipropileno, com baixa micragem (Hytrex 30" / 5 $\mu$ m), com a finalidade de reter partículas sólidas de menores dimensões, com o intuito de proteger a bomba de alta pressão contra resíduos danosos e particulados que possam danificar a bomba por excesso de atrito nas partes internas móveis (Figura 9).

Figura 9 – Detalhe do Filtro de Água de Alimentação

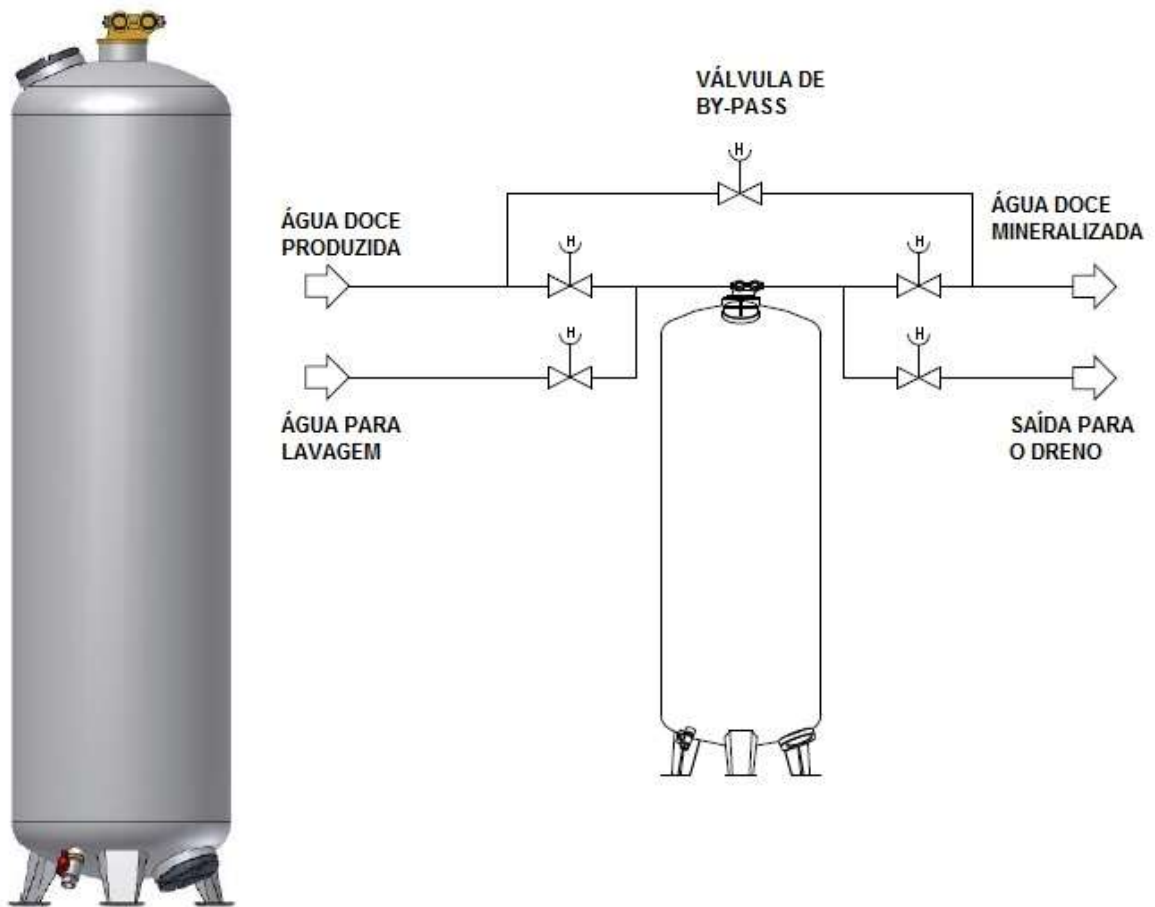


Fonte: ENWA®

Após o Filtro de Água de Alimentação, o fluxo de água salgada vai para a Bomba de alta pressão, aonde é bombeado à pressão de trabalho (40 a 70bar) para as membranas, ocorrendo a separação da água salgada, aonde o fluxo é dividido entre a água doce produzida, que será direcionada para os reservatórios dedicados e salmoura, que será destinada à rede de descarte para o mar. O fluxo de água doce produzida, antes de ter seu destino final, passará por mais dois elementos auxiliares utilizados para tratamento mineral e químico desta água. São eles: o filtro *Rehardening* e a bomba dosadora de Cloro, que serão citados a seguir.

O filtro *Rehardening* modelo N 175-RO tem a função de aumentar a dureza desta água doce produzida, haja vista que esta água ao sair das membranas possui concentrações minerais nulas ou quase nulas, adicionando os sais minerais Cálcio e Magnésio pelo atrito do fluxo da água com a Dolomita, que é o material interno deste recipiente. Como o material sofre desgaste devido ao atrito com o fluxo da água, deve ser suplementado com mais Dolomita pelo menos duas vezes ao ano. Este filtro possui manobra de válvulas para limpeza por retrolavagem química, para evitar a formação de lama no fundo e uma película de lodo na superfície do material (Figura 10), bem como uma válvula de *by-pass* para inspeção interna do equipamento sem a necessidade de parada total da planta de osmose reversa.

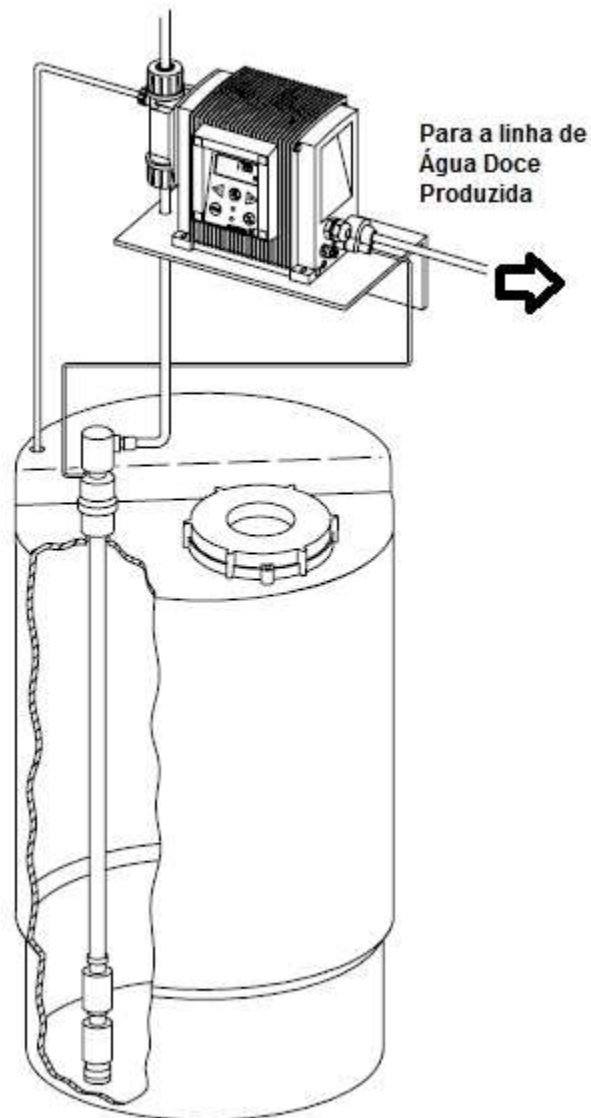
Figura 10 – Filtro *Rehardening* e esquema de válvulas



Fonte: ENWA®

Após o Filtro *Rehardening*, o fluxo da água doce produzida além da adição de sais minerais, também necessita de certa concentração de cloro, dosado na forma de Hipoclorito de Sódio, afim de esterilizar a água e evitar a formação de microorganismos danosos à saúde humana. Conforme o manual técnico Grundfos® (2010), esta planta de osmose reversa possui instalada uma bomba dosadora da marca Grundfos®, modelo DME12, juntamente com um tanque aonde é misturado o hipoclorito a alta concentração com água, que é bombeado diretamente na linha de água doce produzida (Figura 11).

Figura 11 – Bomba Dosadora e Tanque.

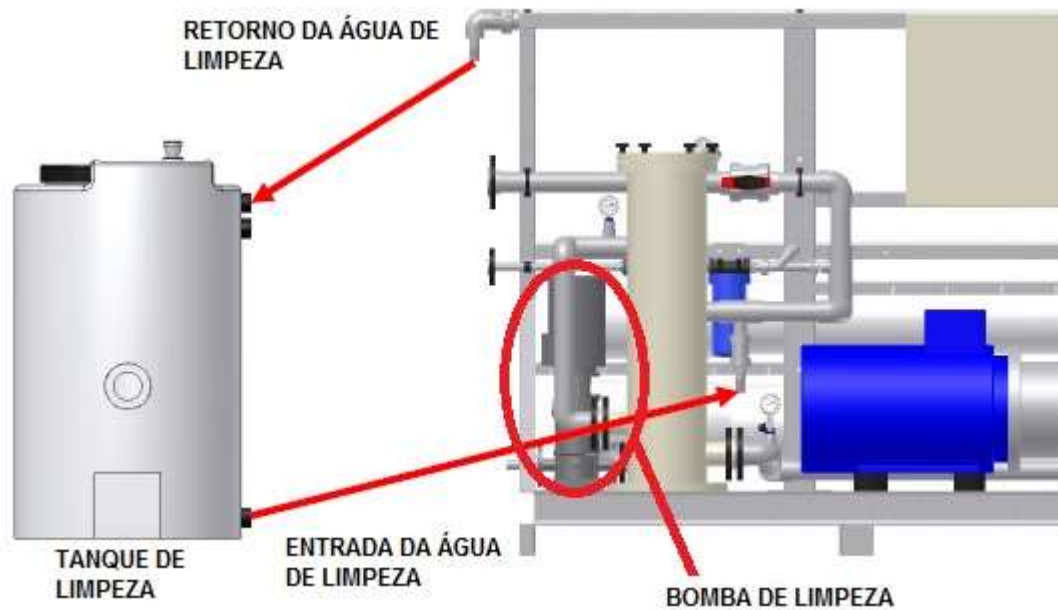


Fonte: Grundfos®

Em adição ao sistema, no intuito de otimizar e facilitar as manutenções de limpeza química, biológica e preservativa das membranas, a planta possui um tanque de limpeza com uma bomba destinada, para que possa ser efetuada as devidas limpezas por retrolavagem do sistema. É de suma importância que após as limpezas, o Filtro de Água de Alimentação sempre deve ser repostado, haja vista os produtos químicos juntamente com os resíduos provenientes da limpeza ficarem retidos nestes elementos filtrantes (Figura 12). As conexões de entrada e saída são removíveis, para facilitar a limpeza após as manutenções.



Figura 12 – Detalhe do Tanque de Limpeza e Bomba.



Fonte: ENWA®

A unidade de osmose reversa em estudo, na sua planta de distribuição, pode produzir água doce diretamente para os Tanques de Armazenamento de Água Doce 01 Boreste e 02 Boreste (FW01SB e FW02SB), bem como para o Tanque de Armazenamento de Água Industrial 01 Bombordo (DW01PS). O próximo capítulo irá demonstrar a quantidade de água produzida pela unidade de osmose reversa, bem como o consumo médio da unidade semi submersível da “SS-X”, enfatizando as características do modelo de estudo citado.

### 2.3. PRODUÇÃO DE ÁGUA DIÁRIA

Conforme o Dossiê de Comissionamento do Estaleiro Cosco (2011), a unidade de osmose reversa em estudo têm a capacidade máxima diária de produção real de 75m<sup>3</sup>. Há uma válvula reguladora de fluxo na rede de saída aonde pode-se diminuir a quantidade de água produzida. As principais características operacionais da unidade estudada constam na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 01 – Características Operacionais do Modelo MT 75T SRH

VALOR	TEMPERATURA	PRESSÃO DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO	PRESSÃO DE TRABALHO	CONCENTRAÇÃO DE SAL
MÍNIMO	0°C	1,5bar	< 40,0bar	Não Definido
MÁXIMO	40°C	4,0bar	70,0bar	42.000mg/L

Fonte: ENWA®

Os parâmetros usuais para otimização da produção dependem da temperatura da água salgada e concentração de sal na água de alimentação. Caso haja diminuição da temperatura da água salgada, o fluxo de água doce produzida tende a cair também. Caso a concentração de sal aumente, o fluxo de água doce tende a cair. No caso do fluxo de água doce diminuir sem que sejam alterados os valores de temperatura e concentração de sal; isto significa que as membranas necessitam que seja efetuada uma limpeza química (Tabela 2).

Tabela 2 – Detalhe para o fluxo de água doce produzida

TEMPERATURA: 25°C (77°F)			
CONCENTRAÇÃO DE SAIS: 35.000mg/L			
MODELO	FLUXO MÁXIMO	FLUXO NORMAL	FLUXO MÍNIMO (NECESSÁRIO LIMPEZA QUÍMICA)
MT 75T	3,125m <sup>3</sup> /h	3,1m <sup>3</sup> /h	< 2,7m <sup>3</sup> /h

Fonte: ENWA®

Considerando a tripulação máxima a bordo da “SS-X” em torno de 150 pessoas, entre tripulantes dito “fixos”, como o pessoal de bordo que faz a rotina normal de trabalho de 14X14 (quatorze dias a bordo por quatorze dias de folga); e a tripulação nomeada como “não fixos” ou “tripulação terceirizada”, que não realiza a rotina de trabalho regular, normalmente devido a necessidade que a unidade tem para cada operação, temos como calcular o consumo máximo diário de água doce destinada apenas para suprir as necessidades humanas. Temos que observar também, que o número de tripulantes (usualmente definido por “POB” – *Persons on Board*) varia de acordo com a operação que está ocorrendo a bordo; por exemplo: Perfilagem, Cimentação, Teste de Poço, etc.

Ademais, temos que considerar o consumo diário a bordo da Água Industrial, que também varia de acordo com a operação ocorrida a bordo. Além de suprir o maquinário de bordo com água doce para os diversos sistemas, por exemplo: água doce para resfriamento do sistema de freio do molinete central, água industrial para os tensionadores da coluna de *Raisers*, etc.; a Água Industrial pode ser largamente utilizada para operações de troca de lama de perfuração, produção de cimento para operações de cimentação da coluna de revestimento, produção de fluidos para limpeza interna das paredes do poço, etc. Devido ao amplo uso desta água, a unidade “SS-X” possui uma capacidade de armazenamento de Água Industrial maior que a capacidade de armazenamento de água potável (Tabela 3).

Tabela 3 – Capacidade dos Tanques de Água Doce da “SS-X”

TANQUE	ÁGUA DOCE POTÁVEL		ÁGUA DOCE INDUSTRIAL		
	01SB	02SB	01PS	01SB	02PS
CAPACIDADE MÁXIMA	600m <sup>3</sup>	660m <sup>3</sup>	1280m <sup>3</sup>	960m <sup>3</sup>	960m <sup>3</sup>
TOTAL	1260m <sup>3</sup>		3200m <sup>3</sup>		

Fonte: COSCO Shipyard Co. Ltd.

Para a presente pesquisa, o autor levou em consideração os dados de consumo da unidade na situação operacional de Teste de Poço durante o mês de Junho de 2015; baseando-se no “POB” praticamente máximo, conforme documentação de controle interno da “SS-X” (Tabela 4). Serão considerados os dados de consumo de água doce potável, para o consumo humano em geral; e os dados de consumo de água industrial, destinado para os maquinários diversos.

Tabela 4 – Consumo de água da “SS-X”

PERÍODO	POB	CONSUMO MÉDIO DIÁRIO (ÁGUA DOCE)	CONSUMO DE ÁGUA DOCE	CONSUMO MÉDIO DIÁRIO (ÁGUA INDUSTRIAL)	CONSUMO DE ÁGUA INDUSTRIAL
JUNHO/2015	150 Pessoas	35m <sup>3</sup> /dia	1050m <sup>3</sup>	30m <sup>3</sup> /dia	900m <sup>3</sup>

Fonte: Dados de Controle da “SS-X” ( Junho / 2015)

Para o mês em questão, foi observado que o fluxo normal de água doce produzida é de 3,1m<sup>3</sup>/h; a produção diária de 74,4m<sup>3</sup> de água doce. Os valores das sondagens dos Tanques de Armazenamento de Água Potável e de Água Industrial no dia 1º de Junho de 2015 foram extraídos diretamente dos relatórios diários de controle de estoque da unidade (Tabela 5). É importante lembrar que, para efeitos de otimização da estabilidade da sonda, o Imediato da unidade (MSL – *Marine Section Leader*), funcionário responsável pelo controle de estabilidade e disposição de cargas a bordo, estabeleceu que o limite máximo de armazenamento de cada tanque é de 95% da capacidade total.

Tabela 5 – Sondagem dos Tanques de Água doce da “SS-X” em 1º de Junho de 2015

<b>TANQUE</b>	<b>CAPACIDADE TOTAL</b>	<b>CAPACIDADE MÁXIMA (95%)</b>	<b>SONDAGEM</b>
<b>FW 01SB</b>	600m <sup>3</sup>	570m <sup>3</sup>	570m <sup>3</sup>
<b>FW 02SB</b>	660m <sup>3</sup>	627m <sup>3</sup>	370m <sup>3</sup>
<b>DW 01PS</b>	1280m <sup>3</sup>	1216m <sup>3</sup>	949m <sup>3</sup>
<b>DW 01SB</b>	960m <sup>3</sup>	912m <sup>3</sup>	882m <sup>3</sup>
<b>DW 02PS</b>	960m <sup>3</sup>	912m <sup>3</sup>	912m <sup>3</sup>

Fonte: Dados de Controle da “SS-X” (Junho/2015)

Como pode-se notar, o Tanque FW01SB está dentro da capacidade máxima estabelecida, fazendo com que a produção de água doce seja destinada para o Tanque de Armazenamento de Água Doce FW02SB. Os tanques de Água Doce Industrial, com exceção do Tanque DW01PS, estão praticamente dentro do limite de capacidade de 95% do total. O consumo de água doce potável está sendo feito pelo tanque FW 02SB; e o consumo de água industrial pelo tanque DW 01PS.

Tendo o consumo de água doce diário de 35m<sup>3</sup> e o consumo de água doce industrial em 30m<sup>3</sup>; com o equipamento de osmose reversa desenvolvendo uma produção de água diária em torno de 75m<sup>3</sup>, podemos calcular o número de dias para completar o tanque FW02SB até sua capacidade máxima de 95%, conforme o cálculo abaixo:

Para demonstração dos cálculos temos as seguintes definições:

- Capacidade máxima do tanque FW02SB = C<sub>max</sub>
- Capacidade para “topar” o tanque = C<sub>t</sub>
- Sondagem Inicial do tanque = S<sub>i</sub>

- Produção diária =  $P_{dia}$
- Consumo diário =  $C_{dia}$
- Diferença entre Produção Diária e Consumo Diário =  $Dif$
- Número de dias para “topar” o tanque =  $Num$

Assim temos:

- $C_t = C_{max} - S_i$

$$C_t = 627 - 370$$

$$C_t = 257\text{m}^3.$$

- $Dif = P_{dia} - C_{dia}$

$$Dif = 75 - 35$$

$$Dif = 30\text{m}^3/\text{dia}.$$

- $Num = C_t/Dif$

$$Num = 257/30$$

$$Num = 8,6 \text{ dias} \approx 9 \text{ dias}.$$

Podemos considerar para a didática, que o tempo necessário para que o equipamento de osmose reversa possa completar o tanque FW02SB seja de nove dias, quando poderemos por meio de manobra de válvulas, direcionar a produção de água doce para o tanque de água industrial DW01PS, conforme os cálculos abaixo:

Para demonstração dos cálculos temos as seguintes definições:

- Capacidade máxima do tanque DW01PS =  $C_{max}$
- Capacidade Inicial =  $C_{ini}$
- Capacidade para “topar” o tanque =  $C_t$
- Sondagem Inicial do tanque =  $S_i$
- Produção diária =  $P_{dia}$
- Consumo diário =  $C_{dia}$
- Diferença entre Produção Diária e Consumo Diário =  $Dif$

- Número de dias para “topar” o tanque = Num

Considerando os nove dias de consumo sem produção, calculamos primeiro a Capacidade inicial. Assim temos:

- $C_{ini} = S_i - 9 * C_{dia}$

$$C_{ini} = 949 - 9.30$$

$$C_{ini} = 679m^3$$

A partir deste valor, podemos determinar o número de dias para “topar” o tanque DW01PS:

- $C_t = C_{max} - C_{ini}$

$$C_t = 1216 - 679$$

$$C_t = 537m^3.$$

- $Dif = P_{dia} - C_{dia}$

$$Dif = 75 - 30$$

$$Dif = 35m^3/dia.$$

- $Num = C_t / Dif$

$$Num = 537/35$$

$$Num = 15,3 \text{ dias} \approx 15 \text{ dias.}$$

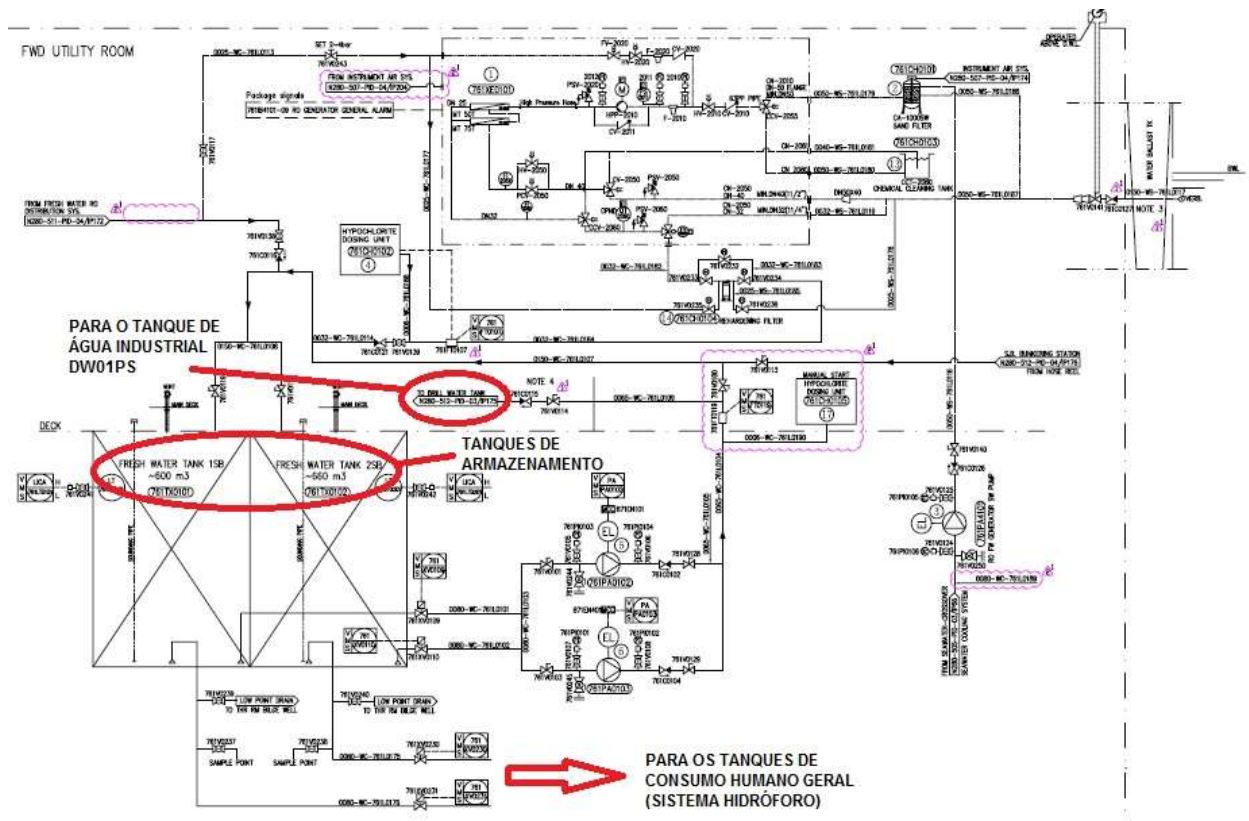
Vale lembrar que os valores podem variar de acordo com a operação específica, o uso de água industrial não é uma variável constante, como o consumo de água doce, ou seja, podemos estimar que ao final de 15 dias retornaremos a produção de água para o tanque FW01SB, aonde se reinicia o processo do rodízio. Usualmente é feito um rodízio dos tanques afim de evitar que a água armazenada fique estagnada. Isto varia com a ordem vinda do Chefe do Departamento Técnico (TSL – *Technical Section Leader*), o Chefe de Máquinas da unidade.

## 2.4. FINALIDADE DA ÁGUA PRODUZIDA

Para o caso em análise, durante o mês de junho de 2015, determinado o fluxo diário do equipamento de osmose reversa, bem como efetuada a manobra de válvulas, aonde a água produzida é destinada para os tanques de Armazenamento de Água Doce ou para os tanques de Armazenamento de Água Industrial (Figura 13); podemos trabalhar em um regime de rodízio. Aonde inicialmente destinamos a água para o tanque FW02SB e ao final dos nove dias, podemos desviar o fluxo diretamente para o tanque DW01PS, até deixá-lo na faixa dos 95% de sua capacidade total; quando retornamos novamente ao tanque FW01SB, mantendo a quantidade de água doce a bordo em um nível totalmente admissível, sem a necessidade de compra de água doce de facilidades terrestres, salvo se houver um alto consumo de água doce industrial devido a alguma operação dedicada, por exemplo em caso de troca de fluido de perfuração, aonde toda a lama industrial de perfuração é bombeada para um tanque de descarte e novo fluido é preparado e injetado no poço, geralmente numa situação de avanço de etapa do poço, aonde as condições de pressão interna, densidade do fluido e altura da coluna de perfuração tendem a aumentar, e se faz necessário uma lama de perfuração com características diferentes da anterior. Fluido este que normalmente utiliza uma mistura de produtos químicos com uma grande quantidade de água doce.



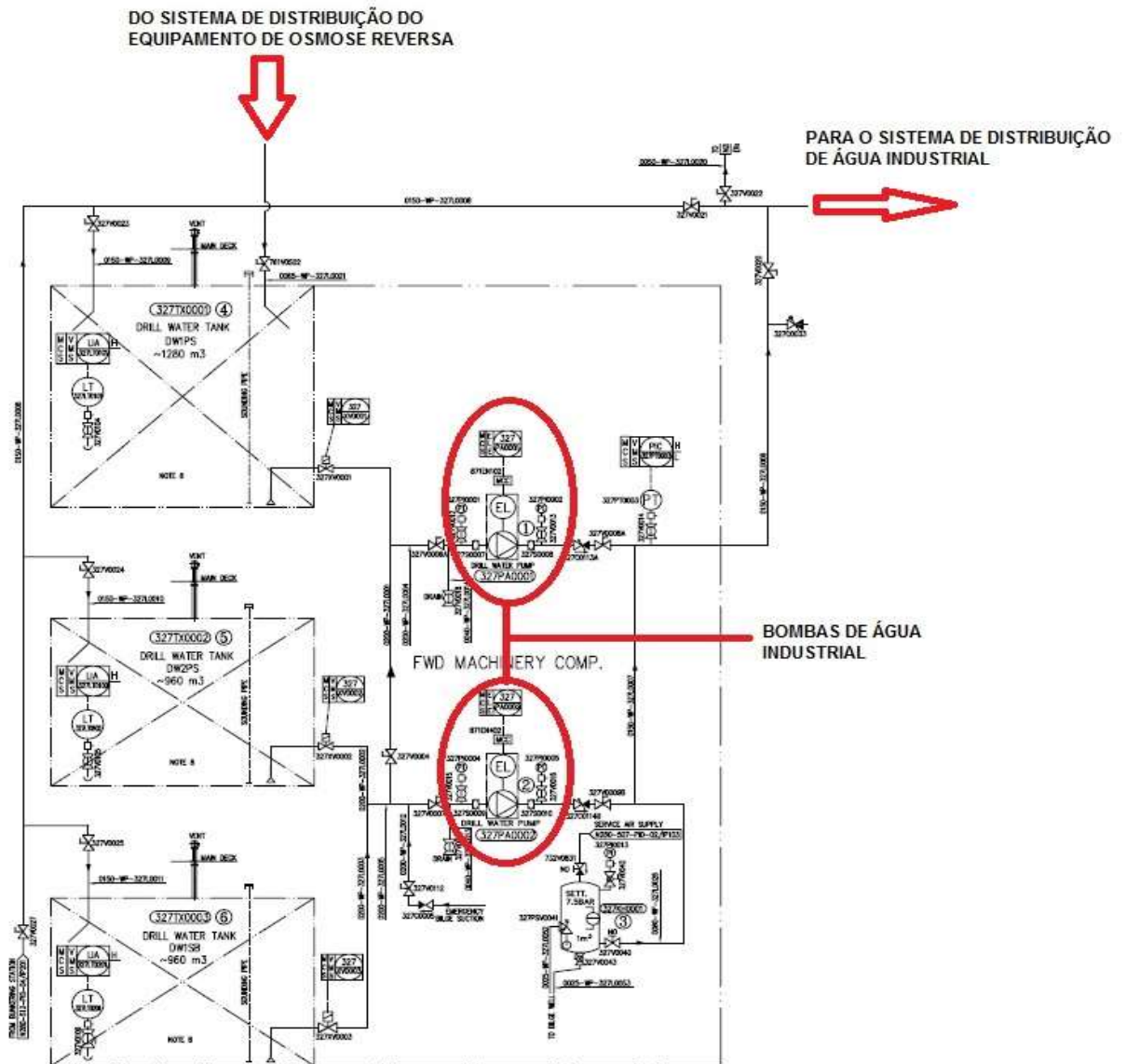
Figura 13 – Detalhe do Sistema de distribuição de água do equipamento de Osmose reversa.



Fonte: COSCO Shipyard Co. Ltd.

Vale ressaltar que ao ser efetuada a manobra de válvulas para que a água doce produzida passe a completar somente o tanque de Armazenamento de Água Industrial DW01PS, o que nos impossibilita completar os outros tanques DW01SB e DW02PS. Porém, podemos fazer a distribuição por meio de manobras de válvulas do sistema de Água Industrial, abrindo a válvula de sucção do tanque DW01PS e a válvula de descarga para o tanque a ser completado, via Bomba de Água Industrial (Figura 14).

Figura 14 – Detalhe do Sistema de Água Doce Industrial da “SS-X”.



Fonte: COSCO Shipyards Co. Ltd.

Assim, com uma produção diária de  $75\text{m}^3$ , podemos dizer que, salvo operações que necessitem uma grande quantidade de água, reduzimos a disponibilidade de compra desta água por facilidades em terra, o que diminui consideravelmente o *budget* anual da unidade, uma vez que, caso não houvesse esta facilidade instalada, é notório que teríamos um gasto adicional, devido a compra e logística de água para bordo.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Tanques de Água Doce são destinados para o consumo geral de bordo. Desde sua utilização na limpeza dos conveses, por meio de um sistema auxiliar de bombas de alta pressão, uso geral nas dependências internas (camarotes, banheiros, pias, etc.), uso geral na cozinha da plataforma (cocção dos alimentos, limpeza do local, pias para higiene dos funcionários, etc.) e em sistemas dedicados das Praças de Máquinas, Plataforma e Piso de Perfuração (Purificadores de Óleo Diesel e Lubrificante, Oficina Mecânica e Hidráulica, Sala de Bombas de Lama, *Dog House*, sistemas dedicados da área do *SubSea*, etc.). Os Tanques de Água Industrial são destinados aos sistemas auxiliares para o pessoal de perfuração, hidráulica e de *SubSea* (Sala das Peneiras, Sistemas de Lama de Perfuração, Unidade de Cimentação, etc.), bem como, para as operações destinadas as necessidades da plataforma em geral, que utilizam grandes quantidades de água doce, como troca de fluido de perfuração, bombeamento de cimento, “abandono” do poço com fluido de alta densidade e tampão de cimento, recirculação com injeção de fluido, etc.

Sabemos que a necessidade de comprar água de facilidades de terra não se extingue devido a unidade possuir um equipamento de Osmose Reversa instalado, mas diminui consideravelmente a sua frequência, posto que podemos operar o equipamento em sistema de rodízio, ora produzindo água para os tanques de Armazenamento de Água Doce de consumo geral, ora destinando o fluxo para os tanques de Água Industrial, mantendo os níveis dos tanques em um certo controle operacional.

Vemos que a dessalinização por meio de equipamentos de Osmose Reversa torna-se um meio eficaz e de grande importância a bordo de unidades de perfuração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sindicato nacional da indústria da construção e reparação naval e offshore. Cenário Mundial do segundo trimestre de 2011<<http://sinaval.org.br/wp-content/uploads/SINAVAL-Cenario2011-CenarioMundial-Ago2011.pdf>> acesso em 19/07/2015

Revista TAE. Dessalinização da água do mar pode solucionar a falta de água potável. Site disponível <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=8731>>acesso em 28/07/2015

Revista TAE. Dessalinização de água do mar, um mercado a ser explorado no Brasil. Site disponível<<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=4263>>acesso em 29/07/2015

DICIONÁRIO ON LINE DE PORTUGUÊS. Solução.

Site disponível< <http://www.dicio.com.br/solucao/> >. Acesso em 10/08/2015.

DICIONÁRIO ON LINE DE PORTUGUÊS. Soluto.

Site disponível< <http://www.dicio.com.br/soluto/> >. Acesso em 10/08/2015.

DICIONÁRIO ON LINE DE PORTUGUÊS. Solvente.

Site disponível< <http://www.dicio.com.br/solvente/>>. Acesso em 10/08/2015.

McGeorge, H. David. Marine Auxiliary Machinery. China. Butterworth-Heinemann, 2009, 7ª ed.

Majop. ARTIGO TÉCNICO OSMOSE REVERSA ENTENDA O SEU FUNCIONAMENTO.<<http://www.majop.com.br/ARTIGO%20T%C3%89CNICO%20OSMOSE%20REVERSA%20ENTENDA%20O%20SEU%20FUNCIONAMENTO%20.pdf>> Acesso em 11/08/2015

Enwa Water Treatment®. Instruction Manual RO. Fornecido por SevanDrilling/Seadrill Serviços de Petróleo Ltda. China, 2009.

Grundfos®. Installation and Operating instructions Manual Dosing Pump DME,A (2-48l/h). Fornecido por Sevan Drilling/Seadrill Serviços de Petróleo Ltda. China 2010.

COSCO Shipyard Co. Ltd. Sevan Brasil Comissioning Dossier Fresh RO Water System. Fornecido por Cosco Shipyard Co. Ltd. China 2011.

COSCO Shipyard Co. Ltd. P&ID Fresh RO Water Distribution System. Fornecido por Cosco Shipyard Co. Ltd. China 2010.

COSCO Shipyard Co. Ltd. P&ID Drill Water Tranfer System. Fornecido por Cosco Shipyard Co. Ltd. China 2010.